



คู่มือผู้รับการฝึก

หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)

สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก



" ช่างทุกประเภท เป็นกลไกสำคัญอย่างยิ่งในชีวิตของบ้านเมืองและของคนทุกคนเพราะตลอดชีวิตของคนเรา เราต้องอาศัยและใช้บริการสิ่งต่างๆ ที่ได้มาจากฝีมือของช่างอยู่ทุกวี่ทุกวัน ผู้เป็นช่างจึงสมควรได้รับความเอาใจใส่สนับสนุนจากทุกๆ ฝ่ายยิ่งในสมัยปัจจุบัน วิทยาการทุกอย่างเจริญก้าวหน้ายิ่งจำเป็นต้องส่งเสริมมากเป็นพิเศษเพื่อให้ได้ช่างที่มีความสามารถสูง ให้มีสิ่งใช้สอยที่มีคุณภาพดีและเพียงพอกับความต้องการ "

พระราชดำรัสในพิธีเปิดงานแนะแนวอาชีพและแข่งขันฝีมือช่างของสโมสรโรตารี กรุงเทพฯใต้ ณ ลุมพินีสถาน
วันจันทร์ที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2513

<http://www.komchadluek.netNewsEduHealth246212>

คำนำ

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.) สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เล่มนี้ ผู้จัดทำได้จัดทำขึ้น เพื่อให้ประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เท่านั้น

เนื้อหาของคู่มือ ฉบับนี้ประกอบด้วย หมวดความรู้ความสามารถพื้นฐาน หมวดความรู้ความสามารถพื้นฐานทางอาชีพ และหมวดความรู้ความสามารถหลัก ทางด้านช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ซึ่งจัดทำขึ้นโดยการรวบรวมข้อมูลทางวิชาการ จากหนังสือ เอกสารทางวิชาการ สื่อสารสนเทศต่างๆ และจากประสบการณ์จากการทำงานของผู้จัดทำ

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือ ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้รับการฝึกและช่างผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับงานช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เพื่อเป็นแนวทางเตรียมความพร้อมก่อนเข้าทำงานในตลาดแรงงาน ตลอดจนนำความรู้และทักษะ ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ซึ่งสามารถพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และนำไปประกอบอาชีพต่อไป

จักรเพชร จุลพรหม

ครูฝึกฝีมือแรงงาน ช3

กุมภาพันธ์ 2561

สารบัญ

หัวข้อวิชา	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
1. ความปลอดภัยในการทำงาน	1 – 40
บทนำ	1
1.1 หลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงานทั่วไป	2 – 4
1.2 การป้องกันอุบัติเหตุในการปฏิบัติงานทั่วไป	5 – 8
1.3 กฎความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	9 – 15
1.4 อันตรายและการป้องกันจากระบบไฟฟ้า	16 – 26
1.5 อันตรายและการป้องกันในงานช่างเครื่องปรับอากาศ	27 – 30
1.6 การป้องกันอัคคีภัย	31 – 35
1.7 การปฐมพยาบาลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานช่างเครื่องปรับอากาศ	36 – 40
2. คณิตศาสตร์ช่าง	41 – 59
บทนำ	41
2.1 ลักษณะตัวเลขและความหมาย	42 – 50
2.2 ปริมาตรตัวเลข	51 – 54
2.3 ระบบมาตรา	55 – 59
3. ไฟฟ้าเทคโนโลยี	60 – 105
บทนำ	60
3.1 นิยามความหมายเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า	61 – 72
3.2 หลักการทางไฟฟ้าเบื้องต้น	73 – 87
3.3 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในประเทศไทย	88 – 93
3.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า	94 – 100
3.5 วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน	101 – 105

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อวิชา	หน้า
4. งานฝึกฝีมือเบื้องต้น	106 – 198
บทนำ	106
4.1 เครื่องมือพื้นฐานงานช่าง	107 – 119
4.2 เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องมือเสริมอื่นๆ	120 – 127
4.3 เครื่องมือบริการงานเครื่องปรับอากาศ	128 – 139
4.4 หลักการเดินสายไฟฟ้าภายในอาคาร	140 – 191
4.5 วิธีการต่อสายตัวนำแบบต่างๆ	192 – 198
5. เครื่องมือวัดและทดสอบ	199 – 258
บทนำ	199
5.1 เครื่องมือวัดเชิงกล	200 – 211
5.2 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า	212 – 249
5.3 เครื่องมือวัดระบบปรับอากาศ	250 – 258
6. การอ่านและเขียนแบบในงานเครื่องปรับอากาศ	259 – 274
บทนำ	259
6.1 แบบทางไฟฟ้า	260 – 265
6.2 แบบทางกล	266 – 268
6.3 แบบโครงสร้าง	269 – 274
7. หลักการทำความเย็นและการปรับอากาศ	275 – 312
บทนำ	275
7.1 หลักการทำความเย็นเบื้องต้น	276 – 297
7.2 หลักการปรับอากาศ	298 – 312
8. งานทอสารทำความเย็น	313 – 328
บทนำ	313
8.1 ชนิดและขนาดของทอสารทำความเย็น	314 – 319
8.2 งานทอทองแดง	320 – 328

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อวิชา	หน้า
9. วงจรไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	329 – 345
บทนำ	329
9.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	330 – 332
9.2 การตรวจสอบอุปกรณ์สำคัญในวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	333 – 341
9.3 วงจรไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	342 – 345
10. วงจรสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	346 – 364
บทนำ	346
10.1 อุปกรณ์ในวงจรสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	347 – 348
10.2 สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน	349 – 350
10.3 การตรวจสอบหารอยรั่ว	351 – 354
10.4 การทำสุญญากาศ	355 – 357
10.5 การบรรจุสารทำความเย็น	358 – 362
10.6 การดูดเก็บและฟื้นฟูสารทำความเย็น	363 – 364
11. หลักการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	366 – 457
บทนำ	366
11.1 การหาขนาดและชนิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	367 – 373
11.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน	374 – 376
11.3 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบท่อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและอุปกรณ์เสริมอื่นๆ	377 – 397
11.4 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและอุปกรณ์เสริมอื่นๆ	398 – 438
11.5 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง	439 – 452
11.6 การดูดเก็บและฟื้นฟูสารทำความเย็น	453 – 455
11.7 การทดสอบการทำงานและการบันทึกค่าต่างๆ	456 – 457
12. การบำรุงรักษาและซ่อมเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	458 – 471
บทนำ	458
12.1 วิธีการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในบ้านขนาดเล็ก	459 – 471
ภาคผนวก	ค
บรรณานุกรม	ง

บทนำ

เนื้อหาวิชา : ความปลอดภัยในการทำงาน

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้เกี่ยวกับพื้นฐานการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (ohsas) และการรักษาสิ่งแวดล้อมในขณะปฏิบัติงานด้านไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาหลักความปลอดภัยในการทำงานทั่วไป และที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานไฟฟ้า และสารทำความเย็น แนวทางป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานทั่วไป และที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานไฟฟ้า และสารทำความเย็น การเตรียมความพร้อมตนเองก่อนลงปฏิบัติงาน การป้องกันอัคคีภัย การช่วยเหลือและปฐมพยาบาลเบื้องต้น

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

1. ความปลอดภัยในการทำงาน
(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 3 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 0 ชั่วโมง) (หน้าที่)
- 1.1 หลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงานทั่วไป (2 – 4)
- 1.2 การป้องกันอุบัติเหตุในการปฏิบัติงานทั่วไป (5 – 8)
- 1.3 กฎความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน (9 – 15)
- 1.4 อันตรายและการป้องกันจากระบบไฟฟ้า (16 – 26)
- 1.5 อันตรายและการป้องกันในงานช่างเครื่องปรับอากาศ (27 – 30)
- 1.6 การป้องกันอัคคีภัย (31 – 35)
- 1.7 การปฐมพยาบาลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานช่างเครื่องปรับอากาศ (36 – 40)

ความปลอดภัยในการทำงาน

1.1 หลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงานทั่วไป

ความปลอดภัยในการทำงานทั่วไป

การพัฒนาทัศนคติและนิสัยในการทำงานด้วยความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการประกอบอาชีพ ความปลอดภัยจึงนับได้ว่าเป็นหัวใจของการทำงาน ผู้ที่ปฏิบัติงานได้ดีจำเป็นต้องมีระดับความเสี่ยงเรื่องความปลอดภัยอยู่เสมอ จากการสำรวจบุคคลที่ได้รับอันตรายจากการทำงานส่วนใหญ่มักขาดความเอาใจใส่ในเรื่องความปลอดภัย จึงก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายและชีวิตของตนเอง เพื่อนร่วมงานและทรัพย์สิน ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องเข้าใจ และปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยโดยเคร่งครัด แล้วเราจะปลอดภัยจากอันตรายหรือ “อุบัติเหตุ” ต่าง ๆ

นิยามและความหมายของความปลอดภัย

การเกิดอุบัติเหตุในการทำงานแต่ละครั้ง มิใช่จะเกิดขึ้นจากโชคชะตาหรือเคราะห์กรรมของแต่ละบุคคล หากแต่เกิดขึ้นโดยมี “สาเหตุ” ที่ชี้ชัดลงไปได้ การเสริมสร้างความปลอดภัยในการทำงานจะเกิดขึ้นได้โดยการแก้ไขป้องกันที่ “สาเหตุของอุบัติเหตุ” ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ก่อนที่จะได้ศึกษาถึงสาเหตุของอุบัติเหตุและการป้องกันต่อไป ควรที่จะได้ทราบคำจำกัดความต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ภัย (Hazard) เป็นสภาพการณ์ซึ่งมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่อบุคคลหรือความเสียหายต่อทรัพย์สินหรือวัสดุ หรือกระทบกระเทือนต่อขีดความสามารถในการปฏิบัติการของบุคคล

อันตราย (danger) หมายถึง ระดับความรุนแรงที่เป็นผลเนื่องมาจากภัย (hazard) อันตรายจากภัยอาจจะมีระดับสูงมาก หรือน้อยก็ได้ ขึ้นอยู่กับมาตรการในการป้องกัน เช่น การทำงานบนที่สูง สภาพการณ์เช่นนี้ถือว่าเป็นภัย ซึ่งอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บถึงตายได้หากมีการพลัดตกลงมา ในกรณีนี้ถือว่ามีความอันตรายอยู่ระดับหนึ่ง หากแต่ระดับอันตรายจะลดน้อยลง ถ้าผู้ปฏิบัติงานใช้สายนิรภัย(harness) ขณะทำงานเพราะโอกาสของการพลัดตกและก่อให้เกิดการบาดเจ็บลดน้อยลง

ความปลอดภัย (Safety) หมายถึง การปราศจากภัย ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ที่จะขจัดภัยทุกชนิดให้หมดไปโดยสิ้นเชิง ความปลอดภัยจึงให้รวมถึงการปราศจากอันตรายที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นด้วย

อุบัติเหตุ (Accident) หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยมิได้วางแผนไว้ล่วงหน้า ซึ่งก่อให้เกิดการบาดเจ็บ พิการหรือตาย และ/หรือทำให้ทรัพย์สินได้รับความเสียหาย นอกจากนี้ความหมายในเชิงวิศวกรรมความปลอดภัยนั้น “อุบัติเหตุ” ยังมีความหมายครอบคลุมถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้ว มีผลกระทบกระเทือนต่อกระบวนการผลิตปกติ ทำให้เกิดความล่าช้า หยุดชะงัก หรือเสียเวลา แม้จะไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บ พิการ ก็ตาม (วิฑูรย์ สิมะโชติ และ วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, 2543)

อุบัติเหตุ (Accident) หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครคาดคิด ไม่ได้ตั้งใจให้เกิดขึ้น ไม่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าและไม่สามารถควบคุมได้ (เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์ และชัยยะ พงษ์พานิช, 2533)

อุบัติเหตุ(Accident) คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครคาดฝันแล้วมีผลกระทบกระเทือนต่อการทำงาน โดยให้งานหยุดชะงัก เครื่องมือเครื่องจักรชำรุดเสียหาย ผลผลิตตกต่ำ ราคาดันทุนสินค้าเพิ่มสูงขึ้น ผู้ประสบอุบัติเหตุอาจจะรอดชีวิตบาดเจ็บ หรือพิการ หรือเสียชีวิตได้ (ณรงค์ ณ เชียงใหม่, 2525)

อุบัติเหตุ (Accident) เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดคิด ไม่มีการวางแผนล่วงหน้าและควบคุมไม่ได้ เช่น การตกจากที่สูง การหกล้ม ฯลฯ ซึ่งจะทำให้เกิดความสูญเสียต่อผู้ประสบอุบัติเหตุบุคคลอื่นหรือสิ่งอื่นที่เกี่ยวข้องด้วยอุบัติเหตุจากการทำงานเป็นเหตุการณ์ไม่คาดคิดที่เกิดขึ้นในขณะทำงาน เช่น การบาดเจ็บจากการกระแทก หรือบดของเครื่องจักร การถูกสิ่งของหล่นทับ ฯลฯ (วิวรรณกร สวัสดิ์, 2547)

สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ

สาเหตุของอุบัติเหตุโดยทั่วไป มี 3 ประการ

1. สาเหตุที่เกิดจากคน เช่น การทำงานที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิธี ความพลั้งเผลอ
2. สาเหตุที่เกิดจากความผิดพลาดของเครื่องจักร เช่น เครื่องจักรชำรุดบกพร่อง
3. สาเหตุที่เกิดจากปรากฏการณ์ที่อยู่เหนือการควบคุมได้ เช่น พายุ ฟ้าผ่า เป็นต้น



ภาพที่ 1 อุบัติเหตุกับงานมีส่วนเกี่ยวข้องกัน

จากผลการวิจัยของ H.W. Heinrich ได้สรุปสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุไว้ 2 ประการ คือ

1. การกระทำที่ไม่ปลอดภัย

เป็นสาเหตุใหญ่ที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ คิดเป็น 85 % ของการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด การกระทำที่ไม่ปลอดภัยได้แก่

- 1.1 การทำงานไม่ถูกวิธี ไม่ถูกขั้นตอน
- 1.2 มีทัศนคติที่ไม่ถูกต้อง
- 1.3 ความไม่เอาใจใส่ในการทำงาน
- 1.4 ความประมาท พลั้งเผลอ เหม่อลอย
- 1.5 ชอบเสี่ยง
- 1.6 ไม่ปฏิบัติตามกฎของความปลอดภัยในการทำงาน
- 1.7 การแต่งกายไม่เหมาะสม
- 1.8 การทำงานโดยไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
- 1.9 หยอกล้อกันระหว่างทำงาน
- 1.10 การทำงานโดยจิตใจไม่พร้อมหรือผิดปกติ เช่น ไม่สบาย มีปัญหาครอบครัว

2. สภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย

เป็นสาเหตุรอง คิดเป็น 15 % เท่านั้น ได้แก่

- 2.1 ส่วนเคลื่อนไหวของเครื่องจักรไม่มีที่กำบัง หรือป้องกันอันตราย
- 2.2 การวางผังโรงงานที่ไม่ถูกต้อง
- 2.3 พื้นโรงงานขรุขระเป็นหลุมบ่อ
- 2.4 การจัดเก็บสิ่งของไม่เป็นระเบียบ
- 2.5 เครื่องจักร เครื่องมือ ชำรุดบกพร่อง ขาดการซ่อมแซมหรือบำรุงรักษา
- 2.6 สภาพแวดล้อมในการทำงานไม่ถูกสุขอนามัย เช่น แสงสว่างไม่เพียงพอ เสียงดังเกินควร

ความร้อนสูง และฝุ่นละออง

จิตวิทยาคนงานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอุบัติเหตุ (สาเหตุที่อาจทำให้ประสบอุบัติเหตุ)

1. ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์
2. สภาพแวดล้อมที่เลวร้าย
3. ท่าเลที่ไม่เหมาะสม
4. สภาพเศรษฐกิจที่บีบรัด
5. การปกครองและบังคับบัญชาที่บกพร่อง
6. ความประมาทของคนงาน
7. ความจำเจของงานมากเกินไป



ภาพที่ 2 ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์

1.2 การป้องกันอุบัติเหตุในการปฏิบัติงานทั่วไป

การป้องกันอุบัติเหตุ มีหลักการหรือวิธีแบ่งออกได้ 3 สถานการณ์คือ

1. การป้องกันก่อนการเกิดอุบัติเหตุ คือการป้องกันหรือมีการเตรียมการล่วงหน้า เพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ โดยมีหลักการต่างๆ เช่น

1.1 หลักการ 5 ส. สำหรับการป้องกันอุบัติเหตุ เช่น

1.1.1 สะสาง หมายถึงการแยกแยะงานดี – งานเสีย ใช้ – ไม่ใช้

1.1.2 สะดวก หมายถึงการจัดการ จัดเก็บให้เป็นระเบียบเป็นหมวดหมู่

1.1.3 สะอาด หมายถึงการทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักรอุปกรณ์ สถานที่ก่อน และหลังการใช้งาน

1.1.4 สุขลักษณะ หมายถึงผู้ปฏิบัติงานต้องรักษาสุขอนามัยของตนเองและเครื่องมือ สถานที่

1.1.5 สร้างนิสัย หมายถึงการสร้างนิสัยที่ดีและทำเป็นประจำ

1.2 กฎ 5 รู้

1.2.1 รู้ งานที่ปฏิบัติว่ามีอันตรายอย่างไร มีขั้นตอนการทำงานอย่างไร

1.2.2 รู้ การเลือกใช้เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์

1.2.3 รู้ วิธีการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์

1.2.4 รู้ ข้อจำกัดการใช้เครื่องมือและเครื่องจักร อุปกรณ์

1.2.5 รู้ วิธีการบำรุงรักษา เครื่องมือและเครื่องจักร อุปกรณ์

1.3 ปฏิบัติตามกฎหมายระเบียบข้อบังคับ



ภาพที่ 3 กิจกรรม 5 ส.

2. การป้องกันขณะเกิดอุบัติเหตุ หมายถึงการเตรียมตัวล่วงหน้า เป็นการลดอันตรายให้น้อยลงหรือไม่เกิดอันตรายเลย มีหลักดังนี้คือ

2.1 การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเพื่อป้องกันอวัยวะของร่างกาย ดังนี้

- 2.1.1 หมวกนิรภัย
- 2.1.2 อุปกรณ์ป้องกันตา ใบหน้า
- 2.1.3 อุปกรณ์ลดเสียง ป้องกันหู
- 2.1.4 อุปกรณ์ป้องกันทางการหายใจ
- 2.1.5 อุปกรณ์ป้องกันลำตัว แขนขา
- 2.1.6 อุปกรณ์ป้องกันมือ
- 2.1.7 อุปกรณ์ป้องกันเท้า



ภาพที่ 4 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

2.2 การปฏิบัติงานโดยใช้การ์ดเครื่องจักร

- 2.2.1 การ์ดเครื่องกลึง
- 2.2.2 การ์ดเครื่องเจียระไน
- 2.2.3 การ์ดปิดส่วนที่หมุนของเครื่องจักร เช่น ฟันเฟือง



ภาพที่ 5 การ์ดป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร

3. การป้องกันหลังการเกิดอุบัติเหตุ คือการป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุซ้ำซ้อนขึ้น หรือมีการลดอันตรายที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

3.1 การอพยพ การขนย้าย หลังการเกิดอุบัติเหตุขึ้นจะมีการตกใจ ตื่นกลัว ดังนั้น ควรมีการวางแผนการอพยพ หรือการขนย้ายผู้ป่วยอย่างถูกวิธี

3.2 การปฐมพยาบาลเบื้องต้น เพื่อลดอันตรายให้น้อยลง เช่น การห้ามเลือด การผายปอด

3.3 การสำรวจความเสียหายหลังการเกิดอุบัติเหตุ เช่น ผู้บาดเจ็บ สถานที่
ความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ สามารถจัดตามลำดับความเสียหายได้ดังนี้

1. ไม่ก่อความเสียหายหรือมีผู้ใดได้รับบาดเจ็บ
2. ก่อความเสียหายแก่สิ่งของหรือทรัพย์สิน
3. ทำให้มีผู้บาดเจ็บ ต้องเสียค่ารักษาพยาบาล
4. ทำให้มีผู้ถึงแก่ความตาย ต้องเสียค่าทำขวัญ

ฉะนั้น ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านป้องกันอุบัติภัยจะต้องมีความรู้ความเข้าใจ มีทัศนคติที่ดีในเรื่องอุบัติภัย เพื่อเป็นการป้องกันอุบัติภัยที่จะเกิดขึ้น ทุกฝ่ายจำเป็นต้องร่วมกันวางแผนการป้องกันอุบัติภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

ประโยชน์ของการป้องกันอุบัติเหตุ

อุบัติเหตุเมื่อเกิดขึ้นแล้ว ย่อมต้องเกิดความเสียหายขึ้นไม่ว่าทางตรงหรือทางอ้อม อาจเสียหายทางด้านทรัพย์สิน ร่างกายและจิตใจ แล้วแต่ชนิดและอุบัติเหตุต่างๆ การป้องกันอุบัติเหตุจะต้องเป็นการป้องกันที่เหตุ ควบคุมที่ต้นเหตุ เมื่อเราป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุแล้ว สามารถทำให้เกิดประโยชน์มากมายหลายประการด้วยกัน คือ

1. **ประโยชน์กับตัวเราเอง** ไม่ทำให้ร่างกายพิการหรือเสียทรัพย์สิน สุขภาพจิตเสื่อมและเสียเวลา
2. **ประโยชน์แก่บุคคลอื่น** ไม่ทำให้บุคคลอื่นต้องได้รับความเดือดร้อน ซึ่งอาจเกิดการเสียหายเหมือนกับตัวเราก็ได้ ทั้งๆ ที่สาเหตุไม่ได้เกิดจากตัวเขาแต่เกิดจากตัวเราต่างหากเป็นตัวกระทำขึ้น
3. **ประโยชน์ต่อสังคม** ตัวเราเป็นส่วนหนึ่งของสังคม เรารับผิดชอบต่อสังคมและสังคมก็รับผิดชอบต่อตัวเรา การเกิดอุบัติเหตุแก่ตัวเรานั้นย่อมเป็นภาระแก่สังคม เช่น การรักษาพยาบาล การเปลี่ยนแปลงอาชีพใหม่ หรือการว่างงาน รายรับไม่พอกับรายจ่าย เช่น ขาดหัก ไม่สามารถประกอบอาชีพได้ นอกจากนี้การเกิดอุบัติเหตุในบางครั้งอาจทำให้สิ่งสาธารณสมบัติเกิดความเสียหายขึ้นได้ดังนั้นการป้องกันอุบัติเหตุก็สามารถทำให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมได้



ภาพที่ 6 สภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

1.3 กฎความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

กฎความปลอดภัยสำหรับการปฏิบัติงานทั่วไป

1. ผู้ปฏิบัติงานต้องแต่งกายด้วยชุดปฏิบัติงานที่เรียบร้อย ห้ามสวมรองเท้าแตะ
2. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน
3. ผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบสภาพและความพร้อมของเครื่องจักรอุปกรณ์ก่อนลงมือปฏิบัติงาน
4. ต้องยึดหลัก 5 ส.ในการปฏิบัติงานอยู่เสมอ (สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ สร้างนิสัย)
5. เดินบนเส้นทางที่กำหนด (ทางสีเขียว) และห้ามวางสิ่งของบนทางเดิน
6. ห้ามปฏิบัติงานหรือเดินเครื่องจักร โดยไม่มีหน้าที่
7. ห้ามถอดอุปกรณ์ความปลอดภัย ออกจากเครื่องจักร
8. ปฏิบัติตามป้ายความปลอดภัย โดยเคร่งครัด
9. ปิดเครื่องจักร และรอให้หยุดสนิทก่อนทำการซ่อมบำรุง
10. เมื่อพบสภาพผิดปกติให้หยุดเครื่องจักร เรียกหัวหน้างาน หรือพนักงานซ่อมบำรุงมาทำการแก้ไข และคอยจนกว่าผู้รับผิดชอบจะมาถึง ห้ามทำการแก้ไขโดยลำพัง
11. ห้ามสูบบุหรี่ในเขตห้ามสูบ ยกเว้นบริเวณที่กำหนด (สังเกต จากป้าย " ที่พักสูบบุหรี่ ")
12. เมื่อได้รับบาดเจ็บ หรือมีผลกระทบต่อสุขภาพให้รายงานผู้บังคับบัญชาทันที



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการเตรียมความพร้อมก่อนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

กฎความปลอดภัยสำหรับการปฏิบัติงานบนที่สูง

ก. กฎพื้นฐาน

1. เป็นผู้ได้รับมอบหมายและมีคุณสมบัติในการทำงานบนที่สูง
2. สวมใส่เครื่องแต่งกายให้รัดกุมและเรียบร้อย
3. จัดเตรียมแสงสว่างให้เพียงพอ และพร้อมในการทำงาน
4. สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะทำงานเสมอ ได้แก่ ถุงมือที่ปราศจากน้ำมัน

รองเท้านิรภัย และเข็มขัดนิรภัย

ข. กฎการขึ้นที่สูง

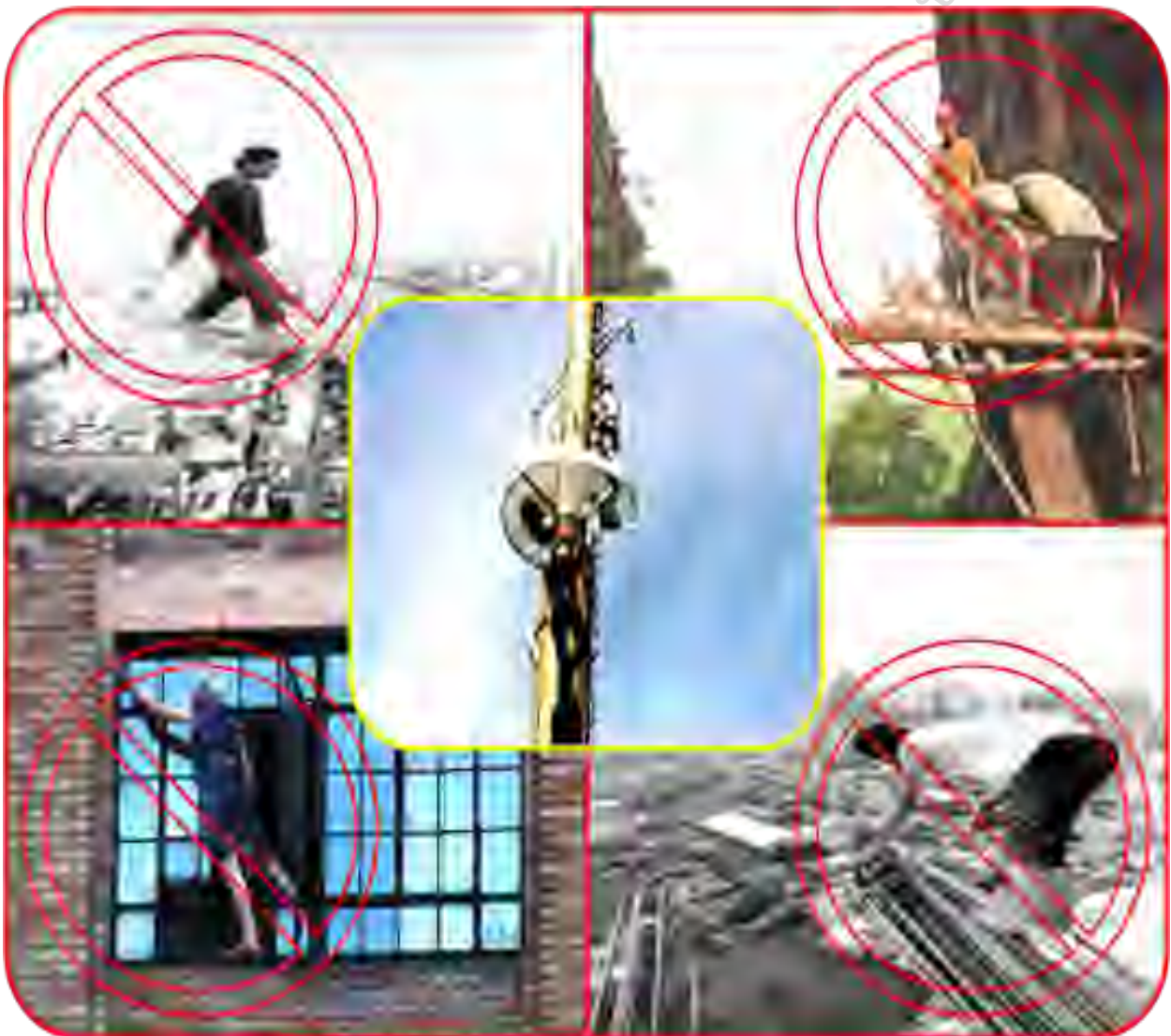
1. การขึ้น - ลงบันไดแนวดิ่ง ให้ขึ้น - ลงทีละคน
2. บันไดจะต้องถูกจับยึดให้แน่นและมั่นคง
3. ขณะขึ้น - ลงให้จับขอบบันไดด้วยมือทั้ง 2 ข้าง และก้าวขึ้นลงด้วยความเร็วปกติ
4. ห้ามถือเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ใด ๆ ขณะปีนขึ้น - ลงบันได สำหรับเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งานให้พกพาโดยใส่ในกระเป๋าที่ติดกับเข็มขัดเท่านั้น



ภาพที่ 8 อุปกรณ์กันตกจากที่สูง และนั่งร้าน

ค. กฎการทำงานบนที่สูง

1. ห้ามทำงานบนที่สูงเพียงลำพังคนเดียว
2. ห้ามเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อทำงานสูงกว่าพื้น 2 เมตร ขึ้นไป
3. ห้ามโยนสิ่งของหรือเครื่องมือให้แก่ผู้อยู่บนที่สูง
4. ห้ามทิ้งสิ่งของหรือเครื่องมือลงสู่เบื้องล่าง
5. การตัด - เชื่อมบนที่สูง ให้ตรวจสอบและเคลื่อนย้ายเชื้อเพลิง และสารไวไฟทุกชนิดในพื้นที่
เบื้องล่างก่อนและขณะตัด - เชื่อม ให้ทำงานด้วยความระมัดระวัง
6. ผู้ควบคุมงานต้องดูแลไม่ให้ใครเดินผ่านเบื้องล่าง ณ จุดทำงาน
7. ระวังขอยก (hanger) ชนเมื่อจำเป็นต้องทำงานในเส้นทางของขอยก (hanger)
8. ขณะยืนบนหลังคากระเบื้อง ห้ามเหยียบที่แผ่นกระเบื้องโดยตรง



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการทำงานบนที่สูง ผิด และ ถูก

กฎความปลอดภัยสำหรับการปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า

ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับการทำงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

1. การเลือกซื้อและใช้อุปกรณ์ โดยต้องเป็นอุปกรณ์ที่ได้ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน เป็นการป้องกันอันตรายข้างต้น
2. การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า
 - 2.1 ขนาดของสายไฟฟ้า สวิตช์ และอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้ามีขนาดถูกต้องเหมาะสม
 - 2.2 อุปกรณ์ทั้งหมดต่อลงดินอย่างเหมาะสม
 - 2.3 มีการป้องกันเฉพาะที่อุปกรณ์ด้วยฟิวส์หรือวงจรตัดกระแสไฟรั่วลงดิน
 - 2.4 การต่อสายไฟมีการป้องกันสำหรับความเสียหาย
3. การตรวจสอบอุปกรณ์เป็นระยะ มีการตรวจอย่างสม่ำเสมอเกี่ยวกับอุปกรณ์ทั้งหมด
4. การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ

การให้การศึกษาและความรู้เกี่ยวกับอันตรายที่เกิดขึ้นจากไฟฟ้า สาเหตุและผลของอุบัติเหตุ การปฏิบัติที่ปลอดภัย รวมทั้งการฝึกอบรมวิธีปฏิบัติเมื่อประสบอันตรายจากไฟฟ้า การปฐมพยาบาล และการช่วยชีวิตผู้ประสบอันตรายด้วย



ภาพที่ 10 ไฟฟ้ามีประโยชน์ แต่ก็มีอันตราย

กฎความปลอดภัยสำหรับการปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศ

1. การระบุสถานที่อับอากาศ

สถานที่อับอากาศ มีลักษณะคือ

- 1.1 เป็นสถานที่ใหญ่พอที่คนจะเข้าไปปฏิบัติงานภายในได้
- 1.2 อยู่ในสภาพจำกัดไม่ให้มีการเข้าออกได้โดยสะดวก ภายในมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือเสียชีวิตเนื่องมาจากสารที่เป็นพิษ หรือ สภาวะที่เป็นอันตราย
- 1.3 เนื่องจากสภาพการเข้าออกที่ไม่สะดวกทำให้การกู้ภัยหรือช่วยชีวิต เป็นไปได้โดยยากลำบาก
- 1.4 ไม่ได้ได้รับการออกแบบให้เป็นสถานที่สำหรับปฏิบัติงาน routine



ภาพที่ 11 ตัวอย่างสถานที่อับอากาศ

2. อันตรายในสถานที่อับอากาศ

ในสถานที่อับอากาศมีความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายดังต่อไปนี้

- 2.1 การขาดออกซิเจน
- 2.2 ก๊าซพิษ, Fume หรือ ไอรระเหยที่เป็นพิษ
- 2.3 การท่วมของของเหลว หรือ มีวัสดุไหลทะลักเข้ามา
- 2.4 ไฟไหม้และการระเบิด
- 2.5 ฝุ่น
- 2.6 ความร้อน หรือ ความเย็น

3. การควบคุมความเสี่ยงในการเข้าทำงานในสถานที่อับอากาศ

ในการลดความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายสามารถดำเนินการได้ดังต่อไปนี้

3.1 หลีกเลี่ยงการเข้าไปในสถานที่อับอากาศ เช่น จัดให้มีวิธีการทำงานโดยที่ไม่ต้องส่งคนเข้าไปข้างใน เช่น

- (1) งานจัดตั้งสิ่งอุดตันภายในไซโลโดยใช้อุปกรณ์ที่บังคับโดย remote control
- (2) การเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับงานตรวจสอบ การเข้าสู่ตัวอย่าง หรือการทำความสะอาดด้านใน

(3) การเลือกใช้กล้องที่บังคับด้วย remote control สำหรับงานตรวจสอบภายในถังขนาดใหญ่

3.2 กรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเข้าไปปฏิบัติงานภายในได้ ต้องมีระบบการทำงานอย่างปลอดภัยได้แก่

- (1) มีผู้ควบคุมงานเข้าดูแลรับผิดชอบ
- (2) ดำเนินการโดยผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสม และมีความรู้ ความสามารถในการเข้าทำงานในสถานที่อับอากาศได้อย่างปลอดภัย
- (3) มีการตัดการทำงานของเครื่องจักร, กระแสไฟฟ้า, การป้อนวัสดุ (isolation)
- (4) มีการทำความสะอาดก่อนเข้าดำเนินการ
- (5) มีการตรวจสอบและดำเนินการให้ช่องทางเข้ามีขนาดที่เหมาะสม
- (6) มีการระบายอากาศที่เหมาะสม
- (7) มีการตรวจสอบวัดสภาพบรรยากาศในที่อับอากาศ (ปริมาณออกซิเจน, สารพิษ)
- (8) มีการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับประเภทของงานและมีแสงสว่างเพียงพอ
- (9) มีการใช้เครื่องช่วยหายใจที่เหมาะสม



ภาพที่ 12 ตัวอย่างการควบคุมความเสี่ยงในการเข้าทำงานในสถานที่อับอากาศ

4. มีการเตรียมการสำหรับเหตุฉุกเฉินให้พร้อมก่อนเริ่มการเข้าปฏิบัติงานในที่อับอากาศ
 - 4.1 ตรวจสอบและให้มีการเตรียมพร้อมตรวจสอบดูว่าการแจ้งเหตุฉุกเฉิน
 - 4.2 มีเครื่องมือกู้ภัยและช่วยชีวิตที่พร้อมใช้งานได้ทันสถานการณ์ และทีมมีขีดความสามารถตอบสนองต่อภาวะฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าทำงานในที่อับอากาศครั้งนั้นๆ ได้
 - 4.3 มีทีมกู้ภัยช่วยชีวิตที่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้ทันสถานการณ์
 - 4.4 พร้อมสำหรับดำเนินการตามขั้นตอนสำหรับเหตุไฟไหม้
 - 4.5 มีความพร้อมสำหรับการยกเลิกการปฏิบัติเมื่อจำเป็น
5. โปรแกรมการจัดการเพื่อความปลอดภัยในการเข้าทำงานในสถานที่อับอากาศ
 - 5.1 มีการชี้บ่งสถานที่ที่ถือเป็นในที่อับอากาศ
 - 5.2 มีการป้องกันการเข้าไปโดยพลการ
 - 5.3 มีระบบการอนุญาตให้เข้าไปปฏิบัติงาน
 - 5.4 มีการวางแผนการเข้าไปปฏิบัติงานในแต่ละครั้ง
 - 5.5 จัดให้มีการระบายอากาศ
 - 5.6 มีป้ายเตือนอันตราย
 - 5.7 ชี้บ่งผู้ที่มีความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศ
 - 5.8 จัดให้มีอุปกรณ์ที่จำเป็น
 - 5.9 มีขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับการตรวจวัดบรรยากาศในสถานที่อับอากาศ
 - 5.10 มีแผนกู้ภัยฉุกเฉินสำหรับผู้ประสบภัยในสถานที่อับอากาศ



ภาพที่ 13 ตัวอย่างโปรแกรมการจัดการเพื่อความปลอดภัย

1.4 อันตรายและการป้องกันจากระบบไฟฟ้า

ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

ไฟฟ้ามีประโยชน์อนันต์แต่มีโทษมหันต์ ยังคงเป็นคำกล่าวที่ทันสมัยอยู่เสมอผู้ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ทั้งที่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้า และผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า จะต้องมีความระมัดระวัง ใช้ไฟฟ้าให้ถูกต้องตามหลักความปลอดภัย เลือกใช้เครื่องมือไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีคุณภาพและเรียนรู้ถึงอันตราย รวมถึงวิธีการป้องกันที่เหมาะสมด้วย ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ดังนี้

ขั้นตอนหลักในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า

1. ปลดวงจรไฟฟ้า ในการทำงานจะต้องปลดวงจรไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่จะปฏิบัติงานออกก่อน เพื่อให้ส่วนอื่นๆ ยังคงมีไฟฟ้าใช้ในการทำงานจึงจำเป็นต้องทราบว่าบริเวณที่จะปฏิบัติงานต่อไฟฟ้ามาจากที่ไหน การปลดทำได้โดยการตัดไฟฟ้าที่คัทเอ้าท์เซฟตี้สวิตช์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่บนเมนสวิตช์ ซึ่งต้องให้แน่ใจว่าสะพานไฟไม่มีไฟฟ้า หรือให้คั่นโยกอยู่ที่ตำแหน่ง off (ปิด)

2. แขนป้ายหรือล๊อคกุญแจ การแขวนป้ายจะช่วยบอกผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับแผงไฟฟ้าไม่ให้ยุ่งเกี่ยวกับวงจรที่กำลังทำงานอยู่ บางท่านเห็นว่าไฟดับและไม่ทราบว่ามีผู้ปฏิบัติงานอยู่ เมื่อมาพบว่าที่แผงสวิตช์มีเซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรอยู่ อาจสับเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้าไปก็ได้ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดอันตรายได้ สำหรับแผงสวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์บางชนิดจะมีรูสำหรับคล้องกุญแจมาให้ การล๊อคกุญแจก็จะเพิ่มความปลอดภัยมากขึ้นกว่าการแขวนป้าย



ภาพที่ 14 ตัวอย่างขั้นตอนหลักในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า

3. ตรวจสอบไฟฟ้า เพื่อให้มั่นใจว่าปลดวงจรไฟฟ้าถูกต้อง จึงต้องตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งว่ามีไฟฟ้าหรือไม่ โดยวิธีทดสอบง่ายๆ คือ นำไขควงวัดไฟแตะกับสายไฟฟ้าส่วนที่เป็นตัวนำ ณ ตรงจุดที่ปกติจะต้องมีไฟฟ้า หรือถ้าจะให้มั่นใจก็ทดสอบทุกจุดที่เราใช้มือจับ ถ้าหลอดไฟในไขควงวัดไฟไม่ติดแสดงว่าไม่มีไฟฟ้า ก่อนจะนำไขควงวัดไฟไปตรวจสอบวงจรไฟฟ้าควรทดสอบดูก่อนว่าไขควงยังคงใช้งานได้ตามปกติ โดยการแหย่เข้าไปในเต้ารับที่มีไฟฟ้าอยู่ ถ้าหลอดเรืองแสงติดก็แสดงว่าไขควงนั้นใช้งานได้

4. ใช้เครื่องป้องกันภัยส่วนบุคคล เครื่องป้องกันภัยส่วนบุคคลพื้นฐานที่ใช้กันทั่วไป คือ ถุงมือยาง หรือบางคนเรียกว่าถุงมือกันไฟ และสวมรองเท้ายาง การใช้ถุงมือยางและรองเท้ายางจะช่วยป้องกันไฟฟ้าดูด เนื่องจากไปสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าได้ ถุงมือยางอาจหาซื้อยากและทำให้ปฏิบัติงานไม่สะดวก จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้ การใช้รองเท้ายาง ก็ต้องระวังไม่ให้ส่วนหนึ่งส่วนของร่างกายไปสัมผัสกับโครงสร้างอื่นๆ เพราะจะถูกไฟฟ้าดูดได้เช่นกัน และถ้าสามารถทำได้ควรยืนบนแผ่นยางอีกทีหนึ่ง

5. ใช้เครื่องมือหุ้มด้วยฉนวน เครื่องมือสำหรับผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ที่ห้ามจับจะหุ้มด้วยฉนวน เช่น คีม ไขควง และมีดปลอกสายไฟ ในการใช้งานต้องจับบนด้ามฉนวนและระวังอย่าให้ส่วนหนึ่งของร่างกายไปสัมผัสส่วนที่เป็นโลหะ

แนวทางการแก้ไขเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

เหตุการณ์ฉุกเฉินเกี่ยวกับไฟฟ้านั้น มีสาเหตุได้หลายประการด้วยกัน แต่ละกรณีก็มีผลกระทบที่ติดตามมาหลายอย่างตั้งแต่ก่อให้เกิดความหวาดหวั่นรำคาญใจ ไปจนกระทั่งถึงก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ต่อไปนี้เป็นเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นได้กับทุกสถานที่ เช่น ที่อยู่อาศัย ที่ทำงาน สถานประกอบกิจการ อาคารพาณิชย์ ต่างๆ

1.1 การขัดข้องจากหน่วยงานการไฟฟ้า ซึ่งตามปกติทางหน่วยงานการไฟฟ้า มักจะแจ้งให้ทราบล่วงหน้า แต่ก็มีบางกรณีที่เกิดไฟดับเพียงชั่วคราว ที่อาจเกิดจากไฟตกหรือหม้อแปลงขัดข้อง ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้จากบ้านหรือสถานที่ใกล้เคียง ในกรณีเช่นนี้ต้องแจ้งเหตุให้ทางหน่วยงานการไฟฟ้า ทราบเพื่อดำเนินการแก้ไข โดยก่อนแจ้งก็ต้องดูว่าเขตพื้นที่ที่เราอาศัยอยู่ขึ้นอยู่กับเขตบริการใดของหน่วยงานการไฟฟ้า

- อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดเหตุควรปิดสวิตช์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดให้หมด เพื่อป้องกันการกระชากของเครื่องเมื่อกระแสไฟฟ้าติด รวมทั้งอย่าเปิดตู้เย็นโดยไม่จำเป็น เพราะจะทำให้ความเย็นในตู้ลดลง ทำให้ของที่แช่ไว้ละลายหรือเย็นไม่พอ ซึ่งอาจทำให้เสียหายได้ ถ้าหากไฟฟ้าดับเป็นเวลานานๆ ควรปิดสวิตช์หลอดไฟไว้สักหนึ่งดวง เพื่อเป็นสัญญาณบอกว่ากระแสไฟฟ้าใช้ได้แล้ว

1.2 การใช้ไฟฟ้าเกิน เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้กระแสไฟฟ้าเกินกว่าขนาดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟเกินกว่าจะรับได้ (อาจเป็นฟิวส์ขาดหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป) ทำให้มีการปลดวงจร อาการนี้สังเกตได้คือ จะเกิดหลังจากที่ได้เปิดสวิตช์ไฟฟ้าหรือเสียบเต้าเสียบได้สักครู่หนึ่ง อาจใช้เวลานานหลายนาทียหรืออาจเป็นชั่วโมง การแก้ไขดำเนินการ ดังนี้

- ตรวจสอบดูว่าได้มีการต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มหรือไม่ ถ้ามีการต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่ม จำเป็นต้องปรับปรุงโดยการเปลี่ยนเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้มีขนาดการป้องกัน

กระแสไฟฟ้าเกินเพิ่มขึ้นโดยต้องเพิ่มไม่เกิน 25 % จากขนาดของโหลด แต่ข้อสำคัญต้องตรวจสอบด้วยว่าสายไฟฟ้าสามารถรับกระแสไฟฟ้าได้หรือไม่ ขนาดของสายไฟฟ้าต้องสัมพันธ์กับขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือฟิวส์ กรณีที่พบว่าเกิดจากการเสียบเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มก็ต้องเปลี่ยนไปเสียบเต้ารับที่ต่อกับเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวอื่น

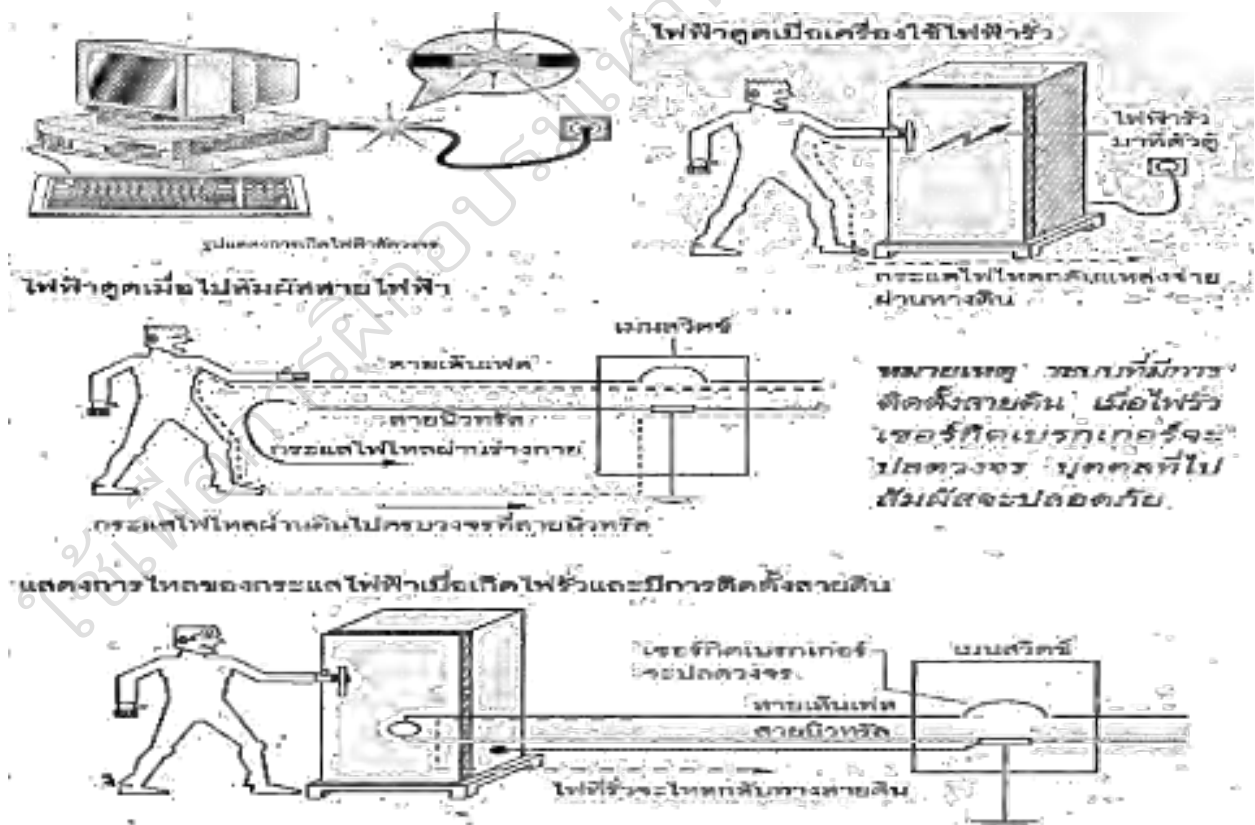
- ตรวจสอบจุดต่อสายเข้าเครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน จุดต่ออาจหลวม ทำให้เกิดความร้อน เครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินจะปลดวงจรอัตโนมัติได้โดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้าเกิน อาการนี้จะพบว่า สายไฟฟ้าบริเวณใกล้กับจุดต่อและตัวเครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินจะร้อนจัดจนรู้สึกได้จากการสัมผัสด้วยมือ การแก้ไข ต้องขันสกรูให้แน่น

1.3 ไฟฟ้าลัดวงจร หรืออาจเรียกได้อีกอย่างว่า “ไฟฟ้าช็อต” (electric shock) หมายถึง การที่ไฟฟ้าไหลผ่านจากสายไฟฟ้าเส้นหนึ่ง (Line = L) ไปยังอีกเส้นหนึ่ง (Neutron = N) โดยไม่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือโหลดใดๆ (Load) การที่กระแสไฟฟ้าไหลจากเส้นหนึ่งไปอีกเส้นหนึ่ง สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากฉนวนของสายไฟฟ้าชำรุด หรือจากการสัมผัสกัน โดยบังเอิญผลจากไฟฟ้าลัดวงจรจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในปริมาณสูง และมีความร้อนสูงด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังจะมีประกายไฟ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าบริเวณที่เกิดประกายไฟมีวัสดุไวไฟอยู่ การเกิดลัดวงจรนี้ สังเกตได้เมื่อทำการสับเครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินเข้าไปอีกครั้ง เครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินจะปลดวงจรอัตโนมัติอย่างรวดเร็ว เพราะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในปริมาณมากจะต้องตรวจหาจุดที่เกิดเหตุให้พบแล้วทำการแก้ไข

- ปกติแล้วการเกิดลัดวงจรในสายไฟฟ้ามีโอกาสเกิดน้อยมาก การเกิดลัดวงจรที่เป็นไปได้มากคือ เครื่องใช้ไฟฟ้าชำรุดตรงจุดที่มีการต่อสาย เช่น ในกล่องต่อสาย ในกล่องสวิตช์ และเต้ารับ รวมทั้งจุดที่ต่อเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นต้น อีกจุดหนึ่งที่น่าพบว่ามีเกิดลัดวงจรเป็นประจำคือ จุดที่ต่อเข้าเตารีดไฟฟ้า โดยเฉพาะตรงบริเวณที่สายเข้าเตารีด เนื่องจากสายไฟฟ้ามีการหักงอ บ่อย จุดอื่นที่มีโอกาสเกิดลัดวงจรคือ จุดที่เดินผ่านวัตถุแหลมคม เช่น สังกะสี บริเวณที่รับแรงดึง เช่น จุดจับยึดลูกถ้วย และสายที่เดินในที่ชื้น เช่น บนฝ้าเพดาน เนื่องจากถูกหนูกัด ในการซ่อมแซมควรสันนิษฐานจุดต่างๆ เหล่านี้ก่อน จะทำให้หาจุดที่เกิดลัดวงจรได้เร็วขึ้น
- ถ้ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรเกิดขณะเสียบเต้ารับหรือเปิดสวิตช์ ในเบื้องต้นให้สันนิษฐานว่าเกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าวชำรุด ให้ถอดเต้าเสียบออกหรือปิดสวิตช์ แล้วทำการซ่อมแซมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ชำรุดเสียก่อนจึงจะใช้ต่อไปได้
- แนวทางการป้องกัน ก็คือ ดูแลเครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าสม่ำเสมอ โดยเฉพาะสายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพดี ฉนวนไม่กรอบแตก และไม่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้ามากเกินไปกว่าที่สายไฟฟ้าจะทนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านได้ ป้องกันของแข็งกระแทกสายไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าจนชำรุด ควรระมัดระวังไม่เอาวัตถุไวไฟไวใกล้อุปกรณ์ไฟฟ้า และที่สำคัญคือ ติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์เกิดขึ้น เครื่องป้องกันนี้จะตัดกระแสไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

1.4 ไฟฟ้าดูด คือการที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย เราเรียกอีกอย่างว่า “ไฟฟ้าช็อต” (electric shock) เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายจะเกิดอาการกล้ามเนื้อเกร็ง หัวใจทำงานผิดปกติและเต้านอ่อนลงจนหยุดเต้นและเสียชีวิตในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามความรุนแรงของอันตรายจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้า เวลาและเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

- ไฟฟ้าดูดเกิดขึ้นได้หลายกรณีด้วยกัน ประการแรกคือ เครื่องใช้ไฟฟ้ามีการชำรุด ทำให้มีกระแสไฟฟ้ารั่วออกมา เมื่อมีการสัมผัสกระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านเข้ามาที่ร่างกาย (เพราะเท้าสัมผัสพื้นอยู่ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ครบวงจรพอดี) ประการต่อมา เกิดจากการสัมผัสกับสายไฟฟ้าที่มีการรั่วของกระแสไฟฟ้า เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดูดขึ้น สิ่งแรกที่ควรทำคือ ตัดกระแสไฟฟ้าให้เร็วที่สุดด้วยการถอดปลั๊ก ปิดเมนสวิตช์บอร์ด ไม่ควรสัมผัสผู้ที่ถูกไฟฟ้าดูดโดยตรงเพราะจะเป็นอันตรายต่อผู้ที่เข้าไปช่วยเหลือได้ แล้วทำการปฐมพยาบาลผู้ได้รับบาดเจ็บต่อไป (ดูรายละเอียดได้ในเรื่องการปฐมพยาบาลเบื้องต้น) และงดใช้อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ
- อย่างไรก็ตาม แนวทางการป้องกันที่สำคัญที่สุดก็คือ หมั่นตรวจสอบเครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ อย่างสม่ำเสมอว่ามีการชำรุดเสียหายหรือไม่ หากพบว่าชำรุดควรรีบปรับปรุงแก้ไขให้อยู่ในสภาพที่ดี หรือติดตั้งระบบสายดิน



ภาพที่ 15 ตัวอย่างลักษณะการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรและไฟฟ้าดูด

วิธีป้องกันอันตรายจากระบบไฟฟ้า

การป้องกันอันตรายจากระบบไฟฟ้าที่มีผลต่อร่างกายมนุษย์

ผลของไฟฟ้าต่อร่างกายมนุษย์

อันตรายจากไฟฟ้าคู่มือมีผลต่อมนุษย์แตกต่างกันไปตามขนาดกระแสไฟฟ้า และสุขภาพร่างกายของแต่ละบุคคล อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาวิเคราะห์ผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกายมนุษย์และกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยไว้ ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับบุคคล ณ ขณะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย

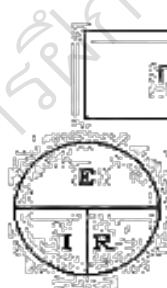
ขนาดกระแส (มิลลิแอมแปร์)	อาการ
0.5	ไม่รู้สึก
1	รู้สึกถึงกระแสไฟฟ้า
1 – 3	รู้สึกว่ามีกระแสไฟฟ้าแต่ไม่รู้สึกเจ็บปวด
3 – 10	รู้สึกถึงความเจ็บปวด
สูงกว่า 10	รู้สึกถึงการเกร็งของกล้ามเนื้อ
สูงกว่า 30	รู้สึกถึงการขัดข้องของระบบหายใจ
สูงกว่า 75	รู้สึกถึงความขัดข้องของหัวใจ
250	เกิดการขัดข้องของกล้ามเนื้อหัวใจ

ความต้านทานร่างกาย

ความต้านทานร่างกายจากมือข้างใดข้างหนึ่งไปถึงเท้าทั้งสองข้างมีค่าประมาณ 1,000 โอห์ม ณ ขณะผิวหนังเปียกชื้น ดังนั้นถ้าเราสัมผัสกับไฟฟ้าที่มีแรงดัน 220 โวลต์ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายเท่ากับ 220 มิลลิแอมแปร์ จึงเป็นปริมาณที่เป็นอันตราย

โดยที่มาของกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายนั้น ได้จากการคำนวณว่าด้วย “กฎของโอห์ม” ดังตัวอย่างด้านล่างนี้

“กฎของโอห์ม”



$$\text{กระแสไฟฟ้า (I)} = \frac{\text{แรงดันไฟฟ้า (E)}}{\text{ความต้านทานไฟฟ้า (R)}}$$

กระแสไฟฟ้า (I) หน่วยที่ใช้วัด คือ แอมแปร์ (A)

แรงดันไฟฟ้า (E) หน่วยที่ใช้วัด คือ โวลต์ (V)

ความต้านทานไฟฟ้า (R) หน่วยที่ใช้วัด คือ โอห์ม (Ω)

ถ้าต้องการหา I ก็ปัด I จะได้สูตร $I = \frac{E}{R}$

ถ้าต้องการหา E ก็ปัด E จะได้สูตร $E = I \times R$

ถ้าต้องการหา R ก็ปัด R จะได้สูตร $R = \frac{E}{I}$

เพราะฉะนั้น E = 220 โวลต์

r = 1,000 โอห์ม

I = ?

ใช้สูตร $I = \frac{E}{R}$, แทนค่า = $\frac{220}{1,000}$, = 0.22 แอมแปร์ (ทำให้เป็น มิลลิแอมแปร์) = $0.22 \times 10^3 = 220$ มิลลิแอมแปร์

“ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับร่างกายขณะโดยไฟฟ้าคู่มือ นั้น จะมีความรุนแรงมากขึ้นได้ ก็ต้องขึ้นอยู่กับเวลาขณะโดยไฟฟ้าคู่มือด้วย”

ไฟฟ้าดูดเพราะสัมผัสโดนกระแสไฟฟ้า

เราสามารถแยกตามลักษณะการสัมผัสไฟฟ้าได้ 2 แบบคือ สัมผัสโดยตรงและสัมผัสโดยอ้อม
ดังนี้

สัมผัสโดยตรง (direct Contact) คือการที่ทุกส่วนของร่างกายสัมผัสถูกส่วนที่ปกติมีไฟฟ้าโดยตรง เช่น การสัมผัสสายไฟฟ้ารั่วเพราะฉนวนชำรุด หรือมีโลหะใส่เข้าไปในรูตัวรับไฟฟ้า เป็นต้น ลักษณะนี้จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงดินจึงถูกไฟฟ้าดูด

สัมผัสโดยอ้อม (Indirect Contact) ลักษณะนี้บุคคลไม่ได้สัมผัสส่วนที่ปกติมีไฟฟ้า แต่เป็นการสัมผัสกับส่วนที่ปกติไม่มีไฟฟ้า แต่จะมีไฟฟ้าได้เมื่อชำรุดหรือรั่ว เมื่อเกิดไฟฟ้ารั่วจะมีไฟฟ้ามาอยู่ที่เปลือกโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อบุคคลไปสัมผัสจึงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและถูกฟ้าดูด การสัมผัสโดยอ้อมถือว่าอันตรายสูงและน่ากลัวเนื่องจากปกติไม่มีไฟฟ้า ผู้สัมผัสจึงขาดความระมัดระวัง



ภาพที่ 16 ตัวอย่างลักษณะแผลที่เกิดจากโดนไฟฟ้าดูด

การป้องกันการสัมผัสโดยตรง

การป้องกันการสัมผัสโดยตรงอาจเลือกใช้วิธีหนึ่งต่อไปนี้ หรืออาจเลือกใช้หลายวิธีประกอบกัน เพื่อให้การป้องกันได้ผลดียิ่งขึ้น

1. หุ้มฉนวนส่วนที่มีไฟฟ้า เป็นวิธีพื้นฐานในการป้องกันการสัมผัสที่นิยมใช้เป็นส่วนใหญ่มาก เช่น การหุ้มฉนวนสายไฟฟ้า เป็นต้น
2. มีที่กั้นหรือใส่ตู้ วิธีนี้ใช้ป้องกันการสัมผัสกับอุปกรณ์ที่การหุ้มฉนวนทำได้ยากหรือทำไม่ได้ เป็นวิธีที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป เช่น ตู้แผงสวิตช์ หม้อหุงข้าวไฟฟ้า และเตาไมโครเวฟ เป็นต้น
3. มีสิ่งกีดขวางหรือทำรั้วกัน ใช้ป้องกันสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ เช่น การทำรั้วกันหม้อแปลงไฟฟ้าที่ตั้งบนพื้น หรือการใช้ฉนวนกันสายไฟฟ้าเปลือยที่อยู่ใกล้กับจุดปฏิบัติงาน เป็นต้น
4. อยู่ในระยะที่เอื้อมไม่ถึง วิธีนี้มักใช้กับไฟฟ้าที่มีแรงดันสูงมากๆ ซึ่งการป้องกันด้วยการหุ้มฉนวนทำได้ยาก เช่น สายไฟฟ้าแรงสูงที่ติดตั้งบนเสาไฟฟ้า เป็นต้น
5. ใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล ใช้เมื่อต้องทำงานกับไฟฟ้าในขณะที่มีไฟฟ้า เช่น การใช้ถุงมือยาง และรองเท้ายาง เป็นต้น
6. ใช้เครื่องตัดไฟรั่ว หรืออาจเรียกเป็นชื่ออื่นก็ได้ แต่มีจุดประสงค์เพื่อให้ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อบุคคลถูกไฟฟ้าดูดหรือมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย

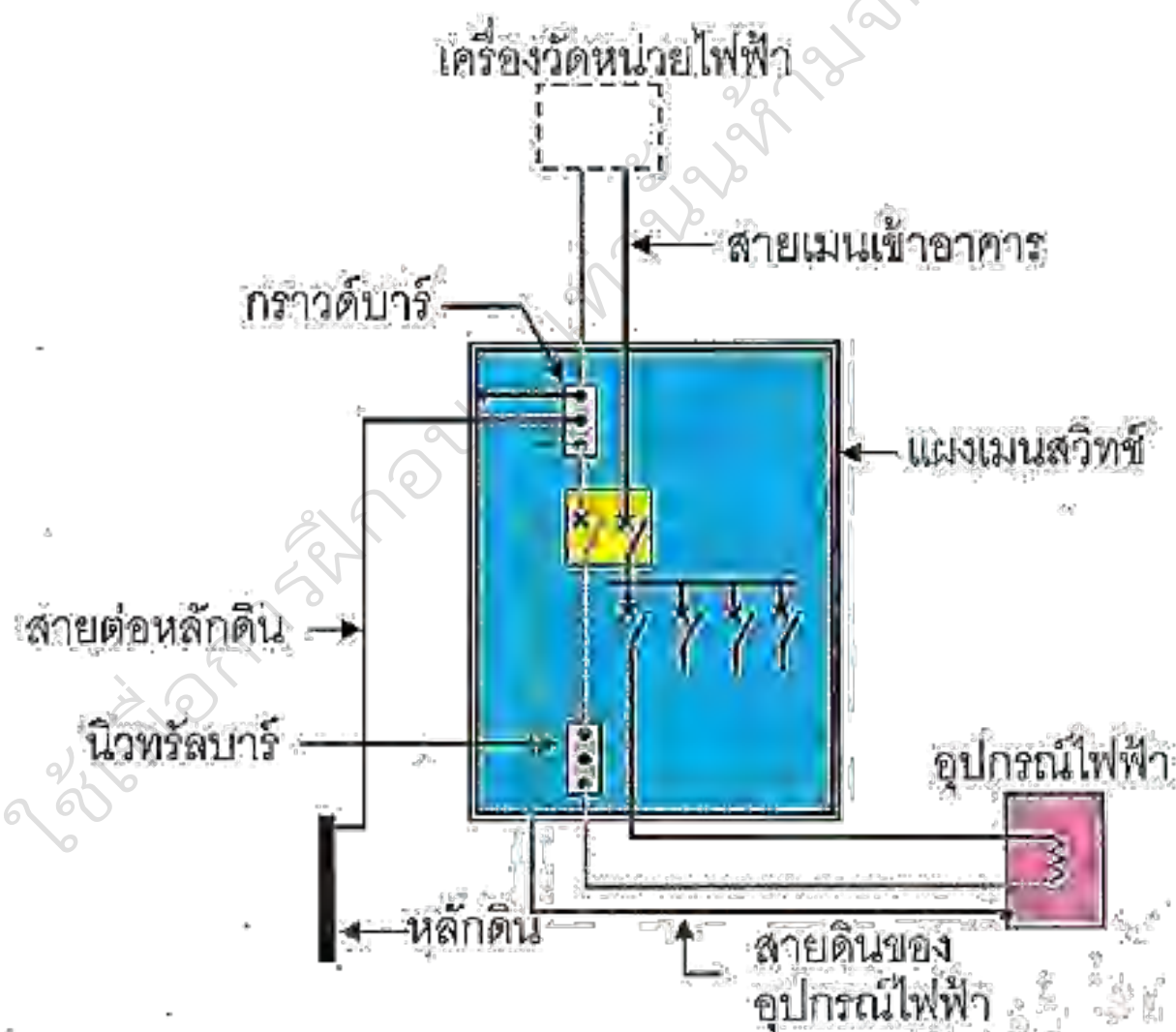


ภาพที่ 17 ตัวอย่างการป้องกันการสัมผัสโดยตรง

การป้องกันการสัมผัสโดยอ้อมต่างจากการป้องกันการสัมผัสโดยตรง เนื่องจากบางกรณีจะไม่สามารถใช้หลายวิธีประกอบกันได้

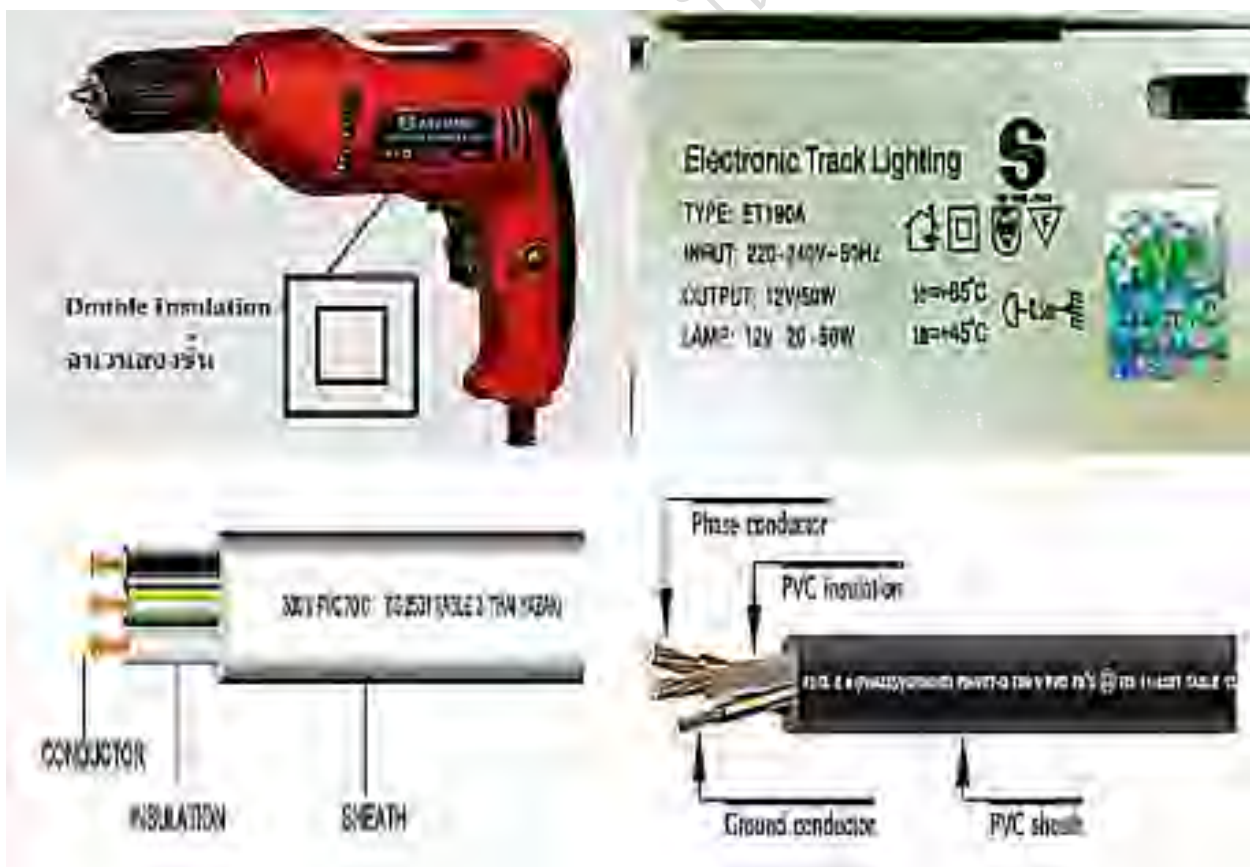
ระบบการต่อลงดินของระบบไฟฟ้าภายในอาคารต้องทำทั้ง 2 ข้อ ดังนี้

1.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าต้องต่อลงดินโดยการเดินสายดินอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อลงดินที่เมนกับสายนิวตรอนที่ต่อลงดินไว้แล้วตามข้อ 1.1



ภาพที่ 18 ตัวอย่างลักษณะการต่อระบบลงดินแผงเมนสวิตช์

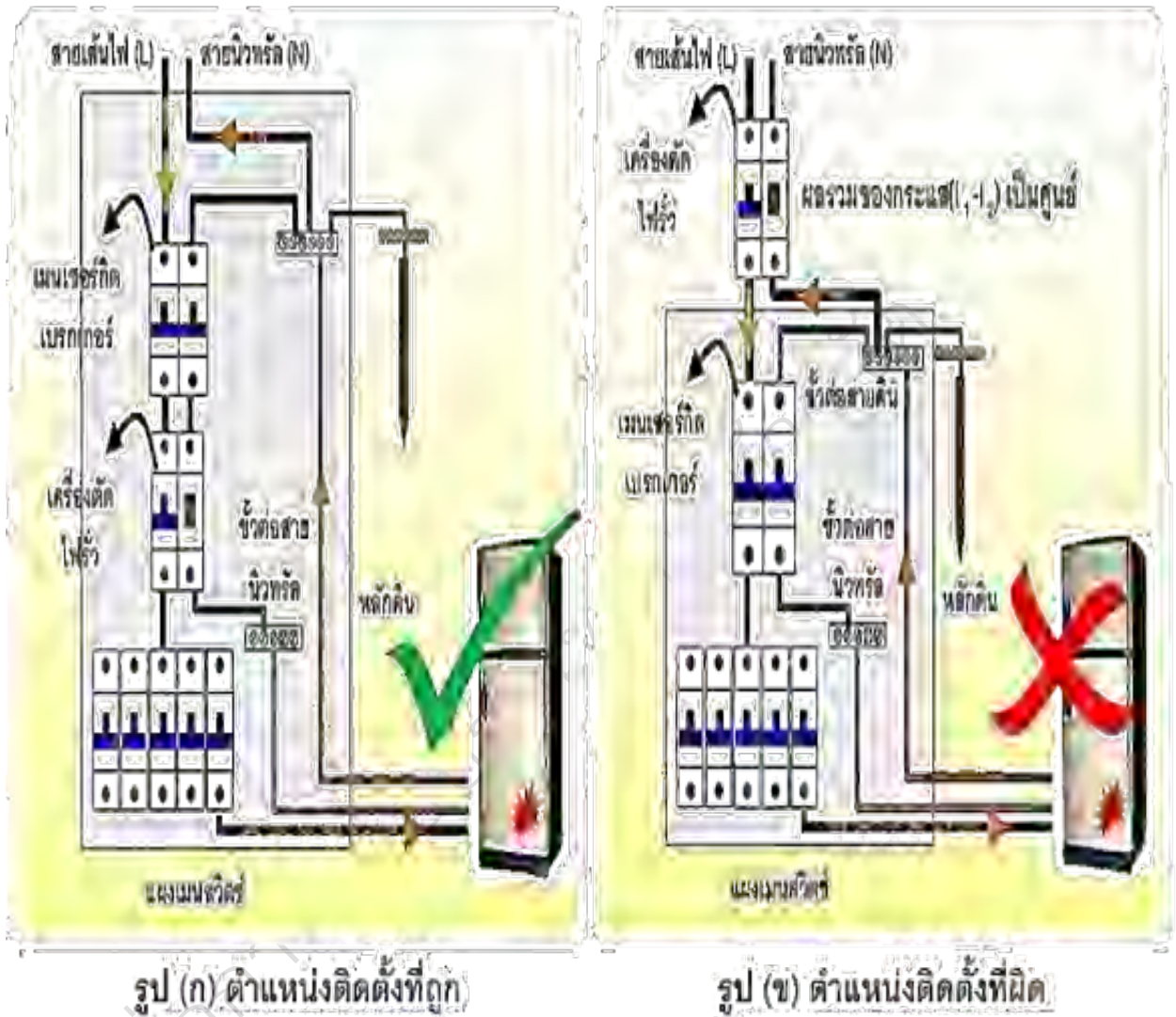
2. ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดฉนวนสองชั้น (double insulation) คือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีฉนวนสองชั้น หรือมีความหนาสองเท่าของฉนวนปกติ จึงมีความปลอดภัยสูง เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดฉนวนสองชั้นสังเกตได้ว่าจะมีเปลือกเป็นฉนวนไฟฟ้าสองชั้น เช่น ส่วนไฟฟ้าที่มีเปลือกเป็นไฟเบอร์กลาส และวิทยุทรานซิสเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดฉนวนสองชั้นจึงไม่ต้องต่อลงดิน และไม่มีตำแหน่งให้ต่อลงดินด้วยเนื่องจากเปลือกเป็นฉนวนไฟฟ้า ที่ฉลากของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดฉนวนสองชั้นจะมีเครื่องหมายแสดงไว้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสองรูปซ้อนกัน หรืออาจจะระบุว่าเป็น class ii
3. ใช้แรงดันต่ำพิเศษ เมื่อสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกายในปริมาณต่ำเช่นกัน อันตรายที่เกิดจึงน้อยมาก ถือได้ว่าไม่อันตรายมาตรฐาน iec. (international electrotechnical commission) กำหนดแรงดันต่ำพิเศษสำหรับไฟฟ้ากระแสสลับไว้ไม่เกิน 50 โวลต์
4. ใช้เครื่องตัดไฟรั่ว ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันเพิ่มเติมจากการป้องกันในตอนต้น เช่นเดียวกับการใช้ป้องกันการสัมผัสโดยตรง เครื่องตัดไฟรั่วจึงมีข้อดีตรงที่สามารถป้องกันได้ทั้งการสัมผัสโดยตรง และการสัมผัสโดยอ้อม ดังนั้นในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย จึงกำหนดให้บ้านพักอยู่อาศัยต้องติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วสำหรับการใช้ไฟฟ้าที่มีความเสี่ยงสูง เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน อ่างน้ำวน การใช้ไฟฟ้าในห้องน้ำ ห้องใต้ดิน และห้องครัว รวมทั้งการใช้ไฟฟ้าภายนอกอาคาร เป็นต้น แต่การใช้เครื่องตัดไฟรั่วก็จะต้องเลือกของที่ได้มาตรฐาน ตัดวงจรได้เร็ว ติดตั้งให้ถูกต้อง และมีการทดสอบการทำงานเป็นประจำด้วย



ภาพที่ 19 ตัวอย่างลักษณะเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดฉนวนสองชั้น (double Insulation)

การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว

หลักการทำงานทั่วไปของเครื่องตัดไฟรั่วคือ ในการทำงานปกติกระแสไหลเข้าจะต้องเท่ากับกระแสไหลกลับเสมอ เมื่อมีไฟรั่วหรือไฟดูด กระแสส่วนหนึ่งจะไหลลงดินและกลับทางดิน กระแสไหลกลับจึงน้อยกว่ากระแสไหลเข้า เครื่องตัดไฟรั่วจะสั่งปลดวงจรทันที ตามรูป



ภาพที่ 20 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว

- 1.รูป (ก) เป็นการติดตั้งในตำแหน่งที่ถูก กรณีนี้ที่เครื่องใช้ไฟฟ้ารั่วและกระแสไหลผ่านบุคคลกลับไปครบวงจร กระแสที่ไหลกลับทางเครื่องตัดไฟรั่วจะน้อยกว่ากระแสที่ไหลผ่านเข้ามาเครื่องตัดไฟรั่วจะตรวจจับได้และสั่งปลดวงจร
- 2.รูป (ข) เป็นการติดตั้งในตำแหน่งที่ผิด กรณีนี้เมื่อมีกระแสไหลผ่านบุคคลกลับไฟครบวงจร กระแสส่วนนี้จะไปรวมกับกระแสไหลกลับส่วนที่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำให้กระแสที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่วเท่าเดิม เครื่องจะไม่ทำงานสั่งปลดวงจรทั้งที่คนถูกไฟฟ้าดูดแล้ว

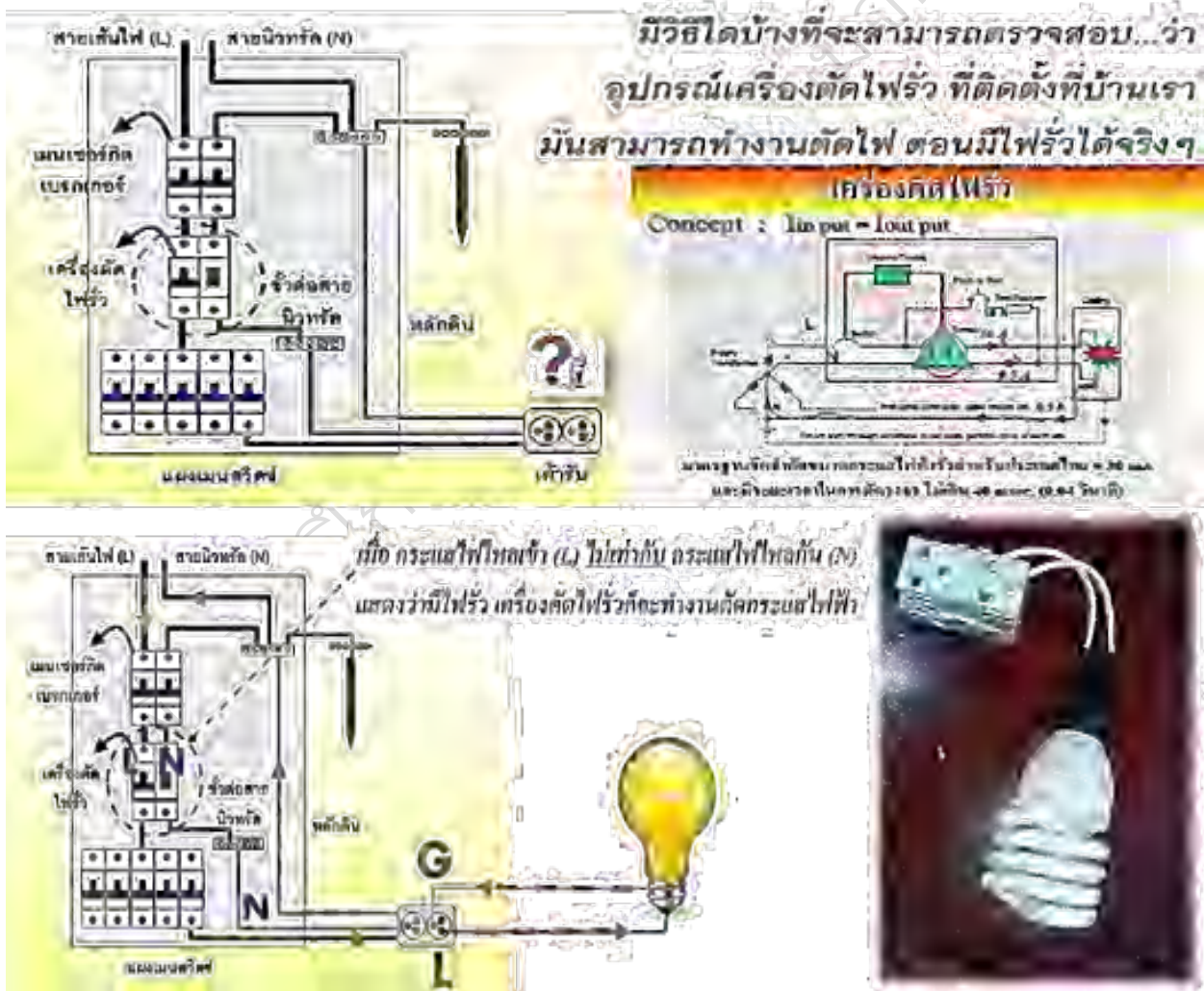
ทดสอบการทำงานของเครื่องตัดไฟรั่ว

หากที่บ้านมีการติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว แล้วมีวิธีใดบ้างที่จะสามารถตรวจสอบได้ว่า เครื่องตัดไฟรั่วที่ติดตั้งนั้นสามารถทำงานตัดไฟรั่ว ตอนมีไฟรั่วได้จริง ๆ

วิธีที่ทดสอบแบบง่าย คือ หาหลอดไฟฟ้าที่ใส่ขั้วต่อสายเรียบร้อยแล้ว แล้วเอาสายไฟ 1 เส้น ต่อเข้ากับรูปลั๊กที่มีไฟ (L) อีกเส้นต่อเข้ากับรูข่องสายกราวด์ (g) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้า (L) ไม่เท่ากับ กระแสไฟไหลออก (N) คือไฟไหลกลับไม่ได้ไหลไปที่สายนิวตรอน แต่ไปไหลครบวงจรที่สายดินแทน แบบนี้ก็เท่ากับมีไฟรั่วแล้ว โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำสายไฟฟ้าเส้นหนึ่งเสียบเข้ากับรูปลั๊กที่มีไฟฟ้า (Line)
2. นำสายไฟฟ้าอีกเส้นที่เหลือเสียบเข้ากับรูปลั๊กที่เป็นกราวด์ (g ground)
3. ด้วยเนื่องจากไฟเข้าหลอด (หลอดไฟ) ไม่เท่ากับไฟออก เพราะไม่ผ่านนิวตรอน ดังนั้น

เครื่องตัดไฟรั่วจะต้องทำงาน หากไม่ทำงานแล้ว แสดงว่า เกิดความผิดปกติ หรือ การปรับตั้งค่าของช่างเกี่ยวกับไฟรั่ว ได้ปรับไว้สูงเกินไปครับ



ภาพที่ 21 ตัวอย่างทดสอบการทำงานของเครื่องตัดไฟรั่ว

1.5 อันตรายและการป้องกันในงานช่างเครื่องปรับอากาศ

อันตรายและการป้องกันจากถังความดัน

ถังความดันที่ใช้เกี่ยวข้องกับการงานช่างเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ ถังบรรจุสารทำความเย็น ถังแก๊ส ออกซิเจนสำหรับใช้ในงานเชื่อม ถังแก๊สไนโตรเจน สำหรับงานตรวจสอบรอยรั่ว ทำความสะอาดระบบ หรือ ใช้ช่วยป้องกันการเกิดออกไซด์ขณะทำการเชื่อม เป็นต้น ถังความดันต่างๆ เหล่านี้จะต้องมีการใช้งานอย่าง ถูกต้องเพื่อความปลอดภัย มีข้อแนะนำ ดังนี้

1. ห้ามบรรจุสารทำความเย็นเข้าในถังเกินกว่า 80% ของปริมาตรถัง
2. ไม่ใช้ถังบรรจุสารทำความเย็นชนิดใช้ครั้งเดียว (Non refillable)
3. ไม่ควรให้ถังบรรจุสารทำความเย็นโดนแดดโดยตรง หรือเก็บในที่ ที่มีอุณหภูมิสูงเกิน 125 °F หรือ 52 °C เพราะอาจเกิดความดันภายในถังทำให้เกิดระเบิดได้
4. ห้ามใช้เปลวไฟจากหัวเชื่อมแก๊สในการเพิ่มความดันภายในถังกรณีที่ถังเกิดความเย็นขณะบรรจุ สารทำความเย็นเข้าในระบบในสถานะที่เป็นแก๊ส
5. จะต้องมิใช่เหล็กยึดถังให้แน่นขณะทำงานหรือเมื่อต้องการเคลื่อนย้ายถัง และต้องมีฝาครอบวาล์ว (protective cap) เมื่อมีการเคลื่อนย้าย เพื่อป้องกันการล้มลงของถัง
6. ห้ามใช้ออกซิเจนแทนไนโตรเจนอัดเข้าระบบ ในกรณีตรวจสอบรอยรั่วของระบบ เครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 22 แสดงการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บถังแก๊สที่ผิดวิธี

การเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนัก

หลักการเคลื่อนย้ายวัตถุ-อุปกรณ์ด้วยกำลังคน

ตามกฎหมายความปลอดภัยของไทยจะเห็นได้ว่ามีเพียงกฎกระทรวงที่ออกโดยกระทรวงแรงงานเรื่องกำหนด

อัตราน้ำหนักที่นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานได้ ในกฎหมายมิได้มีการกำหนดท่าทางการยกของที่ถูกต้อง เพียงแต่กำหนดอัตราน้ำหนักในการยกเท่านั้น โดยกำหนดไว้ดังนี้

ให้นายจ้างใช้ลูกจ้างทำงานยก แบก หาม หาบ ทูน ลาก หรือเข็นของหนักไม่เกินอัตราน้ำหนักโดยเฉลี่ยต่อลูกจ้างหนึ่งคน ดังต่อไปนี้

1. ยี่สิบกิโลกรัมสำหรับลูกจ้างซึ่งเป็นเด็กหญิงอายุตั้งแต่สิบห้าปีแต่ยังไม่ถึงสิบแปดปี
2. ยี่สิบห้ากิโลกรัมสำหรับลูกจ้างซึ่งเป็นเด็กชายอายุตั้งแต่สิบห้าปีแต่ยังไม่ถึงสิบแปดปี
3. ยี่สิบห้ากิโลกรัมสำหรับลูกจ้างซึ่งเป็นหญิง
4. ห้าสิบห้ากิโลกรัมสำหรับลูกจ้างซึ่งเป็นชาย

ในกรณีของหนักเกินอัตราน้ำหนักที่กำหนดให้นายจ้างจัดให้มีและให้ลูกจ้างใช้เครื่องทุ่นแรงที่เหมาะสม และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของลูกจ้าง

ดังนั้นในการยกของนั้นเราจึงต้องมีการวางแผน และเรียนรู้ท่าทางที่ถูกต้องในการยกของ เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นได้ เช่น

1. อาการปวดหลังทั้งเฉียบพลัน และเรื้อรัง
2. โรคกระดูกทับเส้นประสาท
3. เข่าเสื่อม
4. มือชา เนื่องจากเส้นเลือดและเส้นประสาทถูกกดทับ
5. ไล่เลื่อน



ภาพที่ 23 แสดงผลของการเคลื่อนย้ายสิ่งของที่มีน้ำหนักที่ผิดวิธี

การวางแผนในการยกของ

หลักการทั่วไปในการวางแผนการยกของ เพื่อเตรียมตัวพร้อมก่อนยก มีดังต่อไปนี้

1. ต้องประเมินน้ำหนักของวัสดุสิ่งของ ว่าจะยกตามลำพังเพียงคนเดียวได้หรือไม่
2. ถ้าไม่สามารถยกได้ต้องหาคนช่วยยก ไม่ควรพยายามยกเคลื่อนย้ายวัสดุสิ่งของที่หนักมากโดยลำพัง
3. ตรวจสอบสภาพบริเวณที่จะยกโดยรอบ เช่น ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทาง มีเนื้อที่ว่างมากพอในการยกเคลื่อนย้ายพื้นจะต้องไม่ลื่น และมีแสงสว่างเพียงพอ เป็นต้น
4. ควรใช้เครื่องทุ่นแรงที่เหมาะสม เพื่อลดการใช้กำลังแรงงานคน
5. จัดวางตำแหน่งวัสดุสิ่งของที่จะยก ไม่สูงเกินกว่าระดับไหล่
6. การทำงานกับวัสดุสิ่งของที่มีน้ำหนักต่างๆ กันเมื่อยกของที่หนักแล้วให้สลับมายกของเบาเพื่อพักกล้ามเนื้อ และเพื่อช่วยลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ
7. ควรใช้ถุงมือ เพื่อป้องกันการถลอก ขูดขีด และการถูกบาดจากของมีคม และสวมใส่รองเท้านิรภัย เพื่อป้องกันการลื่นไถล และป้องกันการบาดเจ็บจากวัสดุสิ่งของหล่นทับ



ภาพที่ 24 แสดงวิธีทำงานที่เสี่ยงการเกิดอันตรายต่อร่างกาย

การยกของที่ถูกวิธี

แบ่งเป็น การยกสิ่งของคนเดียว และการยกสิ่งของด้วยคนสองคน

การยกวัสดุสิ่งของคนเดียว โดยวัสดุอยู่ในระดับพื้น

1. ยืนชิดวัสดุสิ่งของ วางเท้าให้ถูกต้องและมีความมั่นคง เพื่อป้องกันการเสียสมดุลของร่างกาย
2. ย่อเข้าให้หลังเป็นแนวตรง เพื่อรักษาสภาพความโค้งของกระดูกสันหลังให้เป็นแนวตรง หรือเป็นไปตามธรรมชาติ เพื่อให้แรงกดลงบนหมอนรองกระดูกสันหลังมีการกระจายตัวเท่าๆ กัน
3. จับวัสดุสิ่งของให้มั่นคงโดยใช้ฝ่ามือจับเพื่อป้องกันการลื่นหลุดมือ และหากเป็นไปได้ควรมีที่จับหรือหูจับเพื่อทำให้จับได้ถนัดและง่ายขึ้น
4. ควรให้แขนชิดลำตัว ไม่ควรกางแขนออก และให้วัสดุสิ่งของที่จะยกอยู่ชิดกับลำตัวให้มากที่สุด เพื่อให้น้ำหนักของวัสดุสิ่งของผ่านลงที่ต้นขาทั้งสองข้าง
5. ควรให้ตำแหน่งของศีรษะสัมพันธ์กับร่างกาย โดยให้ศีรษะและกระดูกสันหลังอยู่ในแนวเดียวกัน คืออยู่ในแนวตรง ซึ่งจะช่วยให้มองเห็นทางเดินได้ชัดเจนในขณะที่ยกขึ้นและเดิน
6. ค่อยๆ ยึดเข้า เพื่อยืนขึ้นโดยใช้กำลังจากกล้ามเนื้อขา สะโพก ไหล่ และต้นแขน ในขณะที่ยืนขึ้นหลังจะอยู่ในแนวตรงหรือเป็นไปตามธรรมชาติ



ภาพที่ 25 แสดงขั้นตอนการยกของหนักอย่างถูกวิธี

1.6 การป้องกันอัคคีภัย

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอัคคีภัย

ไฟหรือการเผาไหม้หรือการสันดาปเป็นปฏิกิริยาเคมีในการเติมออกซิเจนของสารใดสารหนึ่งซึ่งทำให้เกิดความร้อน มีแสงสว่างและเกิดสภาพการเปลี่ยนแปลงต่างๆทางเคมีด้วย

การเกิดอัคคีภัยนั้นเป็นเพราะขาดการควบคุมหรือไม่สามารถควบคุมความร้อนของไฟได้ ซึ่งเมื่อเกิดอัคคีภัยขึ้นมาครั้งใดจะก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสภาพแวดล้อมอย่างมากมาย ฉะนั้นเราควรที่จะรู้ถึงธรรมชาติของไฟเพื่อที่จะสามารถควบคุมหรือดับไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 26 ตัวอย่างการเกิดอัคคีภัย

องค์ประกอบของไฟ

ไฟที่จะเกิดขึ้นได้นั้น จะต้องมียุคประกอบสำคัญของไฟ ได้แก่ เชื้อเพลิง (Fuel) ความร้อน (heat) และอากาศ (oxidizing agent : air)

1.1 เชื้อเพลิง ไม่ว่าจะเป็นเชื้อเพลิงสถานะของแข็ง ของเหลวและก๊าซ (ภายใต้ความอัดดัน) จะต้องเปลี่ยนจากสถานะเดิมเป็นไอ (ก๊าซ) ก่อนเสมอ เมื่อเชื้อเพลิงได้รับความร้อนจนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ หรือก๊าซแล้วเข้าผสมกับอากาศอย่างได้สัดส่วนและพร้อมที่จะเกิดการลุกไหม้ได้เรียกว่าความร้อนถึงจุดวาบไฟ (Flash point)

1.2 ความร้อน จะต้องมียุคอุณหภูมิที่สูงพอสำหรับทำให้เกิดการจุดติดไฟ หรือจุดวาบไฟ (Fire point) จุดติดไฟของเชื้อเพลิงต่างๆ จะต้องสูงกว่าจุดวาบไฟเสมอ แต่จะสูงมากเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับสารสมบัติของเชื้อเพลิงนั้นๆ

1.3 อากาศ ได้แก่ บรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ในอัตราที่ประมาณร้อยละ 21 แต่ถ้าออกซิเจนมีปริมาณที่ต่ำกว่าร้อยละ 16 ไฟก็จะลุกไหม้ช้าลงและมอดดับไปในที่สุด ถึงแม้ว่าออกซิเจนจะช่วยในการเผาไหม้ แต่ก็ต้องมีส่วนผสมกับไอ หรือก๊าซของเชื้อเพลิงแต่ละอย่างในปริมาณที่จำกัดไม่มาก หรือน้อยจนเกินไป เรียกว่า ช่วงการจุดติด (eXpLoSiVer aNeg)

ประเภทของไฟ

การจำแนกประเภทของไฟที่จะได้ทราบถึงชนิดของวัสดุเชื้อเพลิงที่ไหม้ไฟช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการดับเพลิง ทำให้การดับเพลิงมีประสิทธิภาพและลดความเสียหาย แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

1.1 ประเภท a ได้แก่ ไฟที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุอยู่ในประเภทของแข็ง เช่น ไม้ เสื้อผ้า หล้า ฟาง กระดาษ ปอ นุ่น ฯลฯ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสมสำหรับการดับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดน้ำ สะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดโฟมสะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง abc เครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเฉื่อยระเหยที่ไม่ทำลายมลภาวะ

1.2 ประเภท b ได้แก่ ไฟที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุเชื้อเพลิงประเภทของเหลวรวมถึงก๊าซต่างๆ ที่ติดไฟ เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันพืช จาระบี แอลกอฮอล์ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ก๊าซมีเทน ฯลฯ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสมสำหรับการดับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดโฟมสะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง abc เครื่องดับเพลิงชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเฉื่อยระเหยที่ไม่ทำลายมลภาวะ

1.3 ประเภท c ได้แก่ ไฟที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุเชื้อเพลิงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลเวียนอยู่ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสมสำหรับการดับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง abc เครื่องดับเพลิงชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเฉื่อยระเหยที่ไม่ทำลายมลภาวะ

1.4 ประเภท d ได้แก่ ไฟที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุเชื้อเพลิงที่เป็นโลหะติดไฟ เช่น ไททาเนียม แมกนีเซียม โซเดียม อะลูมิเนียม ฯลฯ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสมสำหรับการดับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีโซเดียมโครไรด์

ตารางที่ 2 สัญลักษณ์ประเภทของ

ประเภทของไฟ	สัญลักษณ์
ไฟประเภท a	
ไฟประเภท b	
ไฟประเภท c	
ไฟประเภท d	

การเกิดไฟ...!!

องค์ประกอบของไฟ ประกอบด้วย

1. **ออกซิเจน** ทำให้การลุกไหม้เกิดอย่างต่อเนื่อง
2. **ความร้อน** ให้เชื้อเพลิงมีอุณหภูมิสูงถึงจุดติดไฟ
3. **เชื้อเพลิง** สนับสนุนการลุกไหม้

ประเภทของไฟ...!!

ประเภท ก (Class A)
คือไฟที่เกิดจากวัสดุติดไฟทั่วไป ซึ่งเมื่อเผาไหม้แล้วจะมีเถ้าเหลืออยู่ เช่น ไม้ กระดาษ เสื้อผ้า พลาสติก

ประเภท ข (Class B)
คือไฟที่เกิดจากของเหลวไวไฟ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง สี แล็กเกอร์ จาระบี แก๊สไวไฟ ก๊าซหุงต้ม

ประเภท ค (Class C)
เป็นไฟที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ เช่น มอเตอร์ หม้อแปลง เครื่องใช้ไฟฟ้า

ประเภท ง (Class D)
คือไฟที่เกิดจากโลหะติดไฟ หรือกัมมันตภาพรังสีติดไฟ เมื่อสัมผัสกับอากาศ เช่น โลหะ อลูมิเนียมที่เป็นผง






ภาพที่ 27 การเกิดไฟ และประเภทของไฟ

ชนิดของถังดับเพลิง!!!



ชนิดผงเคมีแห้ง
(นิยมบรรจุถังสีแดง) เป็นที่นิยมติดตั้งโดยทั่วไป
เพราะสามารถ **ดับไฟ** ได้ทั้งประเภท ก ข ค



ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)
(นิยมบรรจุถังสีแดง มีกระบอก) สายฉีดเป็นปากแตร
พ่นหมอกหิมะ ออกมาไล่ความร้อนและออกซิเจน
ใช้ดับไฟเฉพาะประเภท ข เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง
แล็กเกอร์ จาระบี แก๊สไวไฟ ภายในอาคารผลิต
อาหารแปรรูปจะติดตั้งถึงประเภทนี้





ชนิดสารสะอาด
ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม **ใช้**
ดับไฟประเภท ข ค เป็นหลัก



ชนิดฟองโฟม
ถังดับเพลิงชนิดนี้ใช้ดับไฟ
เฉพาะประเภท ก และ ข เท่านั้น
เนื่องจากมีน้ำเป็นองค์ประกอบจึง
ห้ามใช้กับไฟประเภท ค





ชนิดน้ำสะสมแรงดัน
(นิยมบรรจุถังสีแดง) บรรจุน้ำอยู่ในถังแล้วอัดแรงดันเข้าไว้
จึงเรียกว่า น้ำสะสมแรงดัน **ใช้ดับไฟเฉพาะประเภท ก**
เช่น ไม้ กระดาษ เสื้อผ้า พลาสติก **ห้ามใช้กับไฟ ประเภท ค**

สำนักงานความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมเขตจังหวัดเชียงใหม่

ภาพที่ 28 ชนิดของถังดับเพลิง



ภาพที่ 29 วิธีการใช้ถังดับเพลิง

1.7 การปฐมพยาบาลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานช่างเครื่องปรับอากาศ

การปฐมพยาบาล หมายถึง การปฏิบัติการให้ความช่วยเหลือ หรือการรักษาพยาบาลในขั้นแรกแก่ผู้ที่ได้รับอุบัติเหตุหรือผู้ป่วยโดยปัจจุบันทันด่วนก่อนที่ผู้ป่วยจะได้รับการรักษาพยาบาลจากแพทย์ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยพ้นจากอันตรายหรือลดอันตรายให้น้อยลงก่อนที่แพทย์จะรักษาในขั้นต่อไป

การปฐมพยาบาลมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ

1. เพื่อช่วยชีวิต
2. เพื่อเป็นการลดความรุนแรงของการบาดเจ็บหรือการเจ็บป่วย
3. เพื่อทำให้บรรเทาความเจ็บปวดทรมาน และช่วยให้กลับสู่สภาพเดิมโดยเร็ว
4. เพื่อป้องกันความพิการที่จะเกิดขึ้นตามมาภายหลังการปฐมพยาบาลแบบต่างๆ

อุปกรณ์ปฐมพยาบาลที่จำเป็นเบื้องต้น

1. สำลี
2. คีมสำหรับบ่งเสี้ยน
3. ผ้ากอซพันแผลขนาดต่างๆ เช่น 1 นิ้ว 2 นิ้ว 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว
4. กรรไกรขนาดกลาง
5. แก้วล้างตา
6. ผ้ายืดพันแก้เคล็ด ขัดยอก (elastic bandage)
7. ผ้ากอซแผ่นชนิดฆ่าเชื้อทำความสะอาด (แอลกอฮอล์)
8. ผ้าสามเหลี่ยม
9. เข็มกลัดซ่อนปลาย
10. พลาสเตอร์ม้วน หรือชิ้น
11. ผ้ากอซชุบพาราฟินสำหรับปิดแผลไฟไหม้



ภาพที่ 30 ตัวอย่างอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและยาที่รักษาเบื้องต้น

ยาที่ควรมีไว้ในตู้ยาประจำบ้านหรือประจำสถานที่ทำงาน

1. ยาแก้ปวดลดไข้ เช่น ยาเม็ดพาราเซตามอล ขนาด 500 มิลลิกรัม
2. ยาแก้แพ้ ลดน้ำมูก เช่น ยาเม็ดคลอเฟนิรามีน 4 มิลลิกรัม และ 2 มิลลิกรัม
3. ยาแก้ปวดท้อง ท้องอืด ท้องเฟ้อ เช่น ยารัตุน้ำแดง ยารัตุน้ำขาว โซดาไม้นท์ ขมิ้นชันแคปซูล
4. ยาโรคกระเพาะ เช่น ยาเม็ดดอลูมินาแมกนีเซียม ไตรซิลลิเคท
5. ยาแก้ท้องเสีย เช่น ยาน้ำเคอลินเปคติ ผงน้ำตาลเกลือแร่
6. ยาใส่แผล เช่น ทิงเจอร์แผลสด ไอโอดีน
7. ยาล้างตา โบริคโซลูชั่น
8. ยาทางแก้แพ้ แก้กัน คาลาไมน์
9. ยาล้างแผล เช็ดแผล เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แอลกอฮอล์เช็ดแผล
10. ยาทานวด เช่น ขี้ผึ้งปวดบวม ครีมระกำ g po บาล์ม
11. ยาแก้ไอผู้ใหญ่ เช่น ยาแก้ไอน้ำดำ ยาขับเสมหะ
12. ยาแก้ไอเด็ก เช่น ยาแก้ไอขับเสมหะ ยาแก้ไอเด็กเล็ก
13. ยาระบาย เช่น ยาระบายแมกนีเซียม ซามะซามแซก ยาเม็ดมะขามแซก
14. ยาสูดดม เช่น เหล้าแอมโมเนีย



ภาพที่ 31 ตัวอย่างการปฐมพยาบาลเบื้องต้น

การช่วยเหลือผู้ประสบภัยอันตรายจากไฟฟ้าและการปฐมพยาบาล

1. การช่วยเหลือผู้ประสบภัยอันตรายจากไฟฟ้า

ผู้ที่ช่วยเหลือผู้ประสบภัยอันตรายจากไฟฟ้าต้องรู้วิธีที่ถูกต้องในการช่วยเหลือ ดังนี้

- 1.1 อย่าใช้มือเปล่าแตะต้องตัวผู้ที่ติดอยู่กับกระแสไฟฟ้า หรือตัวนำที่เป็นต้นเหตุ ให้เกิดอันตรายเป็นอันตราย เพื่อป้องกันมิให้ถูกกระแสไฟฟ้าจนได้รับอันตรายไปด้วยอีกผู้หนึ่ง
 - 1.2 รีบบาทางตัดกระแสไฟฟ้าโดยฉับไวด้วยการถอดปลั๊กหรือเอาสวิตช์ออกก็ได้
 - 1.3 ใช้วัตถุที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า เช่น ผ้า ไม้แห้ง เชือกที่แห้ง สายยาง หรือพลาสติกที่แห้งสนิท ทุ้งมือยาง หรือผ้าแห้งพันมือให้หนา แล้วถึงผลักหรือถอดตัวผู้ประสบอันตรายให้หลุดออกมาโดยเร็ว เชียสายไฟให้หลุดออกจากตัวผู้ประสบอันตราย
 - 1.4 หากเป็นสายไฟฟ้าแรงสูงให้พยายามหลีกเลี่ยง แล้วรีบแจ้งหน่วยงานการไฟฟ้าให้เร็วที่สุด
 - 1.5 อย่าลงไปใต้น้ำกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าอยู่ในบริเวณที่มีน้ำขัง ต้องหาทางเชี่ยสายไฟออกให้พ้นหรือตัดกระแสไฟฟ้าก่อนจึงค่อยไปช่วยผู้ประสบอันตราย
- “การช่วยผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้าจำเป็นต้องกระทำด้วยความรวดเร็ว รอบคอบ และระมัดระวังเป็นพิเศษ”**



ภาพที่ 32 สิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรกเมื่อพบผู้ถูกไฟฟ้าดูด

2. ตรวจอาการผู้บาดเจ็บก่อนปฐมพยาบาลเบื้องต้นและขอความช่วยเหลือ

เมื่อได้ทำการช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายมาได้แล้ว จะโดยวิธีใดก็ตาม หากปรากฏว่าผู้บาดเจ็บ ร้ายที่ช่วยออกมาแล้วหมดสติไม่รู้สีกตัว หัวใจหยุดเต้นและไม่หายใจ ซึ่งสังเกตได้จากอาการที่เกิดขึ้น ดังนี้ ริมฝีปากเขียว สีหน้าซีดเขียวคล้ำ ทรวงอกเคลื่อนไหวน้อยมากหรือไม่เคลื่อนไหว ชีพจรบริเวณคอเต้นช้าและเบา มาก ถ้าหัวใจหยุดเต้นจะคำชีพจรไม่พบ ม่านตาขยายค้างไม่หดเล็กลง หมดสติไม่รู้สีกตัว ต้องรีบทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้น **“CPR”** ทันที เพื่อให้ปอดและหัวใจทำงาน **“และรีบโทรศัพท์ขอความช่วยเหลือจากหมายเลข 1669 สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย”**

9 สิ่งสำคัญที่ควรรู้ก่อนแจ้ง “1669”

1. ตั้งสติ
2. บอกลักษณะอุบัติเหตุ
3. บอกสถานที่เกิดเหตุ
4. บอก เพศ อายุ อาการ จำนวน
5. บอกการตอบสนองของผู้ป่วย
6. บอกความเสี่ยงที่อาจเกิดซ้ำ
7. บอกข้อมูลผู้แจ้งเหตุ
8. ช่วยเหลือเบื้องต้น
9. รอทีมกู้ชีพ



ภาพที่ 33 ตัวอย่าง 9 ข้อควรรู้ก่อนโทร. 1669

3. การปฐมพยาบาลช่วยชีวิตขั้นพื้นฐาน (Cardio Pulmonary resuscitation : CPR)

หมายถึง การช่วยเหลืออย่างรีบด่วนในภาวะฉุกเฉินทั้งระบบหายใจ ระบบหมุนเวียนโลหิต โดยไม่อาศัยเครื่องมือใดๆ การปฏิบัติการช่วยชีวิต มีบทบาทสำคัญในการช่วยเหลือและสามารถลดอัตราการตายของผู้บาดเจ็บได้ ถ้าทำอย่างถูกวิธีและทันที่

1. วางผู้ป่วยให้อยู่หงาย แล้วชันคอผู้ป่วยให้หงายขึ้น
2. ตรวจสอบว่ามีสิ่งอุดตันในช่องปากหรือไม่ หากพบให้นำออกและช่วยเป่าปากโดยใช้นิ้วข้างปากและบีบจมูกของผู้ป่วย
3. ประคบปากของผู้ป่วยให้สนิท เป่าลมเข้าแรงๆ โดยเป่าปากประมาณ 12 – 15 ครั้ง/นาที สังเกต การขยายของหน้าอก หากเป่าปากไม่ได้ให้เป่าจมูกแทน
4. หากหัวใจหยุดเต้น ต้องนวดหัวใจ โดยวางผู้ป่วยนอนราบแล้วเอามือกดเหนือลิ้นปี่ให้ถูกตำแหน่ง (ดังรูป) กดลงไปเป็นจังหวะเท่ากับการเต้นของหัวใจ (ผู้ใหญ่ประมาณนาทีละ 60 ครั้ง เด็กประมาณ 80 ครั้ง)
5. ตรวจสอบชีพจรหรือฟังการเต้นของหัวใจสลับการกดทุกๆ 10 – 15 ครั้ง
6. ถ้าหยุดหายใจ และหัวใจหยุดเต้นให้เป่าปาก 2 ครั้ง นวดหัวใจ 15 ครั้งสลับกัน และถ้ามีผู้ช่วยเหลือ 2 คน ต้องสลับกันเป่าปาก 1 ครั้ง นวดหัวใจ 5 ครั้ง

“การปฐมพยาบาลต้องทำทันที ที่ช่วยเหลือผู้ป่วยออกมา และควรนำส่งโรงพยาบาล ขณะนำส่งจะต้องทำการปฐมพยาบาลตามขั้นตอนดังกล่าวตลอด”



ภาพที่ 34 ขั้นตอนการปฐมพยาบาลผู้ถูกไฟฟ้าดูด

บทนำ

เนื้อหาวิชา : คณิตศาสตร์ช่าง

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกได้ทบทวนความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในงานช่าง ได้แก่ การคำนวณหา ระยะ มุม พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก ความดัน การแปลงหน่วยของมาตรวัดมาตรฐานต่างๆ การวัดและการใช้เครื่อง คำนวณได้อย่างถูกต้อง

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาทบทวนความรู้ในเรื่องระบบจำนวน ตัวเลข เศษส่วน ทศนิยม ร้อยละ การพื้นที่ปริมาตรของรูปทรง เรขาคณิต การแทนค่า คำนวณหาค่าด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ และระบบมาตรวัดที่ใช้ในงานช่าง

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

2. คณิตศาสตร์ช่าง

(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 7 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 0 ชั่วโมง) (หน้าที่)

2.1 ลักษณะตัวเลขและความหมาย (42 – 50)

2.2 ปริมาตรตัวเลข (51 – 54)

2.3 ระบบมาตรา (55 – 59)

คณิตศาสตร์ช่าง

2.1 ลักษณะตัวเลขและความหมาย

คณิตศาสตร์ช่างคืออะไร

คณิตศาสตร์ช่าง (shop Mathematics) คือการประยุกต์เอาวิชาคณิตศาสตร์ มาใช้ในงานช่างหรือวิชาช่างสาขาต่างๆ โดยเลือกเอาส่วนหรือเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิชาช่างสาขานั้นๆ มาเรียนโดยเฉพาะ เช่น เรื่องวงกลม และส่วนของวงกลมก็ประยุกต์มาใช้ในการช่างที่เกี่ยวกับงานช่างกลโรงงาน หรือ เรื่องมุม ก็ประยุกต์ใช้กับงานช่างเกือบจะทุกสาขา เป็นต้น

คณิตศาสตร์ช่างมีความสำคัญอย่างไร

คณิตศาสตร์ช่าง มีความสำคัญต่องานช่างก็ต่อเมื่อได้เลือกเนื้อหาที่เหมาะสมกับงานช่างสาขานั้นๆ เพื่อให้การออกแบบ หาค่าผลลัพธ์ และแก้ปัญหาในงานช่างให้สำเร็จลุล่วงไปโดยรวดเร็ว และถูกต้อง ถือได้ว่าคณิตศาสตร์ช่างเป็นเครื่องนำทางการปฏิบัติให้เดินไปอย่างราบรื่น

สาเหตุอีกประการหนึ่งของการเรียนคณิตศาสตร์ช่าง ก็คือ ในงานช่างสาขาต่างๆ มีการใช้ความละเอียดของคณิตศาสตร์ไม่เท่ากัน ซึ่งในเรื่องนี้ก็จะมีการตกลงหรือยอมรับกันในงานช่างสาขาต่างๆ ว่าจะต้องการความละเอียดแค่ไหน

หัวข้อเรื่องต่างๆ ที่จะกล่าวถึงต่อจากนี้ จะเป็นเรื่องราวที่เป็นความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ช่าง ที่มีความเกี่ยวข้องกับ สาขาช่างไฟฟ้า และสาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ดังนั้นขอให้ผู้รับการฝึกทำความเข้าใจบทเรียนต่างๆ ให้ดี เพื่อจะได้ไม่ประสบความยุ่งยากเมื่อเรียนหัวข้อวิชาอื่นๆ ต่อไป

1. จำนวนเต็ม

หมายถึงจำนวนหรือตัวเลขที่บ่งบอกถึงปริมาณที่ลงตัวชัดเจนโดยไม่มีเศษเป็นตัวเลขที่นับได้

- เช่น จำนวนคนในครอบครัวหนึ่งมี 6 คน ตัวเลข 6 เป็นจำนวนเต็ม การบอกจำนวนคนจะบอกเป็น 6 คนเศษๆ ไม่ได้ เพราะเป็นไปไม่ได้
- เช่น บริษัทรับเหมาก่อสร้างแห่งหนึ่ง มีกล้องระดับ 3 กล้อง ตัวเลข 3 เป็นจำนวนเต็ม จะบอกว่ามีกล้องระดับ 3 กล้องเศษๆ ไม่ได้ เพราะเป็นไปไม่ได้

จำนวนเต็มแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.1 จำนวนเต็มบวก ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5,... (เลขคือ 1, 3, 5, 7, 9 หรือเลขคู่ 2, 4, 6, 8)

1.2 ศูนย์ 0 ก็ถือเป็นจำนวนเต็มอย่างหนึ่ง

1.3 จำนวนเต็มลบ ได้แก่ -1, -2, -3, -4, -5,... (เลขคือ -1, -3, -5, -7, -9 หรือเลขคู่ -2, -4, -6, -8)

2. จำนวนเฉพาะ

หมายถึงจำนวนเต็มบวกที่ไม่มีตัวเลขนับได้อื่นมาหารได้ลงตัว นอกจากตัวมันเอง และเลข 1

- เช่น 1, 2, 3, 5, 7 เป็นจำนวนเฉพาะ เนื่องจากไม่มีตัวเลขนับได้อื่นมาหารได้ลงตัว นอกจาก ตัวเลข 1, 2, 3, 5, 7 ตามลำดับ
- เช่น 4 ไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะหารด้วย 2 ได้ลงตัว คือ $4 \div 2 = 2$
- เช่น 6 ไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะหารด้วย 2 ได้ลงตัว คือ $6 \div 2 = 3$
- เช่น 6 ไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะหารด้วย 3 ได้ลงตัว คือ $6 \div 3 = 2$

- เช่น 8 ไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะหารด้วย 2 ได้ลงตัว คือ $8 \div 2 = 4$
- เช่น 8 ไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะหารด้วย 4 ได้ลงตัว คือ $8 \div 4 = 2$
- เช่น 9 ไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะหารด้วย 3 ได้ลงตัว คือ $9 \div 3 = 3$
- เช่น 10 ไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะหารด้วย 2 ได้ลงตัว คือ $10 \div 2 = 5$
- เช่น 10 ไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะหารด้วย 5 ได้ลงตัว คือ $10 \div 5 = 2$

2.1 ตัวประกอบหรือแฟคเตอร์ ตัวเลขประกอบของจำนวนใดๆ หมายถึงจำนวนเต็มทุกตัวที่หารจำนวนนั้นลงตัว

- เช่น 20 มี 2, 4, 5, 10 เป็นตัวประกอบ เพราะแต่ละตัวต่างหาร 20 ได้ลงตัว
- เช่น 100 มี 2, 4, 5, 10, 20, 25, 50 เป็นตัวประกอบ เพราะแต่ละตัวต่างหาร 100 ได้ลงตัว

2.2 การแยกตัวประกอบ การแยกตัวประกอบของจำนวนใดๆ คือการแยกเอาจำนวนเฉพาะทุกตัวที่คูณกันแล้วเท่ากับจำนวนนั้นพอดี

ตัวอย่าง แยกตัวประกอบของ 420

วิธีทำที่ 1 หาจำนวนเฉพาะที่หาร 420 ได้ลงตัวไปเรื่อยๆ จนหารต่อไปไม่ได้



$$\therefore 420 = 2 \times 2 \times 3 \times 5 \times 7 \quad \text{ตอบ}$$

วิธีทำที่ 2 แยก 420 ออกเป็น 2 จำนวนที่คูณกันได้ 420 ก่อน แล้วจึงแยกแต่ละจำนวนออกเป็น 2 จำนวน ต่อไปเรื่อยๆ จนได้จำนวนเฉพาะทุกจำนวน



ตัวเลขสุดท้ายทุกตัวที่แยกต่อไปอีกไม่ได้ จะเป็นคำตอบที่ต้องการ

$$\therefore 420 = 2 \times 3 \times 7 \times 2 \times 5$$

$$\text{หรือ } 420 = 2 \times 2 \times 3 \times 5 \times 7 \quad \text{ตอบ}$$

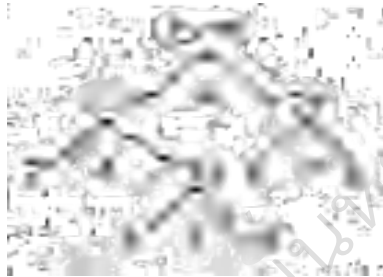
ตัวอย่าง แยกตัวประกอบของ 2310

วิธีทำที่ 1



$$\therefore 2310 = 2 \times 3 \times 5 \times 7 \times 11 \quad \text{ตอบ}$$

วิธีทำที่ 2



$$\therefore 2310 = 7 \times 3 \times 11 \times 2 \times 5$$

หรือ $2310 = 2 \times 3 \times 5 \times 7 \times 11 \quad \text{ตอบ}$

3. เศษส่วน

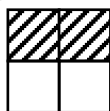
หมายถึงจำนวนหรือตัวเลขที่ไม่ลงตัว เป็นเศษหรือสัดส่วนของจำนวนเต็ม เมื่อเราแบ่งสิ่งของออกเป็นหลายๆ ส่วน เท่าๆ กัน แต่ละส่วนเรียกว่า เศษส่วน ของทั้งหมด จำนวนของส่วนย่อยเรียกว่า เศษ และจำนวนของทั้งหมดเรียกว่า ส่วน

- เช่น ที่ดินแปลงหนึ่งเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อแบ่งออกเป็น 4 แปลงเล็กๆ เท่าๆ กัน



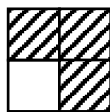
พื้นที่แรเงา เป็น 1 ใน 4 ของพื้นที่ทั้งหมด เขียนเป็นเศษส่วนได้ คือ $\frac{1}{4}$ อ่านว่า

เศษ 1 ส่วน 4



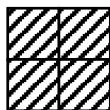
ตัวเลข 1 เป็นเศษ ตัวเลข 4 เป็นส่วน ชัดตรงกลางหมายถึงเครื่องหมายหาร

พื้นที่แรเงาเป็น 2 ใน 4 หรือ 1 ใน 2 ของพื้นที่ทั้งหมด เขียนเป็นเศษส่วนได้ คือ $\frac{2}{4}$ อ่านว่า เศษ 2 ส่วน 4 หรือ $\frac{1}{2}$ อ่านว่า เศษ 1 ส่วน 2



พื้นที่แรเงาเป็น 3 ใน 4 ของพื้นที่ทั้งหมด เขียนเป็นเศษส่วนได้ คือ $\frac{3}{4}$ อ่านว่า

เศษ 3 ส่วน 4



พื้นที่แรเงาเป็น 4 ใน 4 ของพื้นที่ทั้งหมด เขียนเป็นเศษส่วนได้ คือ $\frac{4}{4}$ หรือ 1

หมายความว่า พื้นที่แรเงาเท่ากับพื้นที่ทั้งหมด

3.1 ชนิดของเศษส่วน เศษส่วนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ เศษส่วนแท้ เศษส่วนเกิน และ เศษส่วนคละ (หรือจำนวนคละ)

3.2 เศษส่วนแท้ หมายถึง เศษส่วนที่มีค่าน้อยกว่า 1 หรือ เศษส่วนที่มีค่าน้อยกว่าส่วน เช่น $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{11}{16}$ เป็นต้น

3.3 เศษส่วนเกิน หมายถึง เศษส่วนที่มีค่ามากกว่า 1 หรือ เศษส่วนที่มีค่ามากกว่าส่วน เช่น $\frac{3}{2}, \frac{7}{3}, \frac{11}{9}, \frac{99}{97}$ เป็นต้น

3.4 เศษส่วนคละ (หรือจำนวนคละ) หมายถึง ตัวเลขที่เป็นจำนวนเต็ม บวกกับเศษส่วนแท้ รวมอยู่ด้วยกัน ซึ่งก็คือ เศษส่วนเกินนั่นเอง เช่น

$$3\frac{1}{2} = 3 + \frac{1}{2} = \frac{7}{2}$$

$$3\frac{1}{2} = 3 + \frac{1}{2} = \frac{7}{2}$$

$$3\frac{1}{2} = 3 + \frac{1}{2} = \frac{7}{2}$$

การแปลงเศษส่วนเกินเป็นเศษส่วนคละ สามารถทำได้โดยการเอาส่วนไปหารเศษจะได้จำนวนเต็ม เหลือเศษเท่าใด ก็นำมาเขียนเป็นส่วนต่อจากจำนวนเต็ม เช่น $\frac{157}{5}$ เอา 5 หาร 157 ได้ 31 เหลือเศษ 2

$$\therefore \frac{157}{5} = 31\frac{2}{5}$$

3.5 การทอนให้เป็นเศษส่วนอย่างต่ำ การเขียนเศษส่วนโดยทั่วไปจะเขียนเป็นเศษส่วนที่ไม่สามารถหาตัวเลข (นอกจาก 1) มาหารทั้งเศษและส่วนได้อีกต่อไปแล้ว เรียกว่าเศษส่วนอย่างต่ำ เช่น $\frac{16}{12}$ ทอนให้เป็นเศษส่วนอย่างต่ำ โยนำ 4 ไปหารทั้งเศษและส่วน เหลือ $\frac{4}{3}$ ซึ่งทอนต่อไปอีกไม่ได้แล้ว นั่นคือ $\frac{4}{3}$ เป็นเศษส่วนอย่างต่ำ

ตัวอย่าง

$$\frac{51}{34} = \frac{3}{2} \text{ (เอา 17 หารทั้งเศษและส่วน)}$$

$$\frac{81}{108} = \frac{3}{4} \text{ (เอา 27 หารทั้งเศษและส่วน)}$$

3.6 การเปรียบเทียบขนาดของเศษส่วน ทำได้โดย ทำให้เศษส่วนที่นำมาเปรียบเทียบกันมีส่วนเท่ากันเสียก่อน แล้วจึงเปรียบเทียบค่าของเศษ จำนวนที่มีเศษมากกว่าจะเป็นจำนวนที่มีค่ามากกว่า

ตัวอย่าง จงเปรียบเทียบ $\frac{2}{3}$ และ $\frac{3}{4}$ ว่าจำนวนใดมากกว่ากัน

วิธีทำ 1. หา ค.ร.น. ของส่วนซึ่งเท่ากับ 12

2. ทำให้เศษส่วนแต่ละจำนวนให้มีส่วนเท่ากัน คือ 12

$$\frac{2}{3} = \frac{2 \times 4}{3 \times 4} = \frac{8}{12}$$

$$\frac{2}{3} = \frac{2 \times 4}{3 \times 4} = \frac{8}{12}$$

จะเห็นว่า $\frac{9}{12}$ มากกว่า $\frac{8}{12}$

นั่นคือ $\frac{3}{4}$ มากกว่า $\frac{2}{3}$ ตอบ

3.7 การบวกลบเศษส่วน เศษส่วนที่บวกลบกันได้ต้องมีส่วนเท่ากัน

(ก) เศษส่วนที่มีส่วนเท่ากัน ให้นำเศษมาบวกลบกันได้

ตัวอย่าง จงทำให้เป็นผลสำเร็จ $\frac{1}{8} + \frac{5}{8} - \frac{3}{8}$

วิธีทำ $\frac{1}{8} + \frac{5}{8} - \frac{3}{8} = \frac{1+5-3}{8} = \frac{3}{8}$ ตอบ

(ข) เศษส่วนที่มีส่วนไม่เท่ากัน มีลำดับขั้นตอนการบวกลบดังนี้

1. หา ค.ร.น. ของส่วนของแต่ละจำนวน
2. ทำส่วนของเศษส่วนทุกจำนวนให้เท่ากัน ค.ร.น. โดยเอาส่วนเดิมหาร ค.ร.น. ได้เท่ากับได้นำไปคูณกับเศษ ก็จะได้เศษส่วนจำนวนใหม่ ที่มีส่วนเท่ากับ ค.ร.น. และมีค่าเท่ากับเศษส่วนจำนวนเดิม
3. นำเศษของเศษส่วนจำนวนใหม่ๆ ทุกจำนวน มาบวกลบกัน
4. ตัดทอนผลที่ได้เป็นเศษส่วนอย่างต่ำ

ตัวอย่าง การบวกลบเศษส่วนส่วนแท้ $\frac{1}{8} + \frac{3}{12} - \frac{7}{10}$

วิธีทำ ค.ร.น. ของส่วน คือ 120

$$\frac{1}{8} = \frac{1 \times 15}{8 \times 15} = \frac{15}{120}$$

$$\frac{3}{12} = \frac{3 \times 10}{12 \times 10} = \frac{30}{120}$$

$$\frac{7}{10} = \frac{7 \times 12}{10 \times 12} = \frac{84}{120}$$

$$\therefore \frac{1}{8} + \frac{3}{12} - \frac{7}{10} = \frac{15}{120} + \frac{30}{120} - \frac{84}{120}$$

$$= \frac{15 + 30 - 84}{120} = \frac{-39}{120}$$

$$= -\frac{39}{120} \div \frac{3}{3} = -\frac{13}{40}$$
 ตอบ

ตัวอย่าง การบวกลบเศษส่วนส่วนเกิน $\frac{27}{4} + \frac{55}{12} - \frac{15}{8}$

วิธีทำ ค.ร.น. ของส่วน แล้วจึงบวกลบเศษส่วนเหมือนกับการบวกลบเศษส่วนแท้

$$\frac{27}{4} + \frac{55}{12} - \frac{15}{8} = \frac{162 + 110 - 45}{24}$$

$$= \frac{227}{24}$$

$$= 9\frac{11}{24} \text{ ตอบ}$$

ตัวอย่าง การบวกลบเศษส่วนคละ $2\frac{1}{2} + 1\frac{1}{3} - 3\frac{3}{4}$

วิธีทำที่ 1 บวกหรือลบจำนวนเต็มก่อนแล้ว จึงบวกลบเศษส่วน

$$2\frac{1}{2} + 1\frac{1}{3} - 3\frac{3}{4} = (2 + 1 - 3) + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{3}{4}$$

$$= 0 + \frac{6 + 4 - 9}{12}$$

$$= \frac{1}{12} \text{ ตอบ}$$

วิธีทำที่ 2 ทำเศษส่วนทุกจำนวนให้เป็นเศษส่วนเกิน แล้วจึงบวกลบกันตามปกติ

$$2\frac{1}{2} + 1\frac{1}{3} - 3\frac{3}{4} = \frac{5}{2} + \frac{4}{3} - \frac{15}{4}$$

$$= \frac{30 + 16 - 45}{12}$$

$$= \frac{1}{12} \text{ ตอบ}$$

3.8 การคูณหารเศษส่วน

(ก) การคูณเศษส่วน ผลลัพธ์ = $\frac{\text{ผลคูณของเศษทุกจำนวน}}{\text{ผลคูณของส่วนทุกจำนวน}}$

หมายเหตุ ถ้าสามารถหา ห.ร.ม. ของเศษหรือส่วนจำนวนมาหารก่อนหาผลลัพธ์ ก็ควรทำเสียก่อน เพื่อผลลัพธ์จะได้เป็นเศษส่วนอย่างต่ำ และสะดวกในการคูณ เพราะทำให้ตัวเลขน้อยลง

ตัวอย่าง การคูณเศษส่วนแท้กับจำนวนเต็ม $\frac{3}{8} \times 12$

$$\text{วิธีทำ} \quad \frac{3}{8} \times 12 = \frac{3}{(8 \div 4)} \times (12 \div 4)$$

$$= \frac{3}{2} \times 3 = \frac{(3 \times 3)}{2} = \frac{9}{2} \text{ ตอบ}$$

ตัวอย่าง การคูณเศษส่วนแท้กับเศษส่วนแท้ $\frac{3}{31} \times \frac{2}{7} \times \frac{14}{27}$

วิธีทำ $\frac{3}{31} \times \frac{2}{7} \times \frac{14}{27} = \frac{2 \times 2}{31 \times 9} = \frac{4}{279}$ ตอบ

ตัวอย่าง การคูณเศษส่วนเกินกับเศษส่วนแท้ $\frac{17}{8} \times \frac{3}{4}$

วิธีทำ $\frac{17}{8} \times \frac{3}{4} = \frac{17 \times 3}{8 \times 4} = \frac{51}{32} = 1 \frac{19}{32}$ ตอบ

ตัวอย่าง การคูณเศษส่วนคละกับเศษส่วนแท้ $2 \frac{3}{8} \times \frac{2}{5} \times 1 \frac{1}{3}$

วิธีทำ ทำเศษส่วนคละให้เป็นเศษส่วนเกินเสียก่อน แล้วจึงคูณกัน

$$2 \frac{3}{8} \times \frac{2}{5} \times 1 \frac{1}{3} = \frac{19}{8} \times \frac{2}{5} \times \frac{4}{3} = \frac{19}{15}$$
 ตอบ

(ข) การหารเศษส่วน ให้นำส่วนกลับของเศษส่วนที่เป็นตัวหารไปคูณกับตัวตั้ง

ตัวอย่าง $\frac{2}{5} \div \frac{11}{8}$

วิธีทำ กลับเศษส่วนตัวหารเป็นส่วนและกลับส่วนให้เป็นเศษ แล้วเปลี่ยนเครื่องหมาย

$\div$ เป็น $\times$

$$\frac{2}{5} \div \frac{11}{8} = \frac{2}{5} \times \frac{8}{11} = \frac{2 \times 8}{5 \times 11} = \frac{16}{55}$$
 ตอบ

ตัวอย่าง $\frac{2}{7} \div 1 \frac{3}{4} \times \frac{11}{9}$

วิธีทำ $\frac{2}{7} \div 1 \frac{3}{4} \times \frac{11}{9} = \frac{2}{7} \div \frac{7}{4} \times \frac{11}{9}$

$$= \frac{2}{7} \times \frac{4}{7} \times \frac{11}{9}$$

$$= \frac{88}{441}$$
 ตอบ

4. ทศนิยม

หมายถึงจำนวนที่เขียนเป็นเศษส่วนของจำนวน 10 , 100 , 1000 , 10000 ,

- เช่น	$\frac{1}{10}$	เขียนเป็นทศนิยม	0.1	อ่านว่า ศูนย์ จุด หนึ่ง
	$\frac{3}{100}$	เขียนเป็นทศนิยม	0.03	อ่านว่า ศูนย์ จุด ศูนย์สาม
	$\frac{151}{1000}$	เขียนเป็นทศนิยม	0.151	อ่านว่า ศูนย์ จุด หนึ่งห้าหนึ่ง
	$\frac{1051}{10}$	เขียนเป็นทศนิยม	105.1	อ่านว่า หนึ่งร้อยห้า จุด หนึ่ง

4.1 ชนิดของทศนิยม แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

(1) ทศนิยมรู้จบ

- เช่น 1.01 , 4.185 , 13.895 เป็นต้น

(2) ทศนิยมไม่รู้จบ หมายถึง ทศนิยมที่มีตัวเลขหลังจุดทศนิยมซ้ำกันเรื่อยไปไม่รู้จบ

- เช่น $1.3333\ldots = 1.3^\circ$
 $4.6666\ldots = 4.6^\circ$
 $5.161616\ldots = 5.1^\circ 6'$
 $8.142857142851\ldots = 8.1^\circ 42' 857''$

(3) ทศนิยมรู้จบคละกับไม่รู้จบ หมายถึง ทศนิยมที่มีตัวเลขหลังสุดทศนิยมที่ทั้งรู้จบ/ไม่รู้จบ

- เช่น $8.41616\ldots = 8.41^\circ 6'$

4.2 การบวกลบทศนิยม ทำได้เช่นเดียวกับการบวกเลขจำนวนเต็มธรรมดา โดยจะต้องวาง

จุดทศนิยมให้ตรงกันเสียก่อน

ตัวอย่างที่ 1 $8.125 + 39.491$

$$\begin{array}{r} \text{วิธีทำ} \quad 8.125 \\ + \\ 39.491 \\ \hline 47.616 \quad \text{ตอบ} \end{array}$$

ตัวอย่างที่ 2 $41.245 + 8.15 - 9.871$

$$\begin{array}{r} \text{วิธีทำ} \quad 41.245 \\ + \\ 8.150 \quad (8.15 \text{ มีทศนิยม 2 ตำแหน่ง แต่ตัวตั้ง มี 3 ตำแหน่ง จึงเติม 0} \\ 49.395 \quad \text{หลังตัวเลขสุดท้ายให้ครบ 3 ตำแหน่ง}) \\ - \\ 9.871 \\ \hline 38.524 \quad \text{ตอบ} \end{array}$$

4.3 การคูณทศนิยม ใช้วิธีคูณธรรมดา จำนวนตำแหน่งทศนิยมของผลลัพธ์เท่ากัน ผลบวกของจำนวนตำแหน่งทศนิยมของตัวตั้งและตัวคูณ (ถ้าใส่จุดทศนิยมผิดอาจผิดเป็น 10,100 เท่า)

ตัวอย่าง

0.15	×	0.15	=	0.0225 (ตัวเลขที่ได้มีน้อยกว่าจำนวนตำแหน่งของทศนิยม ต้องเติม 0 ข้างหน้าให้ครบ)
1.5	×	0.15	=	0.225
1.5	×	1.5	=	2.25
15	×	1.5	=	22.5

4.4 การหารทศนิยม

- (1) การหารจำนวนทศนิยมด้วยจำนวนเต็ม ใช้วิธีการเหมือนกันเมื่อตัวนั้นเป็นจำนวนเต็มหารด้วยจำนวนเต็ม แต่เมื่อหารไปถึงตำแหน่งตรงจุดทศนิยม ให้ใส่จุดทศนิยมตรงกับตัว

ตั้งแล้วทำการหารแบบธรรมดา ถ้าหารไปจนถึงตำแหน่งสุดท้ายแล้วยังไม่ลงตัว ก็ให้เติม
เลข 0 ที่ ตัวตั้งไปเรื่อยๆ ตามความต้องการ

ตัวอย่าง $41.67 \div 12$



- (2) การหารจำนวนทศนิยมด้วยจำนวนทศนิยม ก่อนหาร ต้องทำตัวหารให้เป็นจำนวนเต็ม
เสียก่อน โดยคูณด้วย 10 หรือ 100 หรือ 1000 หรือ ทั้งตัวตั้งและตัวหาร โดยตัว
ที่จะมามีจำนวนตัวเลข “ 0 “ เท่ากับจำนวนตำแหน่งทศนิยมของตัวหาร เมื่อ
ตัวหารเป็นจำนวนเต็มแล้ว ก็ทำตามวิธี ใน (1)

ตัวอย่าง $41.67 \div 0.012$



2.2 ปริมาตรตัวเลข

1. ระยะ

เมื่อพูดถึงระยะเรามักจะหมายถึงความถึงระยะของสิ่งของที่มีมิติเดียว เช่น ระยะของเส้นตรง หรือ ระยะของทางหลวง, ทางรถไฟ

1.1 ระยะกว้างและระยะยาว

ระยะกว้างและระยะยาวมักจะใช้กับของที่มี 2 มิติ คือ มีเฉพาะความกว้างกับความยาว ความหนา หรือความสูง ไม่มี “ระยะกว้าง” หมายถึงด้านแคบหรือด้านสั้น และ “ระยะยาว” หมายถึงด้านที่ยาวกว่า

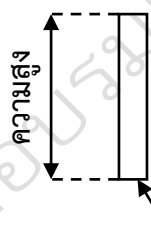


เพื่อให้การเขียนสั้นและกระชับเข้า เราอาจแทนด้านกว้างและด้านยาวด้วยอักษรตัวเดียวก็ได้ เช่น แทนด้านกว้างด้วย “ก” และแทนด้านยาวด้วย “ย” หรือแทนด้านกว้างด้วย “B” และแทนด้วยยาวด้วย “L”

หน่วยของความกว้างและความยาวใช้หน่วยวัดระยะทาง ซึ่งใช้หน่วยวัดเป็นระบบมาตราอังกฤษ (ฟุต, นิ้ว, หลา, ไมล์) หรือจะใช้หน่วยวัดเป็นระบบมาตราเมตริก (เซนติเมตร, เมตร, กิโลเมตร) หรืออาจใช้หน่วยวัดเป็นระบบมาตราไทย (คืบ, ศอก, วา, โยชน์) ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับก็ได้

1.2 ระยะสูง

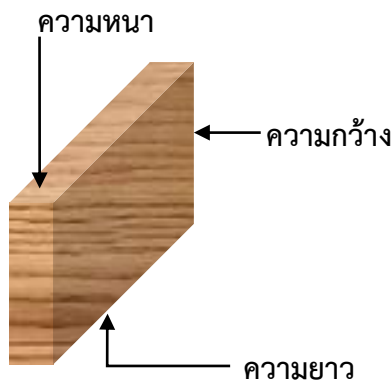
ระยะสูง หมายถึงระยะตามแนวของเส้นตั้ง (Vertical line) เช่น ความสูงของต้นไม้, ความสูงของอาคาร, ความสูงของเสาธง ฯลฯ



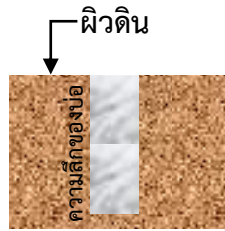
หน่วยวัดของความสูง ใช้เช่นเดียวกับหน่วยวัดความกว้าง – ความยาว

1.3 ความหนาและความลึก

เราไม่นิยมเรียก “ระยะหนา” “และระยะลึก” แต่มักจะใช้ “ความหนา” และ “ความลึก” แทน ความหนาและความลึก เป็นมิติที่ 3 ของสิ่งของต่างๆ เช่น ตามรูปด้านล่างเป็นความหนาของไม้แปรรูปท่อนหนึ่ง



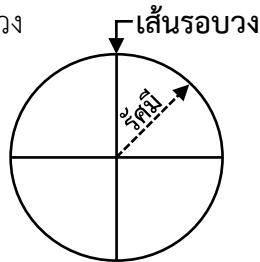
ความลึกมักจะใช้กับห้องต่างๆ และส่วนที่อยู่ต่ำกว่าผิวดินลงไป เช่น ความลึกของบ่อน้ำ



หน่วยวัดความหนา และความลึก ใช้ เช่นเดียวกับข้อ 1.1 และ 1.2 ยกเว้นความหนาของไม้ นิยมใช้หน่วยวัดเป็นระบบมาตราอังกฤษ (นิ้ว) และความหนาของแผ่นโลหะ นิยมบอกเป็นหน่วยวัดเป็นระบบมาตราเมตริก (มิลลิเมตร)

1.4 รัศมี

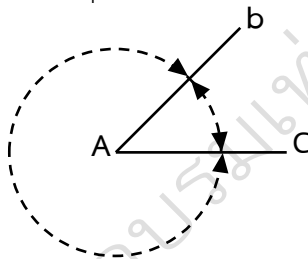
รัศมี คือ ระยะคงที่ระยะหนึ่งจากจุดศูนย์กลางของ ทรงกลม หรือ ของวงกลม มาถึง ผิวนอก หรือ เส้นรอบวง



เรานิยมแทนรัศมีด้วยตัวอักษร ภาษาอังกฤษ “R” หรือ “r” หน่วยวัดของรัศมี นิยมใช้เช่นเดียวกับข้อ 1.1 หรือ 1.2

2. มุม

มุม คือ รูป ที่ประกอบด้วยเส้นตรง 2 เส้น ที่มีจุดเริ่มร่วมกัน ดังรูปเส้นตรง ab และ เส้นตรง ac มีจุดเริ่มร่วมกันที่จุด a ทำให้เกิดมุมระหว่างเส้นตรง 2 เส้นนี้



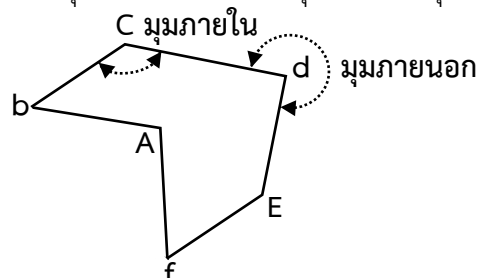
การเรียกชื่อมุม ให้เรียกตามเข็มนาฬิกาเสมอ เช่น มุมดังรูปที่แสดงไว้นั้น เรียกว่า มุม bac และมุมตามแนวเส้นประ จะเรียกว่ามุม cab

2.1 มุมแหลม และมุมป้าน

มุมมี 2 ชนิด คือ “มุมแหลม” และ “มุมป้าน” มุมแหลม คือ มุมที่มีขนาดเล็กกว่า 90 องศา มุมป้าน คือ มุมที่โตกว่า 90 องศา

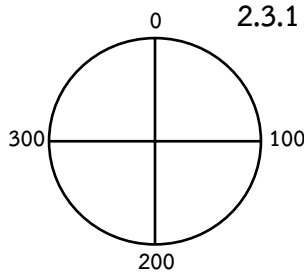
2.2 มุมภายนอก และมุมภายใน

เมื่อเส้นตรงหลายเส้นมาต่อกันในทิศทางต่างๆ กันจนเกิดรูปหลายเหลี่ยมขึ้นมา (รวมทั้งรูปสามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยมด้วย) ก็จะมีมุมเกิดขึ้น 2 ชนิด คือ “มุมภายนอก” และ “มุมภายใน” มุมภายนอก คือ มุมที่อยู่รอบรูป และมุมภายใน คือ มุมที่อยู่ในรูป



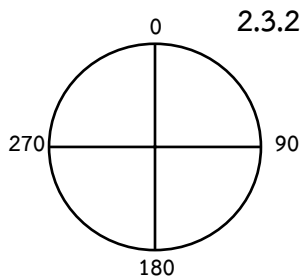
2.3 หน่วยวัดของมุม

หน่วยวัดของมุมมีอยู่ 3 แบบ คือ หน่วยวัดที่เรียกว่า “เกรด” (grade) หน่วยวัด “องศา” (degree) และหน่วยวัด “เรเดียน” (radian)



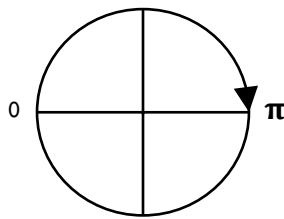
2.3.1 หน่วยวัดแบบ “เกรด” (grade)

คือ หน่วยวัดที่กำหนดให้มุมที่ศูนย์กลางมี 400 ส่วน เรียก 400 เกรด ใน 400 เกรดนี้จะแบ่งเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 100 เกรด ซึ่งถือว่าเป็น 1 มุมฉาก ฝรั่งเศส นิยมใช้หน่วยวัดเป็นเกรด



2.3.2 หน่วยวัดแบบ “องศา” (degree)

คือ หน่วยวัดที่นิยมใช้กันมากที่สุดแทบทุกประเทศ รวมทั้งประเทศไทยด้วย ระบบกำหนดมุมคล้ายกับเกรด แต่แทนที่จะแบ่ง 100 ช่องใน 1 มุมฉาก กลับแบ่งเป็น 90 ช่อง เรียกว่า 90 องศา มุมรอบจุดศูนย์กลางมี 360 องศา (4 มุมฉาก) ใช้สัญลักษณ์ ($^{\circ}$)



2.3.3 หน่วยวัดแบบ “เรเดียน” (radian)

คือ หน่วยวัดให้มุมที่ศูนย์กลางของวงกลมมีจำนวน 2π เรเดียน $= 6.2832$ เรเดียน ระบบเรเดียนไม่นิยมใช้ในงานวัดมุมทั่วไป

มุมที่วัดด้วยระบบองศา กับมุมที่วัดด้วยระบบ เรเดียน มีความสัมพันธ์กันหมายความว่า เราสามารถแปลงมุมที่วัดด้วยระบบใดระบบหนึ่งมาเป็นอีกระบบหนึ่งได้ ด้วยสูตร

$$\frac{\pi}{2} = 90^{\circ}, \pi = 180^{\circ}$$

$$\frac{\theta}{\pi} = \frac{D}{180}$$

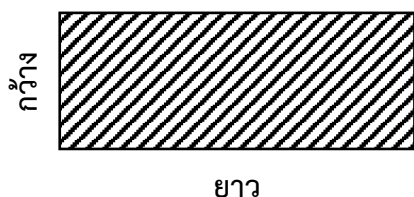
θ คือ จำนวนเรเดียน

D คือ จำนวนองศา

3. พื้นที่และปริมาตร

3.1 พื้นที่

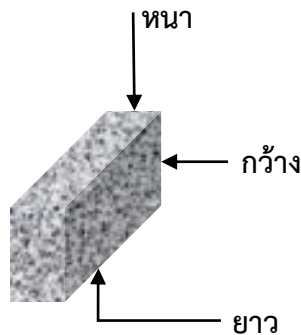
พื้นที่ หรือเนื้อที่เป็นการแสดงส่วนของผิวที่มีสองมิติ คือ กว้าง กับ ยาว เช่นพื้นที่ของแผ่นกระดาษ พื้นที่ของที่ดิน



พื้นที่ของรูปที่แสดงทางซ้ายมือ คือ ส่วนที่แรเงาไว้
พื้นที่ = กว้าง $\times$ ยาว

3.2 ปริมาตร

ปริมาตร คือ การคิดทั้งสามมิติของวัตถุก้อนหนึ่ง เป็นเนื้อของวัตถุก้อนนั้นตามขนาดที่ระบุมา ซึ่งจะต้องระบุทั้ง กว้าง – ยาว และหนา อย่าง เช่น ปริมาตรของก้อนอิฐในรูปที่แสดง คือ เนื้อของอิฐทั้งก้อน



หน่วยของพื้นที่ได้มาจากการนำหน่วยวัดที่ใช้เป็นหน่วยเดียวกันคูณกัน เช่น กว้าง วัดเป็นเมตร ยาว วัดเป็น เมตร ดังนั้นหน่วยของพื้นที่จะเท่ากับ เมตร × เมตร = ตารางเมตร (m^2) หน่วยของปริมาตร ได้มาจากการนำหน่วยวัดที่เหมือนกันมาคูณกัน เช่น กว้าง วัดเป็นเซนติเมตร ยาว วัดเป็นเซนติเมตร หนา วัดเป็นเซนติเมตร หน่วยของปริมาตร เท่ากับ ซม. X ซม. X ซม. = ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

ตัวอย่าง จงแปลงมุม 30° ให้เป็น เรเดียน

วิธีทำ สูตร $\frac{\theta}{\pi} = \frac{D}{180}$

θ คือ มุมเรเดียนที่ต้องการหา

D คือ มุมที่วัดเป็นองศา = 30

แทนค่าในสูตร

$$\frac{\theta}{\pi} = \frac{30}{180}$$

$$\theta = \pi \times \frac{30}{180}$$

$$\theta = 3.14 \times \frac{30}{180}$$

$$\theta = \frac{94.2}{180}$$

$$\theta = 0.523 \text{ เรเดียน}$$

0.523 เรเดียน ตอบ

2.3 ระบบมาตรา

มาตรา คือ ค่ากำหนดตายตัวในงานวัดต่างๆ เช่น ความจุ ความยาว น้ำหนัก ซึ่งแต่ละระบบก็จะมี การกำหนดค่าต่างๆ ได้ตายตัว และเราสามารถแปลงค่ากำหนดของระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งได้

1. ระบบมาตราไทย

1.1 ระยะวัดความยาว, ความสูง มีหน่วยดังนี้

12 นิ้ว	=	1 คืบ
2 คืบ	=	1 ศอก
4 ศอก	=	1 วา
20 วา	=	1 เส้น
400 เส้น	=	1 โยชน์

เทปสำหรับวัดระยะของไทย เรียก “โซ่” มีลักษณะเป็นข้อ หรือเป็นแถบโลหะยาวเป็นเนื้อ เดียวกัน เรียก “โซ่ข้อ” และ “โซ่ลาน” 1 เส้นโซ่ จะมี 100 ข้อ ยาวข้อละ 40 ซม. ดังนั้น 1 เส้นโซ่ หรือ “1 เส้น” จะมีความยาว 40 เมตร

หน่วยวัด หลายหน่วยของระบบไทยเทียบกับได้กับระบบเมตริก ซึ่งเป็นระบบที่แพร่หลายใน ประเทศไทยมากระบบหนึ่ง เช่น

1 คืบ	=	25 ซม.
1 ศอก	=	50 ซม.
1 วา	=	2 เมตร
1 เส้น	=	40 เมตร

1.2 มาตรวัดความจุ

1 ถัง	=	20 ทะนาน
1 บัน	=	50 ถัง
1 เกวียน	=	2 บัน
2 บัน	=	100 ถัง

1.3 มาตรวัดน้ำหนัก

1 บาท	=	4 สลึง
1 ตำลึง	=	4 บาท
1 ชั่ง	=	20 ตำลึง
20 ตำลึง	=	80 บาท
400 ชั่ง	=	1 หาบ

1.4 มาตรการเงิน

25 สตางค์	=	1 สลึง
4 สลึง	=	1 บาท
1 บาท	=	100 สตางค์
4 บาท	=	1 ตำลึง
20 ตำลึง	=	1 ชั่ง

2. ระบบมาตราอังกฤษ

2.1 มาตราวัดระยะ

12 นิ้ว	=	1 ฟุต
3 ฟุต	=	1 หลา
1,760 หลา	=	1 ไมล์

2.2 มาตราวัดความจุ

2 ไพท์	=	1 ควอร์ต
4 ควอร์ต	=	1 แกลลอน

2.3 มาตราวัดน้ำหนัก

16 ออนซ์	=	1 ปอนด์
2,000 ปอนด์	=	1 ตัน

3. ระบบมาตราเมตริก

ระบบเมตริก เป็นระบบมาตราที่ใช้กันกว้างขวางมากแทบจะทุกประเทศ รวมทั้งประเทศไทยด้วย
ขณะนี้เครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม กำลังจะหันไปใช้ระบบเมตริก

ระบบเมตริก ใช้เลข 10 เป็นหน่วยวัดพื้นฐาน และใช้เป็นหน่วยเพิ่มหรือลด (เพิ่มหรือลดครั้งละ 10)
ซึ่งมีอัตราการเพิ่ม – ลด ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงคำนำหน้าของหน่วยในระบบ SI

ตารางแสดงคำนำหน้าของหน่วยในระบบ SI (Muller-Schwarz:1981:303)			
ปริมาณ		คำนำหน้า	สัญลักษณ์
ค่าตัวเลข	ค่าเลขยกกำลัง		
1,000,000,000,000	10^{12}	tera	T
1,000,000,000	10^9	giga	G
1,000,000	10^6	mega	M
1,000	10^3	kilo	k
0.001	10^{-3}	milli	m
0.000,001	10^{-6}	micro	μ
0.000,000,001	10^{-9}	nano	n
0.000,000,000,001	10^{-12}	pico	p
0. 000,000,000,000,001	10^{-15}	femto	f
0. 000,000,000,000,000,001	10^{-18}	atto	a

3.1 มาตรฐานระยะ, ความยาว, ความสูง

10	มิลลิเมตร	=	1	เซนติเมตร
10	เซนติเมตร	=	1	เดซิเมตร
10	เดซิเมตร	=	1	เมตร
10	เมตร	=	1	เดคาเมตร
10	เดคาเมตร	=	1	เฮกโตเมตร
10	เฮกโตเมตร	=	1	กิโลเมตร

3.2 มาตรฐานความจุ, ปริมาตร, หน่วยวัดเรียก “ลิตร” (litr)

10	มิลลิลิตร	=	1	เซนติลิตร
10	เซนติลิตร	=	1	เดซิลิตร
10	เดซิลิตร	=	1	ลิตร
10	ลิตร	=	1	เดคาลิตร
10	เดคาลิตร	=	1	เฮกโตลิตร
10	เฮกโตลิตร	=	1	กิโลลิตร

3.3 มาตรฐานน้ำหนัก

10	มิลลิกรัม	=	1	เซนติกรัม
10	เซนติกรัม	=	1	เดซิกรัม
10	เดซิกรัม	=	1	กรัม
10	กรัม	=	1	เดคากรัม
10	เดคากรัม	=	1	เฮกโตกรัม
10	เฮกโตกรัม	=	1	กิโลกรัม

4. การเปลี่ยนระบบมาตรา

ในวงการอุตสาหกรรม ปัจจุบันนี้มีการใช้ทั้งระบบอังกฤษและระบบเมตริกกันอย่างกว้างขวาง บางประเทศก็หันไปทางระบบอังกฤษ แต่บางประเทศก็หลักไปทางระบบเมตริก สำหรับประเทศไทยได้รับเทคโนโลยี ตลอดจนเครื่องมือเครื่องจักรของประเทศที่ใช้ระบบอังกฤษบ้าง ระบบเมตริกบ้าง ดังนั้น การรู้จักเปลี่ยนหน่วยมาตราจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่ง จะช่วยให้การแก้ปัญหาเรื่องงาน กระทำได้ง่ายยิ่งขึ้น

1	นิ้ว	=	2.54	เซนติเมตร
1	ฟุต	=	30.48	เซนติเมตร
1	หลา	=	0.9144	เมตร
1	ไมล์	=	1.609	กิโลเมตร
1	ออนซ์	=	28.35	กรัม
1	ปอนด์	=	453.6	กรัม
1	ตัน	=	1,000	กิโลกรัม
1	ไพบ์	=	0.473	ลิตร
1	ควอร์	=	0.946	ลิตร
1	แกลลอน	=	3.785	ลิตร

ตารางที่ 4 ตารางเทียบหน่วยความยาว

เซนติเมตร	เมตร	กิโลเมตร	นิ้ว	ฟุต	ไมล์
1	0.01	10^{-5}	0.3937	0.03281	6.214×10^{-6}
100	1	10^{-3}	39.37	3.281	6.214×10^{-4}
10^5	10^3	1	3.937×10^4	3.281×10^3	0.6214
2.54	0.0254	2.540×10^{-5}	1	0.08333	1.578×10^{-5}
30.48	0.3048	3.048×10^{-4}	12	1	1.894×10^{-4}
1.609×10^5	1609	1.609	6.336×10^4	5280	1

ตารางที่ 5 ตารางเทียบหน่วยพื้นที่

ซม. ²	ม. ²	กม. ²	นิ้ว ²	ฟุต ²	ไมล์ ²
1	10^{-4}	10^{-10}	0.155	1.076×10^{-3}	3.861×10^{-11}
10^4	1	10^{-6}	1550	10.76	3.861×10^{-7}
10^{10}	10^6	1	1.550×10^9	1.076×10^7	0.3861
6.452	6.452×10^{-4}	6.452×10^{-10}	1	6.944×10^{-3}	2.491×10^{-10}
929	0.0929	9.290×10^{-8}	144	1	3.587×10^{-8}
2.590×10^{10}	2.590×10^6	2.59	4.014×10^9	2.788×10^7	1

ตารางที่ 6 ตารางเทียบหน่วยปริมาตร

ซม. ³	(ลิตร) ซม. ³	ม. ³	นิ้ว ³	ฟุต ³
1	10^{-3}	10^{-6}	0.06102	3.531×10^{-5}
10^3	1	10^{-3}	61.02	0.03531
10^6	10^3	1	6.102×10^4	35.31
16.39	0.06139	1.639×10^{-5}	1	5.787×10^{-4}
2.832×10^4	28.32	0.02832	1728	1

ตารางที่ 7 ตารางเทียบหน่วยมวลสาร

กรัม	กก.	ปอนด์	ชอร์ตตัน (Short tons)	เมตริกตัน
1	10^{-3}	2.205×10^{-3}	1.102×10^{-6}	10^{-6}
10^3	1	2.205	1.102×10^{-3}	10^{-3}
453.6	0.4536	1	5.0×10^{-4}	4.536×10^{-4}
9.072×10^5	907.2	2×10^3	1	0.9072
10^6	10^3	2.205×10^3	1.102	1

ตารางที่ 8 ตารางเทียบหน่วยพลังงาน

เออร์ก	จูล	กิโลวัตต์-ชม.	กรัม-คาลอรี	บีทียู	MeV
1	10^{-7}	2.778×10^{-14}	2.388×10^{-8}	9.478×10^{-11}	6.242×10^5
10^7	1	2.778×10^{-7}	0.2388	9.478×10^{-4}	6.242×10^{12}
3.6×10^{13}	3.6×10^6	1	8.598×10^5	3.412×10^3	2.247×10^{19}
4.187×10^7	4.187	1.163×10^{-6}	1	3.968×10^{-3}	2.613×10^{13}
1.055×10^{10}	1.055×10^3	2.931×10^{-4}	252	1	6.586×10^{15}
1.602×10^{-6}	1.602×10^{-13}	4.450×10^{-20}	3.826×10^{-14}	1.518×10^{-16}	1

ตารางที่ 9 ตารางเทียบหน่วยกำลังงาน

วัตต์	กิโลวัตต์	เมกกะวัตต์	บีทียู/ชม.	MeV/sec
1	10^{-3}	10^{-6}	3.412	6.242×10^{12}
10^7	1	10^{-3}	3.412×10^3	6.242×10^{15}
10^6	10^3	1	3.412×10^6	6.242×10^{18}
0.2931	2.931×10^{-4}	2.931×10^{-7}	1	1.829×10^{12}
1.602×10^{-13}	1.602×10^{-16}	1.602×10^{-19}	5.466×10^{-13}	1

บทนำ

เนื้อหาวิชา : ไฟฟ้าเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีไฟฟ้ากำลัง

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า คุณลักษณะชนิดของไฟฟ้า ระบบไฟฟ้ากระแสตรง ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ฉนวนและตัวนำ ความต้านทาน อินดักเตอร์ คาปาซิเตอร์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความถี่ กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า เพาเวอร์แฟกเตอร์ กฎของโอห์ม การต่อวงจรไฟฟ้าและคุณสมบัติวงจรไฟฟ้าแบบต่างๆ การคำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้า แม่เหล็กไฟฟ้า

เนื้อหาห้วข้อย่อย :

3. ไฟฟ้าเทคโนโลยี

(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 21 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 0 ชั่วโมง) (หน้าที่)

3.1 นิยามความหมายเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า (61 – 72)

3.2 หลักการทางไฟฟ้าเบื้องต้น (73 – 87)

3.3 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในประเทศไทย (88 – 93)

3.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า (94 – 100)

3.5 วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน (101 – 105)

ไฟฟ้าเทคโนโลยี

3.1 นิยามความหมายเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

1. นิยามและข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับการติดตั้งไฟฟ้าภายในอาคาร

นิยามและข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับการติดตั้งไฟฟ้าภายในอาคารบางส่วนนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อสื่อความหมาย ใช้เรียกชื่อและอธิบายลักษณะรูปแบบหรือการกระทำ เพื่อให้ช่างผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง ได้เข้าใจขอบเขตและลักษณะอุปกรณ์หรือการกระทำที่กำหนดไว้ ให้เป็นไปตามแนวทางมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 วสท.

1.1 ขนาดกระแส (Ampacity)

หมายถึง ปริมาณกระแส ซึ่งตัวนำยอมให้ไหลผ่านอย่างต่อเนื่องในภาวะการใช้งาน โดยไม่ทำให้เกิดอุณหภูมิเกินค่าที่กำหนด มีหน่วยเป็น แอมแปร์

1.2 เครื่องใช้ไฟฟ้า (Appliance)

หมายถึง บริภัณฑ์สำหรับประโยชน์ใช้สอยทั่วไปนอกจากในโรงงานอุตสาหกรรม โดยปกติสร้างขึ้นเป็นขนาดมาตรฐานสากล โดยติดตั้งหรือประกอบเข้าเป็นหน่วยเดียว เพื่อใช้งานในหน้าที่เดียวหรือหลายหน้าที่ เช่น เครื่องซักผ้า เครื่องปรับอากาศ เครื่องผสมอาหาร เครื่องทอด และอื่นๆ

1.3 อัตโนมัตินี้ (Automatic)

หมายถึง การทำงานได้โดยกลไกของตนเอง เมื่อมีการกระตุ้นอันไม่ใช้การกระทำของบุคคล เช่น มีการเปลี่ยนแปลงกระแส แรงดัน อุณหภูมิ หรือการเปลี่ยนแปลงทางกล

1.4 การต่อฝาก (bonding)

หมายถึง การต่อถึงกันอย่างถาวรของส่วนที่เป็นโลหะให้เกิดเป็นทางนำไฟฟ้าที่มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า และสามารถนำกระแสที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างปลอดภัย

1.5 สายต่อฝาก (bonding Jumper)

หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างส่วนที่เป็นโลหะที่ต้องการต่อถึงกันทางไฟฟ้า

1.6 โหลดต่อเนื่อง (Continuous load)

หมายถึง โหลดที่คาดว่ากระแสสูงสุดที่คงที่ติดต่อกันตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป

1.7 เครื่องควบคุม (Controller)

หมายถึง อุปกรณ์ หรือกลุ่มของอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ส่งไปยังเครื่องสำเร็จที่ต่อกับเครื่องควบคุมนั้น

1.8 อุปกรณ์ (device)

หมายถึง หน่วยหนึ่งของระบบไฟฟ้า ที่มุ่งหมายให้เป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าแต่ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า

1.9 เครื่องปลดวงจร (disconnecting Means)

หมายถึง อุปกรณ์หรือกลุ่มของอุปกรณ์ หรือสิ่งอื่นที่สามารถปลดตัวนำในวงจรออกจากแหล่งจ่าย

1.10 บริภัณฑ์ (Equipment)

หมายถึง สิ่งซึ่งรวมทั้งวัสดุ เครื่องประกอบ อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ดวงโคม เครื่องสำเร็จและสิ่งอื่นที่คล้ายกัน ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งหรือใช้ในการต่อเข้ากับการติดตั้งทางไฟฟ้า

1.11 สายป้อน (feeder)

หมายถึง ตัวนำของวงจรระหว่างบริเวณที่ประธาน หรือแหล่งจ่ายไฟของระบบติดตั้งแยกต่างหาก กับอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยตัวสุดท้าย

1.12 ลงดิน หรือการต่อลงดิน (g ground)

หมายถึง การต่อตัวนำไม่ว่าโดยตั้งใจหรือบังเอิญระหว่างวงจรไฟฟ้าหรือบริเวณกับดินหรือกับส่วนที่เป็นตัวนำซึ่งทำหน้าที่แทนดิน

1.13 ตัวนำสำหรับต่อลงดินหรือสายดิน (g rounding Conductor)

หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อบริเวณหรือวงจรที่ต้องต่อลงดินของระบบการเดินสายเข้ากับหลักดิน

1.14 ตัวนำสำหรับต่อลงดินหรือสายดินของบริเวณ (g rounding Conductor Equipment)

หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อส่วนโลหะที่ไม่นำกระแสของบริเวณ ช่องเดินสาย ที่ล้อมเข้ากับตัวนำที่มีการต่อลงดินของระบบและ/หรือตัวนำต่อหลักดินที่บริเวณที่ประธาน หรือที่แหล่งจ่ายไฟของระบบจ่ายแยกต่างหาก

1.15 ตัวนำต่อหลักดินหรือสายต่อหลักดิน (g rounding Electrode Conductor)

หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อหลักดิน กับตัวนำสำหรับต่อลงดินของบริเวณ และ/หรือ กับตัวนำที่มีการต่อลงดินของวงจรที่บริเวณที่ประธาน หรือที่แหล่งจ่ายไฟของระบบจ่ายแยกต่างหาก

1.16 เครื่องตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อกระแสรั่วลงดิน (g roundMault CircuitMnterrupter) หรือเครื่องตัดไฟรั่ว (r esidual Current device หรือ r Cd)

หมายถึง อุปกรณ์ที่มุ่งหมายสำหรับป้องกันบุคคล โดยทำหน้าที่ตัดวงจรหรือส่วนของ วงจรภายในเวลาที่กำหนดเมื่อกระแสรั่วลงดินเกินค่าที่กำหนดไว้แต่น้อยกว่าค่าที่อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของวงจรแหล่งจ่ายไฟจะทำงาน

1.17 พิกัดตัดวงจร หรือพิกัดตัดกระแส (Interrupting r ating)

หมายถึง กระแสสูงสุด ณ แรงดันที่กำหนด ที่อุปกรณ์ถูกประสงค์ให้ตัดวงจรที่ภาวะที่กำหนดในมาตรฐานการทดสอบ

บริเวณที่ประสงค์จะให้ตัดกระแสที่ไม่ใช้กระแสลัดวงจร อาจมีพิกัดตัดวงจรเป็นอย่างอื่น เช่น พิกัดแรงม้า หรือพิกัดกระแสลัดวงจร

1.18 พิกัดกระแสลัดวงจร (ShortMircuit Current r ating)

หมายถึง กระแสลัดวงจรแบบสมมาตร ณ แรงดันไฟฟ้าระบุ ซึ่งเครื่องสำเร็จหรือระบบยังสามารถต่ออยู่ได้โดยไม่มีความเสียหายเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.19 กระแสเกิน (overcurrent)

หมายถึง กระแสที่เกินค่าพิกัดกระแสของบริเวณหรือขนาดกระแสของตัวนำ ซึ่งอาจมีผลมาจากโหลดเกิน การลัดวงจร หรือการมีกระแสรั่วลงดิน ในบางกรณีบริเวณหรือตัวนำ อาจมีกระแสเกินค่าพิกัดกระแสได้ ดังนั้นมาตรฐานสำหรับการป้องกันกระแสเกินต้องกำหนดตามสถานการณ์เฉพาะ

1.20 โหลดเกิน (overload)

หมายถึง การใช้งานเกินพิกัดปกติของบริเวณหรือใช้กระแสเกินขนาดกระแสของตัวนำ ซึ่งหากเป็นอยู่ระยะเวลานานจะทำให้เกิดความเสียหายและอันตรายเนื่องจากความร้อนเกินขนาด การลัดวงจรหรือการมีกระแสรั่วลงดินไม่ถือเป็นโหลดเกิน

1.21 แผงย่อย (Panelboard)

หมายถึง แผงเดี่ยวหรือกลุ่มของแผงเดี่ยวที่ออกแบบให้ประกอบรวมกันเป็นแผงเดียวกัน ประกอบด้วย บัส อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินอัตโนมัติและมีหรือไม่มีสวิตช์สำหรับควบคุมแสงสว่าง ความร้อนหรือวงจรไฟฟ้ากำลัง แผงย่อยเป็นแผงที่ออกแบบให้ติดตั้งไว้ในตู้หรือกล่องคัตเอาต์ที่ติดบนผนังซึ่งสามารถเข้าถึงได้ทางด้านหน้าเท่านั้น

1.22 การเดินสายภายใน (Premises Wiring System)

หมายถึง การเดินสายทั้งภายในและภายนอกอาคารซึ่งประกอบด้วยสายวงจรไฟฟ้ากำลัง แสงสว่าง ควบคุมและสัญญาณรวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องประกอบการเดินสาย ทั้งแบบเดินสายแบบติดตั้งถาวรและชั่วคราว ซึ่งเป็นส่วนที่ต่อจากจุดจ่ายจากสายของการไฟฟ้าฯ (ส่วนหลังเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ) หรือจุดจ่ายไฟของแหล่งกำเนิดจากระบบที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก การเดินสายนี้ไม่รวมถึงการเดินสายภายในเครื่องใช้ไฟฟ้า ดวงโคม มอเตอร์ เครื่องควบคุม ศูนย์ควบคุมมอเตอร์ และบริภัณฑ์ที่คล้ายกัน

1.23 ช่องเดินสาย (race way)

หมายถึง ช่องปิดซึ่งออกแบบเฉพาะสำหรับการเดินสายไฟฟ้าหรือตัวนำหรือทำหน้าที่อื่นตามที่มาตรฐานกำหนด

ช่องเดินสายอาจเป็นโลหะหรือวัสดุฉนวน รวมทั้งท่อโลหะ ท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะอ่อนกึ่งของเหลว ท่อโลหะอ่อนบาง ท่อโลหะอ่อนหนา ท่อโลหะอ่อน ท่อโลหะบาง ช่องเดินสายใต้พื้น ช่องเดินสายใต้พื้นคอนกรีตโปร่ง ช่องเดินสายใต้พื้นโลหะโปร่ง ช่องเดินสายบนพื้น รางเดินสาย เคเบิลบัส และทางเดินบัส

1.24 รางเดินสาย (Wire way)

หมายถึง ช่องเดินสาย (race way) ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นรางทำจากแผ่นโลหะหรือโลหะชนิดต้านเปลวเพลิงพหุมีฝาปิด ติดบานพับหรือถอดออกได้ เพื่อใช้สำหรับเดินสายไฟฟ้า อาจมีช่องระบายอากาศก็ได้ การติดตั้งต้องใช้วิธีแขวนหรือมีที่รองรับ

1.25 ระบบประธาน (Service)

หมายถึง บริภัณฑ์และตัวนำสำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ไปยังระบบสายภายใน

1.26 ตัวนำประธาน (Service Conductors) หรือสายเมน

หมายถึง ตัวนำที่ต่อระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ กับบริภัณฑ์ประธาน (ทั้งระบบแรงสูงและแรงต่ำ)

1.27 บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment) หรือเมนสวิตช์

หมายถึง บริภัณฑ์จำเป็นโดยปกติประกอบด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือสวิตช์และฟิวส์ และเครื่องประกอบต่างๆ ตั้งอยู่ใกล้กับจุดทางเข้าของตัวนำประธานเข้าอาคาร โดยมีจุดประสงค์เพื่อควบคุมและตัดวงจรทั้งหมดของระบบจ่ายไฟ

1.28 แผงสวิตช์ (Switchboard)

หมายถึง แผงเดี่ยวขนาดใหญ่หรือหลายแผงประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อใช้ติดตั้งสวิตช์ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน อุปกรณ์ป้องกันอื่นๆ บัส และเครื่องวัดต่างๆ ทั้งด้านหน้า ด้านหลัง หรือทั้งสองด้าน โดยทั่วไปแผงสวิตช์เข้าถึงได้ทั้งทางด้านหน้าและด้านหลังและไม่มีจุดประสงค์ให้ติดตั้งในตัว (ดูคำว่า “แผงย่อย”)

1.29 เครื่องป้องกันความร้อน (thermal Protector)

หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันที่ประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของมอเตอร์ หรือมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ และเมื่อใช้งานอย่างถูกต้องแล้วจะป้องกันมอเตอร์ไหม้เพราะการเกิดความร้อนเกินเนื่องจากโหลดเกินและความล้มเหลวในการเริ่มเดินเครื่อง

หมายเหตุ เครื่องป้องกันความร้อนเกินอาจประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับมากกว่า 1 ตัว ประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของมอเตอร์ และอุปกรณ์ควบคุมภายนอก

1.30 แรงดัน (Voltage) ของวงจร

หมายถึง ค่ารากเฉลี่ยกำลังสองของความต่างศักย์สูงสุดระหว่างตัวนำ 2 สาย ในวงจรที่เกี่ยวข้องกัน แรงดันที่ระบุ (Voltage Nominal)

หมายถึง ค่าตัวเลขแรงดันไฟฟ้า ที่ใช้เรียกระบบแรงดันไฟฟ้า ในวงจรหรือระบบไฟฟ้าหนึ่งๆ เพื่อบอกระดับของแรงดันไฟฟ้านั้นๆ แรงดันไฟฟ้าระบุนี้ จะใช้ค่าเดียวกันตลอด ไม่ว่าจะอยู่ในส่วนไหนของระบบ หรือของวงจรไฟฟ้านั้นๆ เพื่อใช้ระบุระบบแรงดันไฟฟ้าและใช้อ้างอิงในการออกแบบและคำนวณค่าต่างๆ ทางไฟฟ้า

ค่าของแรงดันไฟฟ้าระบุ อาจมีค่าแตกต่างกัน ตามมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงของแต่ละประเทศ หรือ ที่มีการเรียกใช้กันมาตั้งแต่อดีต มาตรฐาน iec จึงได้จัดแบ่งกลุ่ม เพื่อให้สะดวกในการเรียกแรงดันไฟฟ้าระบุที่มีค่าใกล้เคียงกัน ให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าระบุเพียงค่าเดียว เช่น แรงดันไฟฟ้าระบุ 220/380 โวลต์ และ 240/415 โวลต์ ให้เหลือเพียงค่าเดียวคือ 230/400 โวลต์ เป็นต้น สำหรับประเทศไทย ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ชนิด 3 เฟส 4 สาย เป็น 230/400 โวลต์

แรงดันไฟฟ้าพิกัด (Voltage rated)

หมายถึง แรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ หรือ ของเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ผู้ผลิตฯ กำหนดขึ้น เพื่อให้การทำงานของอุปกรณ์ หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นไปตามคุณลักษณะที่กำหนด

แรงดันบริการ (service-voltage)

หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่การไฟฟ้า จ่ายหรือให้บริการกับผู้ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่สายไฟส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าบรรจบกับสายไฟส่วนของการไฟฟ้า โดยทั่วไปมักเป็นแรงดันไฟฟ้าซึ่งวัดที่จุดต่อหรือหน้าเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

แรงดันใช้ประโยชน์ (utilization-voltage)

หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่งของตัวรับไฟฟ้า หรือ ตำแหน่งที่เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ ที่บริเวณที่ไฟฟ้า ต่ออยู่

แรงดันต่ำพิเศษ (extra low-voltage eLV)

หมายถึง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าไม่เกิน 50 โวลต์ หรือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (ที่ไม่มีรีวเคลื่น) ที่มีค่าไม่เกิน 120 โวลต์

แรงดันเทียบกับดิน (Voltage to ground)

สำหรับวงจรที่มีการต่อลงดิน

หมายถึง แรงดันระหว่างตัวนำที่กำหนด กับจุดหรือตัวนำของวงจรที่ต่อลงดิน สำหรับวงจรที่ไม่ต่อลงดิน

หมายถึง แรงดันสูงสุดระหว่างตัวนำที่กำหนดกับตัวนำอื่นในวงจร

2. คำศัพท์ต่างๆที่ใช้ในงานช่างซ่อมเครื่องปรับอากาศภายในบ้าน

ในการทำงานเป็นช่างซ่อมเครื่องปรับอากาศ (ช่างแอร์) จำเป็นต้องทำความเข้าใจนิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องทางไฟฟ้า เพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะต่างๆของอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจักรทำให้ผู้ประกอบอาชีพช่างฯสามารถซ่อมเครื่องปรับอากาศ ได้สำเร็จและเกิดความปลอดภัย มีดังนี้

2.1 ระบบแรงต่ำ (Low Voltage System)

หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันระหว่างเฟส (phase to phase) ไม่เกิน 1,000 โวลต์ หรือแรงดันเทียบกันไม่เกิน 600 โวลต์

2.2 ระบบแรงสูง (High Voltage System)

หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันระหว่างเฟส (phase to phase) เกิน 1,000 โวลต์ หรือแรงดันเทียบกันเกิน 600 โวลต์

2.3 เมนสวิตช์ (Main Switch) หรือ สวิตช์ประธาน

หมายถึง อุปกรณ์ตัวหลักที่ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าของสายเมนเข้าอาคารกับสายภายในทั้งหมด จึงเป็นอุปกรณ์สับ-ปลด วงจรไฟฟ้าตัวแรกถัดจากมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้าเข้ามาในบ้าน เมนสวิตช์อาจเป็นอุปกรณ์ตัดไฟหลักตัวเดียว หรือจะอยู่รวมกับอุปกรณ์อื่นๆ ในตู้แผงสวิตช์ (switchboard) กรณีหลังจะรวมเรียกว่า ตู้เมนสวิตช์ เมนสวิตช์จึงอาจจะเป็นสวิตช์คันโยกที่ตัดโหลดได้ (load-break switch) อาจเป็นเบรกเกอร์ (อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินหรือลัดวงจร) หรือ เป็นสวิตช์ที่มีฟิวส์ในตัวก็ได้ แต่ไม่ว่าจะเป็นแบบใดจะต้องมีคุณสมบัติของเครื่องปลดวงจรที่เมื่อปลดวงจรดับไฟแล้ว สามารถทำงานได้ปลอดภัย

ตู้เมนสวิตช์ชนิดที่ใช้กับบ้านอยู่อาศัยทุกวันนี้ นอกจากจะประกอบด้วยตัวเมนสวิตช์แล้ว มักจะมีอุปกรณ์ป้องกันอื่นๆ เช่น เครื่องตัดไฟรั่ว เบรกเกอร์ย่อยสำหรับป้องกันวงจรย่อยหลายๆตัว รวมกันอยู่ในกล่องหรือตู้ ที่มักรู้จักกันว่า “ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต” (consumer unit)



ภาพที่ 35 ตัวอย่างเมนสวิตช์ หรือตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต

2.4 เบรกเกอร์ (Circuit breaker) หรือ สวิตช์ตัดไฟอัตโนมัติ

หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถใช้ตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าได้ในขณะใช้งานปกติ และยังสามารถตัดกระแสไฟฟ้าเกินหรือกระแสไฟฟ้าลัดวงจรโดยอัตโนมัติได้ด้วย ทั้งนี้การเลือกใช้เบรกเกอร์จะต้องเลือกขนาดพิกัดในการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (ic) ของเบรกเกอร์ให้สูงกว่าขนาดกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นในวงจรนั้นๆ



ภาพที่ 36 ตัวอย่างเบรกเกอร์

2.5 ฟิวส์ (fuse)

หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินชนิดหนึ่งทำหน้าที่ตัดไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกินค่าที่กำหนด ซึ่งเมื่อฟิวส์ทำงานแล้วจะต้องเปลี่ยนฟิวส์ใหม่ ฟิวส์ที่ใช้เปลี่ยนต้องมีขนาดกระแสไม่เกินขนาดฟิวส์เดิม และต้องมีขนาดพิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (ic) สูงกว่าขนาดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ไหลผ่านฟิวส์ ตัวอย่าง ของฟิวส์ตามรูปเป็นฟิวส์กระปุก หรือ คาร์ทริดจ์ฟิวส์ชนิด d ที่มีค่า ic สูงมาก (75 ถึง 100 ka) และมีราคาถูก



ภาพที่ 37 ตัวอย่างฟิวส์

2.6 พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (IC) หรือ (Interrupting Capacity)

คือ ความสามารถในการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันได้อย่างปลอดภัยโดยไม่ทำให้อุปกรณ์ป้องกันนั้นเสียหายหรือไหม้ลุกลาม โดยทั่วไปแล้ว ic จะมีหน่วยเป็น ka หรือ กิโลแอมแปร์ ซึ่งเป็นหน่วยของ 1,000 แอมแปร์ ค่าพิกัดของการตัดกระแสลัดวงจรนี้จะขึ้นอยู่กับมาตรฐานอ้างอิงและแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ เช่น ฟิวส์หรือเบรกเกอร์ที่มีพิกัด $ic = 10 \text{ ka}$ ที่แรงดันทดสอบ 120 V หากนำไปทดสอบที่แรงดัน 240 V อาจมีพิกัด ic เหลือเพียง 5 ka เป็นต้น

พิกัด ic หรือ aic = 10 ka หมายถึง สามารถตัดกระแสลัดวงจรได้สูงถึง 10,000 แอมป์

2.7 เครื่องตัดไฟรั่ว หรือ เครื่องตัดวงจรเมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน หรือ เครื่องตัดกระแส (เศษ) เหลือ (EL Cb, g f CI, r Cd, r CCb, r Cbo)

หมายถึง สวิตช์อัตโนมัติที่สามารถปลดวงจร เมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วได้อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ เครื่องตัดไฟรั่วใช้ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูด โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะใช้ได้ดีเมื่อใช้กับระบบไฟฟ้าที่มีสายดินอยู่แล้ว และจะช่วยป้องกันอัคคีภัยจากไฟฟ้ารั่วได้อีกด้วย เครื่องตัดไฟรั่วนี้มักจะต้องมีปุ่มสำหรับกดเพื่อทดสอบการทำงานอยู่เสมอ ชาวบ้านมักเรียกเครื่องตัดไฟรั่วนี้ว่า เป็นเครื่องป้องกันไฟดูด



ภาพที่ 38 ตัวอย่างเครื่องตัดไฟรั่ว

2.8 สายดินเพื่อความปลอดภัย, สายเขียว, สายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า, สายดินเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ สายดินป้องกัน (Equipment grounding Conductor หรือ Protective Conductor หรือ P.E.)

คำเหล่านี้ล้วนมีความหมายเดียวกัน คือ สายดินป้องกัน หมายถึง สายไฟเส้นที่มีไว้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้ไฟฟ้า ปลายด้านหนึ่งของสายดินจะต้องมีการต่อลงดิน ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับวัตถุหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เท่ากับพื้นดิน และมีการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันวงจร เช่น ฟิวส์ หรือ เบรกเกอร์

การเดินสายดินป้องกันที่ถูกต้องให้เกิดความปลอดภัยจะต้องทำให้เป็นระบบสายดินฯ โดยมีการต่อเข้ากับสายนิวทรัลที่เมนสวิตช์ (ยกเว้นห้องชุดของอาคารชุดฯ มิใช่การเดินสายดินไปลงดินอย่างเดียว

หมายเหตุ สายดินโดยทั่วไปจะมีสองชนิด คือ

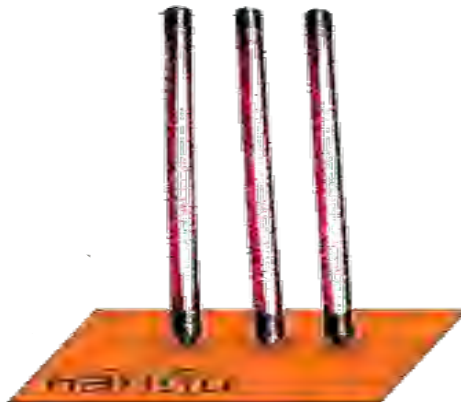
1. สายดินเพื่อให้ทำงานได้ (functional earthing conductor) เป็นสายดินที่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องความปลอดภัย
2. สายดินป้องกัน (protective earthing conductor) เป็นสายดินที่มีไว้เพื่อความปลอดภัย สายดินที่จะกล่าวถึงทั้งหมดในเอกสารนี้หมายถึงเฉพาะ สายดินป้องกัน โดยจะเรียกสั้นๆ ว่า สายดิน



ภาพที่ 39 สัญลักษณ์สายดิน

2.9 หลักดิน (ground rod หรือ g grounding Electrode หรือ Earth Electrode)

หมายถึง แท่งหรือแผ่นโลหะที่ฝังอยู่ในดินเพื่อทำหน้าที่แพร่ หรือกระจายประจุไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้า ให้ไหลลงสู่ดินได้โดยสะดวก วัสดุที่จะนำมาใช้เป็นหลักดิน เช่น แท่งทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (5/8 นิ้ว) ความยาวมาตรฐานต้องยาวไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร เป็นต้น



ภาพที่ 40 ตัวอย่างหลักดิน

2.10 สายต่อหลักดิน (g grounding Electrode Conductor หรือ Earthing Conductor)

คือ สายตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนที่ต้องการต่อลงดิน ซึ่งในที่นี้หมายถึงสายที่ต่อระหว่างหลักดินกับขั้วต่อสายศูนย์ (นิวทรัล) หรือกับขั้วต่อสายดินในแผงสวิตช์ประธาน (ตู้เมนสวิตช์) เพื่อให้ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้ามีการต่อลงดิน



ภาพที่ 41 ตัวอย่างสายต่อหลักดิน

2.11 เต้ารับ (Socket/Outlet หรือ receptacle) หรือ ปลั๊กตัวเมีย

คือ อุปกรณ์สำหรับเป็นที่รองรับการเสียบของหัวเสียบที่มาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าปกติเต้ารับจะติดตั้งอยู่กับที่ เช่น ติดอยู่กับผนังอาคาร เป็นต้น



ภาพที่ 42 ตัวอย่างเต้ารับ

2.12 เต้าเสียบ หรือ ปลั๊ก (Plug) หรือ ปลั๊กตัวผู้

คือ หัวเสียบที่มีขั้วโลหะติดอยู่ที่ปลายหัวเสียบนี้จะต่อมาจากสายไฟที่มาจากเครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อใช้เสียบเข้ากับเต้ารับทำให้สามารถใช้เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นได้



ภาพที่ 43 ตัวอย่างเต้าเสียบ

2.13 เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 1

หมายถึง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เต้าเสียบต้องมีสายดิน เพราะมีความหนาของฉนวนไฟฟ้าเพียงพอสำหรับการใช้งานปกติเท่านั้น และมักจะมีเปลือกนอกของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำด้วยโลหะ เพื่อความปลอดภัย ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องมีการต่อสายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับส่วนที่เป็นโลหะนั้น เพื่อให้สามารถต่อลงดินมายังตู้เมนสวิตช์โดยผ่านทางขั้วสายดินของเต้าเสียบ-เต้ารับ จึงต้องใช้เต้าเสียบที่มีขั้วสายดิน เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ หากผู้ผลิตไม่ได้ต่อสายดินมาให้ ถือว่าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 0 ซึ่งปัจจุบันนี้มาตรฐานสากลไม่รับรองหรือยินยอมให้ผลิตมาใช้งาน



ภาพที่ 44 ตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 1

2.14 เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 2

หมายถึง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการหุ้มฉนวนหนาเป็น 2 เท่าของความหนาฉนวนที่ใช้สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าปกติ (ฉนวนไฟฟ้าอาจจะมีความหนาเพียง 2 ชั้นก็ได้) โดยมักมีสัญลักษณ์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 2 เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสซ้อนกันติดอยู่ที่หน้าปัดของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งเต้าเสียบที่ใช้ก็ไม่ต้องมีสายดิน ซึ่งมักมีลักษณะของขาปลั๊กเพียง 2 ขา และมีฉนวนหุ้มที่หนา



ภาพที่ 45 ตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 2

2.15 เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 3

หมายถึง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไม่เกิน 50 โวลต์ (หรือ 120 โวลต์ ไฟฟ้ากระแสตรง) เครื่องใช้ไฟฟ้า ประเภทนี้ ไม่ต้องมีสายดินสัญลักษณ์ของ เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 3 นี้ คือ



ภาพที่ 46 ตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 3

2.16 หลอดฟลูออเรสเซนต์

คือ หลอดไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นหลอดยาวสีขาว กินไฟขนาด 18 w และ 36 w บางชนิดจะขดเป็นวงกลมกินไฟ 32 w หลอดฟลูออเรสเซนต์นี้ ชาวบ้านมักจะเรียกกันผิดๆว่า หลอดนีออน หลอดตะเกียบ หรือ หลอดคอมแพค ก็จัดเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็ก โดยสามารถติดตั้งได้กะทัดรัดกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดาตนเอง



ภาพที่ 47 ตัวอย่างหลอด LED

2.17 หลอด LED

คือ สารกึ่งตัวนำไฟฟ้า ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน แล้วปล่อยแสงสว่างออกมาได้ทันที

2.18 โวลต์ (V หรือ Volt)

คือ หน่วยที่ใช้เรียก ขนาดของแรงดันไฟฟ้า เช่น 230 V หมายถึง ขนาดของแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 230 โวลต์

2.19 เควี (kV หรือ Kilovolt หรือ กิโลโวลต์)

คือ หน่วยของแรงดันไฟฟ้าที่คิดเป็นพันโวลต์ เช่น 24 เควี หมายถึง 24,000 โวลต์

1 เควี (kV) = 1,000 โวลต์

2.20 แอมป์ หรือ แอมแปร์ (A หรือ Ampere)

คือ หน่วยที่ใช้เรียกปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้า เช่น 5 a หมายถึง ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลเท่ากับ 5 แอมแปร์

2.21 กิโลแอมป์ หรือ กิโลแอมแปร์ (kA หรือ KiloAmpere)

คือ หน่วยของกระแสไฟฟ้าที่คิดเป็นหน่วยของหนึ่งพันแอมป์ เช่น 5 ka หมายถึง 5,000 แอมแปร์

1 เคเอ (ka) = 1,000 แอมแปร์

2.22 วัตต์ (W หรือ Watt)

คือ หน่วยที่ใช้เรียกขนาดของกำลังไฟฟ้าจริง เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าเขียนไว้ว่า 2,000 w หมายความว่า เครื่องใช้ไฟฟ้านี้ใช้กำลังไฟฟ้า 2,000 วัตต์ (หรือกินไฟ 2,000 วัตต์)

2.23 กิโลวัตต์ (kW หรือ Kilowatt)

คือ หน่วยของกำลังไฟฟ้าเท่ากับหนึ่งพันวัตต์ เช่น 2 kw หมายถึง กำลังไฟฟ้า 2,000 วัตต์ สำหรับ หน่วยของกำลังไฟฟ้าหนึ่งล้านวัตต์จะเรียกว่า เมกะวัตต์ (Megawatt หรือ Mw)

1 กิโลวัตต์ (kW) = 1,000 วัตต์

1 เมกะวัตต์ (Mw) = 1,000,000 วัตต์

2.24 หน่วยไฟฟ้า หรือ ยูนิต (unit) หรือ kWh

หมายถึง หน่วยที่ใช้บอกขนาดหรือปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานพลังงานไฟฟ้า 1 ยูนิต หรือ 1 หน่วย เท่ากับ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kilo watt hour = กำลังไฟ 1 กิโลวัตต์ ใช้งานนาน 1 ชั่วโมง)

2.25 วาร์ หรือ กิโลวาร์ (Var or Kilovar)

วาร์ คือ หน่วยวัดกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟหรือกำลังไฟฟ้าไร้งาน โดยหน่วยวัดกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟหนึ่งพันวาร์จะเรียกว่า กิโลวาร์ และหนึ่งล้านวาร์เรียกว่า เมกะวาร์ (M-var)

2.26 กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)

คือ ผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์แอมป์หรือ วีเอ (Va) มักใช้เรียกขนาดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า

2.27 เควีเอ (kVA) หรือ Kilovolt Ampere

คือ หน่วยของกำลังไฟฟ้าปรากฏเป็น หนึ่งพันวีเอ มักใช้เรียกขนาดหม้อแปลง เช่น 1 เควีเอ เท่ากับ หนึ่งพันวีเอ และ 1 เอ็มวีเอ เท่ากับ หนึ่งล้านวีเอ

1 เควีเอ = 1,000 วีเอ (วีเอ = โวลต์แอมป์)

2.28 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หรือ เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power factor)

คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์) กับกำลังไฟฟ้าปรากฏ (วาร์) โดยมีหน่วยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือ ร้อยละตัวประกอบกำลังไฟฟ้าถือว่าเป็นตัววัดประสิทธิภาพของการส่งจ่ายหรือการใช้กำลังไฟฟ้าได้อย่างหนึ่ง ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ดีควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 85-90%

$$\% \text{Power Factor} = \frac{\text{Real Power}}{\text{Apparent Power}} \times 100$$

ภาพที่ 48 ตัวอย่างหลอด LED

2.29 สายนิวทรัล หรือ สายเส้นศูนย์ (neutral)

หมายถึง สายไฟเส้นหนึ่งในสองเส้นที่มาจากการไฟฟ้า โดยเป็นสายเส้นที่เมื่อใช้ไขควงลองไฟดู ไฟจะไม่ติด โดยจะเป็นเส้นทางไหลกลับออกจากเครื่องใช้ไฟฟ้า สายนิวทรัลปกติจะต้องมีการต่อลงดินเพื่อการอ้างอิงให้มีแรงดันเป็นศูนย์ที่หม้อแปลงของการไฟฟ้า

2.30 มาตรฐานสีของสายไฟ

สีของสายไฟจะถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานเพื่อให้มีการติดตั้งเดินสายอย่างถูกต้องโดยอ้างอิงมาตรฐาน มอก.11-2553 ดังนี้

ตารางที่ 10 ตารางมาตรฐานสีของสายไฟ มอก.11-2553

สายไฟระบบ 1 เฟส	สีของสายไฟ (มอก.11-2553)
เส้นที่มีไฟ L	น้ำตาล 
เส้นนิวทรัล N	ฟ้า (น้ำเงิน) 
สายดิน G หรือ E หรือ 	เขียวแถบเหลือง 



สีของสายไฟ (มอก.11-2553)

ภาพที่ 49 ตัวอย่างสายไฟ (มอก.11-2553)

3.2 หลักการทางไฟฟ้าเบื้องต้น

1. หน่วยวัดทางไฟฟ้า

หน่วยหรือค่าต่างๆในทางไฟฟ้ามีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ช่างซ่อมฯต้องทำความเข้าใจ เนื่องจากเครื่องปรับอากาศนั้นมีหลากหลายแบบหลายประเภทและหลายยี่ห้อ ซึ่งแต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อ นั้นจักรมีหน่วยหรือค่าต่างๆพิมพ์กำกับมาในเครื่องนั้นๆเพื่อให้ผู้ใช้ ผู้ขาย ผู้จำหน่าย ตลอดจนช่างซ่อมฯ ให้อ่านประกอบการตัดสินใจในการซื้อสินค้า และเป็นข้อมูลประกอบการซ่อมเครื่องปรับอากาศของช่างซ่อมฯ

หน่วยไฟฟ้าเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ๆ ว่ามีมากน้อยเพียงใด มีการบอกค่าต่างๆ ดังนี้

1.1 แรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt) ใช้ตัวย่อว่า (V) แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ หมายถึง แรงดันที่ทำให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่านเข้าไปในความต้านทาน 1 โอห์ม

สรุป แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น Volt เป็นหน่วยมาตรฐาน ใช้ตัว e หรือ V แทนแรงดันไฟฟ้า

ตารางที่ 11 ตารางแสดงตัวอย่างคำนำหน้าหน่วยแรงดันไฟฟ้า ตามระบบมาตรฐาน SI

หน่วยแรงดันไฟฟ้า	ตัวย่อ	การเปรียบเทียบหน่วย
Mega volt	MV	1 MV = 1000 kV
Kilo volt	kV	1 kV = 1000 V
Volt	V	1 V = 1000 mV
Milli volt	mV	1 mV = 1000 μ V
Micro volt	μ V	

1.2 กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ (ampere) ใช้ตัวย่อว่า (a) กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าสองตัวที่วางขนานกันมีระยะห่างกัน 1 เมตร แล้ว ทำให้เกิดแรงแต่ละตัวนำเท่ากับ นิวตันต่อเมตร

สรุป กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น ampere เป็นหน่วยมาตรฐาน ใช้ตัว i แทนกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 12 ตารางแสดงตัวอย่างคำนำหน้าหน่วยกระแสไฟฟ้า ตามระบบมาตรฐาน SI

หน่วยกระแสไฟฟ้า	ตัวย่อ	การเปรียบเทียบหน่วย
Mega ampere	MA	1 MA = 1000 kA
Kilo ampere	kA	1 kA = 1000 A
ampere	amp. = A	1 A = 1000 mA
Milli ampere	mA	1 mA = 1000 μ A
Micro ampere	μ A	

1.3 ความต้านทานไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้า หมายถึง การต้านทานการไหลของไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยวัดเป็นโอห์ม ใช้ตัวย่อว่า (Ω) ความต้านทานไฟฟ้า 1 โอห์ม คือ ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ที่ไหล ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า แล้วทำให้เกิดกำลังไฟฟ้า 1 วัตต์

สรุป ความต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น ohm เป็นหน่วยมาตรฐาน ใช้ตัว r แทนความต้านทาน

ตารางที่ 13 ตารางแสดงตัวอย่างคำนำหน้าหน่วยความต้านทานไฟฟ้า ตามระบบมาตรฐาน SI

หน่วยความต้านทาน	ตัวย่อ	การเปรียบเทียบหน่วย
Mega ohm	M Ω	$1 \text{ M}\Omega = 1000 \text{ k}\Omega$ $1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$
Kilo ohm	k Ω	
Ohm	Ω	

1.4 กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า คือผลคูณของแรงดันไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนให้กระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอนเคลื่อน หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน หรือ อัตราของการทำงานจากรูปแบบหนึ่งไปอีกรูปแบบหนึ่ง เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p และหน่วยเป็น วัตต์ watt (w)

สรุป กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น watt เป็นหน่วยมาตรฐาน ใช้ตัว p แทนกำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 14 ตารางแสดงตัวอย่างคำนำหน้าหน่วยกำลังไฟฟ้า ตามระบบมาตรฐาน SI

หน่วยกำลังไฟฟ้า	ตัวย่อ	การเปรียบเทียบหน่วย
Mega watt	MW	$1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW}$ $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ $1 \text{ kW} = 1000 \text{ mW}$ $1 \text{ mW} = 1000 \text{ }\mu\text{W}$
Kilo watt	kW	
Watt	W	
Milli watt	mW	
Micro watt	μW	

1.5 พลังงานไฟฟ้าใช้งาน

พลังงานไฟฟ้าใช้งาน คือ กำลังไฟฟ้าที่นำไปใช้ในระยะเวลาหนึ่ง

สรุป พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง หรือ หน่วย พลังงานไฟฟ้า วัตต์ได้ด้วย วัตต์เออร์มิเตอร์ หรือ กิโลวัตต์เออร์มิเตอร์ (kwh Meter) ซึ่งเป็นมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าใช้งานตามอาคารที่อยู่อาศัย

1,000 วัตต์-ชั่วโมง = 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kw/hr.) = 1 หน่วย (unit)

ตารางที่ 15 ตารางแสดงตัวอย่างการคำนวณหน่วยวัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าเพื่อการใช้งานเชิงพาณิชย์

วัดคือกำลังไฟฟ้า ดังนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีวัตต์มากก็จะใช้กระแสไฟฟ้ามากขึ้น	
เช่นกัน	
1 กิโลวัตต์ คือ 1,000 วัตต์	
1 หน่วย หรือ 1 หน่วย หรือ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คือพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ ใช้งาน 1 ชั่วโมง	
ตัวอย่าง :	
หลอดไฟ 100 วัตต์ จำนวน 10 หลอด	
รวม $100 \times 10 = 1,000$ วัตต์	
ถ้าเปิดนาน 2 ชั่วโมง ทั้ง 10 หลอด จะเปลืองไฟฟ้า	
รวม $= 1,000 \text{ วัตต์} \times 2 \text{ ชั่วโมง} = 2,000 \text{ วัตต์-ชั่วโมง}$	
หรือ $= 2 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ } = 2 \text{ หน่วย หรือ } 2 \text{ หน่วย}$	

ตารางที่ 16 ตารางแสดงตัวอย่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด

- พัดลมตั้งพื้น	45-75	วัตต์
- พัดลมเพดาน	70-104	วัตต์
- หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	500-1,000	วัตต์
- เตาไฟฟ้า	430-1,500	วัตต์
- เครื่องทำน้ำร้อนในห้องน้ำ	900-4,800	วัตต์
- เครื่องปั๊มน้ำ	600-1,000	วัตต์
- เครื่องเป่าผม	300-1,300	วัตต์
- เครื่องซักผ้า	250-2,000	วัตต์
- เครื่องอบผ้าแห้ง	650-2,500	วัตต์
- เครื่องซักผ้าแบบมีเครื่องอบผ้า หรือ เครื่องตั้งอุณหภูมิของน้ำ	250-2,000	วัตต์
- ตู้เย็น 2-12 นิ้ว (ลบ ฟุต)	53-194	วัตต์
- เครื่องปรับอากาศ	680-3,300	วัตต์
- เครื่องดูดฝุ่น	625-1,000	วัตต์
- เตาไฟฟ้า (เดี่ยว)	300-1,500	วัตต์
- โทรทัศน์ขาวดำ	24-30	วัตต์
- โทรทัศน์สี	43-95	วัตต์
- วิทยุ	30-50	วัตต์
- ถาดต้มน้ำไฟฟ้า	500-1,300	วัตต์

ช่วยตัว ช่วยรัฐ ช่วยประหยัดไฟฟ้า

2. กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

2.1 กฎของโอห์ม

กฎของโอห์ม ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า และตัวต้านทานหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะ ใส่เข้าไปในวงจรไฟฟ้านั้นๆ เพราะฉะนั้น ความสำคัญของ วงจร ที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าใดๆ เกิดขึ้นคือ ทำอย่างไรจึงจะไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหล ผ่านเข้าไปในวงจรมากเกินไป ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดเสียหาย หรือวงจรไหม้เสียหายได้ Mr.จอร์จ ไซมอน โอห์ม นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันให้ความ สำคัญ ของ วงจรไฟฟ้า และสรุปเป็นสมการกฎของโอห์ม ออกมาดังนี้ คือ

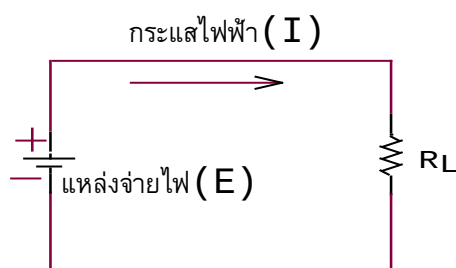
สรุปความสัมพันธ์กฎของโอห์ม Mr.จอร์จ ไซมอน โอห์ม ได้ค้นพบ ความสัมพันธ์ของ 3 ปริมาณ อันได้แก่ กระแสไฟฟ้า (i, a) , แรงดันไฟฟ้า (e, V) และความต้านทาน (r, Ω) โดยกล่าวไว้ว่า "ในวงจรไฟฟ้าใดๆ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้า ($i \propto e$) และแปรผกผันกับตัวต้านทาน ($i \propto \frac{1}{R}$)"



ภาพที่ 50 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดัน กระแส และความต้านทาน

เราเขียน ความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้นไว้ดังนี้

$$I = \frac{E}{R}$$



เมื่อ i คือ กระแสไฟฟ้า (current) มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (ampere) ใช้ตัวย่อ a
 e คือ แรงดันไฟฟ้า (Voltage) มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt) ใช้ตัวย่อ V
 r คือ ความต้านทาน (r esistor) มีหน่วยเป็นโอห์ม (ohm) ใช้ตัวย่อ Ω

จากความสัมพันธ์ของกฎของโอห์ม $I = \frac{E}{R}$ เราสามารถหาค่าใดๆ จากภาพที่ 51 สมการกฎของโอห์ม ได้ดังนี้



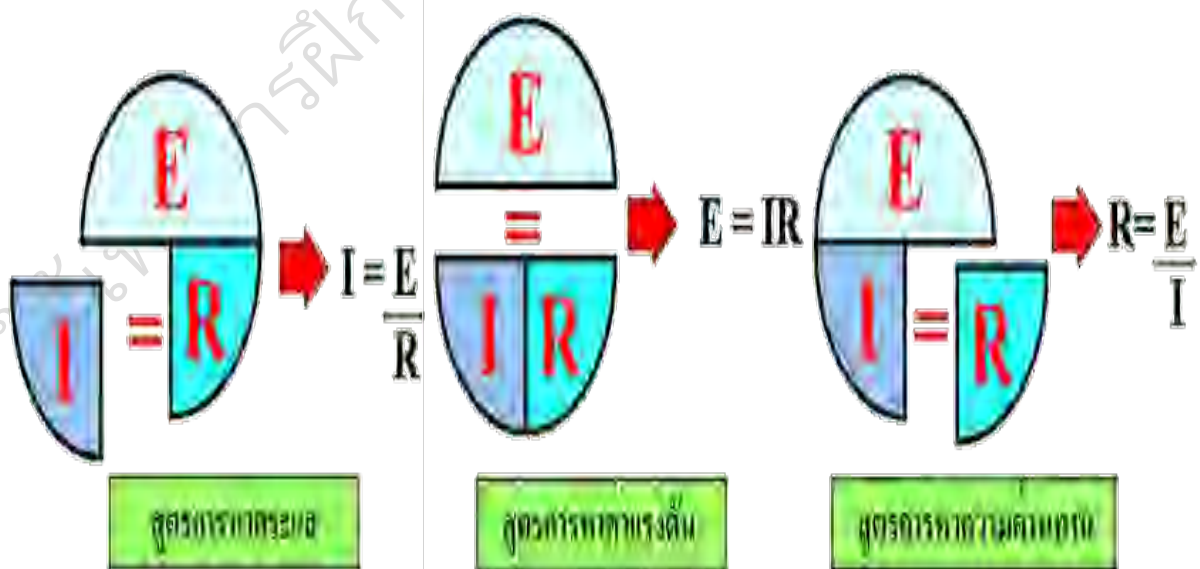
ภาพที่ 51 สมการกฎของโอห์ม

จากภาพที่ 51 เมื่อเราต้องการหาค่าใดก็ปิดค่านั้นไว้ ก็จะได้ค่าความสัมพันธ์ของค่าที่เราต้องการทราบ เช่น

เมื่อเราต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจร ก็ให้ปิดค่ากระแสไฟฟ้า (i) จะได้ความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้า (e) หารด้วย ค่าความต้านทาน (r)

เมื่อเราต้องการหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจร ก็ให้ปิดค่าแรงดันไฟฟ้า (e) จะได้ความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้า (i) คูณด้วย ค่าความต้านทาน (r)

เมื่อเราต้องการหาค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นในวงจร ก็ให้ปิดค่าความต้านทาน (r) จะได้ความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้า (e) หารด้วย กระแสไฟฟ้า (i)



ภาพที่ 52 สรุปสูตรความสัมพันธ์ของกฎของโอห์ม

2.2 กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า เมื่อถูกนำมาใช้งานร่วมกับกฎของโอห์ม สามารถสรุปผลได้ดังนี้ กำลังไฟฟ้า (p) วัตต์ (w) คือ อัตราของงานที่ถูกกระทำในวงจรซึ่งเกิดกระแส (i) 1 แอมแปร์ (a) เมื่อแรงดัน (e) จ่ายให้วงจร 1 โวลต์ (V) กำลังไฟฟ้า หาได้จากผลคูณของแรงดัน มีหน่วยเป็นโวลต์ คูณด้วยกระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์ เขียนเป็นสมการออกมาได้ดังสมการ

กำลังไฟฟ้า คืออัตราการทำงานต่อเวลา ดังนั้น กำลังงานคืองานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

$$P = \frac{W}{t}$$

โดย	p	คือ	กำลัง	มีหน่วยเป็น	วัตต์ (watt หรือ w)
	w	คือ	งาน	มีหน่วยเป็น	จูล (Joul หรือ J)
	t	คือ	เวลา	มีหน่วยเป็น	วินาที (s)

ดังนั้นจึงเขียนสมการได้ว่า

$$1 \text{ w} = 1 \text{ J/s} \quad (1 \text{ วัตต์} = 1 \text{ จูลต่อวินาที})$$

ในทางไฟฟ้าไม่สะดวกที่จะหาค่างานเป็น จูล จึงแปลงสมการการหากำลังไฟฟ้าในรูปของแรงดันและกระแสไฟฟ้าดังนี้

$$P = \frac{W}{t} = \frac{W}{Q} \cdot \frac{Q}{t} = VI \quad \text{มีหน่วยเป็น} \quad \text{watt}$$

หน่วยของกำลังที่นิยมอีกหน่วยหนึ่ง คือ กำลังม้า (horsepower หรือ hp) ซึ่งเป็นหน่วย ของประเทศอังกฤษ โดยเทียบค่าได้ดังนี้

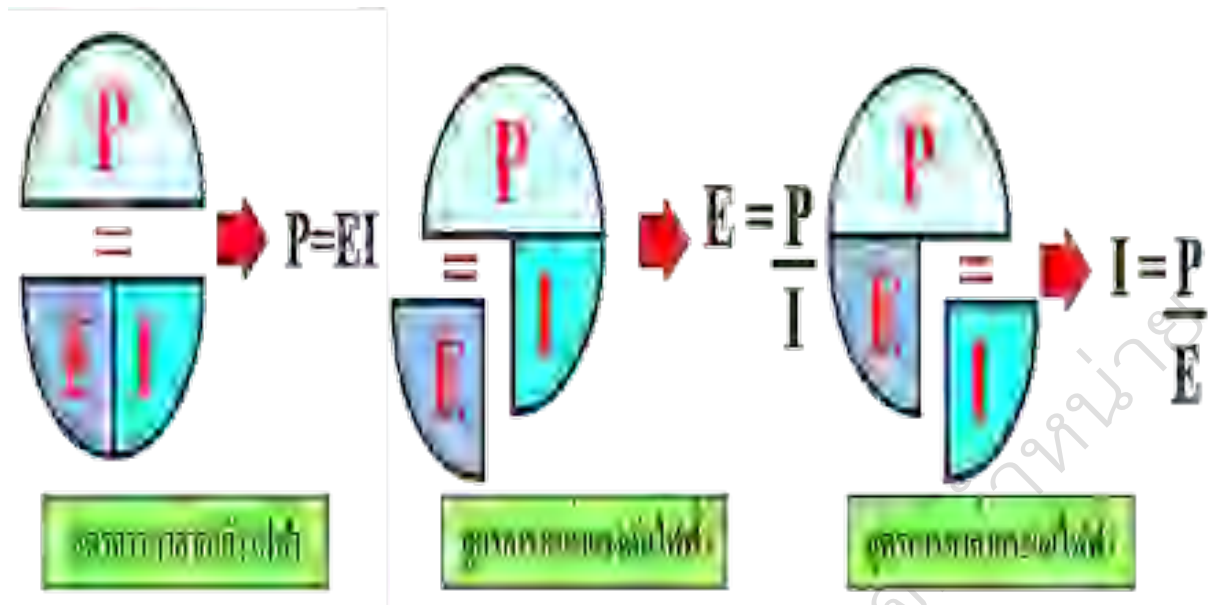
$$1 \text{ hp} = 746 \text{ w}$$

สรุปสมการ กำลังไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกฎของโอห์ม

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

ภาพที่ 53 สมการ กำลังไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับกฎของโอห์ม



ภาพที่ 54 สรุปสูตรความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและกฎของโอห์ม

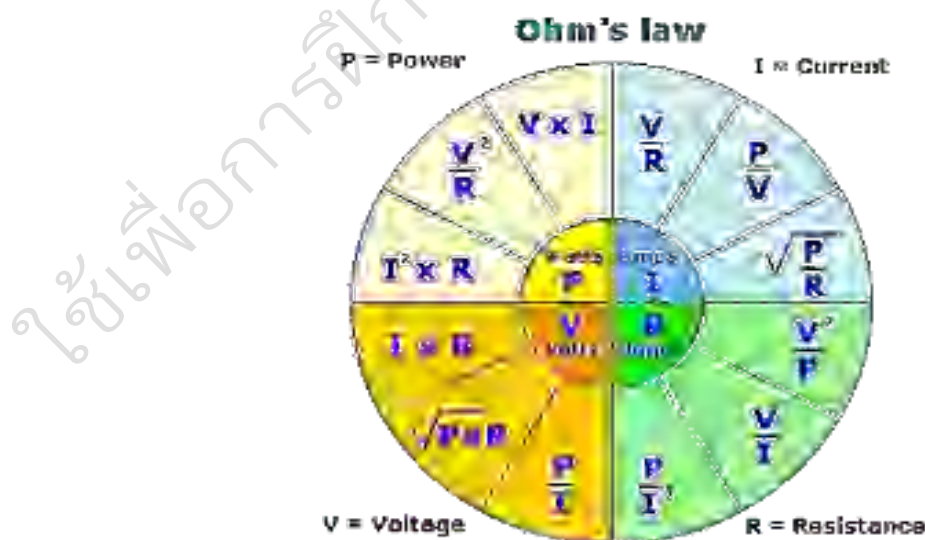
2.3 พลังงาน

พลังงานไฟฟ้า คือพลังงานที่ใช้ไปหรือสร้างขึ้นมาจากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาหรือส่งออกไป โดยมีความสัมพันธ์กับเวลา มีหน่วยใช้แสดงพลังงานเป็นจูล (J) พลังงานไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ตัว "w" สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

สรุปสมการ พลังงานไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกฎของโอห์ม

$$W = QV = ItV = I^2 R t = \frac{V^2 \cdot t}{R}$$

ภาพที่ 55 สมการ พลังงานไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับกฎของโอห์ม



ภาพที่ 56 สรุปสูตรความสัมพันธ์ทางหน่วยไฟฟ้า

3. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า

3.1 ไฟฟ้าคืออะไร

ในการทำความเข้าใจเรื่องของไฟฟ้า สิ่งที่เราควรรู้ในเบื้องต้น ก็น่าจะเป็นความหมายของไฟฟ้าว่า ไฟฟ้ามันคืออะไรกันแน่?

- ตามหนังสือวิทยาศาสตร์ หรือเว็บไซต์ต่างๆ มักจะให้ความหมายที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น

● ไฟฟ้า คือ พลังงานรูปหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ เช่น พลังงานกล พลังงานความร้อน

● ไฟฟ้า คือ สิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อประจุเคลื่อนที่ผ่านตัวนำไฟฟ้า ในหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัด ในหนึ่งหน่วยเวลา

- ตามศัพท์บัญญัติของราชบัณฑิตยสถาน

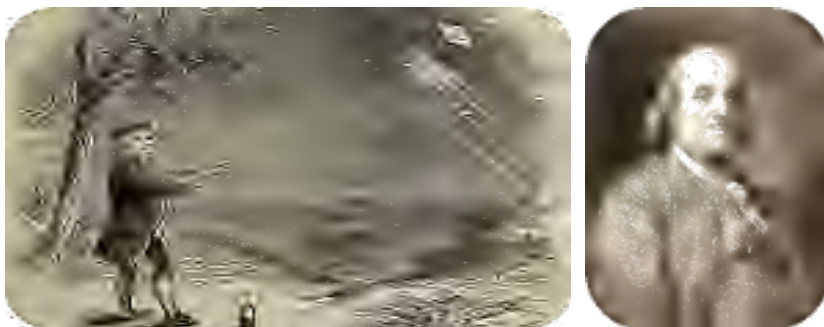
● ไฟฟ้า (คำนาม) คือ พลังงานรูปหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับการแยกตัวออกมา หรือการ เคลื่อนที่ของ อิเล็กตรอน หรือโปรตอน หรืออนุภาคอื่นที่มีสมบัติแสดงอำนาจคล้ายคลึงกับอิเล็กตรอนหรือโปรตอน ใช้ประโยชน์ ก่อให้เกิดพลังงานอื่น เช่น ความร้อน แสงสว่าง การเคลื่อนที่

3.1.1 ประวัติการค้นพบไฟฟ้า

ไฟฟ้า หรือ electricity ในภาษาอังกฤษ มาจากคำว่า ēlectricus ในภาษากรีก เป็นสิ่งที่เราพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งประวัติความเป็นมาของไฟฟ้านั้น เท่าที่ได้ทราบกันมาเชื่อว่ามีมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ ที่กล่าวถึงปลาไฟฟ้า และการรักษาโรคด้วยปลาไฟฟ้าแต่ในเรื่องราวของไฟฟ้าที่จะขอกล่าวอย่างจริงจังก็คือเรื่องราวการค้นพบไฟฟ้าของเทลีส (t hales) เมื่อประมาณ 600 ปีก่อนคริสตกาล โดยเทลีสได้ค้นพบไฟฟ้าสถิตจากแท่งอำพัน เขาได้ให้ข้อสังเกตว่าเมื่อนำแท่งอำพันถูกับผ้าขนสัตว์ แล้ววางแท่งอำพันไว้ใกล้กับวัตถุชิ้นเล็กๆเช่น เศษไม้ จะทำให้เศษไม้เคลื่อนที่เข้าหาแท่งอำพัน นั่นคือแท่งอำพันจะมีอำนาจอย่างหนึ่งที่ตั้งดูดวัตถุได้

ต่อมาในราวปี พ.ศ.2143 (ซึ่งถ้าเทียบระยะเวลาการค้นพบของเทลีส นับว่าเป็นเวลานานมากเลยทีเดียว) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อว่า วิลเลียม กิลเบิร์ต (william gilbert) ได้ทำการศึกษาผลที่เกิดจากการขัดสีแท่งอำพันอย่างละเอียด เขาจึงให้ชื่ออำนาจนี้ว่า electricus ซึ่งมีความหมายถึง คุณสมบัติของการดึงดูดวัตถุเล็กๆ หลังจากการขัดสี และเรียกในภาษาอังกฤษว่า electric/electricity ที่แปลเป็นไทย คือไฟฟ้านั่นเอง

ในปี พ.ศ.2295 เบนจามิน แฟรงคลินได้ทำการทดลองติดลูกกุญแจโลหะไว้ที่หางว้าว แล้วปล่อยลอยขึ้นในวันที่ท้องฟ้ามีลมพายุรุนแรง เขาพบว่าประกายไฟกระโดดจากลูกกุญแจโลหะสู่หลังมือของเขา ซึ่งถือว่าเป็นการค้นพบไฟฟ้าในธรรมชาติ ซึ่งประโยชน์ของการทดลองของแฟรงคลินที่เราพบเห็นได้ในปัจจุบันคือสายล่อฟ้า ที่ช่วยชีวิตมนุษย์จากการถูกฟ้าผ่ามาจนถึงทุกวันนี้

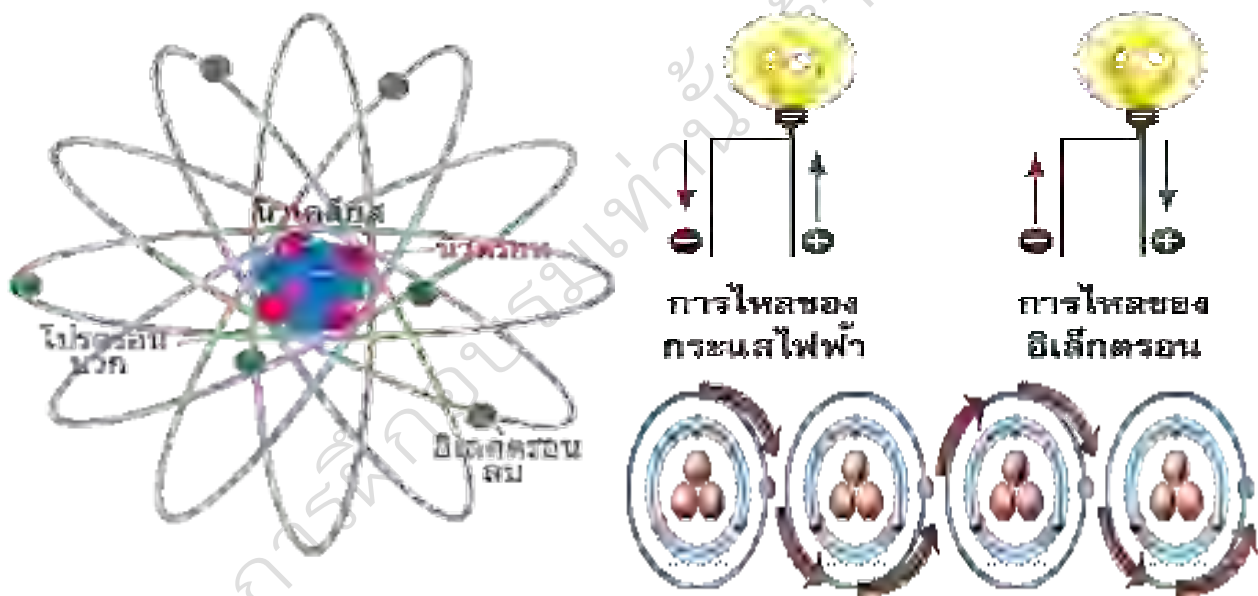


ภาพที่ 57 ภาพวาดแสดงการทดลองของ เบนจามิน แฟรงคลิน

3.1.2 ไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร

สสารที่มีในโลกนี้ประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ ซึ่งเราเรียกว่า อะตอม (atoms) ภายในอะตอมจะประกอบไปด้วยอนุภาคไฟฟ้าเล็กๆ 3 ชนิด คืออิเล็กตรอน โปรตอนและนิวตรอน โดยที่อิเล็กตรอนจะมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ โปรตอนมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก และในนิวตรอนมีประจุไฟฟ้าเป็นกลาง การอยู่ร่วมกันของอนุภาคทั้งสามในอะตอมเป็นลักษณะที่โปรตอนและนิวตรอนรวมกันอยู่ตรงกลาง เรียกว่า นิวเคลียส และมีอิเล็กตรอนโคจรรอบๆ ภายในอะตอมจะมีอิเล็กตรอนโคจรรอบๆ นิวเคลียส เป็นวงๆ ซึ่งอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุดเรียกว่า อิเล็กตรอนอิสระ และถ้าอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกนี้ได้รับพลังงานก็จะทำให้อิเล็กตรอน เคลื่อนที่ไปอยู่ในอะตอมที่ถัดไปทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอน พลังงานที่จะทำให้อิเล็กตรอน ในวัตถุตัวนำไหลได้ คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะทำหน้าที่ทั้งการรับและจ่ายอิเล็กตรอนเรียกว่า ขั้วไฟฟ้า โดยกำหนดไว้ว่าขั้วที่รับอิเล็กตรอนเรียกว่า ขั้วบวก ขั้วที่จ่ายอิเล็กตรอนเรียกว่าขั้ว ลบ

แหล่งกำเนิดไฟฟ้าคือแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ป้อนให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เป็นการให้พลังงานแก่อิเล็กตรอนอิสระ ทำให้อิเล็กตรอนอิสระวิ่งเคลื่อนที่ไปตามอะตอมต่างๆ ได้ เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานไปในรูปต่างๆ เช่น พลังงานกล พลังงานความร้อน พลังงานแสง เป็นต้น ซึ่งไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากแหล่งกำเนิดหลายชนิดแตกต่างกันไป



ภาพที่ 58 โครงสร้างของอะตอม และการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า

3.2 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 6 วิธีดังนี้

1. เกิดจากการเสียดสี (Friction)
2. เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี (chemicals)
3. เกิดจากความร้อน (heat)
4. เกิดจากแสงสว่าง (Light)
5. เกิดจากแรงกดดัน (pressure)
6. เกิดจากสนามแม่เหล็ก (Magnetism)

3.2.1 ไฟฟ้าเกิดจากการเสียดสี

ไฟฟ้าเกิดจากการเสียดสี เป็นไฟฟ้าที่ถูกค้นพบมานานกว่า 2,000 ปีแล้ว เกิดขึ้นได้จากการนำวัตถุต่างกัน 2 ชนิดมาขัดสีกัน เช่น จากแท่งยางกับผ้าขนสัตว์ แท่งแก้วกับผ้าแพร แผ่นพลาสติกกับผ้าและหวีกับผม เป็นต้น

ผู้ค้นพบไฟฟ้าสถิตครั้งแรก คือ นักปราชญ์กรีกโบราณ ท่านหนึ่งชื่อเทลีส(thales de Mileto) แต่ยังไม่ทราบอะไรเกี่ยวกับไฟฟ้ามากนัก จนถึงสมัยเซอร์วิลเลียมกิลเบิร์ต (sir william gilbert) ได้ทดลองนำเอาแท่งอำพันถูกับ ผ้าขนสัตว์ปรากฏว่าแท่งอำพันและผ้าขนสัตว์สามารถดูดผงเล็กๆ ได้ปรากฏการณ์นี้คือการเกิดไฟฟ้าสถิตบนวัตถุทั้งสอง

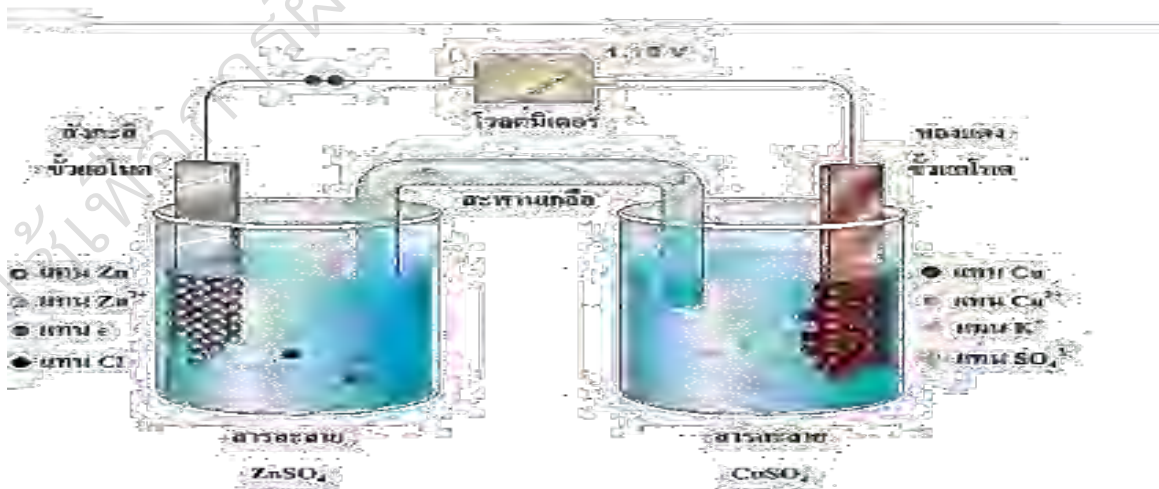
ผลของการขัดสีดังกล่าวทำให้เกิดความไม่สมดุลขึ้นของประจุไฟฟ้าในวัตถุทั้งสอง เนื่องจากเกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้า วัตถุทั้งสองจะแสดงศักย์ไฟฟ้าออกมาต่างกัน วัตถุชนิดหนึ่งแสดงศักย์ไฟฟ้าบวก (+) ออกมา วัตถุอีกชนิดหนึ่งแสดงศักย์ไฟฟ้าลบ (-) ออกมา



ภาพที่ 59 การเกิดไฟฟ้าจากการเสียดสี

3.2.2 ไฟฟ้าเกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี

เมื่อนำโลหะ 2 ชนิดที่แตกต่างกันเช่นสังกะสีกับทองแดงจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โลหะทั้งสองจะทำปฏิกิริยาเคมี กับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยอิเล็กตรอน(ประจุลบ)จากทองแดงจะถูกดูดเข้าไปยังขั้วของสังกะสี เมื่อทองแดงขาดประจุลบจะเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกทันทีที่เรียกว่าขั้วบวก ส่วนสังกะสีจะเป็นขั้วลบตามความต่างศักย์ ส่วนประกอบของไฟฟ้าเกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีแบบเบื้องต้นนี้ ถูกเรียกว่า โวลตาอิกเซลล์ (Voltaic cell)



ภาพที่ 60 การเกิดไฟฟ้าจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี

3.2.3 ไฟฟ้าเกิดจากความร้อน

ไฟฟ้าเกิดจากความร้อน เกิดขึ้นได้โดยนำแท่งโลหะหรือแผ่นโลหะต่างชนิดกันมา 2 แท่ง หรือ 2 แผ่น เช่น ทองแดง และ เหล็ก นำปลายข้างหนึ่งของโลหะทั้งสองต่อกันโดยการเชื่อมหรือยึดด้วยหมุด ปลายที่เหลืออีกด้านนำไปต่อกับเข้ามิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า เมื่อให้ความร้อนที่ปลายด้านต่อกันของโลหะทั้งสอง ส่งผลให้เกิดการแยกตัวของประจุไฟฟ้า เกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ปลายด้านเปิดของโลหะแสดงค่าออกมาที่มิเตอร์

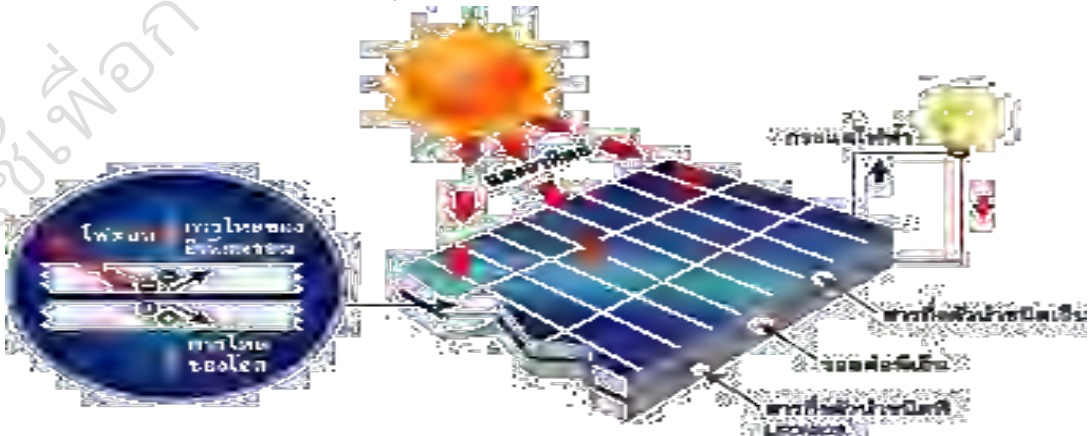
ไฟฟ้าเกิดจากความร้อนที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานจริง เป็นอุปกรณ์ที่มีชื่อเรียกว่า เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ใช้เพื่อวัดเกี่ยวกับอุณหภูมิ จึงมักเรียกว่า ไพโรมิเตอร์ (pyrometers) คือเป็นมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง โดยมีเทอร์โมคัปเปิลเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิส่งแรงดันไฟฟ้าไปแสดงผลที่มิเตอร์



ภาพที่ 61 การเกิดไฟฟ้าจากความร้อน และ เทอร์โมคัปเปิล

3.2.4 ไฟฟ้าเกิดจากแสงสว่าง

สารบางชนิดเมื่ออยู่ในที่มืดจะแสดงปฏิกิริยาใดๆ ออกมา แต่เมื่อถูกแสงแดดแล้วสารนั้นสามารถที่จะปล่อยอิเล็กตรอนได้ เป็นเวลาหลายสิบปีนักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าแต่ยังนำแสงสว่างมาใช้ประโยชน์ได้น้อยมาก เช่น อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า โฟโตวอลเทจิกเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยวัสดุบางเป็นชั้น ๆ เมื่อถูกกับแสงสว่างอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะวิ่งจากด้านบนไปสู่โวลต์มิเตอร์แล้วไหลกลับมาชั้นล่าง เมื่อดูที่เข็มของโวลต์โฟโตเซลล์มิเตอร์ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น ยังมีหลอดอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า โฟโตวอลเทจิกเซลล์ (อิเล็กตริกอาย หรือ พี.อี.เซลล์) ซึ่งใช้มากในวงการอุตสาหกรรม เช่น ในกล้องถ่ายรูปที่มีเครื่องวัดแสงโดยอัตโนมัติ ระบบไฟฟ้าอัตโนมัติบนรถยนต์ เครื่องฉายภาพยนตร์ เสียงสวิตช์ปิดเปิดประตูอัตโนมัติ โดยจะมีหลักการทางงานแบบง่ายๆ เมื่อลำแสงมากระทบโฟโตเซลล์ก็จะเกิดอิเล็กตรอนไหลในวงจรนั้นๆ



ภาพที่ 62 การเกิดไฟฟ้าจากแสงสว่าง

3.2.5 ไฟฟ้าเกิดจากแรงกดดัน

เมื่อเราพูดใส่ไมโครโฟนหรือโทรศัพท์แบบต่างๆ คลื่นของความแรงกดดันของพลังงานเสียงจะทำให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนไหว ซึ่งแผ่นไดอะแฟรมจะทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กจึงทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าซึ่งถูกส่งไปตามสายจนถึงเครื่องรับ ไมโครโฟนที่ใช้กับเครื่องขยายเสียงหรือเครื่องส่งวิทยุที่ใช้หลักการเช่นนี้เหมือนกัน อย่างไรก็ตามไมโครโฟนทุกชนิดมีหลักการการทำงานที่เหมือนกัน คือใช้เปลี่ยนคลื่นแรงกดของเสียงให้เป็นไฟฟ้าโดยตรงนั่นเอง ผลึกของวัสดุบางอย่างถ้าถูกกดจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าขึ้นได้ เช่น หินเขี้ยว หนุมาน หินทูลาหิน และเกลือโรลล์ ซึ่งแสดงให้เห็นได้อย่างดีว่าแรงกดเป็นต้นกำเนิดไฟฟ้า ถ้าเอาผลึกที่ทำจากวัสดุเหล่านี้สอดเข้าไประหว่างโลหะทั้งสองนั้นจะมากขึ้นอยู่ด้วยแรงกดหรืออาจจะใช้ผลึกนี้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ โดยจ่ายประจุเข้าที่แผ่นโลหะทั้งสองเพราะจะทำให้ผลึกนั้นหดตัวและขยายตัวออกได้ตามปริมาณของประจุ ต้นกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้แรงกดนี้นำไปใช้ได้แต่มีขอบเขตจำกัดคือ ใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ที่ใช้กำลังต่ำมาก เช่น ไมโครโฟน หูฟังชนิดแร่ หัวเข็มเครื่องเล่นจานเสียงและเครื่องโซนาร์ ซึ่งใช้ส่งคลื่นใต้น้ำ เหล่านี้ล้วนแต่ใช้ผลึกทำให้เกิดไฟฟ้าด้วยแรงกดทั้งสิ้น ดังนั้นเวลากรอกเสียงพูดลงในไมโครโฟนหรือเครื่องโทรศัพท์ แผ่นไดอะแฟรมซึ่งเชื่อมโยงติดกับคริสตอลจะเกิดแรงดันไฟฟ้ามากขึ้นแล้วแต่จังหวะพูด ในขณะที่เสียงพูดกระทบแผ่นไดอะแฟรมก็จะถูกเปลี่ยนเป็นอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า ไหลเข้าสู่เครื่องขยายเสียงเพื่อให้ออกมาเป็นเสียงดังทางลำโพงขยายเสียงต่อไป



ภาพที่ 63 การเกิดไฟฟ้าจากแรงกดดัน

3.2.6 ไฟฟ้าเกิดจากสนามแม่เหล็ก

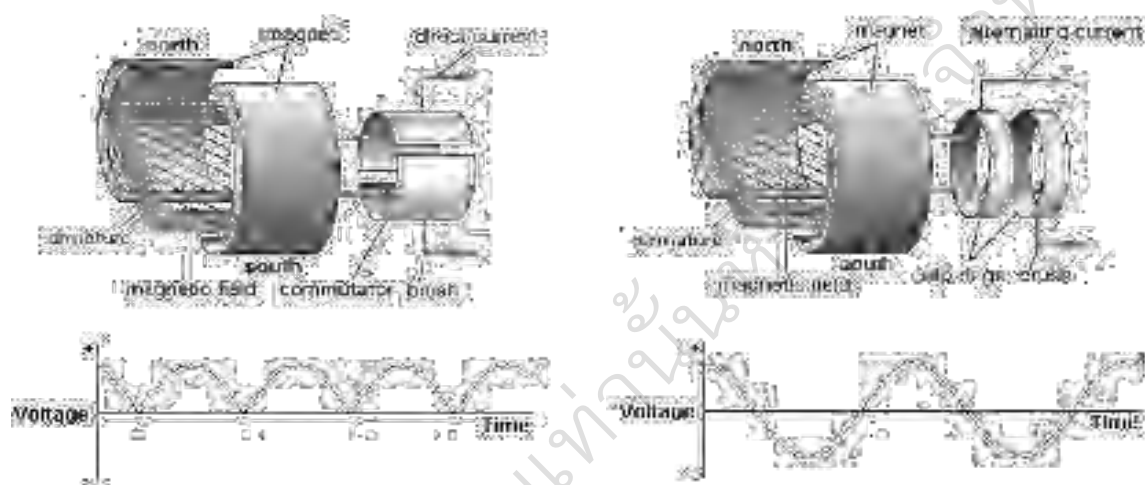
จากการทดลองของไมเคิล ฟาราเดย์นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษพบว่าเมื่อนำแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านขดลวดหรือนำขดลวดเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดนั้นและยังสรุปต่อไปได้อีกว่ากระแสไฟฟ้า จะเกิดได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- 1) จำนวนขดลวด ถ้าขดลวดมีจำนวนมากก็จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมากด้วย
- 2) จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ถ้าเส้นแรงแม่เหล็กมีจำนวนมากก็จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมากด้วย
- 3) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแม่เหล็ก ถ้าเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กเร็วขึ้นก็จะเกิด

แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งต่อมาได้นำหลักการนี้มาคิดประดิษฐ์เป็นเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าหรือ เจนเนอเรเตอร์ (generator) หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาศัยตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในลวดตัวนำนั้น



ภาพที่ 64 หลักการขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก



ภาพที่ 65 ก.เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ข.เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ



ภาพที่ 66 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.3 การแบ่งประเภทของไฟฟ้า

ไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากแหล่งกำเนิดหลาย ๆ แบบ ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

- ไฟฟ้าสถิต (static electricity)
- ไฟฟ้ากระแส (current electricity)

3.3.1 ไฟฟ้าสถิต (static electricity)

ไฟฟ้าสถิต คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากการเสียดสีเมื่อเอาวัตถุบางอย่างมาถูกันจะทำให้เกิดพลังงานขึ้น ซึ่งพลังงานนี้สามารถดูดซับกระดาดหรือฟางข้าวเบา ๆ ได้ เช่น เอาแท่งยางแข็งถูกับผ้าสักหลาด หรือครั้งถูกับผ้าขนสัตว์ พลังงานที่เกิดขึ้นเหล่านี้เรียกว่า ประจุไฟฟ้าสถิต เมื่อเกิดประจุไฟฟ้าแล้ว วัตถุที่เกิดประจุไฟฟ้านั้นจะเก็บประจุไว้ แต่ในที่สุดประจุไฟฟ้าจะถ่ายเทไปจนหมด วัตถุที่เก็บประจุไฟฟ้าไว้นั้นจะคายประจุอย่างรวดเร็วเมื่อต่อลงดิน ในวันที่มีอากาศแห้งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าได้มาก ซึ่งทำให้สามารถดูดวัตถุได้ดี ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีอยู่ 2 ชนิด คือ ประจุบวกและประจุลบ คุณสมบัติของประจุไฟฟ้าคือ ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะผลักรันประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะดูดกัน

3.3.2 ไฟฟ้ากระแส (current electricity)

ไฟฟ้ากระแสคือ การไหลของอิเล็กตรอนภายในตัวนำไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง เช่น ไหลจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปสู่แหล่งที่ต้องการใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งก่อให้เกิดแสงสว่าง เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดความต้านทานสูงจะก่อให้เกิดความร้อน เราใช้หลักการเกิดความร้อนเช่นนี้มาประดิษฐ์อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เตารีด ตั้ม เตาไรต์ไฟฟ้า เป็นต้น

ไฟฟ้ากระแสแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 1) ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current หรือ d.c.)
- 2) ไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current หรือ a.c.)

1. ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current หรือ d.c.)

เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลไปในลวดตัวนำเพียงทิศทางเดียวโดยกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวก เสมอ เราเรียกว่ากระแสอิเล็กตรอน (electron - current) แต่เรานิยมให้ กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกไปหาขั้วลบ เราเรียกว่า กระแสนิยม (con-entional- current) แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีต้นกำเนิดมาจากเซลล์ไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย และแบตเตอรี่รถยนต์

2. ไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current หรือ a.c.)

เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีการไหลเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา คือมีทั้งขั้วบวกและขั้วลบ สลับกัน โดยหลักการพื้นฐานแล้วกระแสไฟฟ้าสลับนี้เกิด จากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กตัดกับขดลวด โดยการ นำเอาขดลวดไปวางไว้ระหว่างสนามแม่เหล็กและหมุนขดลวดนั้นแล้วใช้เทคนิคในการต่อขั้วทั้งสองของขดลวดออกมา เราก็สามารถบังคับให้กระแสไฟฟ้าสลับออกมาใช้งานได้

กระแสไฟฟ้าจะไหลเริ่มต้นจากศูนย์ แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงบนสุด แล้วจะค่อยๆ ลดลงมาเป็นศูนย์ ต่อจากนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดต่ำสุด แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงศูนย์ตามเดิมอีกครั้งเป็นดังนี้เรื่อยๆ ไป การที่กระแสไฟฟ้าไหลเวียนครบ 1 รอบ (cycle) เรียกว่า 1 ลูกคลื่น ความถี่ หมายถึง จำนวนคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับที่เปลี่ยนแปลงใน 1 วินาที กระแสไฟฟ้าสลับในเมืองไทยใช้ไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ซึ่งหมายถึง จำนวนลูกคลื่นไฟฟ้าสลับที่เปลี่ยนแปลง 50 รอบ ในเวลา 1 วินาที

4. ฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลย่อมหมายถึงมีการเคลื่อนไหวยของอิเล็กตรอนในสายไฟ และอิเล็กตรอนจะวิ่งชนกับอะตอมของเส้นลวด เกิดการต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายไฟมีคุณสมบัติการไหลต่างกันเพราะมี ความต้านทานไฟฟ้า (resistance) ความต้านทานไฟฟ้าเป็นสมบัติเฉพาะของวัตถุในการที่จะขวางหรือต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านวัตถุนั้นๆ ไป วัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า ส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า

สรุป วัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า ส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า

4.1 ฉนวนไฟฟ้า

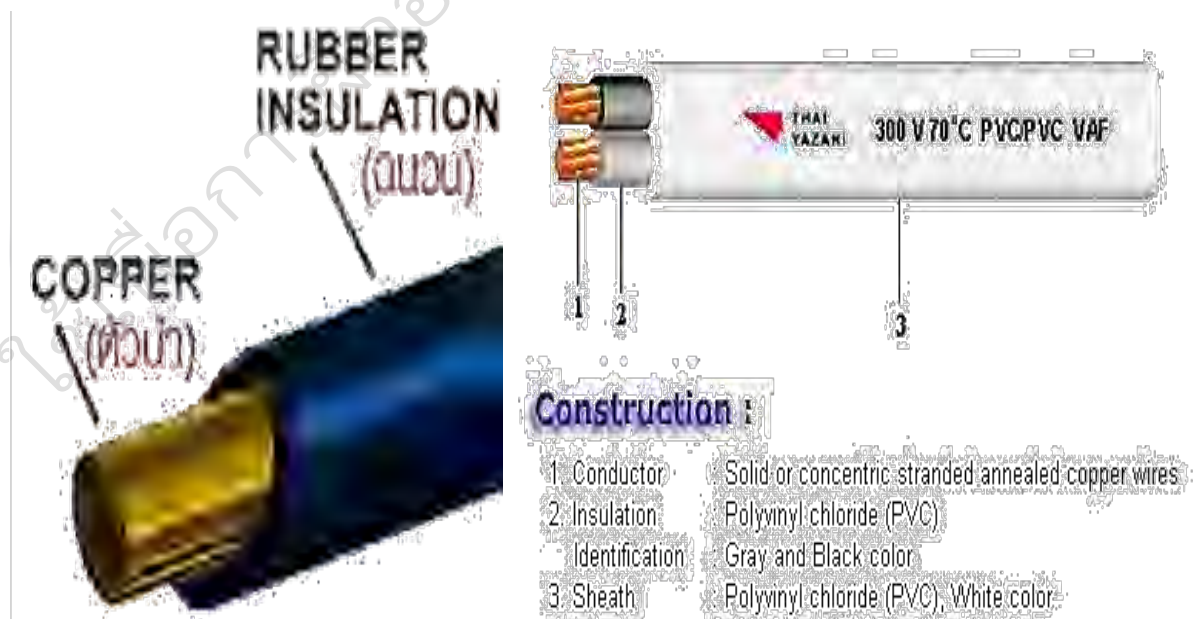
ฉนวน (insulator) คือ สสาร วัสดุ วัสดุ หรือ อุปกรณ์ที่ไม่สามารถยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ หรือ ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าไม่ให้ผ่านไปได้ ได้แก่ ไม้แห้ง พลาสติก, ยาง, แก้ว และกระดาษแห้ง เป็นต้น

ฉนวนไฟฟ้าทำหน้าที่ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า สายไฟจะหุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนที่ต้องสัมผัสกับร่างกายจะเป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น ไขควง เตารีด ส่วนที่เป็นมือจับจะเป็นฉนวนไฟฟ้าจำพวกพลาสติก

4.2 ตัวนำไฟฟ้า

ตัวนำ (conductor) คือ สสาร วัสดุ วัสดุ หรือ อุปกรณ์ที่สามารถยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย หรือวัตถุที่มีความต้านทานต่ำ ได้แก่ ทองแดง อลูมิเนียม ทอง และเงิน ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด แต่ในสายไฟทั่วไปจะใช้ทองแดงเป็นตัวนำ เพราะตัวนำที่ทำจากเงินมีราคาแพง

สายไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านทั่วไปจะใช้ทองแดงมาเป็นตัวนำแทนเงินซึ่งมีราคาแพง ส่วนสายไฟฟ้าแรงสูงซึ่งมีขนาดใหญ่จะใช้อลูมิเนียม เพราะ มีน้ำหนักเบากว่าทองแดง



ภาพที่ 67 ฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า และตัวอย่างสายไฟฟ้า

3.3 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในประเทศไทย

องค์ประกอบของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ได้จากการแปรรูปเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ที่ใช้กันในภาคอุตสาหกรรม ธุรกิจและบริการ บ้านอยู่อาศัย ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดและสะดวกต่อการใช้งาน และยังสามารส่งจ่ายจากแห่งหนึ่งไปอีกแห่งได้ค่อนข้างง่าย ดังนั้นในปัจจุบันไฟฟ้าจึงเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. โรงไฟฟ้า (power plant)
2. ระบบส่ง (transmission system)
3. ระบบจำหน่าย (distribution system)



ภาพที่ 68 ตัวอย่างองค์ประกอบของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1. โรงไฟฟ้า (Power Plant)

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลย่อมหมายถึงมีการเคลื่อนไหวยของอิเล็กตรอนในสายไฟ และอิเล็กตรอนจะวิ่งชนกับอะตอมของเส้นลวด เกิดการต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายไฟมีคุณสมบัติการไหลต่างกันเพราะมี ความต้านทานไฟฟ้า (resistance) ความต้านทานไฟฟ้าเป็นสมบัติเฉพาะของวัตถุในการที่จะขวางหรือต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านวัตถุนั้นๆ ไป วัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า ส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า

แหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือโรงไฟฟ้าในประเทศไทยสร้างขึ้นเพื่อทำหน้าที่แปลงพลังงานรูปแบบต่างๆ เป็นพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญ มีดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ
2. โรงไฟฟ้าพลังความร้อน
3. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม
4. โรงไฟฟ้าดีเซล
5. โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ
6. โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน

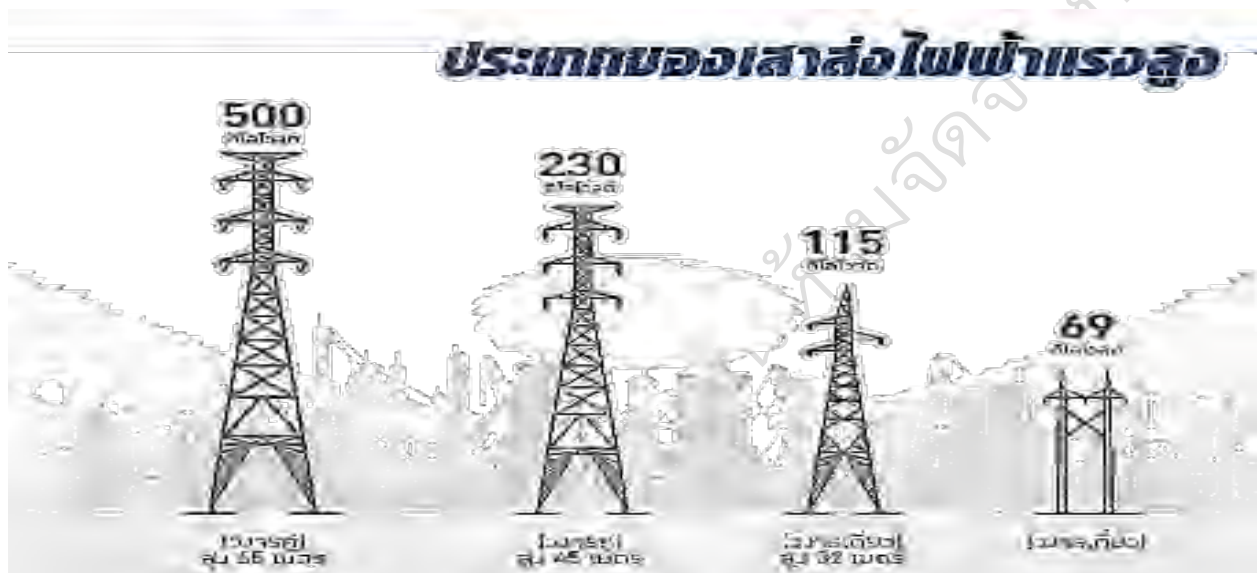
โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล (เป็นโรงไฟฟ้าที่ผลิตโดยเอกชน)



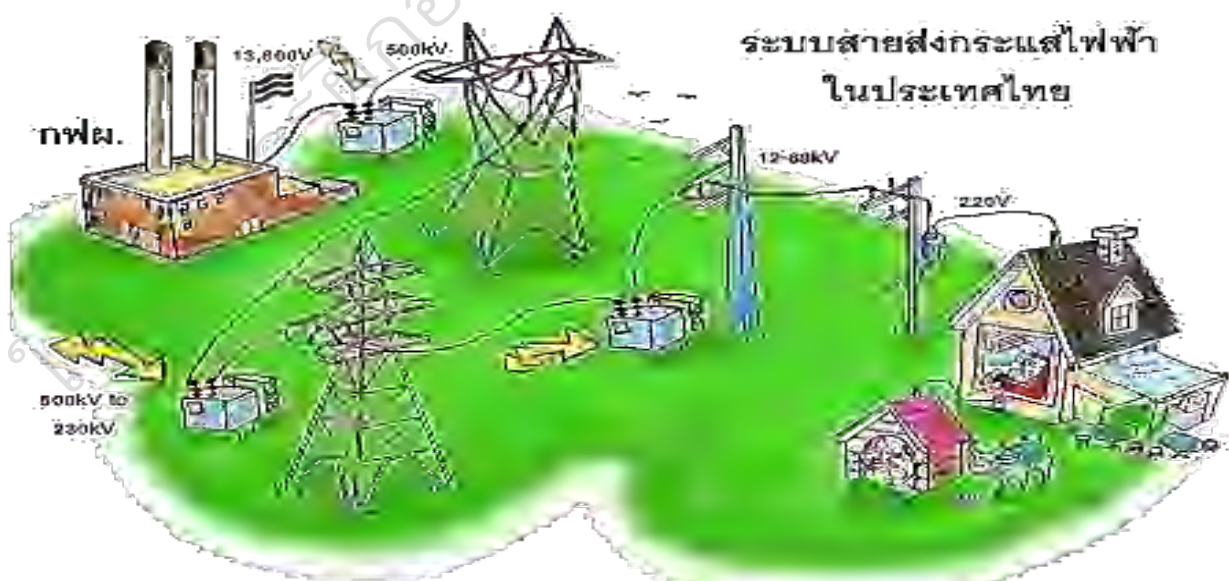
ภาพที่ 69 ตัวอย่างโรงไฟฟ้าและหลักการผลิตกระแสไฟฟ้า

2. ระบบส่ง (Transmission System)

- * ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายกำลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่งต่างๆ
- * สำหรับประเทศไทยสายส่งไฟฟ้า
 - ระดับแรงดันไฟฟ้า (ac) มี 69 kV, 115 kV, 230 kV และ 500 kV
 - ระดับแรงดันไฟฟ้า (dc) มี 300 kV (ไทย – มาเลเซีย)
- * ส่งผ่านกำลังไฟฟ้าที่ระดับแรงดันสูง เพื่อลดค่ากระแส ทำให้
 - กำลังสูญเสีย i^2r ลดลง
 - ลดปัญหาแรงดันตก



ภาพที่ 70 ตัวอย่างเสาสายส่งไฟฟ้าแรงสูงในประเทศไทย



ภาพที่ 71 ตัวอย่างระบบสายส่งไฟฟ้าในประเทศไทย

3. ระบบจำหน่าย (distribution System)

ทำหน้าที่ส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ไปสู่โหลดประเภทต่างๆ

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องระบบจำหน่ายไฟฟ้า

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ. egat) มีหน้าที่หลัก คือ ผลิตและจัดส่งกำลังไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้กับ Mea. pea.

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน. Mea) มีหน้าที่หลัก คือ จำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ 3 จังหวัด คือ กรุงเทพฯ นนทบุรี สมุทรปราการ

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ. pea) มีหน้าที่หลัก คือ จำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในเขตพื้นที่จังหวัดในส่วนภูมิภาคทั้งหมดที่เหลือ



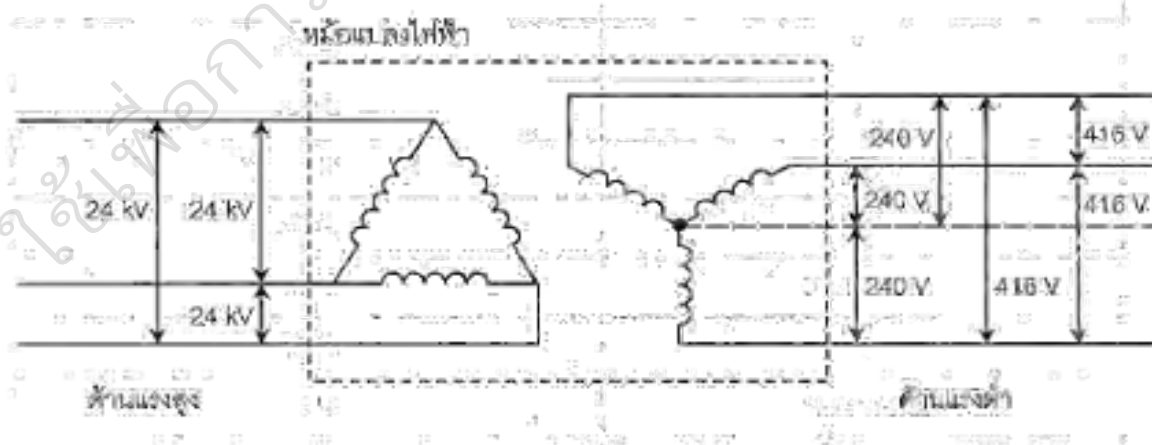
ภาพที่ 72 ตัวอย่างตราสัญลักษณ์ทั้งสามหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้า

3.1 การไฟฟ้านครหลวง (กฟน. MEA)

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน. MEA) มีหน้าที่หลัก คือ จำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ 3 จังหวัด คือ กรุงเทพฯ นนทบุรี สมุทรปราการ

กฟน. (ดูแลในเขตกรุงเทพฯ ,สมุทรปราการ และ นนทบุรี)

- ระบบแรงสูง 3 เฟส ระดับแรงดัน 230, 115 และ 69 kV
- ระบบปานกลาง 3 เฟส ระดับแรงดัน 12 และ 24 kV
- ระบบแรงต่ำ 3 เฟส 4 สาย ระดับแรงดัน 416/240 V



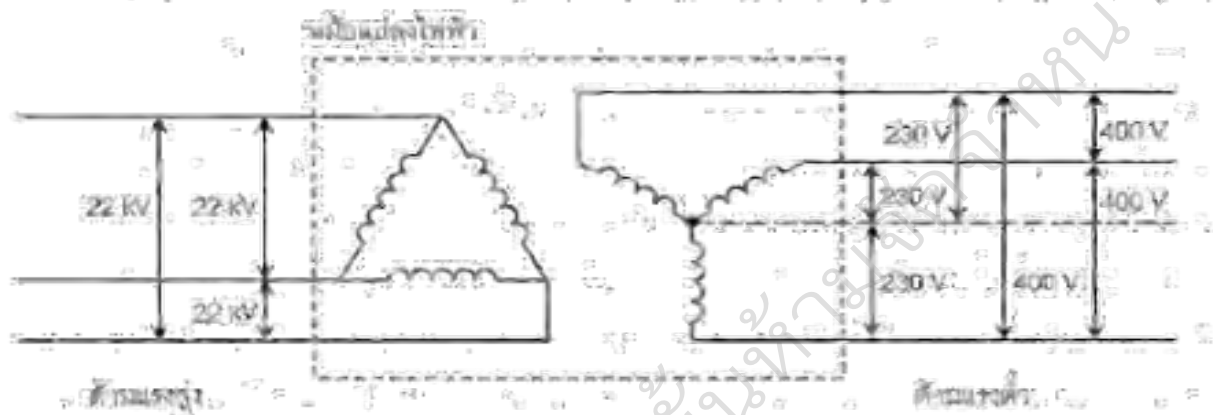
ภาพที่ 73 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

3.2 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ. PEA)

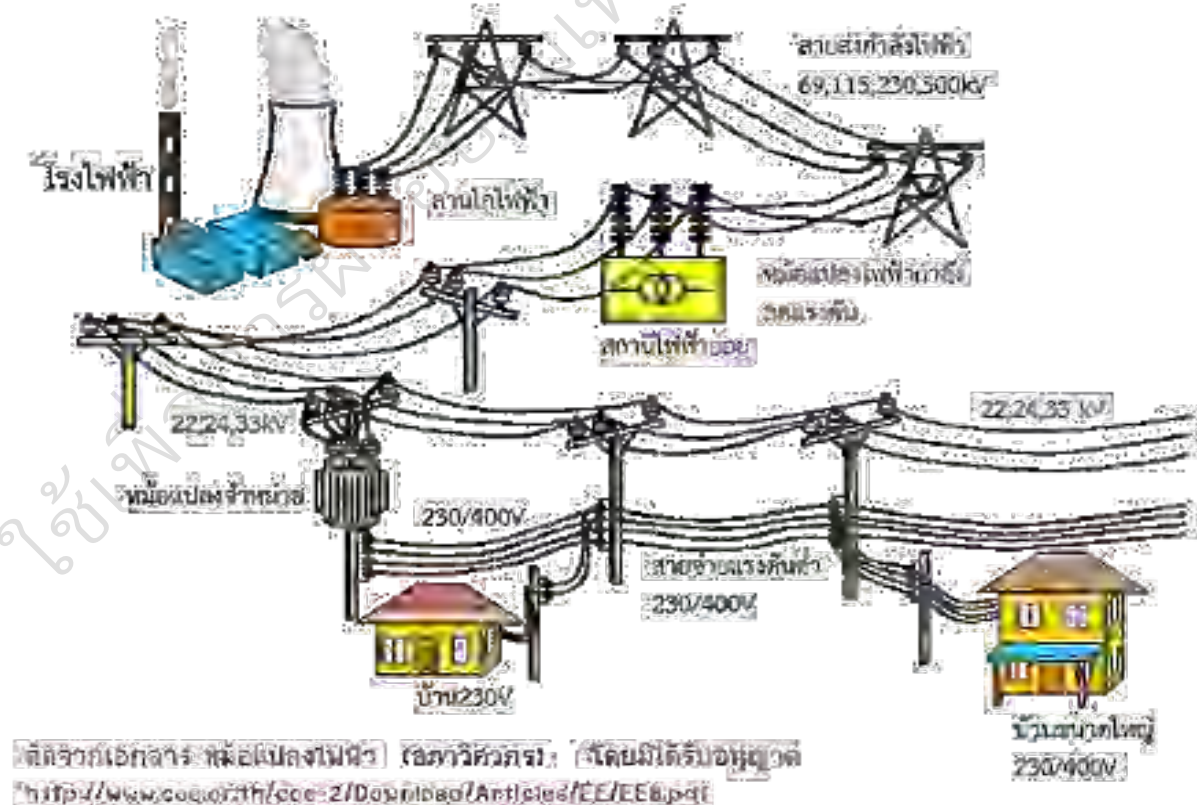
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ. PEA) มีหน้าที่หลัก คือ จำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในเขตพื้นที่จังหวัดในส่วนภูมิภาคทั้งหมดที่เหลือ

กฟภ. (ดูแลในพื้นที่จังหวัดอื่นๆ)

- ระบบแรงสูง 3 เฟส ระดับแรงดัน 115 และ 69 kV
- ระบบปานกลาง 3 เฟส ระดับแรงดัน 22 และ 33 kV
- ระบบแรงต่ำ 3 เฟส 4 สาย ระดับแรงดัน 400/230 V



ภาพที่ 74 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



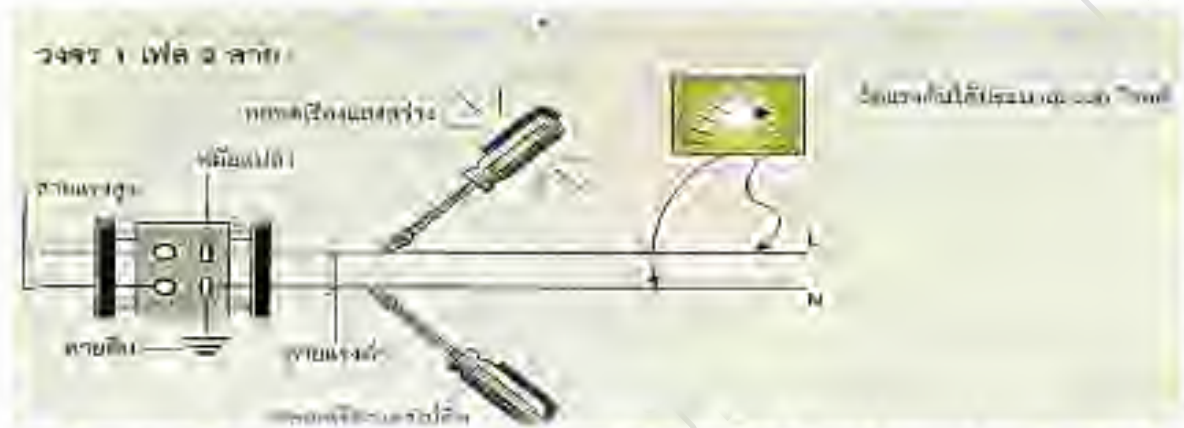
ภาพที่ 75 ตัวอย่างระบบจำหน่ายไฟฟ้าในประเทศไทย

4. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ ระบบไฟฟ้า 3 เฟส

ระบบไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 2 ระบบคือ

1. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส คือ มีแรงดันไฟฟ้า 220 – 230 โวลท์ (Volt) มีความถี่ 50 เฮิรซ์ (hz) จะมีสายไฟฟ้าในระบบจำนวน 2 สายประกอบด้วย

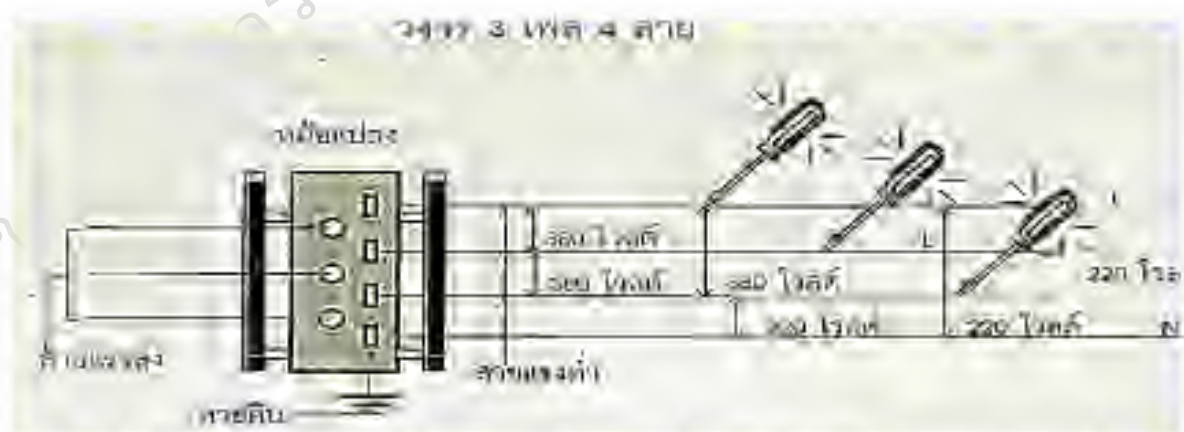
- สายไลน์ หรือสายเฟส หรือสายไฟ เขียนแทนด้วยตัวอักษร L (Line) 1 เส้น ทดสอบโดยใช้ไขควงวัดไฟแตะสายจะพบว่าหลอดไฟเรืองแสงที่อยู่ภายในไขควงจะติดมีไฟ
- สายนิวทรัล หรือสายศูนย์ เขียนแทนด้วยตัวอักษร N (Neutral) ถ้านำไขควงวัดไฟมาทดสอบจะไม่มีไฟ



ภาพที่ 76 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย

2. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส คือ มีแรงดันไฟฟ้าระหว่าง สายไลน์ กับ ไลน์ 380 – 400 โวลท์ และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายไลน์ กับ นิวทรัล 220 – 230 โวลท์ และมีความถี่ 50 เฮิรซ์ (hz) จะมีสายไฟในระบบจำนวน 4 สายประกอบด้วย

- สายไลน์ (มีไฟ) 3 เส้น
- สายนิวทรัล (ไม่มีไฟ) 1 เส้น



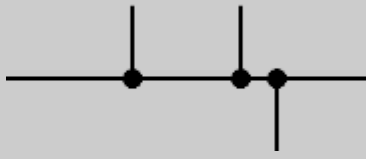
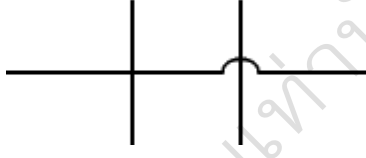
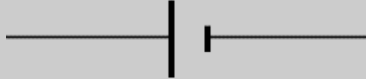
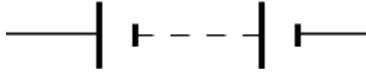
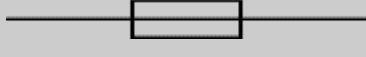
ภาพที่ 77 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

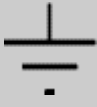
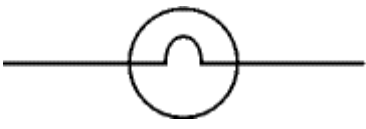
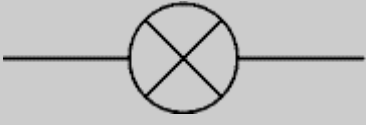
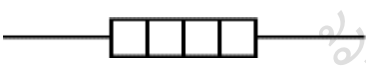
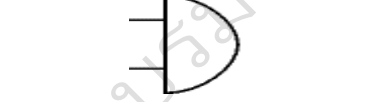
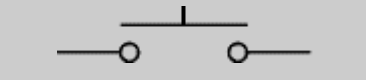
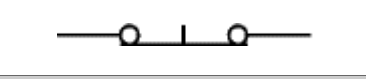
3.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจร (Circuit Symbols)

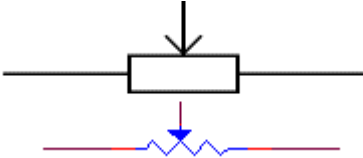
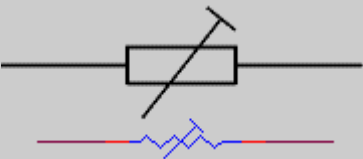
สัญลักษณ์แทนตัวอุปกรณ์จะถูกใช้ใน แผนภาพวงจร เพื่อแสดงให้เห็นการต่อเข้าด้วยกันของวงจร แต่รูปแบบตัวอุปกรณ์จริงจะแตกต่างจากแผนภาพวงจร ฉะนั้นในการสร้างวงจรจึงจำเป็นต้องมีแผนภาพแสดงการวางอุปกรณ์บน สตรีปบอร์ด หรือ แผ่นปริ้นท์ มีดังนี้

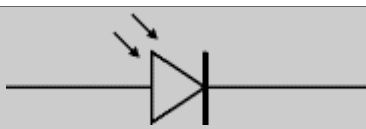
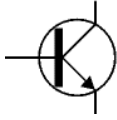
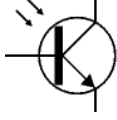
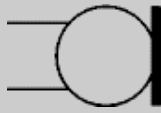
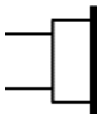
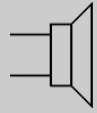
ตารางที่ 17 ตารางสัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวอุปกรณ์

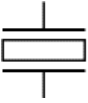
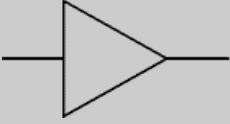
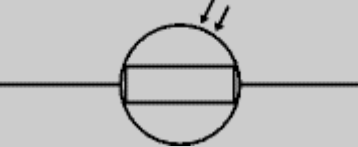
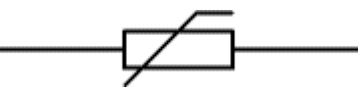
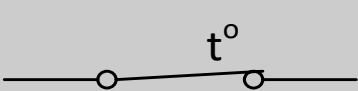
สายและการต่อ		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
1. สาย(wire)		ให้กระแสผ่านได้ง่ายมากจากส่วนหนึ่งไปยังส่วนอื่นของวงจร
2. จุดต่อสาย		เขียนจุดที่สายต่อกัน ถ้าสายต่อและตัดกันเป็นสี่แยก ต้องเลื่อนให้เหลื่อมกันเล็กน้อยเป็นรูปตัวทีสองตัวต่อกลับหัว เช่นจุดต่อด้านขวามือ
3. สายไม่ต่อกัน		ในวงจรที่ซับซ้อนมีสายมากจำเป็นต้องเขียนสายตัดกันแต่ไม่ต่อกัน นิยมใช้สองวิธีคือเส้นตรงตัดกันโดยไม่มีจุด หรือเส้นหนึ่งเขียนโค้งข้าม อีกเส้นที่เป็นเส้นตรงดังรูปทางขวายากแนะนำให้ใช้แบบหลังเพื่อป้องกันการเข้าใจผิดว่าเป็นจุดต่อที่สัมผัสจุด
แหล่งจ่ายกำลัง		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
4. เซลล์		แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เซลล์ตัวเดียวจะไม่เรียกว่าแบตเตอรี่
5. แบตเตอรี่		แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่จะมีมากกว่า 1 เซลล์ต่อเข้าด้วยกัน
6. ป้อนไฟตรง (dc)		ป้อนพลังงานไฟฟ้า dc = ไฟกระแสตรง ไหลทิศทางเดียวเสมอ
7. ป้อนไฟสลับ (ac)		ป้อนพลังงานไฟฟ้า ac = ไฟกระแสสลับ เปลี่ยนทิศทางการไหลตลอด
8. ฟิวส์		ป้องกันอุปกรณ์เสียหาย โดยตัวมันจะละลายขาดหากมีกระแสไหลผ่านเกินค่ากำหนด
9. หม้อแปลง		ขดลวดสองขดเชื่อมโยงกันด้วยแกนเหล็ก หม้อแปลงใช้แปลงแรงดันให้เพิ่มขึ้นหรือลดลง

แหล่งจ่ายกำลัง		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
10. ดิน (earth) (กราวด์)		ต่อลงดิน สำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป คือ 0 โวลต์ ของแหล่งจ่ายกำลัง แต่สำหรับไฟฟ้าหลัก หมายถึงดิน เรียกว่ากราวด์
อุปกรณ์ด้านออก: หลอดไฟ, ขดลวดความร้อน, มอเตอร์ ฯลฯ		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
11. หลอด (แสงสว่าง)		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นแสง สัญลักษณ์นี้เป็นหลอดให้แสงสว่าง ตัวอย่างเช่นหลอดไฟหน้ารถยนต์ หรือหลอดไฟฉาย
12. หลอด(ตัวชี้) (indicator)		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นแสง สัญลักษณ์นี้ใช้สำหรับเป็นหลอดตัวชี้บอก ตัวอย่างเช่นหลอดไฟเตือนบนหน้าปัดรถยนต์
13. ตัวทำความร้อน (heater)		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน
14. มอเตอร์		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล (หมุน)
15. กระดิ่ง (bell)		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นเสียง
16. ออด (buzzer)		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นเสียง
17. ตัวเหนี่ยวนำ (ขดลวด, โซลินอยด์)		ขดลวด เมื่อมีกระแสไหลผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็ก โดยจักรแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
สวิตช์		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
18. สวิตช์กดต่อ		สวิตช์กด กดเพื่อให้กระแสไหลผ่านเมื่อสวิตช์ถูกกด เช่น สวิตช์กริ่งประตูบ้าน
19. สวิตช์กดตัด		สวิตช์แบบกด ซึ่งปกติจะต่อ (on) และเมื่อถูกกดจะตัด (off)
20. สวิตช์ปิดเปิด (spst)		สวิตช์ปิดเปิด กดเพื่อให้กระแสไหลผ่านที่ตำแหน่งต่อ (on)

สวิตช์		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
21. สวิตช์สองทาง (spdt)		spdt (single pole double t throw) สวิตช์สองทาง เปลี่ยนสลับการต่อเพื่อให้กระแสไหลผ่านได้ไปทางตำแหน่งที่เลือก สวิตช์สองทางบางแบบจะมีสามตำแหน่ง โดยตำแหน่งกลางไม่ต่อ(off) ตำแหน่งจึงเป็นเปิด-ปิด-เปิด(on-off-on)
22. สวิตช์ปิดเปิดคู่ (dpst)		dpst (double pole single t throw) สวิตช์ปิดเปิดแบบคู่ ปิดเปิดพร้อมกัน เหมาะสำหรับการตัด-ต่อหรือปิด-เปิด วงจรพร้อมกันสองเส้น เช่น ไฟเมน
23. สวิตช์สองทางคู่ (dpdt)		dpdt (double pole double t throw) สวิตช์สองทางแบบคู่ เปลี่ยนสลับการต่อพร้อมกัน เช่น ใช้ในการต่อเพื่อกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ดีซี สวิตช์บางแบบจะมีสามตำแหน่งคือตำแหน่งไม่ต่อ(off)ตรงกลางด้วย
24. รีเลย์ (relay)		สวิตช์ทำงานด้วยไฟฟ้า เมื่อมีไฟ เช่น 12 โวลต์ 24 โวลต์ มาป้อนให้ขดลวดแกนเหล็ก จะเกิดการดูดตัวสัมผัสให้ต่อกัน ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ต่อวงจรหรือตัดวงจร แล้วแต่ว่าต่ออยู่ที่ขา No หรือ Nc No = ปกติตัด com = ขาร่วม Nc = ปกติต่อ
ตัวต้านทาน r resistors		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
25. ตัวต้านทาน (resistor)		ตัวต้านทานทำหน้าที่ต้านการไหลของกระแส เช่น การใช้ตัวต้านทานต่อเพื่อจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน Led
26. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (รีโอสตัท) (rheostat)		ตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดนี้มีสองคอนแทก (รีโอสตัท) ใช้สำหรับปรับกระแส ตัวอย่างเช่น ปรับความสว่างของหลอดไฟ, ปรับความเร็วมอเตอร์, และปรับอัตราการไหลของประจุเข้าในตัวเก็บประจุ เป็นต้น

ตัวต้านทาน r esistors		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
27. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (โพเทนชิโอมิเตอร์) (potentiometer)		ตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดนี้มีสามคอนแทค (โพเทนชิโอมิเตอร์) ใช้สำหรับควบคุมแรงดัน สามารถใช้เหมือนกับตัวแปลงเพื่อแปลงตำแหน่ง(มุมของการหมุน)เป็นสัญญาณไฟฟ้า เช่น วอลุ่มปรับความดัง โทนคอนโทรลปรับ ทัมม แหลม
28. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (เปอร์เซ็ท) (preset)		ตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดนี้ใช้สำหรับปรับตั้งล่วงหน้า(preset)ใช้ไขควงเล็กๆหรือเครื่องมืออื่นที่คล้ายกันปรับ ถูกปรับตั้งตอน ประกอบ ปรับแต่งวงจรจากนั้นอาจไม่มีการปรับอีก บางแบบเป็นรูปเกือกม้าปรับได้ไม่ถาวร บางแบบปรับละเอียดได้หลายรอบ
ตัวเก็บประจุ Capacitors		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
29. ตัวเก็บประจุ (capacitor)		ตัวเก็บประจุ เก็บสะสมประจุไฟฟ้า ใช้ต่อร่วมกับตัวต้านทานเป็นวงจรเวลา สามารถใช้เป็นตัวกรอง เป็นตัวกั้นไฟดีซีไม่ให้ผ่าน แต่ยอมให้สัญญาณเอซีผ่านได้
30. ตัวเก็บประจุมีขั้ว (polarized capacitor)		ตัวเก็บประจุชนิดมีขั้ว เก็บสะสมประจุไฟฟ้า เวลาใช้ต้องต่อให้ถูกขั้ว ใช้ต่อร่วมกับตัวต้านทานเป็นวงจรเวลา สามารถใช้เป็นตัวกรอง เป็นตัวกั้นไฟดีซีไม่ให้ผ่าน แต่ยอมให้สัญญาณเอซีผ่านได้
31. ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ (-ariable capacitor)		ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ใช้ในจูนเนอร์วิทยุ
32. ตัวเก็บประจุทริมเมอร์ (trimmer capacitor)		ตัวเก็บประจุปรับค่าได้โดยการใช้ไขควงเล็กๆหรือเครื่องมืออื่นที่คล้ายกันปรับ ถูกปรับตั้งตอน ประกอบปรับแต่งวงจร จากนั้นอาจไม่มีการปรับอีก
ไดโอด diodes		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์

ไดโอด diodes		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
33. ไดโอด (diode)		อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ยอมให้กระแสไหลผ่านทางเดียว
34. Led ไดโอดเปล่งแสง		อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นแสง
35. ซีเนอร์ไดโอด (zenerdiode)		ไดโอดที่รักษาแรงดันคงที่ตกคร่อมตัวมัน
36. ไดโอดพลังแสง (photodiode)		ไดโอดที่มีความไวต่อแสง
ทรานซิสเตอร์ t ransistor		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
37. ทรานซิสเตอร์ (NpN transistor)		ทรานซิสเตอร์อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดNpN สามารถต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆเพื่อเป็นตัวขยาย(amplifier)หรือวงจรสวิตช์ (switching)
38. ทรานซิสเตอร์ (pNp transistor)		ทรานซิสเตอร์อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดpNp สามารถต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆเพื่อเป็นตัวขยาย(amplifier)หรือวงจรสวิตช์ (switching)
39. ทรานซิสเตอร์พลังแสง (phototransistor)		ทรานซิสเตอร์ที่มีความไวต่อแสง
อุปกรณ์เสียงและวิทยุ		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
40. ไมโครโฟน (microphone)		ตัวแปลงสัญญาณเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า
41. หูฟัง (earphone)		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นเสียง
42. ลำโพง (loudspeaker)		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นเสียง

อุปกรณ์เสียงและวิทยุ		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
43. ตัวแปลง พิโซ (piezo transducer)		ตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นเสียง
44. ภาขยาย (สัญลักษณ์ทั่วไป) (amplifier)		วงจรภาขยายมีทางเข้าเดียว จริงๆแล้วเป็นสัญลักษณ์แผนภาพบล็อก เพราะทำหน้าที่แสดงแทนวงจรไม่ใช่แทนอุปกรณ์เดี่ยวๆ
45. สายอากาศ (antenna)		อุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อรับหรือส่งสัญญาณวิทยุ
มิเตอร์และออสซิลโลสโคป		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
46. โวลต์มิเตอร์ (voltage meter)		โวลต์มิเตอร์ใช้วัดแรงดัน
47. แอมป์มิเตอร์ (ammeter)		แอมป์มิเตอร์ใช้วัดกระแส
48. โอห์มมิเตอร์ (ohmmeter)		โอห์มมิเตอร์ใช้วัดความต้านทาน เครื่องมัลติมิเตอร์ส่วนใหญ่สามารถตั้งวัดความต้านทานได้
49. ออสซิลโลสโคป (oscilloscope)		ออสซิลโลสโคปใช้แสดงรูปคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้า สามารถวัดแรงดันกับช่วงเวลาสัญญาณ
ตัวตรวจสัญญาณ (Sensors) (อุปกรณ์ทางเข้า)		
ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์วงจร	หน้าที่ของอุปกรณ์
50. ตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงตามแสง (LDR)		ตัวแปลงที่แปลงความสว่าง(แสง)เป็นความต้านทาน(คุณสมบัติทางไฟฟ้า) LDR = Light dependent resistor
51. เทอร์มิสเตอร์ (thermistor)		ตัวแปลงที่แปลงอุณหภูมิ(ความร้อน)เป็นความต้านทาน(คุณสมบัติทางไฟฟ้า)
52. เทอร์โมสแตท (thermostat)		สวิตช์ปิดเปิดด้วยอุณหภูมิ (ความร้อน)

2. สัญลักษณ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ในเครื่องใช้ไฟฟ้า

มาตรฐานของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพและคุณสมบัติ หรือลักษณะสมบัติของเครื่องอุปกรณ์ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีอายุใช้งานยาวนาน สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภทที่ต่างผู้ผลิตกันควรใช้งานทดแทนกันได้ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เช่น พิวส์ หลอดไฟฟ้า และเตารีด มีดังนี้

ตารางที่ 18 ตารางสัญลักษณ์และเครื่องหมายบนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

สัญลักษณ์บนอุปกรณ์ไฟฟ้า	รายละเอียด
	มาตรฐานอังกฤษ (british standard institute)
	มาตรฐานแคนาดา (canadian standard association)
	มาตรฐานเยอรมัน (Verband der elektrotechnik elektronik informationstionstechnik e.-.)
	มาตรฐานนานาชาติ (international electrotechnical committee)
	มาตรฐานญี่ปุ่น (Japanese industrial standard)
	มาตรฐานของสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า (t he National electrical Manufacturers association)
	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (t hai industrial standard institute)
	มาตรฐานยูแอล (underwriter Laboratory)

3.5 วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน

1. วงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้า เป็นการนำเอาสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าที่เป็นเส้นทางเดินให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านต่อกันได้นั้นเราเรียกว่า วงจรไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงจรจะเริ่มจากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังการแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นโดยการต่อแบตเตอรี่ต่อกับหลอดไฟ หลอดไฟฟ้าสว่างได้ เพราะว่ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลได้ตลอดทั้งวงจรไฟฟ้าและเมื่อหลอดไฟดับก็เพราะว่ากระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลได้ตลอดทั้งวงจร เนื่องจากสวิตช์เปิดวงจรไฟฟ้าอยู่นั่นเอง

2. ส่วนประกอบวงจรไฟฟ้า

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้า หมายถึง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ โดยทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับวงจร เช่น แบตเตอรี่ ถ่านไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น
2. ตัวนำไฟฟ้า หมายถึง เป็นตัวนำทางเดินให้กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ไหลไปยังโหลด หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น สายไฟทองแดง สายไฟอลูมิเนียม เป็นต้น
3. โหลด หมายถึง เครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยผ่านทางตัวนำไฟฟ้าและทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้ออกมาเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆ เช่น หลอดไฟฟ้า ขดลวดความร้อน มอเตอร์

ความแตกต่างของวงจรเปิด-วงจรปิด

1. วงจรเปิด คือวงจรที่กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลได้ครบวงจร ซึ่งเป็นผลทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในวงจรไม่สามารถจ่ายพลังงานออกมาได้ สาเหตุของวงจรเปิดอาจเกิดจากสายหลุด สายขาด สายหลวม สวิตช์ไม่ต่อวงจร หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าชำรุด เป็นต้น

2. วงจรปิด คือวงจรที่กระแสไฟฟ้าไหลได้ครบวงจร ทำให้หลอดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในวงจรนั้นๆ ทำงาน



ภาพที่ 78 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าโดยมีส่วนประกอบ 3 ส่วน และความแตกต่างระหว่างวงจร เปิด-ปิด

3. การต่อวงจรไฟฟ้า

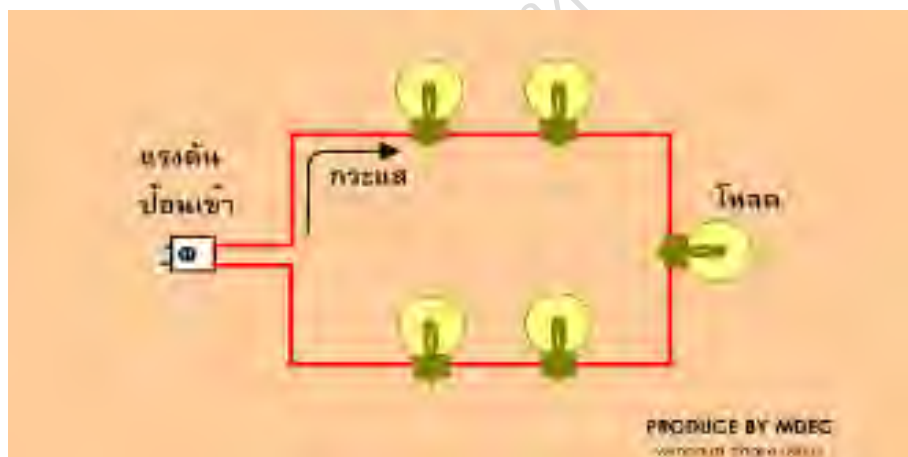
การต่อวงจรไฟฟ้า คือการนำเอาแหล่งจ่ายไฟฟ้ามาจ่ายแรงดันและกระแสให้กับโหลด โดยผ่านลวดตัวนำหรือสายไฟ และใช้สวิตซ์ในการเปิดปิดวงจรเพื่อตัดหรือต่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด ในทางปฏิบัติจะมีฟิวส์ในวงจรเพื่อป้องกันปัญหาข้อผิดพลาดที่จะเกิดกับวงจรและอุปกรณ์ เช่น โหลดเกิน หรือไฟฟ้าลัดวงจร วงจรไฟฟ้าเบื้องต้นที่ควรศึกษามีอยู่ 3 ลักษณะคือ วงจรอนุกรม, วงจรขนานและวงจรผสม

3.1 วงจรอนุกรม

เป็นการนำเอาเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือโหลดหลายๆ อันมาต่อเรียงกันไปเหมือนลูกโซ่ กล่าวคือ ปลายของเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 1 นำไปต่อกับต้นของเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 และต่อเรียงกันไปเรื่อยๆ จนหมด แล้วนำไปต่อเข้ากับแหล่งกำเนิด การต่อวงจรแบบอนุกรมจะมีทางเดินของกระแสไฟฟ้าได้ทางเดียวเท่านั้น ถ้าเกิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่งเปิดวงจรหรือขาด จะทำให้วงจรทั้งหมดไม่ทำงาน

คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรอนุกรม

1. กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านเท่ากันตลอดวงจร
2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมส่วนต่างๆ ของวงจร เมื่อนำมารวมกันแล้วจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด
3. ความต้านทานรวมของวงจร จะมีค่าเท่ากับผลรวมของความต้านทานแต่ละตัวในวงจรรวมกัน

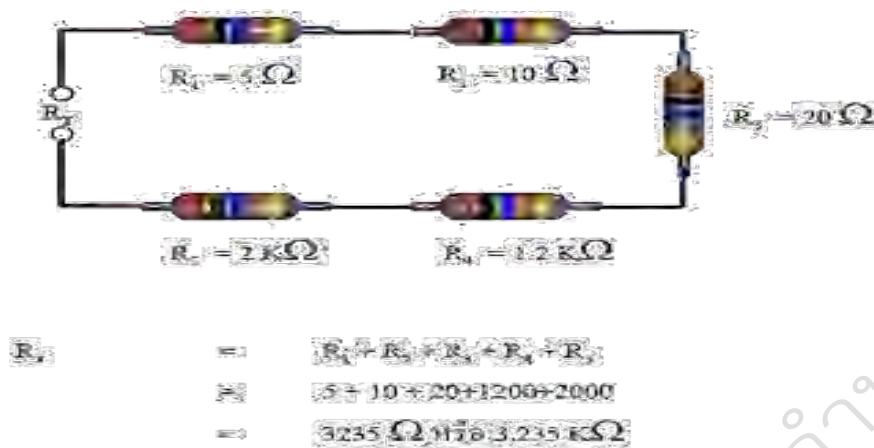


ภาพที่ 79 ตัวอย่างการต่อวงจรอนุกรม

สูตรการคำนวณ



ตัวอย่างการคำนวณ

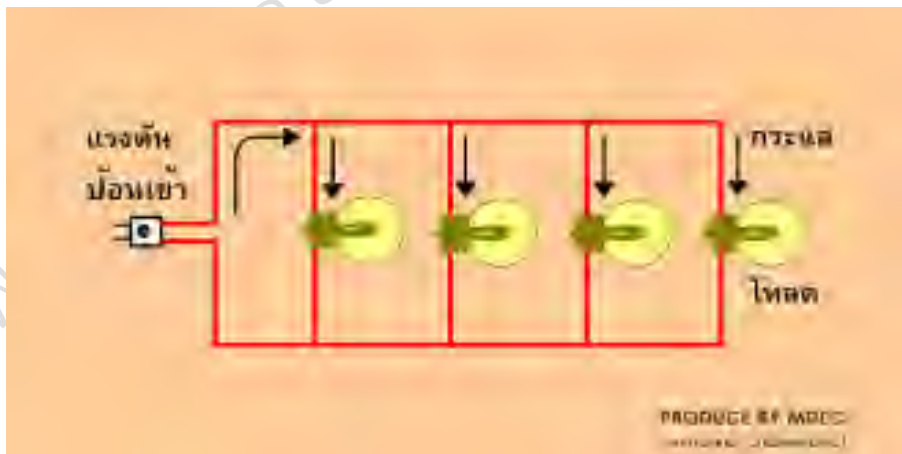


3.2 วงจรขนาน

เป็นการนำเอาต้นของเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกๆ ตัวมาต่อรวมกัน และต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดที่จุดหนึ่ง นำปลายสายของทุกๆ ตัวมาต่อรวมกันและนำไปต่อกับแหล่งกำเนิดอีกจุดหนึ่งที่เหลือ ซึ่งเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละอันต่อเรียบร้อยแล้วจะกลายเป็นวงจรย่อย กระแสไฟฟ้าที่ไหลจะสามารถไหลได้หลายทางขึ้นอยู่กับตัวของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นำมาต่อขนานกัน ถ้าเกิดในวงจรมีเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวหนึ่งขาดหรือเปิดวงจร เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เหลือก็ยังสามารถทำงานได้ ในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยปัจจุบันจะเป็นการต่อวงจรแบบนี้ทั้งสิ้น

คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขนาน

1. กระแสไฟฟ้ารวมของวงจรขนาน จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าย่อยที่ไหลในแต่ละสาขาของวงจรรวมกัน
2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมส่วนต่างๆ ของวงจร จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด
3. ความต้านทานรวมของวงจร จะมีค่าน้อยกว่าความต้านทานตัวที่น้อยที่สุดที่ต่ออยู่ในวงจร



ภาพที่ 80 ตัวอย่างการต่อวงจรขนาน

สูตรการคำนวณ



$$R_T = R_1 // R_2 // R_3 // \dots // R_n$$

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ (ในกรณีที่ไม่มีตัวต้านทานคือจำนวนเกิน 2 ตัว)}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

R_T = ค่าความต้านทานรวมของวงจร

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ = ค่าความต้านทานตัวสุดท้าย

n = เครื่องหมายแสดงการหาค่าแบบขนาน

ตัวอย่างการคำนวณที่ 1



$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_T = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20}$$

$$R_T = \frac{400}{40}$$

$$R_T = 10 \Omega$$

ตัวอย่างการคำนวณที่ 2



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{2K} + \frac{1}{1K} + \frac{1}{5K} + \frac{1}{10K} = \frac{10K}{2K} + \frac{10K}{1K} + \frac{10K}{5K} + \frac{10K}{10K}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{5 + 10 + 2 + 1}{10K}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{18K}{10K}$$

$$R_T = \frac{18K}{10K}$$

$$R_T = 1.8K \Omega$$

3.3 วงจรผสม

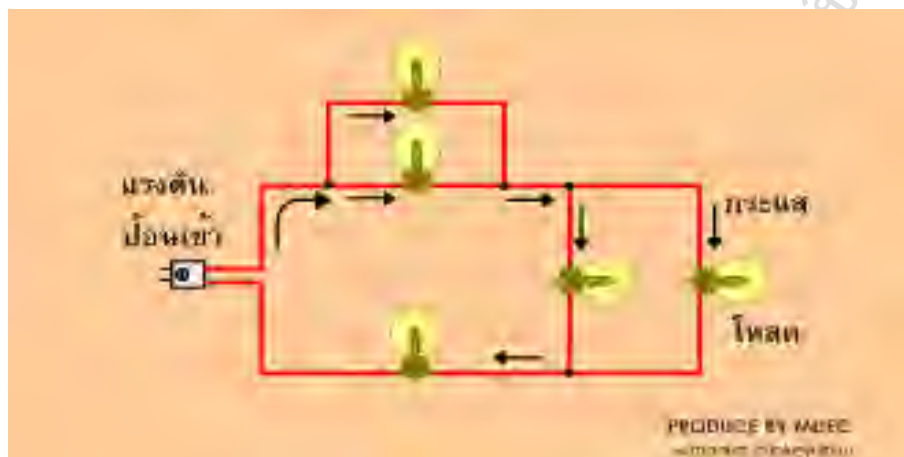
เป็นวงจรที่นำเอาวิธีการต่อแบบอนุกรม และวิธีการต่อแบบขนานมารวมให้เป็นวงจรเดียวกัน ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะของการต่อได้ 2 ลักษณะดังนี้

3.1 วงจรผสมแบบอนุกรม-ขนาน เป็นการนำเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือโหลดไปต่อกันอย่างอนุกรมก่อน แล้วจึงนำไปต่อกันแบบขนานอีกครั้งหนึ่ง

3.2 วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม เป็นการนำเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือโหลดไปต่อกันอย่างขนานก่อน แล้วจึงนำไปต่อกันแบบอนุกรมอีกครั้งหนึ่ง

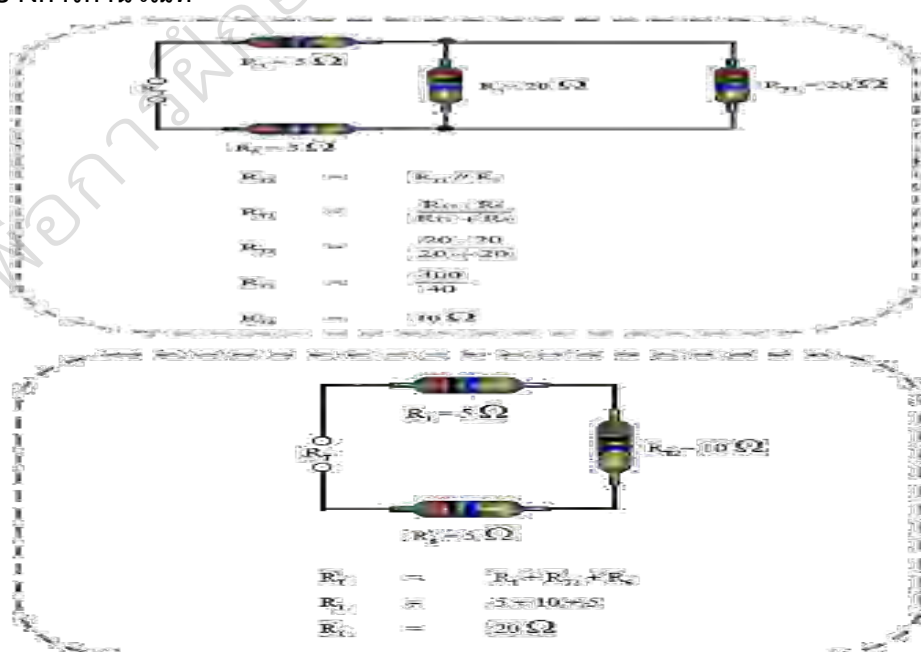
คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรอนุกรม

เป็นการนำเอาคุณสมบัติของวงจรอนุกรม และคุณสมบัติของวงจรขนานมารวมกัน ซึ่งหมายความว่า ถ้าตำแหน่งที่มีการต่อแบบอนุกรม ก็เอาคุณสมบัติของวงจรการต่ออนุกรมมาพิจารณา ตำแหน่งใดที่มีการต่อแบบขนาน ก็เอาคุณสมบัติของวงจรการต่อขนานมาพิจารณาไปที่ละขั้นตอน



ภาพที่ 81 ตัวอย่างการต่อวงจรผสม

ตัวอย่างการคำนวณที่



บทนำ

เนื้อหาวิชา : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือพื้นฐานการปฏิบัติงานพื้นฐานทางช่าง เช่น งานตะไบ งานเลื่อย งานเจาะ และการต่อตัวนำแบบต่างๆ ได้

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับชนิดและการใช้งานของเครื่องมือพื้นฐาน เช่น ปากกาจับชิ้นงาน ประแจ ตะไบ มีดปอก สายไฟฟ้า คีม สว่านไฟฟ้า เลื่อย เป็นต้น ชนิดของสายไฟฟ้า วิธีการต่อตัวนำแบบต่างๆ วิธีการปอกสาย หลักการเดินสายไฟฟ้า การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานและการตรวจสอบ วิธีการบัดกรี การใช้งานและบำรุงรักษา เครื่องมือ

ฝึกปฏิบัติงานตะไบ งานเลื่อย งานเจาะ การทำเกลียว การเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ การต่อตัวนำ การเดินสายไฟฟ้า การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานและการตรวจสอบ

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

- | | |
|--|-------------|
| 4. งานฝึกฝีมือเบื้องต้น | |
| (ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 6 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 7 ชั่วโมง) | (หน้าที่) |
| 4.1 เครื่องมือพื้นฐานงานช่าง | (107 – 119) |
| 4.2 เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องมือเสริมอื่นๆ | (120 – 127) |
| 4.3 เครื่องมือบริการงานเครื่องปรับอากาศ | (128 – 139) |
| 4.4 หลักการเดินสายไฟฟ้าภายในอาคาร | (140 – 191) |
| 4.5 วิธีการต่อสายตัวนำแบบต่างๆ | (192 – 198) |

งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

4.1 เครื่องมือพื้นฐานงานช่าง

เครื่องมือพื้นฐานงานช่าง เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปฏิบัติงานช่าง เพราะว่าเครื่องมือเป็นสิ่งที่ช่วยผ่อนแรงในการทำงานของช่าง และช่วยให้การทำงานสำเร็จตามเป้าหมาย ผลงานที่ออกมาดี สวยงาม เป็นที่ต้องการของผู้ใช้ โดยเราจะต้องรู้จักการใช้งานเครื่องมืออย่างถูกวิธี และเหมาะสมกับชนิดของงานที่จะทำ ฉะนั้นในการเลือกใช้เครื่องมือจึงถือเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่สำคัญในการทำงานช่าง เครื่องมือในงานช่างพื้นฐานมีมากมายหลายชนิด ในเรื่องนี้จะกล่าวเฉพาะเครื่องมือที่จำเป็นและใช้เป็นประจำในงานช่างเครื่องปรับอากาศ

1. ไขควง

ไขควง (screwdriver) คือ เครื่องมือที่ใช้ไขสกรูเข้าหรือคลายสกรูออก โดยใช้แรงบิดที่ด้ามไขควง ไขควงประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1. ด้ามไขควง (handle) ,2. ก้านไขควง (blade or Ferule) ,3. ปากไขควง (tip) ส่วนปากของไขควงมี 2 ลักษณะที่ใช้งานทั่วไปเพื่อไขหรือคลายสกรู คือ 1. ไขควงปากแบน (Flat screwdriver) 2. ไขควงปากแฉก (phillip screwdriver) และขนาดของไขควงที่ใช้งานทั่วไปมีความยาวก้านอยู่ระหว่าง 150-200 มม.

1.1 ไขควง/ไขควงชุด

ไขควง (screwdriver) คือ เครื่องมือที่ใช้ไขสกรูเข้าหรือคลายสกรูออก โดยใช้แรงบิดที่ด้ามไขควง ไขควงประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1. ด้ามไขควง (handle) ,2. ก้านไขควง (blade or Ferule) ,3. ปากไขควง (tip) ส่วนปากของไขควงมี 2 ลักษณะที่ใช้งานทั่วไปเพื่อไขหรือคลายสกรู คือ 1. ไขควงปากแบน (Flat screwdriver) 2. ไขควงปากแฉก (phillip screwdriver) และขนาดของไขควงที่ใช้งานทั่วไปมีความยาวก้านอยู่ระหว่าง 150-200 มม.



ภาพที่ 82 ตัวอย่างไขควงและไขควงชุด

1.2 ไส้ควงสตัปปี้/ไส้ควงสั้น

ไส้ควงสตัปปี้ (stubby screwdriver) มีลักษณะคล้ายกับไส้ควงทั่วไป แต่มีลักษณะสั้นมาก มีความยาวประมาณ 1.5 – 2 นิ้ว จึงเหมาะสำหรับการหมุนหรือคลายสกรูในสถานที่แคบๆ ซึ่งไส้ควงปกติไม่สามารถใช้งานได้ บางครั้งอาจใช้แทนไส้ควงแบบเยื้องศูนย์ได้



ภาพที่ 83 ตัวอย่างไส้ควงสตัปปี้/ไส้ควงสั้น

2. ค้อน

ค้อน (hammer) คือ เครื่องมือที่ใช้ตีวัตถุ ขึ้นรูปโลหะ และทุบให้แตก ค้อนถูกออกแบบเพื่อจุดประสงค์เฉพาะ และมีรูปร่างและโครงสร้างแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะการใช้งาน ส่วนที่สำคัญของค้อนมี 2 ส่วนคือ 1. หัวค้อน ซึ่งทำด้วยวัสดุแข็ง สามารถตอกวัตถุโดยไม่เสียรูปทรงด้านตรงข้ามของส่วนหัวค้อนมีรูปร่างเป็นหัวกลม หงอน หรือลักษณะคล้ายลิ้ม ขึ้นอยู่กับการใช้งาน และส่วนที่ 2. ด้ามค้อน ซึ่งทำด้วยไม้ โลหะ พลาสติก ยาง หรือไฟเบอร์กลาส



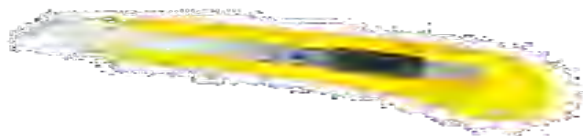
ภาพที่ 84 ตัวอย่างส่วนประกอบของค้อน



ภาพที่ 85 ตัวอย่างค้อนชนิดต่างๆ

3. มีดคัตเตอร์

มีดคัตเตอร์ (cutter) คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับตัด ปอก ขูดหรือทำความสะอาดสายไฟ ใช้มากในการเดินสายไฟฟ้าหรือซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้า วิธีใช้และการบำรุงรักษา การปอกสายไฟควรตะแคงมีดทำมุม 45 องศา กับสายไฟลักษณะเดียวกับการเหลาดินสอ อย่างคดใบมีดเล็กน้อย เพราะใบมีดอาจตัดถูกหลอดทองแดงภายในขาดหรือ ชำรุดเสียหายได้



ภาพที่ 86 ตัวอย่างมีดคัตเตอร์



ภาพที่ 87 ตัวอย่างมีดคัตเตอร์สำหรับช่างไฟฟ้า

4. ตะไบ

ตะไบ (Files) คือ เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการทำงานด้านโลหะและงานไม้ ใช้ในงานลบรอยเย็น ลบมุมคม ตกแต่งขัดเนื้อวัสดุออก และทำให้เกิดผิวสำเร็จบนชิ้นงาน ตะไบมีชุดฟันตัดบนลำตัวของตะไบทำด้วยเหล็กกล้าคาร์บอนสูงชุบแข็ง มีหลากหลายชนิดและหลากหลายรูปทรง เพื่อใช้งานเฉพาะในแต่ละจุดประสงค์ เช่น ตะไบแบน ตะไบกลม ตะไบครึ่งวงกลม ตะไบสามเหลี่ยม ตะไบสี่เหลี่ยม และตะไบคมมีด



ภาพที่ 88 ตัวอย่างตะไบ

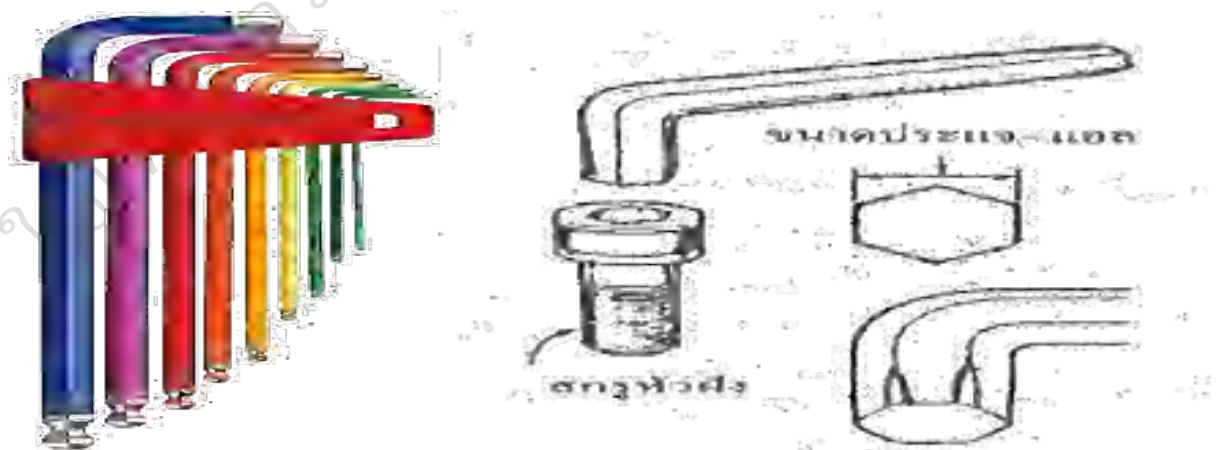


ภาพที่ 89 ตัวอย่างตะไบชุด

5. ประแจชนิดต่างๆ

5.1 ประแจหกเหลี่ยม หรือประแจแอล

ประแจหกเหลี่ยม หรือประแจแอล (allen wrench) มีลักษณะคล้ายตัวแอล ใช้สำหรับขันหรือคลายสกรูหรือหัวโบลต์ที่มีร่องหกเหลี่ยม ขนาดของประแจแอลในระบบเมตริกเริ่มตั้งแต่ 0.7 ,0.9 ,1.0 ,1.25 ,1.30 ,1.50 และตั้งแต่ 2–60 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้นขนาดละ 0.5 มิลลิเมตร และตั้งแต่ 7–22 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้นขนาดละ 1 มิลลิเมตร ส่วนระบบอังกฤษเริ่มตั้งแต่ 3/8 , 5/16 ,1/4 ,7/32 ,3/16 ,5/32 ,9/64 ,1/8 ,7/64 ,3/32 ,5/64 ,1/16 และ 0.5 นิ้ว



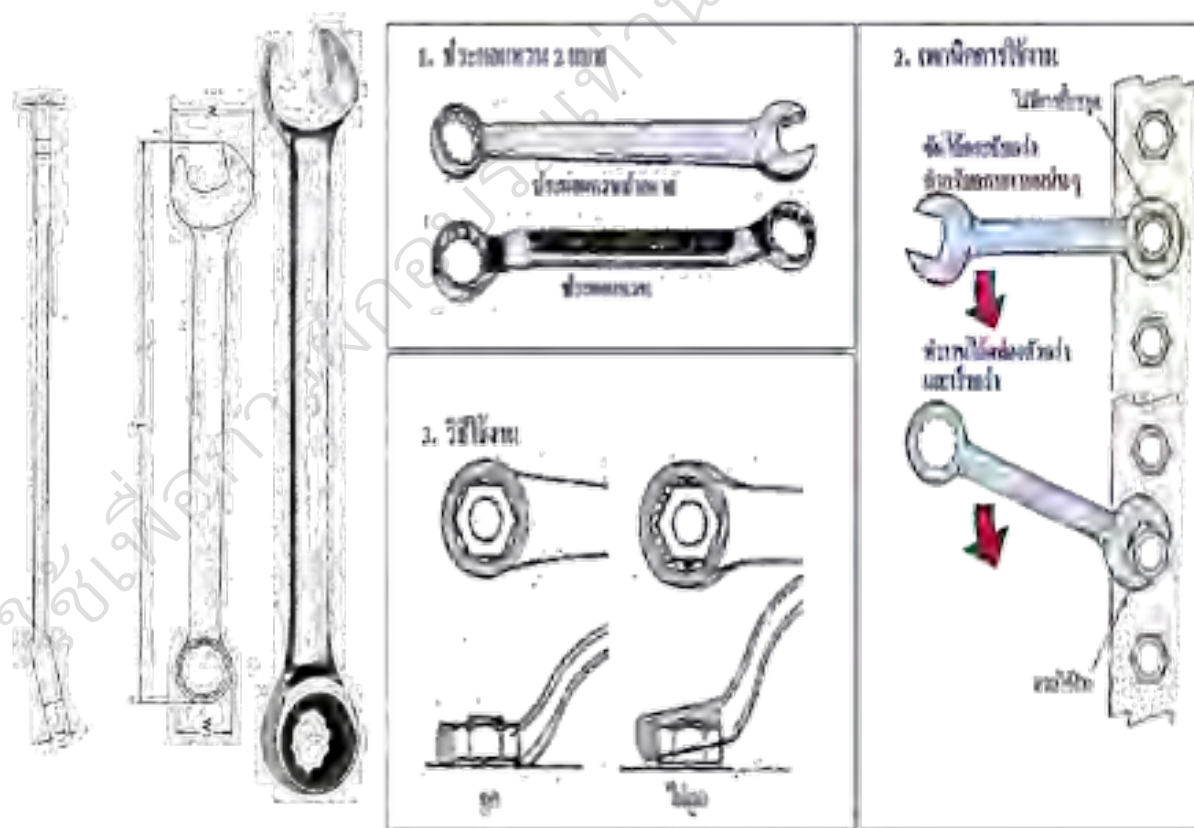
ภาพที่ 90 ตัวอย่างประแจแอล



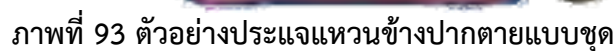
ภาพที่ 91 ตัวอย่างประแจหกเหลี่ยม

5.2 ประแจแหวนข้างปากตาย หรือประแจผสม

ประแจแหวนข้างปากตาย หรือประแจผสม (combination wrench) ประแจคือเครื่องมือที่ใช้แรงบิดเพื่อหมุนโบลต์หรือน็อต หรือวัตถุอื่นๆที่ออกแบบมาเพื่อใช้ร่วมกับประแจ ประแจที่มีคุณภาพสูงจะทำจากเหล็กผสมโครเมียม ซึ่งประแจแหวนข้างปากตาย มีลักษณะปลายด้านหนึ่งเป็นแบบประแจปากตาย และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นแบบประแจแหวน ประแจชนิดนี้มีขนาดเดียวกันทั้งสองด้าน โดยขนาดที่นิยมมีตั้งแต่ 11 ตัว/ชุด (8-24 มม.) และ 14 ตัว/ชุด (8-24 มม.)

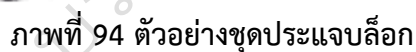


ภาพที่ 92 ตัวอย่างประแจแหวนข้างปากตาย



เครื่องมือนี้ใช้สำหรับขันโบลท์/น็อต เข้าหรือคลายออก โดยมีขนาดของลูกบล็อกและด้ามจับที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน

1. ขนาดของลูกบอลมี 2 ขนาด ใหญ่และเล็กขึ้นที่ใหญสามารถให้แรงบิดได้มากกว่าขึ้นเล็ก
2. ความลึกของลูกบอลมี 2 ชนิด มาตรฐานและลึกพิเศษ ซึ่งจะลึกกว่ามาตรฐาน 2 หรือ 3 เท่า ชนิดที่ลึกสามารถนำไปใช้กับโบลท์/น็อต ที่เป็นชนิดที่ใช้กับงานเฉพาะที่ไม่เหมาะสมกับขนาดลูกบอลที่เป็นมาตรฐาน
3. ปากลูกบอล มี 2 ชนิด 6 เหลี่ยมและ 12 เหลี่ยม สำหรับ 6 เหลี่ยมจะมีพื้นที่ผิวที่ใหญ่พอที่จะสัมผัสกับโบลท์/น็อต ทำให้ยากที่จะทำความเสียหายให้กับโบลท์/น็อต ได้



5.4 ประแจเลื่อน

ประแจเลื่อน นั้น เป็นเครื่องมือสำหรับขันเกลียว น็อต หรือ ยึด อุปกรณ์ต่างๆ มีลักษณะเป็นด้ามยาว ส่วนหัวมีรูปทรงพอดีกับอุปกรณ์ เพื่อใช้สำหรับบล็อกอุปกรณ์เช่น น็อต

การเลือกซื้อประแจเลื่อน ควรเลือกชนิดที่เป็นเหล็กกล้าเนื้อดีไม่เปราะ หรือหักง่ายเมื่อต้องใช้ในการขัน การลดขนาดปากต้องคล่อง เกลียวไม่ติดขัด โดยควรเลือกให้ได้ขนาดที่เหมาะสมสำหรับการทำงาน

วิธีการใช้ ประแจเลื่อน ควรใช้ในลักษณะดังเข้าหาตัว ไม่ใช่ผลักประแจเลื่อนออกไป เนื่องจากหากปากประแจหลุดออกจากหัวน็อต มือหรือนิ้วของเราอาจจะไปกระทบกระแทกกับสิ่งอื่นจนทำให้บาดเจ็บได้ และควรดูแลประแจเลื่อนให้สามารถใช้งานได้เป็นปกติ โดยการทำความสะอาดด้วยน้ำมันก๊าดแทนน้ำมันหล่อลื่น เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นจะทำให้ประแจเลื่อนลื่น จับได้ไม่ถนัด ไม่มั่นคง และไม่ควรถือค้อนตีด้ามประแจแทนการใช้มือขัน เนื่องจากจะทำให้ประแจเลื่อนชำรุดเสียหาย



ภาพที่ 96 ตัวอย่างประแจเลื่อน



ภาพที่ 97 ตัวอย่างลักษณะการใช้งานประแจเลื่อน

6. คีมชนิดต่างๆ

คีม (pliers) คือ เครื่องมือทกๆงานช่างใช้สำหรับจับหนีวัสดุให้แน่น เพื่อตัดหรือดัดวัตถุ เช่น ลวด โดยทั่วๆ ไปคีมประกอบด้วยคานที่ทำด้วยโลหะสองอันต่อกัน โดยมีจุดหมุนติดกับปลายหนึ่งของคาน ด้ามส่วนใหญ่หุ้มด้วยฉนวนป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คีมทำจากเหล็กกล้าผสมด้วยวาเนเดียมหรือโครเมียม ซึ่งช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและทนต่อการสึกหรอ คีมมีอยู่หลายชนิดด้วยกันซึ่งการใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ปฏิบัติ

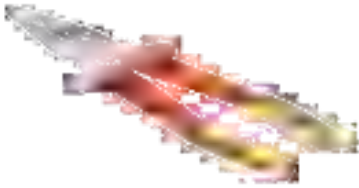
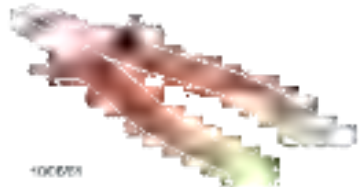
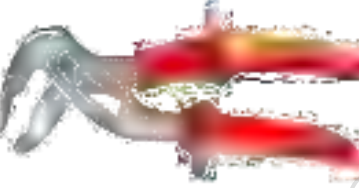
6.1 การใช้คีมด้วยความปลอดภัย ทำได้ดังนี้

1. เลือกใช้คีมให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของคีมชนิดนั้นๆ เช่น คีมตัดไม่เหมาะกับการใช้จับ คีมตัดสายไฟฟ้าไม่เหมาะที่จะใช้ตัดแผ่นโลหะ เป็นต้น
2. พื้นที่ปากของคีมจับต้องไม่สึกหรอ ส่วนปากของคีมตัดต้องไม่ทื่อ
3. การจับคีม ควรให้ด้ามคีมอยู่ที่ปลายนิ้วทั้ง 4 แล้วใช้อุ้งมือและนิ้วหัวแม่มือกดด้ามคีมอีกด้าน จะทำให้มีกำลังในการจับหรือตัด
4. การปลอกสายไฟฟ้าควรใช้คีมปลอกสายไฟฟ้าโดยเฉพาะ เพราะจะมีขนาดของรูปเท้ากับขนาดของสายไฟฟ้าพอดีส่วนการตัดสายไฟฟ้าหรือเส้นลวดที่ไม่ต้องการให้ไหลจากชิ้นงานควรใช้คีมตัดปากทแยง
5. ไม่ควรใช้คีมตัดโลหะที่มีขนาดใหญ่หรือแข็งเกินไป แต่ให้ใช้กรรไกรแทน
6. ไม่ควรใช้คีมขันหรือคลายหัวนอต เพราะจะทำให้หัวนอตชำรุด
7. ถ้าต้องจับชิ้นงานให้แน่นควรใช้คีมล็อก
8. ถ้าชิ้นงานมีขนาดใหญ่ ควรใช้คีมปากขยาย การใช้คีมที่ปากเล็กจะไม่มีกำลังที่จะจับชิ้นงานให้แน่น เพราะ ด้ามของคีมจะถ่างมากไป
9. ถ้าต้องการเก็บคีมไว้นาน ควรหยอดน้ำมันที่จุดหมุนของคีม และควรมีการหยอดน้ำมันเป็นระยะ
10. หลังจากเลิกใช้งานประจำวัน ควรเช็ดทำความสะอาด แล้วเก็บไว้ในที่ที่จัดเตรียมไว้หรือที่ปลอดภัย

6.2 การบำรุงรักษาคีม

1. ใช้คีมให้ถูกประเภทกับงาน
2. ไม่ควรบีบคีมแรงเกินไปเพราะจะทำให้คีมหัก
3. ไม่ควรใช้ค้อนทุบคีมแทนการตัด
4. ไม่ใช้คีมแทนค้อนหรือเครื่องมืออื่นๆ
5. เช็ดทำความสะอาด หยดน้ำมันที่จุดหมุน แล้วขลิมน้ำมันหลังการใช้งาน

ตารางที่ 19 ตารางคีมชนิดต่างๆ

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก	คำอธิบาย
	คีมยูนิเวอร์แซล หรือคีมปากกรวย	คีมชนิดนี้ทำงานได้เอนกประสงค์ คือ สามารถตัดลวดได้ จับพันชิ้นงานได้ ปากด้านในมีลักษณะแบน มีร่องฟัน ช่วยให้จับชิ้นงานโดยไม่ลื่น สามารถใช้ตัดลวดและสายไฟได้ดี
	คีมตัดด้านข้าง	คีมชนิดนี้เป็นคีมปากขนาดเล็ก ด้านข้างจะถูกเจียรไนให้เป็นสันคมตัด ใช้ในการตัดลวดขนาดเล็กได้ดีโดยเฉพาะตัดสายไฟฟ้า คีมชนิดนี้เป็นคีมตัด ไม่สามารถจับชิ้นงานได้
	คีมปากยาว หรือ คีมปากจิ้งจก	คีมชนิดนี้ใช้สำหรับจับโลหะแบนหรือสายไฟ ปากคีมมีลักษณะเรียวแหลมยาว และมีขนาดเล็ก เหมาะกับการใช้งานในที่แคบ และ งานไฟฟ้า
	คีมปอกสายไฟ	คีมชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อการปอกฉนวนไฟฟ้าที่หุ้มลวดทองแดงอยู่ โดยจะตัดเฉพาะส่วนที่เป็นฉนวนพลาสติกโดยไม่ตัดเส้นลวดทองแดง และยังใช้สำหรับการตัดสายไฟ
	คีมค่อม้า/คอ เลื่อน	คีมชนิดนี้มีลักษณะโค้งมนเหมือนค่อม้าและสามารถเลื่อนขยายปรับขนาดได้ ลักษณะด้านใน จะทำโค้งงอไว้ทั้งสองข้างและมีร่องฟัน เพื่อใช้ในการจับ งานกลมหรือหัวน็อต บริเวณปลายปากจะแบนเรียบมีร่องฟัน
	คีมย้ำหางปลา	คีมชนิดนี้ใช้สำหรับย้ำข้อต่อสายไฟที่เรียกว่าหางปลา มี 3 ขนาด 0.1-10 มม.2 ,6-80 มม.2 ,70-500 มม.2
	คีมล็อก	คีมชนิดนี้ ไม่สามารถตีดงานได้ แต่สามารถจับชิ้นงานได้ดี ปากจะบีบให้แน่นด้วยกลไกที่ด้ามบริเวณปาก สามารถปรับให้แคบใช้จับงานบางหรือจะปรับให้กว้างสำหรับจับชิ้นงานหนา นิยมใช้กันมากในงานทั่วไป
	คีมหุบ คีมถ่าง แบบเปลี่ยนหัวได้ (4 in 1)	คีมชนิดนี้ใช้สำหรับ ถอด-ใส่แหวนล็อกสปริงแบบไม่มีรูปจับยึดหรือ "horseshoe-shaped" สำหรับงาน ถอด ประกอบ แหวนยึด ล็อค เฟลา ตัวคีมมีระบบ opening spring

7. เลื่อยชนิดต่างๆ

7.1 เลื่อยตัดเหล็ก (Hack Saw)

เลื่อยตัดเหล็ก มีลักษณะคล้ายเลื่อยฉลุ แต่คันเลื่อยโค้งไม่มาก การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ตัดโลหะทั่วไป อาทิ ตะปู นอต สกรู เหล็กฉาก หรือท่อพีวีซี แต่ถ้าเรานำไปเลื่อยไม้จะเลื่อยได้ช้ามาก เพราะฟันเลื่อยค่อนข้างละเอียดและไม่ลึกมีให้เลือกทั้งแบบความยาวตามมาตรฐาน 12 นิ้ว และแบบสามารถปรับความยาวตามขนาดใบเลื่อยได้ รวมถึงเลื่อยเหล็กมีพื้นที่ใช้กับใบเลื่อยขนาด 12 นิ้ว เหมาะสำหรับงานที่มีพื้นที่จำกัด สามารถเปลี่ยนใบเลื่อยได้



ภาพที่ 98 ตัวอย่างเลื่อยตัดเหล็ก

7.2 เลื่อยทางหนู (Wallboard Saw)

เลื่อยทางหนู หรือเลื่อยฉลุฝ้า ใช้เลื่อยตัดชิ้นงานเป็นแนวโค้ง วงกลมและลวดลายต่างๆ สามารถใช้เจาะฝ้าหรือผนังยิปซั่มก็ได้ เพราะใบเลื่อยมีลักษณะเป็นแถบยาวปลายเรียวแหลมและคมมากสามารถถอดเปลี่ยนใบเลื่อยได้ นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือตัดแต่งกิ่งไม้ที่เลื่อยขนาดใหญ่เข้าไม่ถึงได้อีกด้วย



ภาพที่ 99 ตัวอย่างเลื่อยทางหนู

8. สกัด

สกัด เป็นเครื่องมือสำหรับตัดหรือฉีกชิ้นหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งต้องนำมาใช้ร่วมกันกับค้อน ปกตินิยมใช้สกัดในการตัดเศษโลหะส่วนที่เกินบนผิวโลหะ ใช้ตัดนอตหรือสลักเกลียวที่ถอดไม่ออก ตัดรอยเชื่อมส่วนเกิน ตัดแผ่นโลหะและใช้เซาะร่อง สกัดทำมาจากเหล็กกล้าชั้นดี มีความแข็งแรงมากและเหนียวมากกว่าเหล็กทั่วไป มีขนาดความยาวประมาณ 4-8 นิ้ว ซึ่งในงานเครื่องปรับอากาศนำมาใช้สกัดปูนเป็นหลัก

8.1 สก๊ตสามารถแบ่งได้ตามชนิดของปากได้ 4 แบบดังนี้

1. สก๊ตปากแบน (Flat) มีลักษณะปากกว้างและโค้งเล็กน้อยหรือแบน ใช้ในการตัดและฉีกโลหะทั่วไป
2. สก๊ตปากจิ้งจก (cape) ลักษณะจะคล้ายกับสก๊ตปากแบน แต่จะมีปากแคบกว่าและมุมปลายจะโตกว่า
3. สก๊ตปากมน (round Nose) ปากจะถูกฉีกเพื่อให้มีลักษณะคล้ายกับวงรี ใช้สำหรับในการเจาะรูกลมๆ ครึ่งวงกลม หรือมีลักษณะโค้งๆ
4. สก๊ตปากเฉียง (diamond point) ปากจะถูกตัดเฉียงเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ใช้สำหรับลบความคมของขอบภายใน

8.2 การใช้งานสก๊ตในการฉีกโลหะ

1. ยึดชิ้นงานให้มั่นคงแข็งแรง
2. จับสก๊ตให้แข็งแรง อย่างให้แน่นจนเกินไป
3. เลี่ยงสก๊ตด้วยมุมต่างๆ กันให้มีความเหมาะสม โดยเริ่มต้นควรทำมุมกับชิ้นงานให้มาก จากนั้นจึงลดมุมลงแต่อย่าให้น้อยเกินไปเพราะอาจเกิดการไถลได้
4. เวลาใช้ในการตัดให้ดูที่ปากสก๊ต อย่ายึดที่หัวของสก๊ต
5. ตอกหัวสก๊ตด้วยค้อน ซึ่งใช้แรงที่เท่ากันโดยจับค้อนตรงบริเวณปลายด้าม
6. ควรเริ่มฉีกจากขอบชิ้นงานจนเข้ามาบริเวณกลางๆ

8.3 ข้อควรระวังในการใช้งานสก๊ต

1. สก๊ตที่หัวบานมีลักษณะคล้ายกับดอกเห็ด ควรจะตกแต่งให้เรียบร้อยก่อนการใช้งาน เพื่อป้องกันการลื่นไถลเวลาใช้ค้อนตี
2. เช็ดทำความสะอาดสก๊ตให้เรียบร้อยเวลามีคราบน้ำมันติด เพราะจะทำให้ลื่นในการจับ
3. ระวังเศษโลหะกระเด็นเข้าตา ควรมีการป้องกันให้เรียบร้อย



ภาพที่ 100 ตัวอย่างสก๊ต

9. กรรไกรชนิดต่างๆ

กรรไกรตัดโลหะ เป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่จำเป็นในงานซ่อมบำรุง หน้าที่หลักของกรรไกรก็คือ ใช้ตัดโลหะแผ่นบางให้หลุดออกจากกันหรือตัดเป็นรูปร่างตามความต้องการ เป็นการตัดที่กระทำได้ง่าย รวดเร็ว และประหยัดกว่าการตัดด้วยสากและเลื่อยมือ คมของกรรไกรจะต้องมีความแข็งแรงใช้ตัดโลหะให้ขาดได้ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะกรรไกรที่ใช้ในงานเครื่องปรับอากาศ

9.1 กรรไกรตัดโลหะ (Snips)

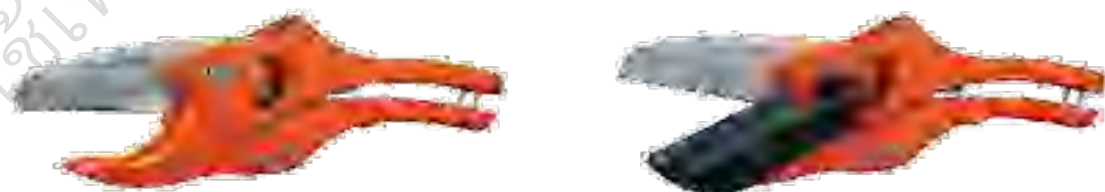
1. กรรไกรผสม (Combination blade Snips) เป็นกรรไกรที่ได้รับการออกแบบใบตัดให้สามารถตัดตรงและตัดโค้งได้
2. กรรไกรอะเวียชัน หรือกรรไกรแอร์เพลน (Aviation or Airplane Snips) ปัจจุบันนิยมนำมาใช้กันมาก เนื่องจากเป็นกรรไกรขนาดเล็กและกะทัดรัด มีน้ำหนักเบาให้สามารถทำการตัดได้ง่ายและสะดวก



ภาพที่ 101 ตัวอย่างกรรไกรตัดโลหะ (Snips)

9.2 กรรไกรตัดท่อ PVC

กรรไกรตัดท่อ pvc เป็นเครื่องมือสำหรับตัดท่อ pvc ขนาด 1-5/8" หรือ 42 mm. ตัดรางสายไฟในแนว 90 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียสโดยต้องใส่ถาดรองตัดรางสายไฟ ใบบิด ผลิตภัณฑ์จากเหล็กสแตนเลส (stainless steel) คมนานแข็งแรง ไม่เป็นสนิม ด้ามจับ ผลิตภัณฑ์จากอลูมิเนียมหล่อ ออกแบบให้ใช้งานได้ด้วยมือข้างเดียว ด้วยระบบ auto-release เพิ่มความสะดวก



ภาพที่ 102 ตัวอย่างกรรไกรตัดท่อ PVC

10. เครื่องมือวัดเชิงกล

10.1 ตลับเมตร

ตลับเมตร คือเครื่องมือวัดชนิดหนึ่งที่มีสายวัดเก็บอยู่ในตลับอย่างมิดชิด ทำให้สะดวกในการนำติดตัวไปใช้งานได้ตลอดเวลา ตลับเมตรใช้ในการวัดระยะหรือตรวจสอบขนาดของวัสดุ ชิ้นงาน ฯลฯ เนื่องจากตรงหัวสายวัดของตลับเมตรมีขอเกี่ยว ซึ่งใช้เป็นที่ยึดกับขอบของชิ้นงานที่ต้องการวัด ทำให้การดึงสายวัดออกจากตลับเพื่อใช้ในการวัดระยะหรือตรวจสอบขนาดของวัสดุ หรือชิ้นงานได้สะดวก ซึ่งผู้ใช้ควรเรียนรู้เรื่องสำคัญของตลับเมตร



ภาพที่ 103 ตัวอย่างตลับเมตร

10.2 ระดับน้ำ

ระดับน้ำ ใช้สำหรับวัดพื้นผิวว่าได้ระดับหรือไม่ มีหลอดแก้ว 3 หลอดวางไว้ตั้งฉากกัน และทแยง 45 องศา ลักษณะของเครื่องมือชนิดนี้จะเป็นอะลูมิเนียมหรือพลาสติก ยาวประมาณหนึ่งศอก มีช่องใส ๆ หลายช่อง แต่ละช่องจะมีหลอดแก้ว ที่มีของเหลวที่มีสีอยู่ข้างใน ในช่องเหลวนั้นจะมีฟองอากาศขนาดเท่าเม็ดธัญพืช เมื่อลองขยับระดับน้ำดู จะสังเกตเห็นว่าฟองอากาศนั้นจะเคลื่อนที่ไปด้วย ซึ่งระดับน้ำนั้นมีอยู่หลายขนาด โดยส่วนใหญ่ใช้ขนาด 24 นิ้ว (60 เซนติเมตร) ขนาด 4 ฟุต (1.2 เมตร) หรือ 6 ฟุต (1.8 เมตร)



ภาพที่ 104 ตัวอย่างระดับน้ำ

4.2 เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องมือเสริมอื่นๆ

เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องมือเสริมอื่นๆ เป็นเครื่องมือทุ่นแรงที่สำคัญสำหรับงานช่างทั่วไป เครื่องมือไฟฟ้าฯ ต่างๆ จะช่วยให้การปฏิบัติงานทำได้รวดเร็วขึ้น เนื่องจากเครื่องมือไฟฟ้าฯ จะใช้ต้นกำลังจากพลังงานไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้าฯ ที่สำคัญมีอยู่หลายประเภท และหลายชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของแต่ละอาชีพช่างต่างๆ

เนื่องจากเครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องมือเสริมอื่นๆ มีหลายประเภท และแต่ละประเภทก็มีรายละเอียดที่แตกต่างกัน ในบทนี้จึงขอกล่าวถึงเฉพาะ เครื่องมือไฟฟ้าฯ ขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย หรือ(portable power tools) ไม่ได้ยึดติดแน่นอยู่กับที่และมีความสำคัญในงานช่างเครื่องปรับอากาศ เช่น สว่านมือไฟฟ้า เลื่อยมือไฟฟ้า เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องเจียรมือไฟฟ้า เป็นต้น



ภาพที่ 105 ตัวอย่างเครื่องมือไฟฟ้า

1. สว่านมือไฟฟ้า

สว่านมือไฟฟ้า เป็นเครื่องมือเจาะที่ใช้กำลังขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไฟฟ้า ใช้ในการเจาะรูในงานโลหะ งานปูน หรืองานไม้ ปัจจุบันสว่านมือไฟฟ้าเป็นที่นิยมและใช้กันมากกว่าสว่านชนิดอื่นๆ เพราะมีความสะดวกเคลื่อนย้ายได้ง่าย ทำงานรวดเร็ว ประหยัดเวลา ประสิทธิภาพการทำงานสูง

สว่านมือไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเจาะชิ้นงาน ส่วนปลายจะมีหัวจับดอกเจาะได้หลายชนิดและหลายขนาด ปัจจุบันที่ใช้กันทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ ดังนี้

1. สว่านมือไฟฟ้า แบบมีสายไฟ (ใช้พลังงานจากการเสียบปลั๊กไฟฟ้าโดยตรง)
2. สว่านมือไฟฟ้า แบบไร้สาย (ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ โดยการชาร์จไฟฟ้า)



ภาพที่ 106 ตัวอย่างสว่านมือไฟฟ้า แบบมีสายและไร้สาย

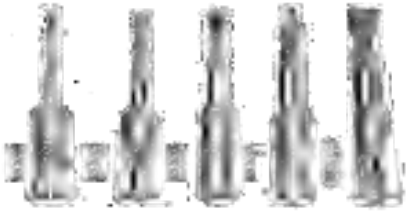
2. เครื่องมือเสริมอื่นๆ สำหรับส่วนมือไฟฟ้า

เมื่อมีส่วนมือไฟฟ้าแล้ว ก็ต้องมีอุปกรณ์ประกอบสำหรับส่วนมือไฟฟ้า เพื่อใช้งานควบคู่กัน เพราะว่ามีแต่ส่วนมือไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวก็ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จได้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ประกอบ เช่น ดอกสว่าน ดอกสกัด หรือดอกตัดเกลียว และช่างผู้ปฏิบัติงานก็ต้องจำแนกการใช้งานในการเจาะรูว่าเป็นงานประเภทใด เช่น งานเจาะโลหะก็ต้องใช้ดอกเจาะโลหะ งานเจาะปูนใช้ดอกเจาะปูน หรืองานเจาะไม้ก็ต้องดอกเจาะไม้ และดอกสว่านอื่นๆ ก็ต้องใช้งานตามประเภทของงานตามความเหมาะสม ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับช่างเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 20 ตารางเครื่องมือเสริมอื่นๆ สำหรับส่วนมือไฟฟ้า

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ดอกสว่านเจาะโลหะ
	ดอกสว่านไฮสปีดเจาะโลหะ
	ดอกสว่านไฮสปีดเจาะโลหะ 3 สเต็ป
	ดอกสว่านไฮสปีดเจาะไม้
	ดอกสว่านไฮสปีดเจาะกระฉก กระเบื้อง

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ดอกสว่านเจาะปูน หรือดอกโรตารี
	ดอกสว่านไฮลซอเจาะปูน หรือดอกโรตารี
 ดอกสว่านไฮลซอ 26 มม. PUMPKIN 26 มม. 2800 RPM, 1/2" DIA. ปั๊ม "PUMPKIN" ปั๊มกระจายอะไหล่ได้ และงานเสริมอื่น ปั๊มไฮลซอ "PUMPKIN" 26 มม. 2800 RPM, 1/2" DIA.	ดอกสว่านเซาะผนัง
	ดอกสกัดแบบต่างๆ
	ดอกไขควงชนิดต่างๆ
	ชุดหัวบล็อกต่อกับสว่าน
	กระดุกงูข้อต่อไขควงสำหรับที่แคบ

3. เลื่อยฉลุไฟฟ้า หรือเลื่อยจิ๊กซอว์ไฟฟ้า

เลื่อยฉลุไฟฟ้า (Jig saw or saber saw) เลื่อยไฟฟ้าชนิดนี้เป็นเลื่อยไฟฟ้าที่เราพบเห็นได้ง่ายที่สุด และถือได้ว่าเป็นเลื่อยที่ถูกนำมาใช้งานตามบ้านมากที่สุด จนเรียกเลื่อยชนิดนี้อีกชื่อหนึ่งว่า “เลื่อยเอนกประสงค์” อันเนื่องมาจากใช้งานง่ายและมีความคล่องตัวในการใช้งานรวมถึงการพกพาที่ สะดวกด้วย ลักษณะของเลื่อยชนิดนี้จะมีลักษณะคล้ายเตารีด โดยที่ด้ามถือจะมีลักษณะเป็นห่วง ทำให้ในขณะใช้งานเราจึงสามารถถือเลื่อยชนิดนี้ ด้วยมือเพียงข้างเดียวได้ ส่วนมืออีกข้างหนึ่งก็คอยประคองให้ตัวเลื่อยเคลื่อนที่ไปตามแนวที่เราต้องการตัด ภายในของเลื่อยชนิดนี้จะประกอบไปด้วยชุดมอเตอร์และชุดฟันเฟืองที่ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนให้เลื่อยให้ขึ้นและลงเป็นแนวตรง คล้ายกับจักรเย็บผ้า ที่บริเวณฐานของเลื่อยบางรุ่นยังสามารถปรับให้เลื่อยเอียงได้ถึง 45 องศา เพื่อทำการตัดไม้ในมุมเอียงได้ด้วย



ภาพที่ 107 ตัวอย่างเลื่อยฉลุไฟฟ้า หรือเลื่อยจิ๊กซอว์ไฟฟ้า

4. เครื่องมือเสริมอื่นๆ สำหรับเลื่อยฉลุไฟฟ้า

ใบเลื่อยฉลุไฟฟ้า หรือใบเลื่อยจิ๊กซอว์ไฟฟ้าในการเลือกใช้ใบเลื่อยนั้น จะต้องเลือกให้ถูกต้องกับชนิดของงาน เพื่อให้งานที่ออกมามีความสวยงามและถูกต้อง โดยใบเลื่อยที่ใช้ในการตัดไม้จะมีจำนวนฟันประมาณ 3-14 ฟัน ต่อนิ้ว ถ้าจำนวนฟันมีความถี่มากจะทำให้เวลาในการเลื่อยช้า แต่ชิ้นงานที่ได้จะมีความเรียบ ฟันเลื่อยแบบนี้จะเหมาะกับไม้เนื้อแข็ง ในขณะที่ฟันหยาบจะใช้เวลาในการเลื่อยนั้นเร็ว แต่ชิ้นงานที่ได้จะมีผิวที่ไม่ค่อยเรียบ ฟันเลื่อยแบบนี้จะเหมาะกับไม้เนื้ออ่อน ส่วนใบเลื่อยตัดเหล็กจะมีจำนวนฟันประมาณ 14-32 ฟันต่อนิ้ว โดยในการตัดโลหะนั้นจะต้องให้ฟันเลื่อยอย่างน้อย 2 ซี่ สัมผัสกับความหนาของขอบชิ้นงานทุกครั้ง มิฉะนั้นอาจจะทำให้รอยตัดที่ออกมามีฟันหยาบและใบอาจจะหักในขณะทำการเลื่อยได้ นอกจากนี้ใบเลื่อยทั้งสองที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีใบเลื่อยอีกหลายแบบ เช่น ใบเลื่อยชุบคาร์ไบด์ เหมาะสำหรับงานตัดชิ้นงานที่เป็นคอนกรีต กระเบื้องเซรามิก เหล็ก เป็นต้น



ภาพที่ 108 ตัวอย่างใบเลื่อยฉลุไฟฟ้า หรือใบเลื่อยจิ๊กซอว์ไฟฟ้า

5. เครื่องเจียร

เครื่องเจียร เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการลดขนาดของชิ้นงาน ใช้ในการตัดและขัดได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของใบเครื่องเจียรที่ต้องการ เครื่องเจียรที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 แบบ ดังนี้

1. เครื่องเจียรมือ (angle grinding) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตกแต่งผิวชิ้นงาน บางครั้งใช้ในการเจียรแนวเชื่อมออกเพื่อถอดส่วนประกอบของชิ้นงาน หินเจียรมือแบ่งออกตามขนาดของใบหินเจียรได้ 2 ขนาด ด้วยกัน คือ ขนาด 3 นิ้ว และ 5 นิ้ว การประกอบใบหินเจียรเข้ากับเครื่อง ต้องขันให้แน่นโดยใช้ประแจสลัก (pin wrench) ซึ่งจะมีมาให้พร้อมๆกับเครื่อง

2. เครื่องเจียรแท่น (abrasi-e grinding) เป็นเครื่องมือกลที่ใช้อยู่กับที่ เคลื่อนย้ายไม่สะดวก ใช้ตกแต่งชิ้นงาน การใช้งานต้องระวังเศษผงกระเด็นเข้าตา ผู้ปฏิบัติงานควรสวมแว่นตาป้องกันเมื่อใช้งาน



ภาพที่ 109 ตัวอย่างเครื่องเจียรมือ

6. เครื่องมือเสริมอื่นๆ สำหรับเครื่องเจียรมือ

เมื่อมีเครื่องเจียรมือแล้ว ก็ต้องมีอุปกรณ์ประกอบสำหรับเครื่องเจียรมือ เพื่อใช้งานควบคู่กัน เพราะว่ามีแต่เครื่องเจียรมือเพียงอย่างเดียวก็ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จได้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ประกอบ สำหรับงานเจียรหรือตัด และช่างผู้ปฏิบัติงานก็ต้องจำแนกการใช้งานว่าเป็นงานประเภทใด เช่น งานโลหะ งานปูน หรืองานไม้ ก็ต้องใช้งานตามประเภทของงานตามความเหมาะสม ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับช่างเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 110 ตัวอย่างใบเครื่องเจียรมือแบบต่างๆ

7. เครื่องเป่าลม หรือโบลเวอร์เป่าลม

เครื่องเป่าลม หรือโบลเวอร์เป่าลม คือ เครื่องมือที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยความเร็วและสามารถกำหนดทิศทางตามที่เรากำลังต้องการใช้งาน จริงๆแล้วพัดลม และ เครื่องเป่าลม จะคล้ายคลึงกันมาก แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย คือ พัดลมที่มีแรงดันลมต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตรน้ำ เรียกว่า พัดลม ในขณะที่พัดลมที่มีแรงดันลมตั้งแต่ 1,000 มิลลิเมตรน้ำ แต่ไม่ถึง 10 เมตรน้ำ จะเรียกว่า เครื่องเป่าลม (blower) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด และในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเครื่องเป่าลม หรือโบลเวอร์เป่าลมที่เกี่ยวข้องกับช่างเครื่องปรับอากาศ

1. เครื่องเป่าลม หรือโบลเวอร์เป่าลม แบบให้ลมธรรมดา
2. เครื่องเป่าลม หรือโบลเวอร์เป่าลม แบบให้ลมมีความร้อน



ภาพที่ 111 ตัวอย่างเครื่องเป่าลม แบบให้ลมธรรมดา



ภาพที่ 112 ตัวอย่างเครื่องเป่าลม แบบให้ลมร้อน

8. เครื่องดูดฝุ่นอุตสาหกรรม

เครื่องดูดฝุ่น เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้า สำหรับการทำความสะอาดฝุ่นและสิ่งสกปรกจากพื้นผิวอันเนื่องมาจากการไหลของอากาศดูด ฝุ่นและสิ่งสกปรกสะสมในถุงจากที่พวกเขาจะต้องออกเป็นประจำ เครื่องดูดฝุ่นครั้งแรกที่ถูกผลิตขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 1869 แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงประเภทเครื่องดูดฝุ่นในงานอุตสาหกรรมและใช้งานช่างเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 113 ตัวอย่างเครื่องดูดฝุ่นอุตสาหกรรม

9. เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง สำหรับงานเครื่องปรับอากาศ

เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ที่ทุกคนคุ้นเคยกันอยู่พอสมควร เนื่องจากมันเป็นเครื่องใช้ที่เราเห็นอยู่ในทุกคาร์แคร์ที่มีมาตรฐาน ใครที่เคยเอารถไปใช้บริการก็ย่อมจะได้เห็นการเอา เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง มาช่วยในการล้างรถ ซึ่งมันทำให้การล้างรถสะดวกรวดเร็วและสะอาดขึ้น สามารถซอกซอนไปในซอกเล็กร่องน้อยที่มือคนเข้าไม่ถึงได้อย่างสะดวก ทำให้รถสะอาดมากขึ้น และทำงานเสร็จได้เร็วมากยิ่งขึ้น

แต่เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง ไม่ได้เป็นเครื่องใช้ที่เหมาะสมสำหรับคาร์แคร์เพียงอย่างเดียว มันเป็นเครื่องมือทำความสะอาดที่สามารถใช้งานได้หลากหลายแบบ มีประสิทธิภาพในการซอกซอนทำความสะอาดได้เป็นอย่างดี ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจึงสามารถนำมาใช้ในงานล้างเครื่องปรับอากาศได้



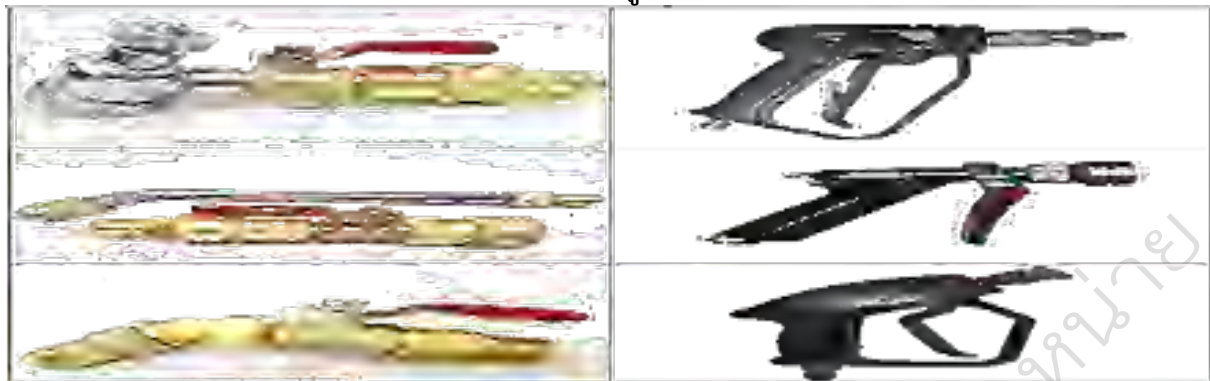
ภาพที่ 114 ตัวอย่างเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง แบบแรงดันคงที่



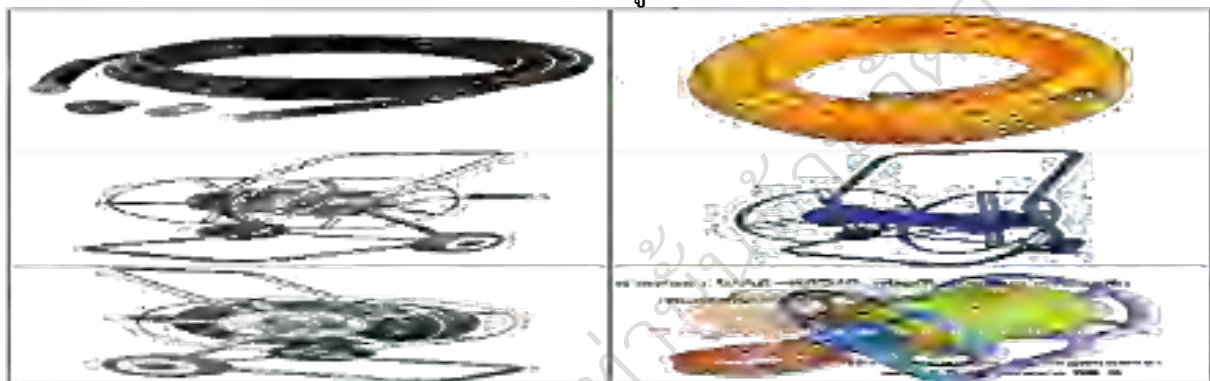
ภาพที่ 115 ตัวอย่างเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง แบบปรับแรงดัน

10. เครื่องมือเสริมอื่นๆ สำหรับเครื่องฉีดย้ำแรงดันสูง

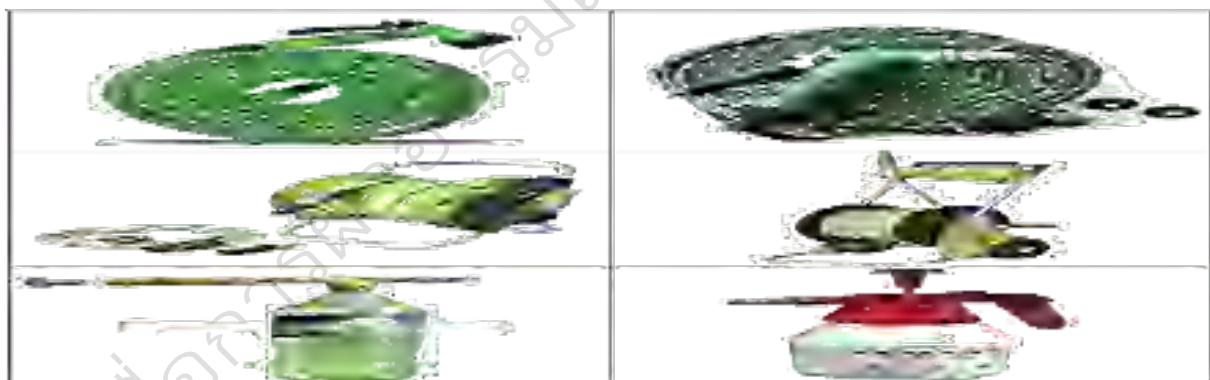
ตารางที่ 21 ตารางหัวฉีดย้ำแรงดันสูง สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ



ตารางที่ 22 ตารางสายฉีดย้ำแรงดันสูง สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ



ตารางที่ 23 ตารางสายยางจ่ายน้ำและที่พ่นยา สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ



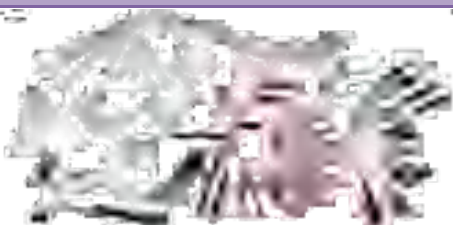
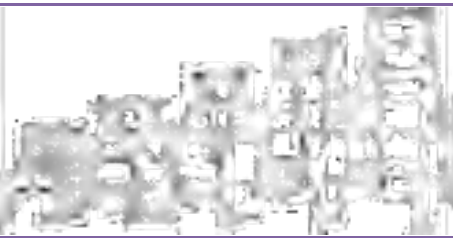
ตารางที่ 24 ตารางข้อต่อจ่ายน้ำ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ



4.3 เครื่องมือบริการงานเครื่องปรับอากาศ

1. เครื่องมือบริการงานล้างเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 25 ตารางเครื่องมืองานล้างเครื่องปรับอากาศ

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ชุดเครื่องมือพื้นฐานงานช่าง เครื่องปรับอากาศ
	บันไดอลูมิเนียม
	เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	สายและหัวฉีดน้ำแรงดันสูง สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	สายยางจ่ายน้ำ
	ข้อต่อจ่ายน้ำ

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ที่พ่นน้ำยาล้างเครื่องปรับอากาศ
	ถังน้ำ จำนวน 2 ใบ
	ผ้าใบล้างแอร์ แบบต่างๆ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	ผ้าใบปูพื้น สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	สว่านมือไฟฟ้า แบบไร้สาย
	เครื่องมือเป่าลม หรือโบลเวอร์เป่าลม
	มัลติมิเตอร์ แบบเข็ม

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	แคลมป์ออนมิเตอร์แบบดิจิตอล
	เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิและความชื้น อากาศแบบดิจิตอล
	มิเตอร์ วัดความเร็วลมแบบดิจิตอล
	ไขควงวัดไฟ
	แมนิโฟลด์เกจหรือเกจวัดแรงดันน้ำยาแอร์ (r 22 ,r 410a ,r 32 ,r 134a)
	หวีฟิลคอยล์ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	ไฟฉายแบบพกพา

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	น้ำยาล้าง ฟินคอยล์ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	สารทำความเย็น (ถัง) สำหรับเครื่องปรับอากาศแต่ละชนิด
	น้ำมันอเนกประสงค์ชนิดต่างๆ
	น้ำยาล้างหน้าสัมผัสทางไฟฟ้า
	ผ้าแห้งซับน้ำ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	โบลักไฟ จำนวน 2 ชุด
	เซฟตี้ชาร์จวาล์ว ทองเหลือง สำหรับดันสครน้ยาแอร์ r 22

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	เซฟตี้ชาร์จวาล์ว ท่องเหลือง สำหรับดันสตรน่ายาแอร์ r 32 ,r 410a

2. เครื่องมือบริการงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 26 ตารางเครื่องมืองานติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ชุดเครื่องมือพื้นฐานงานช่าง เครื่องปรับอากาศ
	บันไดอลูมิเนียม
	ชุดไขควง
	ค้อนเดินสายไฟ
	ชุดประแจหกเหลี่ยม

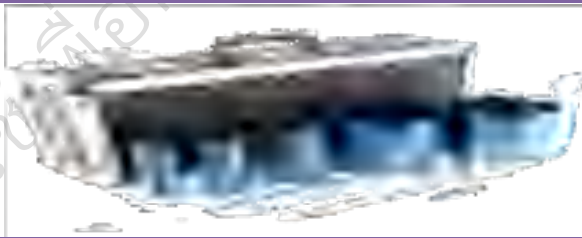
คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ชุดคีมช่างไฟฟ้า ประเภทต่างๆ
	คีมย้าหางปลา
	มีดคัตเตอร์ช่างไฟฟ้า
	คัตเตอร์ตัดท่อ pVc
	ชุดเลื่อยตัดรางครอบท่อแอร์/รางเดินไฟ ตัดได้ทั้ง 45 องศา , 22.5 องศา , 90 องศา
	ชุดประแจทอร์ค หรือประแจปอนด์ ปากตาย
	ประแจเลื่อน

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	เลื่อยตัดเหล็ก
	ชุดเลื่อยหางหนู
	ตลับเมตร
	ระดับน้ำ
	ชุดเหล็กนำศูนย์
	ไฟฉายคาดศีรษะ
	โบลักไฟ จำนวน 2 ชุด

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	เครื่องดูดฝุ่นอุตสาหกรรม
	ชุดสว่านมือไฟฟ้า แบบโรตารี
	ชุดสว่านมือไฟฟ้า
	ชุดดอกสว่านมือไฟฟ้า แบบโรตารี
	ชุดไขควงและดอกสว่านมือไฟฟ้า
	ชุดกระบอกเจาะปูนหัวเพชร
	ชุดดอกสว่านไฮสคอร์เจาะไม้และเหล็ก

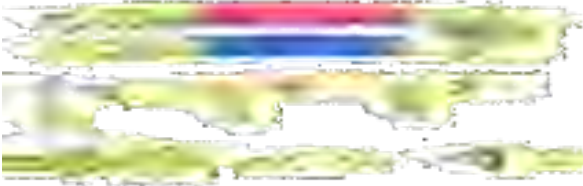
คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ชุดดอกสว่านไฮลอร์เจาะกระเบื้องและ กระจก
	ชุดดอกสว่านไฮลอร์เจาะพลาสติก
	คัตเตอร์ท่อทองแดงขนาดใหญ่และเล็ก
	ชุดเครื่องมือบานพับท่อทองแดง
	แมนิโฟลด์เกจหรือเกจวัดแรงดันน้ำยาแอร์ (r 22 ,r 410a ,r 32 ,r 134a)
	เครื่องทำสุญญากาศ หรือแวคคัมปั้ม
	ชุดเครื่องมือแบ่งขยายท่อทองแดง

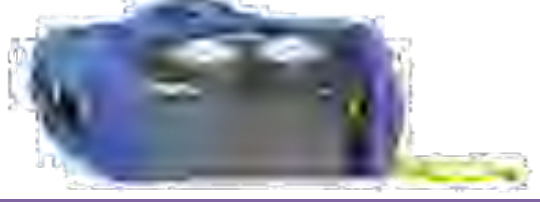
คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ชุดเครื่องมือตัดต่อทองแดง
	ชุดเชื่อมแก๊สขนาดเล็ก
	ชุดตรวจรั่วไนโตรเจน
	เกจทดสอบ ความดันไนโตรเจน
	สายชาร์จน้ำยาแอร์ เปิด-ปิดเร็ว
	เซฟตี้ชาร์จวาล์ว ทองเหลือง สำหรับดันสครนน้ำยาแอร์ r 22
	เซฟตี้ชาร์จวาล์ว ทองเหลือง สำหรับดันสครนน้ำยาแอร์ r 32 ,r 410a

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

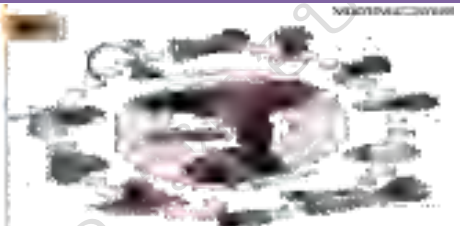
รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ข้อต่อ น้ำยา r 22 to r 410a/r 32 (1/4 x 5/16)
	สารทำความเย็น (ถัง) สำหรับเครื่องปรับอากาศแต่ละชนิด
	มัลติมิเตอร์แบบเข็ม
	แคลมป์ออนมิเตอร์แบบดิจิตอล
	เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิและความชื้น อากาศแบบดิจิตอล
	มิเตอร์ วัดความเร็วลมแบบดิจิตอล
	ดิจิตอลไมครอนเกจ หรือ แวกคัมเกจ

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	เครื่องซังสารทำความเย็น
	เครื่องดูดเก็บสารทำความเย็น
	ชุดตรวจรั่วสารทำความเย็น ด้วยแสง uV

3. เครื่องมือเสริมพิเศษ

ตารางที่ 27 ตารางเครื่องมือเสริมพิเศษ

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	สว่านอเนกประสงค์
	กล่องเก็บเครื่องมืออเนกประสงค์
	กระเป๋าใส่เครื่องมือช่าง

4.4 หลักการการเดินสายไฟฟ้าภายในอาคาร

1. คุณสมบัติของสายไฟฟ้า (Cable) ตัวนำแท่ง (bus bar)

1.1 สายไฟฟ้า (Cable)

มาตรฐานสายไฟฟ้ามีผลบังคับตามกฎหมายวันที่ 1 สิงหาคม 2556 ซึ่งเป็นมาตรฐานใหม่ที่สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดขึ้น โดยกำหนดโรงงานที่ผลิตสายไฟจะต้องผลิตตามมาตรฐาน มอก.11-2553 ใหม่ (เดิม เป็น มอก.11-2531) โดยมีเนื้อหารายละเอียดดังนี้

1. มาตรฐาน มอก.11-2553 ว่าด้วยสายตัวนำทองแดงที่หุ้มฉนวน พีวีซี ที่มีแรงดันไม่เกิน 450/750V หรือสายไฟสำหรับแรงต่ำ ซึ่งมีทั้งแบบมีเปลือก เช่น Nyy, Vct, VaF และไม่มีเปลือก เช่น thw และทั้งแบบสายตัวนำเป็นสายฝอยและแบบตัวนำตีเกลียว

2. มาตรฐานอ้างอิงมาตรฐานสายไฟมาจาก iec standards

3. สีของฉนวนสายไฟจะกำหนดใหม่โดยเรียงจาก เฟส a, b, c, N, g ดังนี้ น้ำตาล ดำ เทา ฟ้า เขียวแถบเหลือง ตามมาตรฐาน iec รายละเอียดดังนี้

- สายแกนเดี่ยวขนาดตั้งแต่ 16 ตร.มม.ขึ้นไป ไม่กำหนดสี
- สาย 2 แกน สีฟ้า และน้ำตาล
- สาย 3 แกน สีเขียวแถบเหลือง ฟ้า น้ำตาล หรือ น้ำตาล ดำ เทา
- สาย 4 แกน สีเขียวแถบเหลือง น้ำตาลดำ เทา หรือ ฟ้า น้ำตาล ดำ เทา
- สาย 5 แกน สีเขียวแถบเหลือง ฟ้า น้ำตาล ดำ เทา

มาตรฐานสีของฉนวนสายไฟฟ้า

- เฟส a ฉนวนสีน้ำตาล
- เฟส b ฉนวนสีดำ
- เฟส c ฉนวนสีเทา
- สายนิวทรัล (N) ฉนวนสีฟ้า
- สายดิน (g) ฉนวนสีเขียวหรือเขียวแถบเหลือง



ภาพที่ 116 สีของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า

4. มีการเปลี่ยนชื่อสายบางชนิด เช่น thw เป็นสาย iec 01 แต่ผู้ผลิตจะระบุชื่อเดิมไว้ให้ เช่น iec 01 (thw) แต่สายที่อยู่ในกลุ่มพวกสายอ่อนที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนชื่อ

5. สายที่นิยมใช้ในบ้าน เช่น Nyy, Vct, VaF ยังคงใช้ตามมาตรฐานเดิมไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะมีสายบางขนาดหายไป และบางขนาดที่เปลี่ยนแปลง เช่น

- สาย Nyy ที่เป็นสาย 3c, 4c ขนาดเล็กกว่า 50 ตร.มม. จะไม่มีให้ไปใช้สาย ชื่อใหม่แทน คือ iec 10 (Nyy) แทน
- Vct ที่เป็นสาย 3c, 4c ขนาดเล็กกว่า 4 ตร.มม. จะไม่มีให้ไปใช้สาย ชื่อใหม่แทน คือ iec 53 (Vct) แทน
- หากจะใช้สาย Nyy หรือ Vct ที่เป็น 3c/g หรือ 4c/g ที่มีขนาดเล็กกว่า 25 ตร.มม. จะต้องใช้สาย 4c และ 5c ตามลำดับคือสาย ground จะมีขนาดเท่ากับสายเฟส
- สาย VaF ที่ใช้เดินตึกกับเกาะผนังตามบ้าน ของเดิมให้ใช้ที่แรงดันไม่เกิน 300V ของใหม่กำหนดใช้ได้ถึง 500V หมายถึงให้ใช้ได้กับไฟฟ้า 3 เฟสได้
- สาย iec 01 หรือ thw เดิมจะมีขนาดตั้งแต่ 1.5-400 ตร.มม. สายที่เล็กกว่า 1.5 จะให้ไปใช้สายชื่อใหม่ คือ iec 05 (iv) ซึ่งก็คือสาย iv เดิม

การกำหนด รหัสชนิด ขนาดและแรงดันของสาย

มาตรฐานมีการแบ่งชนิดของสายไฟฟ้าจะเลียบแบบมาตรฐาน iec 60227 เรียกว่ารหัสชนิด การกำหนดรหัสชนิดจะใช้หมายเลข 2 ตัว ตามหลังมาตรฐานอ้างอิง iec

- หมายเลขแรก เป็นการระบุชั้นพื้นฐานของสายไฟฟ้า
- หมายเลขที่สองเป็นการระบุแบบเฉพาะที่อยู่ในชั้นพื้นฐานของสายไฟฟ้านั้นขนาดของสายไฟฟ้าตามมาตรฐานใหม่

- สำหรับแรงดันใช้งานนั้นแม้ในมาตรฐานจะกำหนดพิกัดแรงดันของสายไฟฟ้าไว้ไม่เกิน 450/750 โวลต์ ก็ตาม แต่ในรายละเอียดของสายไฟฟ้าแต่ละชนิดอาจมีแรงดันใช้งานต่ำกว่าได้รหัสชนิดของสายเป็นดังนี้

- หมายเลขแรกเป็น 0 หมายถึง สายไฟฟ้าไม่มีเปลือก สำหรับงานติดตั้งถาวร แบ่งย่อยเป็น 6 ชนิดคือ
 - 1) 01 หมายถึง สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก แบบตัวนำ สายแข็ง (rigid) สำหรับงานทั่วไป อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียสกำหนดรหัสชนิดเป็น 60227 iec 01 มีขนาดตั้งแต่ 1.5 ตร.มม. จนถึง 400 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์
 - 2) 02 หมายถึง สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก แบบตัวนำ สายอ่อน (flexible conductor) สำหรับงานทั่วไป อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 02 มีขนาดตั้งแต่ 1.5 ตร.มม. จนถึง 240 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์
 - 3) 05 หมายถึง สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก แบบตัวนำ เส้นเดี่ยว สำหรับงานเดินสายไฟฟ้าภายใน อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 05 มีใช้งานเพียง 3 ขนาดคือ 0.5, 0.75 และ 1.0 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์

- 4) 06 หมายถึง สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก แบบตัวนำ สายอ่อน สำหรับงานเดินสายไฟฟ้าภายใน อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 06 มีใช้งานเพียง 3 ขนาดคือ 0.5, 0.75 และ 1.0 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์
- 5) 07 หมายถึง สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก แบบตัวนำ เส้นเดี่ยว สำหรับงานเดินสายไฟฟ้าภายใน อุณหภูมิของตัวนำ 90 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 07 มีใช้งาน 5 ขนาดคือ 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.5 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์
- 6) 08 หมายถึง สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก แบบตัวนำ สายอ่อน สำหรับงานเดินสายไฟฟ้าภายใน อุณหภูมิของตัวนำ 90 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 08 มีใช้งาน 5 ขนาดคือ 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.5 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์
- หมายเลขแรกเป็น 1 หมายถึง สายไฟฟ้ามีเปลือกสำหรับงานติดตั้งถาวรมี 1 ชนิดคือ
 - 1) 10 หมายถึง สายไฟฟ้ามีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์เบา อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสชนิดเป็น 60227 iec 10 เป็นสายชนิดหลายแกน มีตั้งแต่ 2 ถึง 5 แกนมีขนาด 1.5 ตร.มม. ถึง 35 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์
- หมายเลขแรกเป็น 4 หมายถึง สายไฟฟ้าอ่อนไม่มีเปลือกสำหรับงานเบา 2 ชนิดคือ
 - 1) 41 หมายถึง สายทึนเซลแบน อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 41 เป็นสายชนิด 2 แกนมีขนาดเดียวคือ 0.8 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/300 โวลต์
 - 2) 43 หมายถึง สายอ่อนสำหรับไฟประดับตกแต่งภายใน อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 43 เป็นสายชนิดแกนเดี่ยว มี 2 ขนาด คือ 0.5 และ 0.75 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/300 โวลต์
- หมายเลขแรกเป็น 5 หมายถึง สายไฟฟ้าอ่อนมีเปลือกสำหรับการใช้งานปกติ 4 ชนิดคือ
 - 1) 52 หมายถึง สายอ่อนมีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์เบา อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 52 เป็นสายชนิด 2 และ 3 แกน มี 2 ขนาด คือ 0.5 และ 0.75 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/300 โวลต์
 - 2) 53 หมายถึง สายอ่อนมีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์ธรรมดา อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 53 เป็นสายชนิดหลายแกน มีตั้งแต่ 2 ถึง 5 แกน มี 4 ขนาดคือ 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.5 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์
 - 3) 56 หมายถึง สายอ่อนมีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์เบา ทนความร้อน อุณหภูมิของตัวนำ 90 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 56 เป็นสายชนิด 2 และ 3 แกน มี 2 ขนาด คือ 0.5 และ 0.75 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/300 โวลต์
 - 4) 57 หมายถึง สายอ่อนมีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์ธรรมดา ทนความร้อน อุณหภูมิของตัวนำ 90 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น 60227 iec 57 เป็นสายชนิดหลายแกน มีตั้งแต่ 2 ถึง 5 แกน มี 4 ขนาดคือ 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.5 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์

สายไฟฟ้าตามมาตรฐาน มอก.112553 (มาตรฐานฉบับใหม่) และใช้สำหรับการติดตั้งไฟฟ้าภายในบ้านดังนี้

1. สาย VaF

เป็นสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนและเปลือกอุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสชนิดเป็น VaF ชนิดสายแบน มีทั้งชนิด 2 แกน และ 2 แกนมีสายดิน ขนาดตั้งแต่ 1.0 ตร.มม. ถึง 16 ตร.มม. สายดินมีขนาดเท่ากับสายเส้นไฟ แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์ แสดงดังภาพที่ 117



ภาพที่ 117 ตัวอย่างสายไฟฟ้า VAF

2. สายไฟฟ้า 60227 iec 01 (สายไฟฟ้า thw)

สายไฟฟ้า 60227 iec 01 thw เป็นสายไฟฟ้าแรงดันต่ำตามมาตรฐาน มอก. 11 เล่ม 3-2553 เป็นสายไฟฟ้าชั้นพื้นฐานและนิยมใช้งานเป็นสายส่งกำลังไฟฟ้าทั่วไปใช้ในอาคารทั่วไปและในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้วงจรไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อให้รองรับแรงดันไฟฟ้าได้ถึง 750 โวลต์ และสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทั้งนี้สายไฟฟ้า 60227 iec 01 (thw) จะมีลักษณะเป็นสายเดี่ยวเพื่อใช้เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าแบบเดินร้อยท่อ หรือเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิดและเป็นสถานที่ที่แห้ง สายไฟฟ้า 60227 iec 01 (thw) แสดงดังภาพที่ 118



ภาพที่ 118 ตัวอย่างสายไฟฟ้า 60227 IEC 01 (t HW)

3. สายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) และสายไฟฟ้า เอ็นวายวาย (สายไฟฟ้า Nyy)

สายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) (มาตรฐาน มอก. 11 เล่ม 4-2553) และสายไฟฟ้า Nyy (มาตรฐาน มอก. 11 เล่ม 101-2553) เป็นสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

สายไฟฟ้าทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกัน ประกอบด้วยตัวนำทองแดงหุ้มด้วยฉนวนพีวีซี เหมือนกับสาย 60227 iec 01 (thw) แต่มีเปลือกฉนวนพีวีซีหุ้มเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชั้นสำหรับสายแกนเดี่ยว และมีเปลือกฉนวนพีวีซีหุ้มเพิ่มขึ้นอีกสองชั้นสำหรับสายหลายแกน ใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) และสายไฟฟ้า Nyy สามารถรวมสายไฟฟ้าให้เป็นสายหลายแกนได้ และเพิ่มแกนสายดินเข้าไปในสายได้ ทำให้มีความสะดวกและเรียบร้อยในการเดินสายไฟฟ้า สาย Nyy มีชนิด 2 แกน ชนิด 3 แกน ชนิด 4 แกน และชนิดหลายแกนมีสายดิน แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์

สายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) ใช้กับระดับแรงดัน 500 โวลต์ มีจำนวนแกน 2-5 แกน

พื้นที่หน้าตัด

ตัวนำ 1.5–35 ตร.มม. ใช้งานเดินลอย เดินในช่องเดินสายหรือบนรางสายไฟ แต่ไม่สามารถใช้ในการฝังดินโดยตรงหรือร้อยท่อฝังดินได้ สายไฟฟ้า Nyy สามารถใช้งานได้ถึงระดับแรงดัน 750 โวลต์ มีทั้งแบบแกนเดียว และแบบจำนวนแกน 2-5 แกน สาย Nyy แกนเดียวมีขนาดพื้นที่หน้าตัดตั้งแต่ 1-500 ตร.มม. และสาย Nyy หลายแกนมีขนาดพื้นที่หน้าตัด 50-300 ตร.มม. เหมาะสำหรับใช้งานเดินลอย เดินในช่องเดินสายหรือบนรางสายไฟ และใช้ในการฝังดินโดยตรงหรือร้อยท่อฝังดินได้ โดยเปลือกฉนวนที่หุ้มเพิ่มขึ้นทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพสายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) และสาย Nyy แสดงดังภาพที่ 119



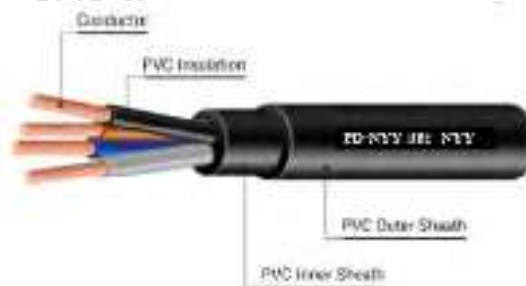
ก. สายไฟฟ้า Nyy แบบแกนเดียว



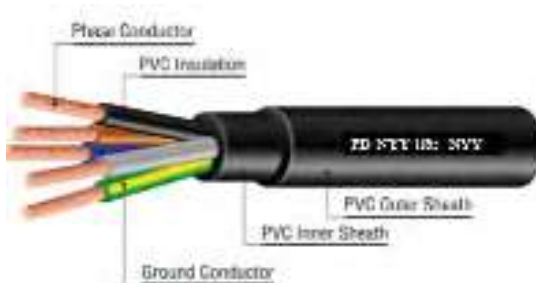
ข. สายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) และสายไฟฟ้า Nyy แบบ 2 แกน



ค. สายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) และสายไฟฟ้า Nyy แบบ 3 แกน



ง. สายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) และสายไฟฟ้า Nyy แบบ 4 แกน



จ. สายไฟฟ้า 60227 iec 10 (pd-Nyy) และสายไฟฟ้า Nyy แบบ 4 แกนและมีสายดิน

ภาพที่ 119 ตัวอย่างสายไฟฟ้า 60227 IEC 10 (PdMyy) และสาย nyy

4. สายไฟฟ้า วีซีที (สายไฟฟ้า Vct)

สายไฟฟ้า Vct เป็นสายไฟฟ้าแรงดันต่ำตามมาตรฐาน มอก. 11 เล่ม 101-2553 ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 450/750 โวลต์ ฉนวนพียูที่ใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีชนิดแกนเดี่ยว 2 แกน 3 แกน และ 4 แกน และหลายแกนมีสายดินทั้งนี้ สายไฟฟ้า Vct ตั้งแต่ขนาด 4 ตร.มม. ถึง 35 ตร.มม. มีลักษณะเป็นสายกลมซึ่งหุ้มด้วยฉนวนและเปลือกนอกพียูวีซี สายไฟฟ้า Vct มีข้อพิเศษจากการที่ตัวนำที่ประกอบด้วยสายทองแดงฝอยเส้นเล็ก ทำให้มีความยืดหยุ่นและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้เป็นอย่างดี จึงมีความเหมาะสมในการใช้งานเป็นสายส่งกำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่มีการสั่นสะเทือนระหว่างการทำงานของเครื่องจักร สายไฟฟ้า Vct แสดงดังภาพที่ 120



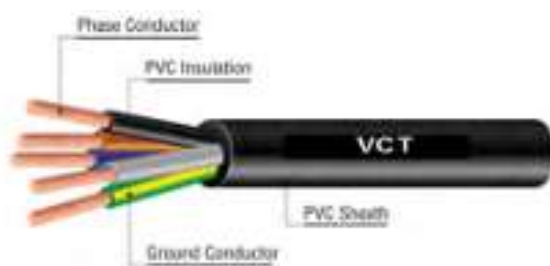
ก. สายไฟฟ้า Vct แบบแกนเดี่ยว

ข. สายไฟฟ้า Vct แบบ 2 แกน



ค. สายไฟฟ้า Vct แบบ 3 แกน

ง. สายไฟฟ้า Vct แบบ 4 แกน



จ. สายไฟฟ้า Vct แบบ 4 แกนและมีสายดิน

ภาพที่ 120 ตัวอย่างสายไฟฟ้า VCT

5. สายไฟฟ้าซีวี (สายไฟฟ้า cV)

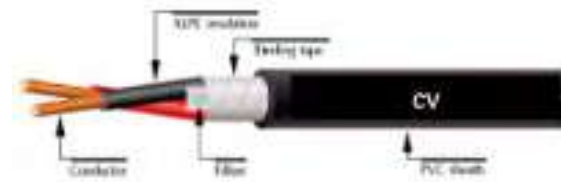
สายไฟฟ้า cV เป็นสายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐาน iec 60502-1 (มาตรฐานยุโรป) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสายไฟฟ้า Nyy แต่มีข้อแตกต่างจากการที่มีฉนวนชั้นในทำจากสาร cross-linked polyethylene (XLpe) ทำให้สายทองแดงในสายไฟฟ้าสามารถจัดส่งกระแสไฟฟ้าได้จนถึงอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่าสาย Nyy สายไฟฟ้า cV แสดงดังภาพที่ 121



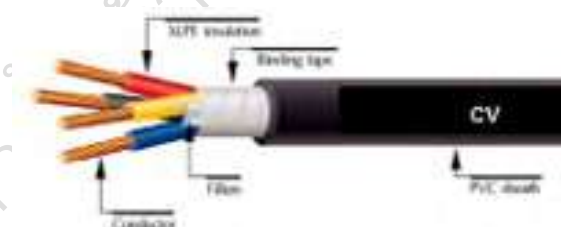
ก. สายไฟฟ้า cV แบบแกนเดียว



ค. สายไฟฟ้า cV แบบ 3 แกน



ข. สายไฟฟ้า cV แบบ 2 แกน



ง. สายไฟฟ้า cV แบบ 4 แกน

ภาพที่ 121 ตัวอย่างสายไฟฟ้า CV

1.2 ตัวนำแท่ง (bus bar)

แผงสวิตช์จ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าภายในอาคารจะต้องสามารถรับและจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ปริมาณมาก กระแสไฟฟ้าปริมาณมากจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic Force) ขึ้นอย่างมหาศาล บัสบาร์ จะต้องสามารถทนต่อแรงเหล่านี้ได้ ดังนั้นโลหะที่จะใช้เป็นบัสบาร์จะต้องมีคุณสมบัติ ทางไฟฟ้าทางกลที่ดี และสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิที่กำหนดให้การใช้งานบัสบาร์แสดงดังภาพที่ 122



ภาพที่ 122 ตัวอย่างการใช้งานบัสบาร์

คุณสมบัติของโลหะที่จะนำมาใช้เป็นบัสบาร์

1. มีความต้านทานต่ำ
2. ความแข็งแรงทางกลสูงในด้านแรงดึง แรงอัดและแรงฉีก
3. ความต้านทานต่อ Fatigue Failure สูง
4. ความต้านทานของ surface Film ต่ำ
5. การตัดต่อหรือตัด ทำได้สะดวก
6. ความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง

เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติ พบว่าทองแดงเป็นโลหะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เป็นบัสบาร์ และอลูมิเนียมเป็นโลหะที่เหมาะสมถัดไป ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำบัสบาร์มี 2 ชนิด ได้แก่ ทองแดงและอลูมิเนียม โดยขึ้นรูปเป็นแบบแผ่นแบน(Flat) เนื่องจากมีพื้นที่ในการยึดติดง่ายและสามารถโค้งงอเข้าอุปกรณ์ต่างๆได้ง่าย และระบายความร้อนได้ดี บัสบาร์มี 2 ประเภทคือ บัสบาร์แบบเปลือย และแบบหุ้มฉนวนหรือทาสี แสดงดังรูปที่ 123



ก. บัสบาร์แบบเปลือย



ข. บัสบาร์ทองแดงหุ้มฉนวนชนิดให้ตัวได้สูง

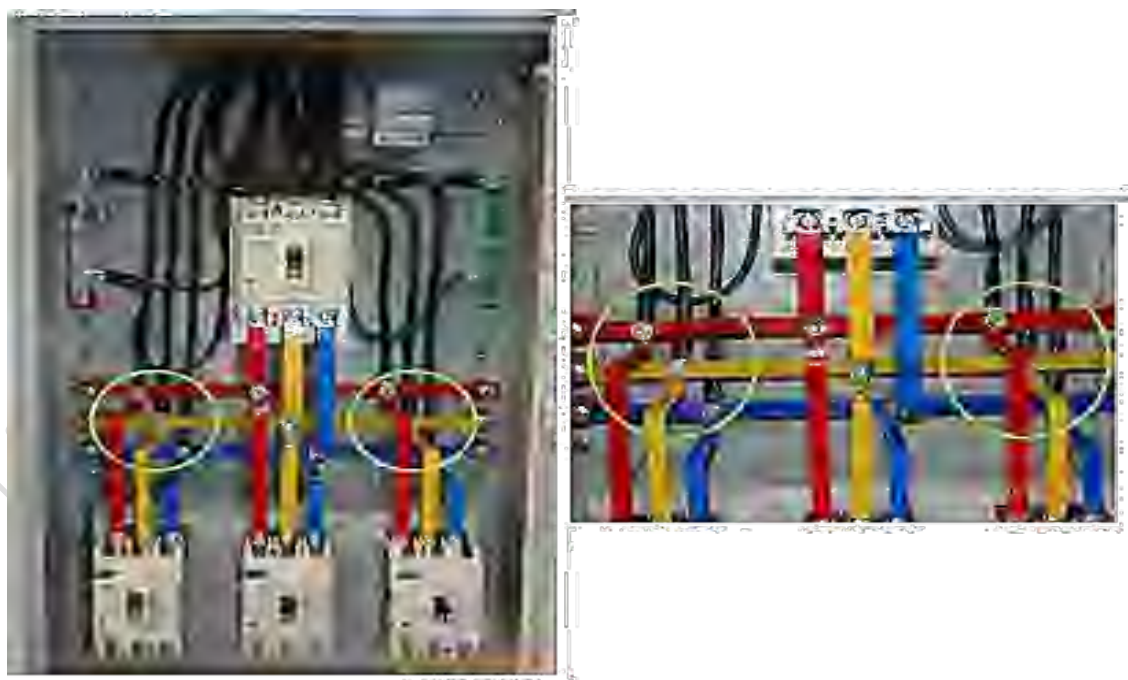
ภาพที่ 123 ตัวอย่างบัสบาร์

วิธีการต่อของบัสบาร์

ตัวนำที่นำมาต่อกันจะต้องมีความแข็งแรงทางกล และมีความต้านทานที่จุดต่อต่ำๆ และต้องคงค่าความต้านทาน ให้ต่ำตลอดอายุการใช้งานของจุดต่อ การต่อที่มีประสิทธิภาพของบัสบาร์ทองแดง สามารถทำได้โดย

- การใช้น็อต (bolting) เป็นวิธีที่กระชับและเชื่อถือได้ แต่มีข้อเสียคือต้องเจาะรูลงไปบนบาร์เพื่อใส่น็อต จะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนในเส้นทางการนำกระแส จุดต่อแบบนี้จะทำให้เกิดแรงที่จุดสัมผัสไม่สม่ำเสมอมากกว่าการใช้แผ่นจับยึด
- การใช้ตัวจับยึด (clamping) สามารถทำได้ง่ายโดยพื้นที่หน้าตัดไม่เสียหาย มวลที่เพิ่มขึ้นจะช่วยในการระบายความร้อนที่จุดต่อ และการออกแบบตัวจับยึดที่ดีจะทำให้เกิดแรงแบบสม่ำเสมอที่จุดสัมผัส ข้อดีอื่นๆ คือง่ายต่อการติดตั้งส่วนข้อเสียคือราคาแพง
- การใช้หมุดยึด (riveting) มีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสียคือถอดหรือทำให้แน่นได้ยาก และการติดตั้งทำไม่สะดวก
- การบัดกรี (soldering) มีใช้น้อยมากสำหรับบัสบาร์ นอกจากต้องเสริมด้วยน็อตหรือตัวจับยึด เนื่องจากความร้อนจากการ ลัดวงจรจะทำให้เกิดสภาพทางไฟฟ้าและทางกลไม่ดี
- จุดต่อด้วยการเชื่อมบัสบาร์ทองแดง มีข้อดีคือ ความสามารถในการนำกระแสไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากจุดต่อเป็นตัวนำทองแดงอย่างต่อเนื่อง

หมายเหตุ : คุณลักษณะที่ดีของลวดทองแดงแท่งและทองแดงเส้นสเปคในการตรวจสอบต่างๆ และข้อกำหนดของทองแดงแท่งและทองแดงเส้นที่กล่าวไว้ข้างต้น อ้างอิงได้จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 408-2525) หรืออ้างอิงได้จากมาตรฐานของ Japanese industrail standard (Jis)



ภาพที่ 124 ตัวอย่างตู้เมนไฟฟ้า

2. การอ่านแบบไฟฟ้าภายในอาคาร

เมื่อช่างไฟฟ้าได้รับแบบมา เพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างถูกต้องช่างไฟฟ้าจะต้องมีการตรวจสอบแบบให้เข้าใจก่อน โดยอาจจะใช้ปากกาสีในการทำสัญลักษณ์ เช่น ใช้สีน้ำเงินหรือสีเขียวในการกำหนดจุดที่เข้าใจหรือถูกต้องแล้ว ส่วนจุดหรือสัญลักษณ์ที่ไม่เข้าใจให้ใช้ปากกาสีแดง เพื่อนำเอาแบบไปขอรับคำปรึกษากับผู้ออกแบบ เขียนแบบหรือผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป และหากมีจุด สัญลักษณ์หรือข้อมูลอ้างอิงที่ต้องการรายละเอียดเพิ่มเติมก็ใช้ปากกาสีแดงในการกำหนดรายละเอียด ทั้งนี้เพื่อให้การทำงานของช่างไฟฟ้ามีความถูกต้องตามแบบกำหนด การอ่านสัญลักษณ์โดยปกติจะอธิบายไว้ในส่วนหน้าของแบบไฟฟ้า ซึ่งจะใช้ตามมาตรฐานสากล si

2.1 การอ่านแบบไฟฟ้าตามมาตรฐานสากล SI

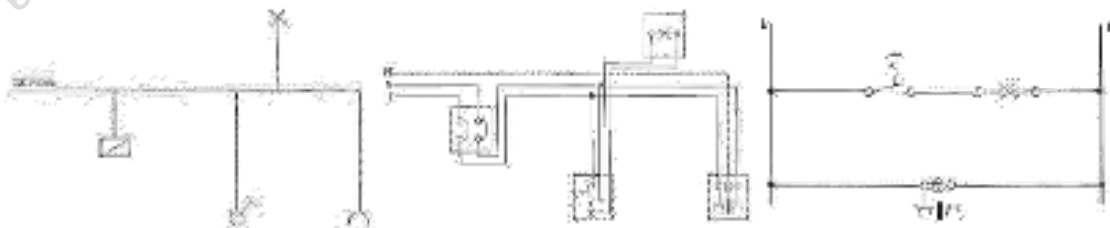
การอ่านแบบจะต้องตรวจสอบแบบให้เข้าใจ วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน ทำตามลำดับขั้นของข้อกำหนดในแบบ และต้องทำการตรวจสอบอย่างรอบคอบ โดยรายละเอียด การตรวจสอบมีดังนี้

1. การกำหนดให้ใช้ผลิตภัณฑ์
2. เข้าใจขั้นตอนในการออกแบบ
3. ข้อมูลในแบบต้องชัดเจน
4. คำย่อต่างๆ ต้องมีคำอธิบายที่ชัดเจน
5. ขนาดที่ถูกต้องในแบบและงานจริง
6. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานอื่นๆ เช่น งานโครงสร้าง ระบบประปา หรือระบบดับเพลิง
7. พื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์
8. ขนาดและท่อร้อยสายไฟฟ้าต้องตรงกับตาราง
9. ขนาดสายไฟฟ้า
10. ขนาดท่อร้อยสายไฟฟ้าและช่องเดินสายต่างๆ
11. มาตรฐาน
12. ชื่อแบบและหมายเลขถูกต้อง
13. การอ้างอิงและแบบอ้างอิงถูกต้อง

2.2 การเขียนแบบไฟฟ้าตามมาตรฐานสากล SI

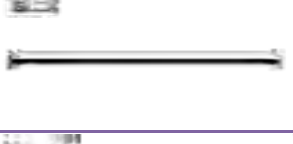
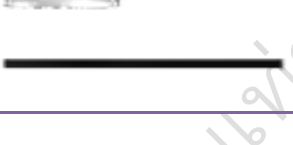
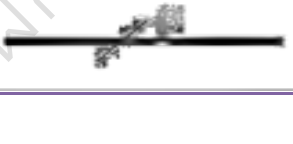
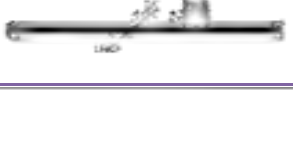
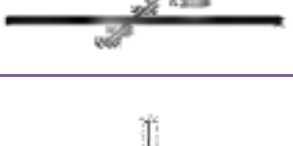
การเขียนแบบไฟฟ้าจำเป็นต้องเขียนในรูปสัญลักษณ์ เพราะการเขียนแบบรูปงานจริงทำได้ยากและเสียเวลามาก โดยแบบงานไฟฟ้าจะเป็นแบบที่เขียนสัญลักษณ์แทนอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด โดยทั่วไปการเขียนแบบมี 3 ลักษณะ คือ

1. แบบงานติดตั้ง (one line diagram) เป็นแบบที่บอกตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์
2. แบบงานสำเร็จ (wiring diagram) เป็นแบบที่แสดงการต่อเชื่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัว
3. แบบงานควบคุม (schematic diagram) เป็นแบบที่แสดงการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

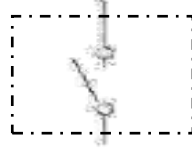
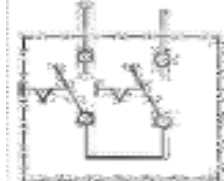
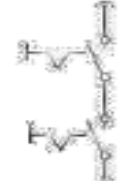


ภาพที่ 125 ตัวอย่างแบบไฟฟ้าทั้ง 3 แบบ

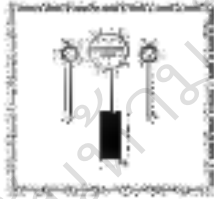
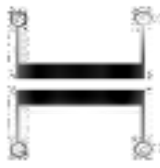
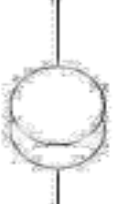
ตารางที่ 28 ตารางสัญลักษณ์ไฟฟ้าตามแบบมาตรฐานสากลระบบ SI เฉพาะใช้งานติดตั้งไฟฟ้าภายในอาคาร

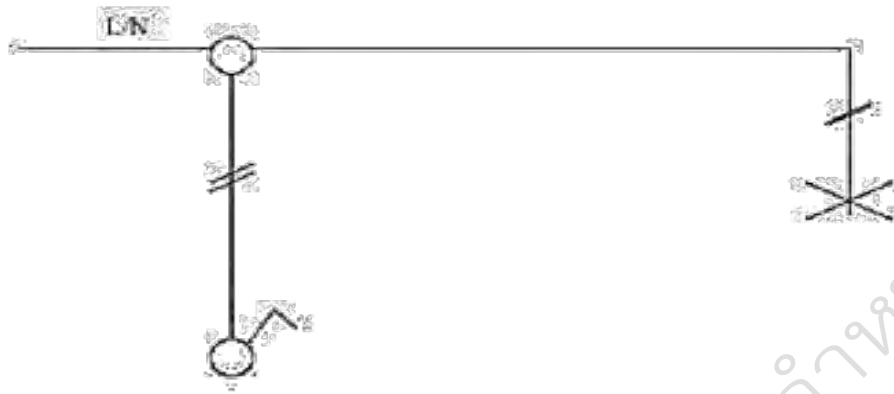
ชื่ออุปกรณ์	งานติดตั้ง	งานสำเร็จ	งานควบคุม
สายไลน์ (Line : L)			
สายนิวตรอน (Neutral : N)			
สายป้องกัน (protection earth : pe)			
สายไลน์และนิวตรอน (L/N)			
สายไลน์ นิวตรอน และสายป้องกัน (L/N/pe)			
จำนวนสาย 2 เส้น			
จำนวนสาย 3 เส้นแทนด้วยตัวเลขจำนวนเส้น			
จำนวนสาย 4 เส้นแทนด้วยตัวเลขจำนวนเส้น			
จำนวนสายหลายเส้นแทนด้วยตัวเลขจำนวนเส้น			
สวิตช์โยก			

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

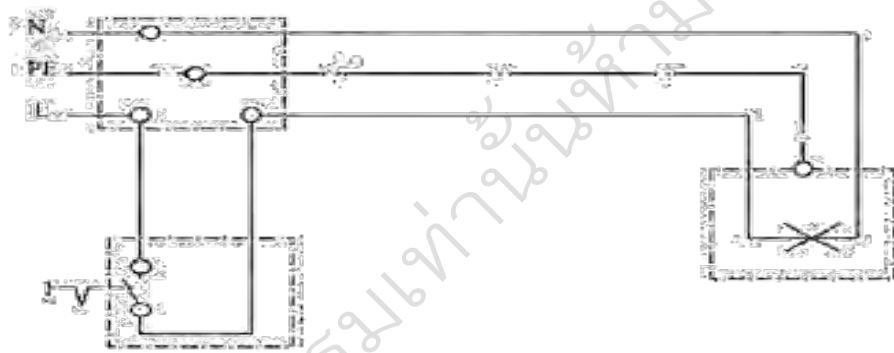
ชื่ออุปกรณ์	งานติดตั้ง	งานสำเร็จ	งานควบคุม
คอนแทคปกติเปิด			
คอนแทคปกติปิด			
สวิตช์ปุ่มกดปกติเปิด			
สวิตช์ปุ่มกดปกติปิด			
สวิตช์คันโยกอันดับ			
สวิตช์บันได			
หลอดไฟฟ้าแบบไส้			

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

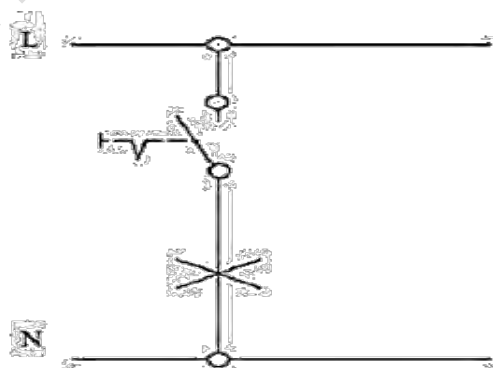
ชื่ออุปกรณ์	งานติดตั้ง	งานสำเร็จ	งานควบคุม
หลอดไฟฟ้าแบบสัญญาณ			
หลอดฟลูออเรสเซนต์			
ปลั๊ก			
กิโลวัตต์ฮาวมิเตอร์			
หม้อแปลงไฟฟ้า			
ฟิวส์			
เซอร์กิตเบรกเกอร์ (cb)			



ก. การเขียนวงจรแบบงานติดตั้ง

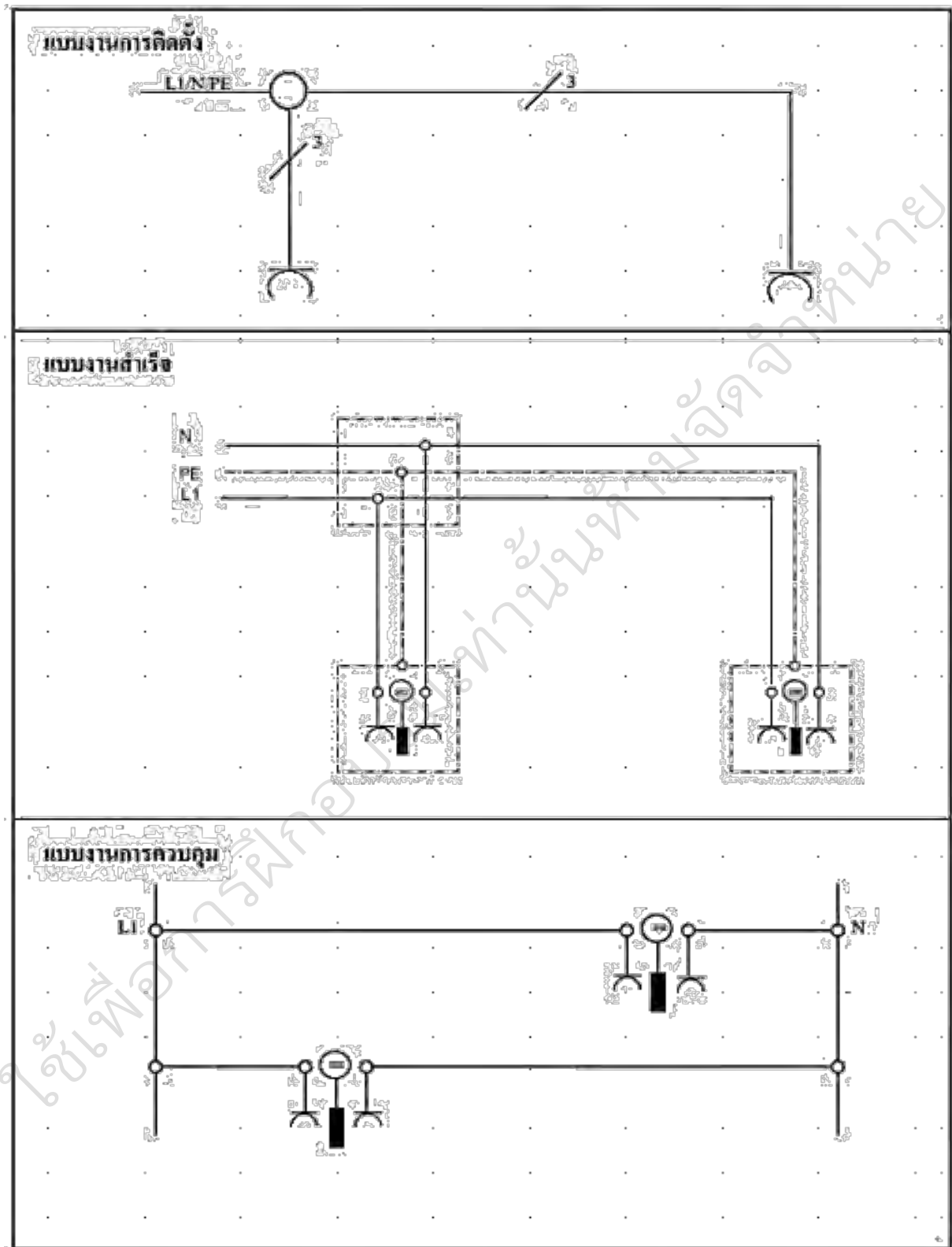


ข. การเขียนวงจรแบบงานสำเร็จ



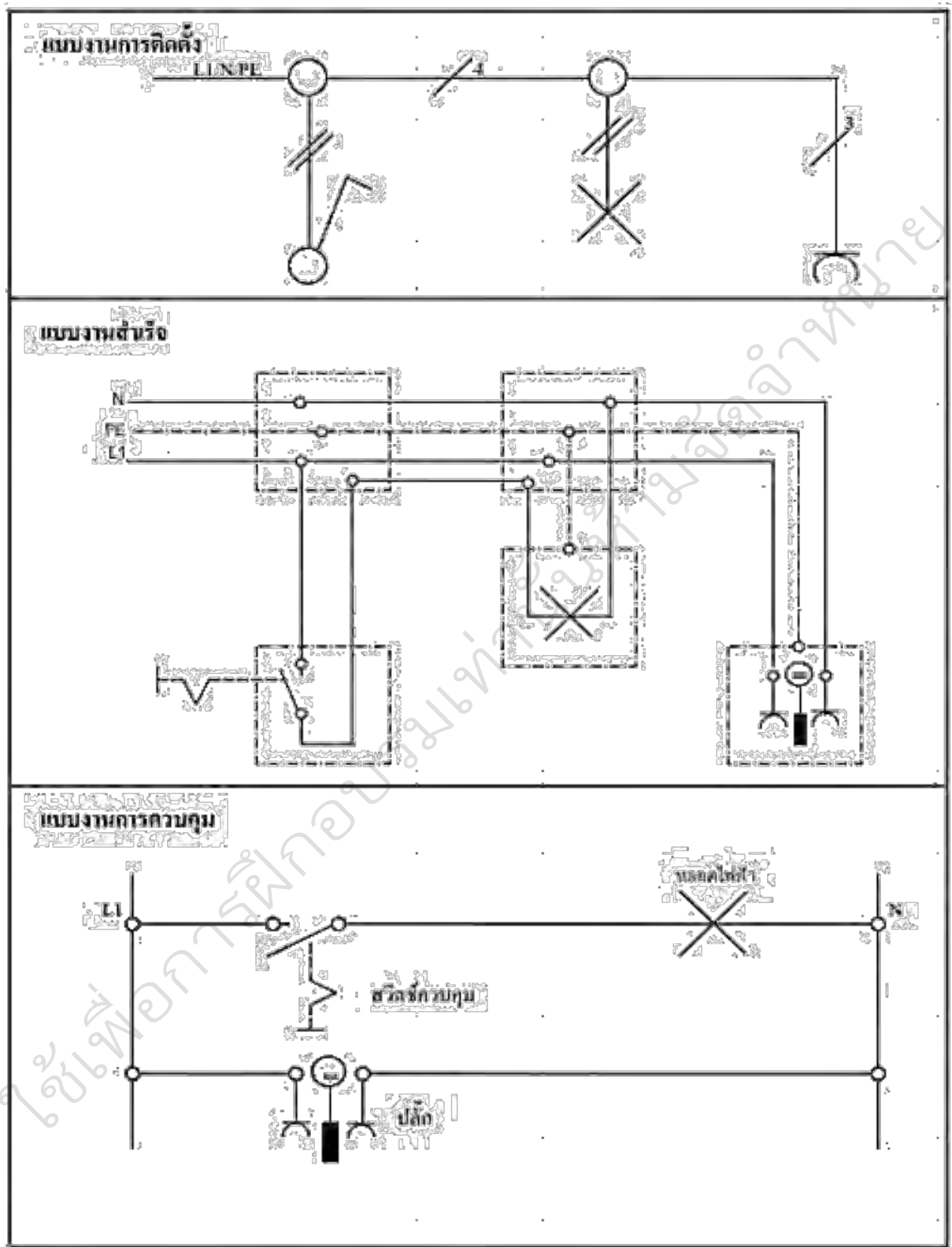
ค. การเขียนวงจรแบบงานควบคุม

ภาพที่ 126 การเขียนวงจรในรูปแบบต่างๆ



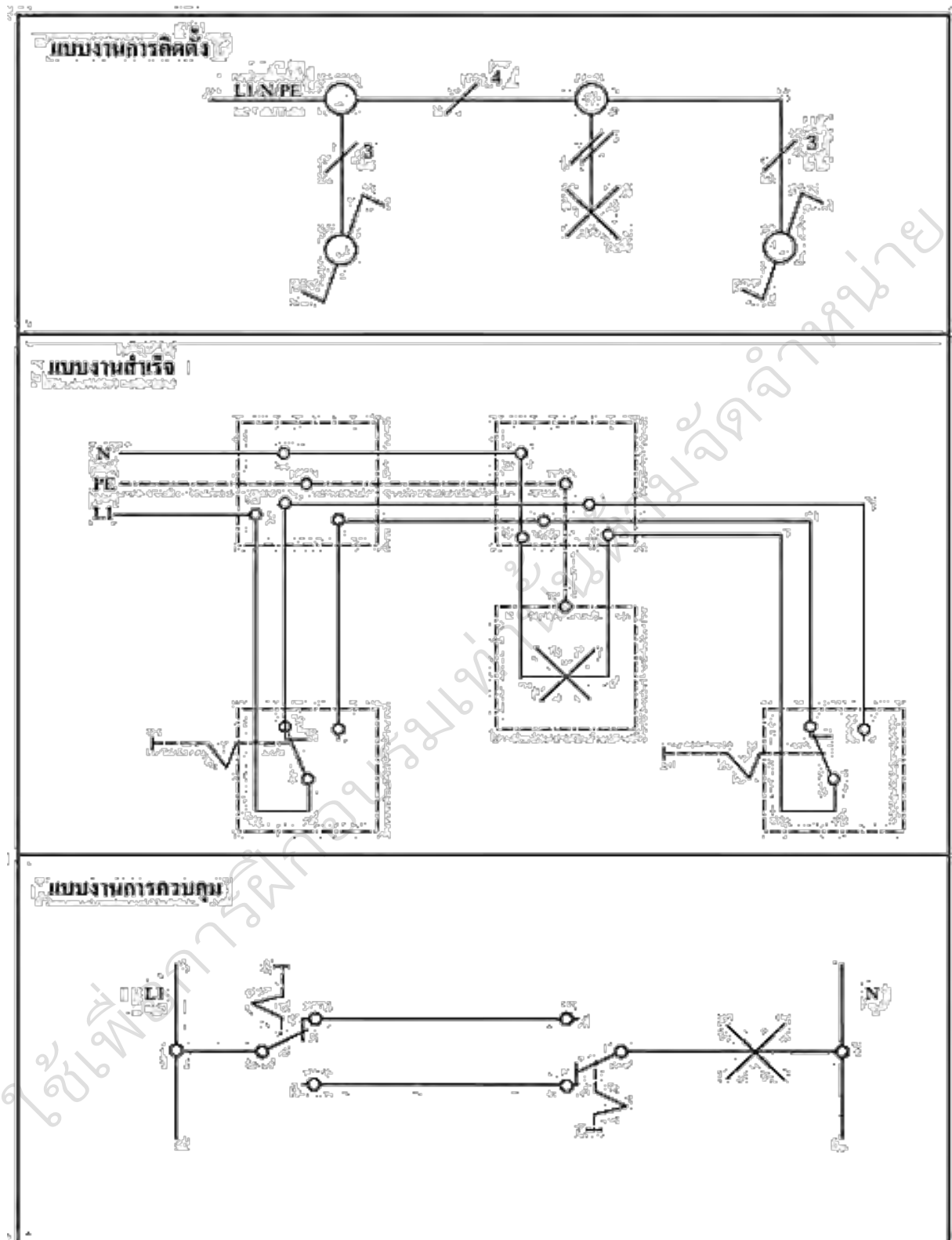
ภาพที่ 127 ตัวอย่างวงจรการต่อได้รับไฟฟ้า

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น



ภาพที่ 128 ตัวอย่างวงจรการต่อสวิตช์ทางเดียวควบคุมหลอดอินแคนเดสเซนต์ และวงจรเต้ารับไฟฟ้า

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น



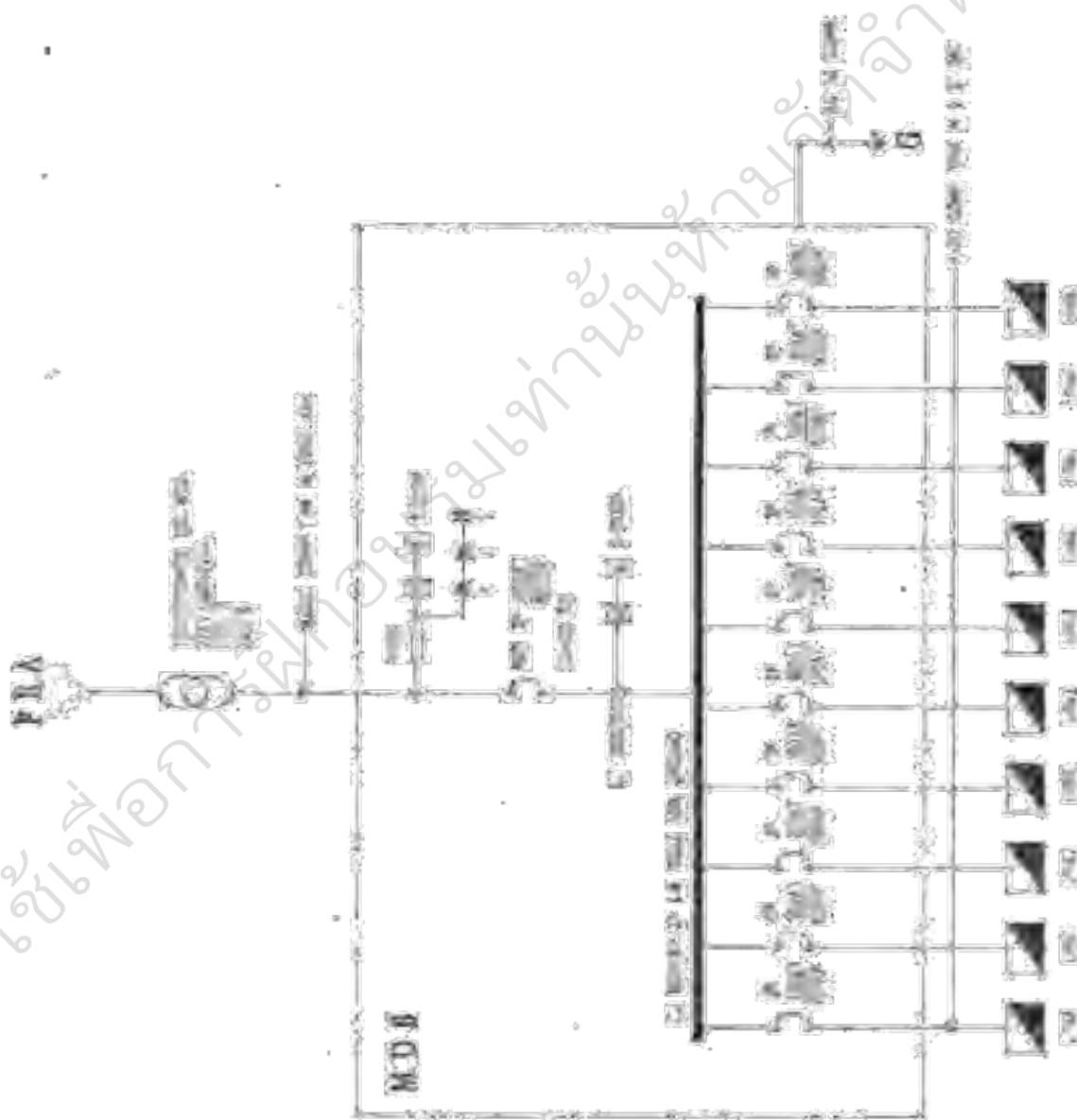
ภาพที่ 129 ตัวอย่างวงจรการต่อสวิตช์สามทางควบคุมหลอดอินแคนเดสเซนต์

2.3 แบบวงจรไฟฟ้าภายในอาคาร

วงจรไฟฟ้าภายในอาคารจะประกอบไปด้วยส่วนของการควบคุมและป้องกัน สายไฟฟ้า ภาระทางไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งช่างไฟฟ้าจะต้องใช้ในงาน ในงานขนาดใหญ่จะมีจำนวนของวงจรหรือสายไฟฟ้าจำนวนมาก ทำให้ช่างไฟฟ้าอาจจะไม่สะดวกหรือเกิดความสับสนในการทำงาน เพื่อลดปัญหาดังกล่าวและสะดวกในการทำงานจึงมีการเขียนแบบเป็นไดอะแกรมเส้นเดียวแทน

2.3.1 วงจรไฟฟ้าภายในอาคาร แบบไดอะแกรมเส้นเดียว (one line diagram)

เป็นวงจรที่แทนด้วยเส้นเพียงเส้นเดียวและมีสัญลักษณ์ในการต่อใช้งานระหว่างวงจรไฟฟ้าหรือระบบไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งแสดงถึงบริภัณฑ์และอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในระบบ ตัวอย่างไดอะแกรมเส้นเดียวแสดงดังภาพที่ 130



ภาพที่ 130 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าภายในอาคาร แบบวงจรไดอะแกรมเส้นเดียว

2.4 การกำหนดระยะและอัตราส่วน ของแบบวงจรไฟฟ้าภายในอาคาร

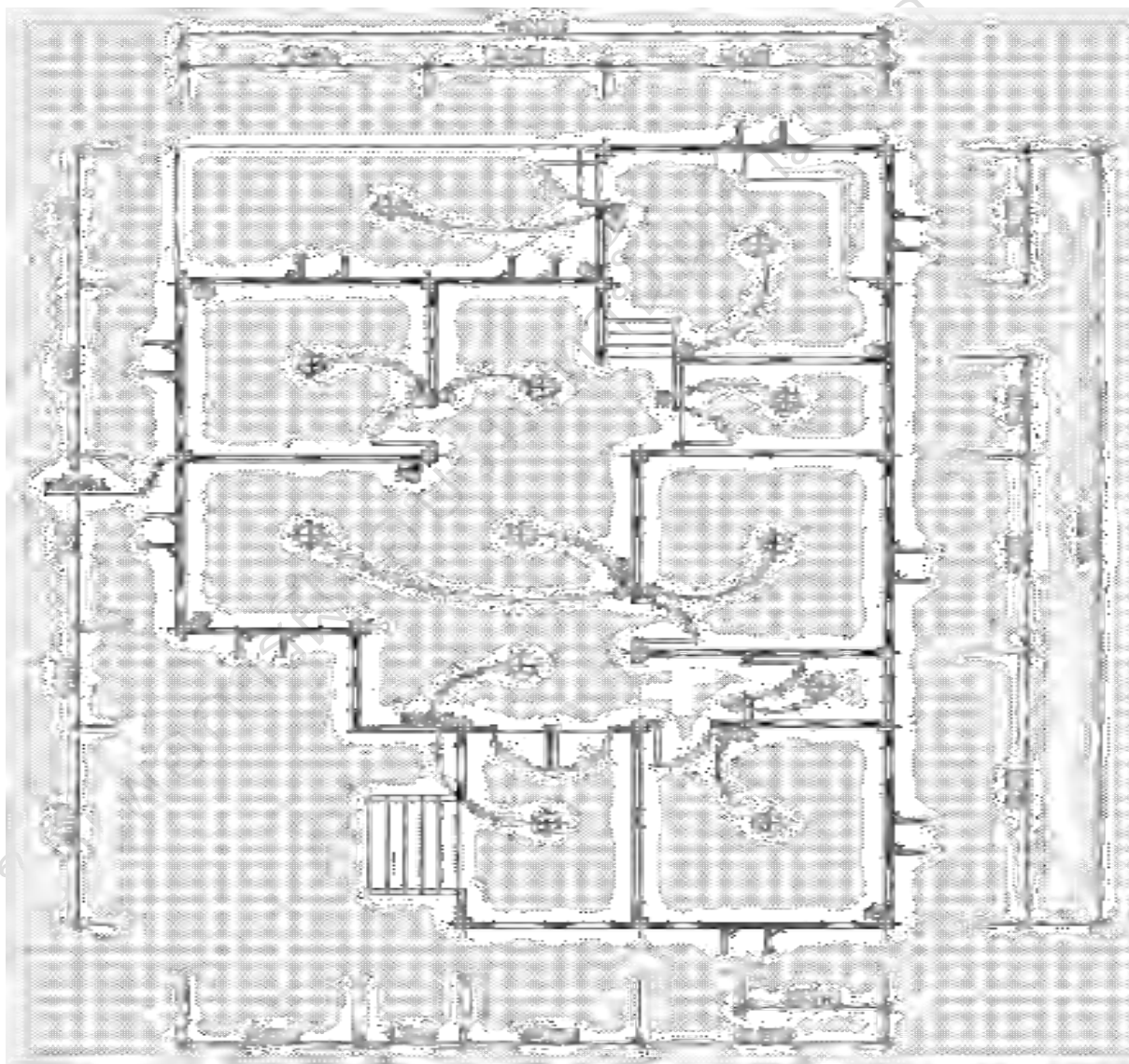
การกำหนดระยะจะใช้บอกระยะของแบบที่อาจจะมีขนาดเท่ากับของจริง แบบขยาย หรือแบบย่อส่วน โดยอัตราส่วนในการเขียนแบบแบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่

2.4.1 แบบเท่ากับขนาดจริงเป็นแบบที่มีขนาดเท่ากับขนาดจริง จะใช้อัตราส่วน ขนาด 1:1

2.4.2 แบบย่อส่วน เป็นแบบที่ย่อมาจากแบบงานจริงที่มีขนาดใหญ่ ทั้งนี้หน่วยจะขึ้นกับแบบแต่ละแบบเช่น เมตร เป็นต้น และจะใช้อัตราส่วนเป็น 1:2, 1:10, 1:100 เป็นต้น

2.4.3 แบบขยายส่วน ใช้ในกรณีของจริงมีขนาดเล็ก เพื่อให้เข้าใจได้โดยง่ายจึงมีการใช้แบบขยายส่วนมาช่วย เช่น 2:1, 10:1 , 100:1 เป็นต้น

ในการกำหนดระยะในแบบเป็นการกำหนดขนาดแบบไฟฟ้า (dimensioning) โดยวัดจากเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่างเสาศูนย์กลางของอุปกรณ์ หรือเหนือพื้น เป็นต้น และในดังภาพที่ 132



ภาพที่ 132 ตัวอย่างการกำหนดระยะและอัตราส่วน ของแผนผังวงจรไฟฟ้าภายในอาคาร

3. การติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

3.1 หลักการทำงานวิธีการเลือกใช้อุปกรณ์การบำรุงรักษาบริภัณฑ์ไฟฟ้า

1. หลอดไฟฟ้า

1.1 หลอดอินแคนเดสเซนต์

หลักการทำงาน

เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดไฟฟ้า จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดไฟฟ้า (ทำมาจากทังสแตน) ทำให้ไส้หลอดเกิดความร้อน และแดงขึ้นเรื่อยๆ จะเปล่งแสงสว่างออกมา โดยปริมาณความร้อนมากเท่าใด แสงสว่างที่เปล่งออกมาจากไส้หลอดไฟฟ้ายิ่งมากขึ้นเท่านั้น การเพิ่มขึ้นของความร้อนและอุณหภูมิจะต้องมีขีดจำกัด เนื่องจากไส้หลอดทังสแตนไม่สามารถทำงานที่จุดหลอมเหลวได้ โดยดัชนีความถูกต้องของสีที่เปล่งออกมา 100 %

วิธีการเลือกใช้งาน

1. การเลือกหลอดเพื่อใช้งานในพื้นที่สัมผัสความร้อน เช่น เหนือเครื่องจักร จะเลือกใช้หลอดที่มีฐานแบบไขว่ ส่วนพื้นที่ต้องการแสงเฉพาะเลือกใช้ฐานแบบเกลียว
2. การเลือกขนาดโดยดูจากกำลังไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้าขนาด 30 วัตต์จะสว่างมากกว่า 15 วัตต์
3. การเลือกใช้หลอดสี กรณีติดตั้งภายนอกอาคาร ควรเลือกแบบเคลือบสีภายใน ส่วนการติดตั้งภายในสามารถเลือกแบบเคลือบสีภายนอกหลอดได้
4. การเลือกขั้วหลอดต้องให้ตรงขนาด เช่น e27 เป็นต้น



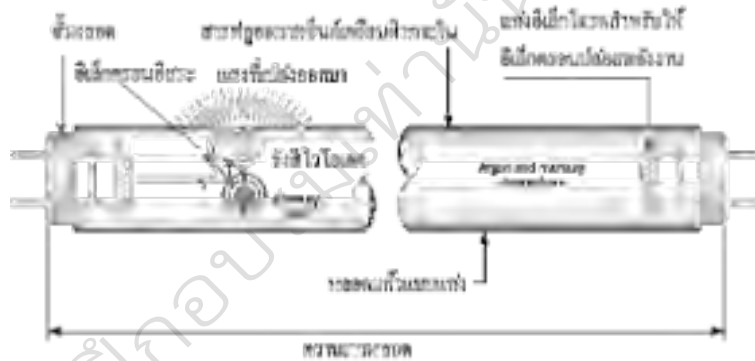
ภาพที่ 133 ตัวอย่างหลอดอินแคนเดสเซนต์

1.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลักการทำงาน

เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจร กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านบัลลาสต์ ไส้หลอด และไปยังสตาร์ทเตอร์ โดยสตาร์ทเตอร์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อัตโนมัติ ทำจากหลอดแก้วที่บรรจุก๊าซนีออนและแผ่นโลหะคู่ที่งอตัวได้เมื่อเกิดความร้อน เมื่อกระแสวิ่งมาถึงก๊าซนีออนๆ จะติดไฟและเกิดความร้อนทำให้แผ่นโลหะคู่เกิดความร้อนและสัมผัสกัน ทำให้วงจรปิด กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขั้วหลอดและไหลครบวงจร ก๊าซนีออนที่ติดไฟจะดับและเย็นลง ทำให้แผ่นโลหะเย็นลงและแยกจากกัน

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ที่เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อแผ่นโลหะคู่ในสตาร์ทเตอร์แยกตัวออกจากกัน จะเกิดการเปิดวงจรชั่วขณะ ทำให้เกิดความต้านทานสูงขึ้นทันที แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในบัลลาสต์จะทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างไส้หลอดทั้งสองข้าง ในปริมาณที่มากพอที่จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไอปรอทจากไส้หลอดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไอปรอท จะเกิดการกระตุ้นให้ไอปรอทอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น ทำให้อะตอมของไอปรอทส่งพลังงานออกมา ในรูปของรังสีอัลตราไวโอเล็ต เมื่อรังสีนี้ไปกระทบกับสารเคลือบแสงที่ฉาบไว้ที่ผิวด้านในของหลอดเปล่งแสง ตามชนิดของสารที่ฉาบไว้



ภาพที่ 134 ตัวอย่างหลอดฟลูออเรสเซนต์

การต่อวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ต่อรวมในวงจรได้แก่ บัลลาสต์ สตาร์ทเตอร์ หลอดฟลูออเรสเซนต์และ โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์



ภาพที่ 135 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

วิธีการเลือกใช้งาน

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์มี 3 แบบคือ
 - 1) หลอด daylight ให้แสงแบบกลางวัน
 - 2) หลอด cool white ให้แสงเย็น
 - 3) หลอด warm white ให้แสงอบอุ่น
 2. ชนิดของหลอด มี 2 ชนิด คือ
 - 1) แบบทรงกระบอก Linear มีขนาด 9, 18 และ 36 วัตต์
 - 2) แบบวงกลม circular มีขนาด 22, 32 และ 40 วัตต์
 3. ชนิดของหลอด
 - 1) t 8 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8/8 หุน
 - 2) t 5 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5/8 หุน (ต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น) หลอดทั้งสองชนิดไม่สามารถใช้โคมหลอดร่วมกันได้
 4. การเลือกบัลลาสต์
 - 1) ต้องมีขนาดพิกัดตรงกับหลอด เช่น บัลลาสต์ 18 วัตต์ ใช้ร่วมกับหลอด 18 วัตต์ เท่านั้น
 - 2) การเลือกบัลลาสต์ประหยัดพลังงาน เช่น บัลลาสต์สูญเสียต่ำ หรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
- 1.3 หลอดแอลอีดี

หลักการทำงาน

โครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด (สารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด p) ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจกเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัว Led โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอนโนด (a) จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (k) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้น จนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิด N ไปรวมกับโฮลในสารชนิด p การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ pN ทำให้เกิดกระแสไหล เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสงแสงสว่างที่ออกมาจากหลอดจะมีลักษณะพุ่งออกมาในทิศทางเดียวเพื่อควบคุมให้แสงกระจายออกมาในมุมต่างๆ จึงใช้เลนส์ครอบหลอดไว้ เพื่อให้แสงเกิดการกระจายในทิศทางกำหนด



ภาพที่ 136 ตัวอย่างหลอดแอลอีดี

วิธีการเลือกใช้งาน

1. ต้องตรวจสอบว่ามีแสงที่ออกมาถูกต้องกับพื้นที่งานหรือไม่
2. เลือกหลอดที่มีการใช้พลังงานต่ำแต่ให้แสงในปริมาณที่มาก

การบำรุงรักษา

1. เก็บหลอดไม่ให้กระทบกับของแข็ง ความชื้น ความร้อนเกินอุณหภูมิห้อง
2. กรณีนำหลอดไปใช้ ก่อนการเก็บรักษาควรเช็ดทำความสะอาดให้ปราศจากสิ่งสกปรก

2. สายไฟฟ้าตัวนำไฟฟ้า

2.1 การเลือกสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน

1. สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน พีวีซี เป็นไปตาม มอก.11-2553
2. สายไฟฟ้าอลูมิเนียมหุ้มฉนวน พีวีซี เป็นไปตาม มอก.293-2541
3. สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน ครอสลิงค์พอลิเอทิลีน เป็นไปตาม iec 60502 หรือที่กำหนดข้างต้น
4. สายไฟฟ้าตามมาตรฐานการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.2 การเลือกสายไฟฟ้าเปลือย

1. สายไฟฟ้าทองแดงรีดแข็ง สำหรับสายไฟฟ้าเหนือดิน เป็นไปตาม มอก.64-2517
2. สายไฟฟ้าอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย เป็นไปตาม มอก.85-2548
3. สายไฟฟ้าอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือยแกนเหล็ก เป็นไปตาม มอก.85-2548
4. สายไฟฟ้าตามมาตรฐานการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.3 การเลือกตัวนำไฟฟ้า

1. บัสบาร์ทองแดง ต้องมีความบริสุทธิ์ของทองแดงไม่น้อยกว่าร้อยละ 98
2. บัสบาร์อลูมิเนียม ต้องมีความบริสุทธิ์ของอลูมิเนียมไม่น้อยกว่าร้อยละ 98
3. บัสเวย์หรือบัสดัก ต้องเป็นชนิดที่ประกอบสำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิตและได้มีการทดสอบแล้วตามมาตรฐานข้างต้น



ภาพที่ 137 ตัวอย่างสายไฟฟ้า ตาม มอก.11-2553

3. แฉงจ่ายไฟ

3.1 เครื่องป้องกันกระแส

1. เป็นไปตามมาตรฐาน ที่การไฟฟ้ายอมรับ เช่น uL, bs, diN, Jis, iec
2. อาจเป็นฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็ได้

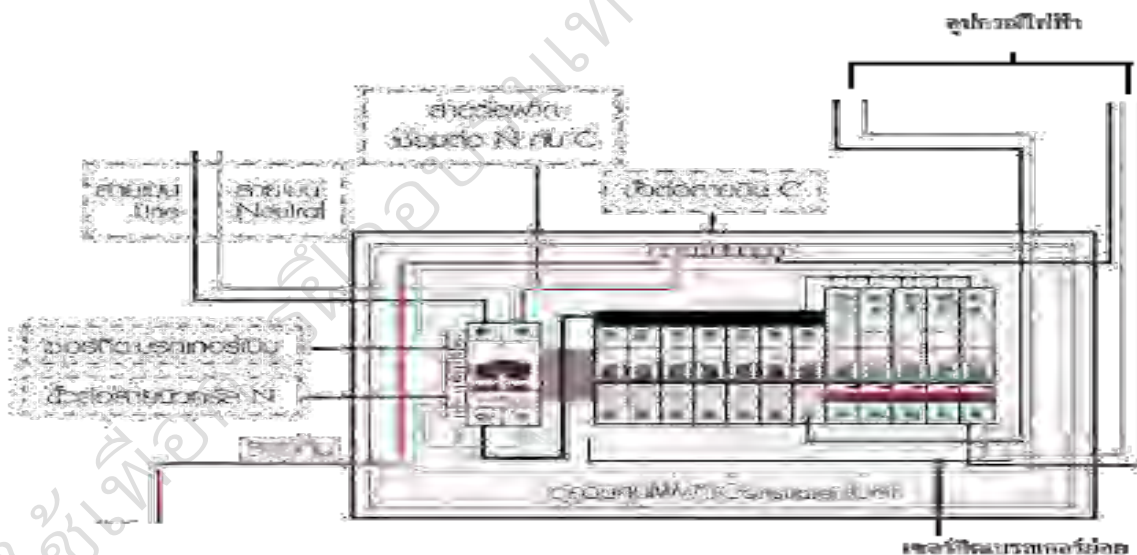
วิธีการเลือกใช้งาน

1. สำหรับการไฟฟ้านครหลวงเป็นไปตามตารางที่ 28
2. สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นไปตามตารางที่ 29

แฉงจ่ายไฟฟ้าหรือตู้คอนซูเมอร์จะมีแฉงไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าระบบ 1 เฟส 220 โวลท์



ภาพที่ 138 แฉงจ่ายไฟฟ้าหรือตู้คอนซูเมอร์
โครงสร้างภายในแฉงจ่ายไฟฟ้า ประกอบด้วย



ภาพที่ 139 โครงสร้างภายในแฉงจ่ายไฟฟ้า

หลักการทำงาน

ภายในแฉงจ่ายไฟฟ้าจะประกอบด้วย เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ย่อย และจุดต่อสายดิน เมื่อจ่ายไฟฟ้าเข้ามาในตู้จะถูกควบคุมด้วย เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งควบคุมการจ่ายไฟฟ้าทั้งหมด และใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ย่อยในการจ่ายไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละวงจร และหากมีการรั่วลงดิน จะมีจุดต่อเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลลงดินต่อไป

**ตารางที่ 29 ตารางพิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า
(สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)**

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (แอมแปร์)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	โหลดสูงสุด (แอมแปร์)
5(15)	16	10
15(45)	50	30
30(100)	100	75
50(150)	125	100
200	200	150
	250	200
400	300	250
	400	300
	500	400

หมายเหตุ พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน มีค่าต่ำกว่าที่กำหนดในตารางได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้

**ตารางที่ 30 ตารางพิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า
(สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)**

ขนาด เครื่องวัด หน่วย ไฟฟ้า (แอมแปร์)	โหลด สูงสุด (แอมแปร์)	ขนาดตัวนำประธาน เล็กที่สุดที่ยอมให้ ใช้ได้(ตร.มม.)		บริษัทประธาน				
				เซฟตี้สวิตช์หรือโหลด เบรกเกอร์สวิตช์		คัตเอาต์ใช้ร่วมกับคาร์ ทริดจ์ฟิวส์		เซอร์กิตเบรก เกอร์
		สาย อลูมิเนียม	สาย ทองแดง	ขนาด สวิตช์ ต่ำสุด (แอมแปร์)	ขนาดฟิวส์ ต่ำสุด (แอมแปร์)	ขนาดคัต เอาต์ต่ำสุด (แอมแปร์)	ขนาดฟิวส์ ต่ำสุด (แอมแปร์)	ขนาดปรับตั้ง สูงสุด (แอมแปร์)
5(15)	12	10	4	3	15	20	16	15-16
15(45)	36	25	10	60	40-50	-	-	40-50
30(100)	80	50	35	100	100	-	-	100

หมายเหตุ

- สำหรับตัวนำภายในอาคารให้ใช้สายทองแดง
- ขนาดสายในตารางนี้สำหรับวิธีการเดินสายลอยในอากาศวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร หากวิธีเดินสาย
แบบอื่นให้พิจารณาขนาดสายตัวนำประธานในบทที่ 5 แต่ทั้งนี้ ขนาดสายประธานต้องรับกระแสได้
ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่ตามตาราง

3.2 เมนสวิทช์

หลักการทำงาน

การทำงานในสภาวะปกติสามารถนำกระแสและสับ-ปลดวงจร ตามพิกัดได้โดยปลอดภัย และในสภาวะผิดปกติ เช่นการเกิดการลัดวงจรต้องสามารถทนกระแสและตัดกระแส ลัดวงจรได้ตามที่กำหนด ทั้งนี้เมนสวิทช์เป็นตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังสวิทช์ ควบคุมวงจรย่อย

วิธีการเลือกใช้งาน

1. ต้องนำกระแสและสับ-ปลดวงจรได้ตามค่ากระแสรวมของวงจรย่อยทั้งหมด
2. พิกัดกระแสจะต้องไม่เกิน ค่าพิกัดกระแสของวงจรย่อยรวมกัน



ภาพที่ 140 ตัวอย่างเมนสวิทช์

3.3 สวิตช์ควบคุมวงจรย่อย

หลักการทำงาน

ทำหน้าที่นำกระแสและสับ-ปลดวงจรได้ตามค่ากระแสกำหนด

วิธีการเลือกใช้งาน

1. ต้องนำกระแสและสับ-ปลดวงจรได้ตามค่ากระแสกำหนด
2. พิกัดกระแสจะต้องไม่เกิน ค่าพิกัดกระแสของวงจรย่อยนั้นๆ



ภาพที่ 141 ตัวอย่างสวิตช์ควบคุมวงจรย่อย

4. หลักดิน

หลักการทำงาน

ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายเนื่องจากกระแสไฟฟ้ารั่ว โดยรับกระแสไฟฟ้าที่รั่วและจ่ายลงดิน

วิธีการเลือกใช้งาน

1. เป็นเหล็กหุ้มด้วยทองแดงหรือแท่งทองแดงหรือแท่งเหล็กอาบสังกะสี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5/8 นิ้ว ยาวไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร
2. แผ่นตัวนำชนิดป้องกันการผุกร่อนที่มีผิวสัมผัสกับดินไม่ต่ำกว่า 0.18 ตร.ม ในกรณีที่เป็นเหล็กอาบโลหะชนิดป้องกันการผุกร่อนต้องหนาไม่ต่ำกว่า 6 มม. หากเป็นโลหะกันการกัดกร่อนชนิดอื่นที่ไม่ใช่เหล็กต้องหนาไม่น้อยกว่า 1.50 มม.
3. ยอมให้ใช้อาคารที่เป็นโครงโลหะและมีการต่อลงดินอย่างถูกต้อง โดยมีค่าความต้านทานของการต่อลงดินไม่เกิน 5 โอห์ม
4. หลักดินชนิดอื่นๆ ต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าก่อน

การติดตั้งหลักดิน

ทำการตอกลงไปในพื้นดินโดยตอกลงไปตรงๆในแนวตั้ง แต่หากในพื้นที่ที่ไม่สามารถตอกหลักดินลงตรงๆได้ ตามมาตรฐานได้อนุโลมให้ทิศทางที่ตอกลงไปในดิน สามารถเอียงไปได้ไม่เกิน 45 องศา หรืออาจใช้วิธีการขุดดินแล้วฝังแท่งหลักดินลงไปในแนวราบที่ความลึกไม่น้อยกว่า 0.75 เมตรรูปแบบวิธีการต่อสายเข้ากับหลักดินมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีหลายรูปแบบ ได้แก่

- การเชื่อมบัดกรี หรือการต่อเชื่อมด้วยความร้อน
- การต่อด้วยหัวต่อแบบบีบอัด
- การต่อด้วยประกบต่อสาย
- การต่อด้วยแคลมป์ต่อสาย



ก. การเชื่อมบัดกรี หรือการต่อเชื่อมด้วยความร้อน



ข. การต่อด้วยหัวต่อแบบบีบอัด



ค. การต่อด้วยประกบต่อสาย



ง. การต่อด้วยแคลมป์ต่อสาย

ภาพที่ 142 วิธีการต่อสายเข้ากับหลักดิน

การติดตั้งหลักดินเข้ากับสายดินด้วยวิธีการเชื่อมด้วยความร้อน



ภาพที่ 143 วิธีการต่อสายเข้ากับหลักดินด้วยวิธี Exothermic Welding Connection

การติดตั้งหลักดินด้วยวิธี exothermic welding connection (ใช้วันไหม เซรามิก โมลต์)

1. เตรียมอุปกรณ์การติดตั้งหลักดิน
2. ตอกหลักดินลงในดินและทำความสะอาดผิวของสายดินให้สะอาด
3. ประกอบสายเข้าในรูของเซรามิกโมลต์ และติดให้แน่น
4. ใส่จานรองในโมลต์ และเทผงเชื่อมลงในโมลต์
5. ชูดเอาผงจุดและเทลงบนผิวหน้าของผงเชื่อม
6. ปิดฝาโมลต์และใช้ปืนจุดผงจุดให้ติด (ระวังอันตรายจากประกายไฟ)
7. รอให้ไฟดับ และโมลต์เย็นลง
8. ใช้ค้อนทุบเอาโมลต์ออกและทำความสะอาดผิวเชื่อม
9. ใช้เครื่องวัดความต้านทางดินวัดค่าความต้านทาน (ต้องไม่เกิน 5 โอห์ม)

3.2 หลักการทำงานวิธีการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

1. ฟิวส์

หลักการทำงาน

เมื่อมีกระแสไหลผ่านฟิวส์เกินกว่าพิกัดที่ออกแบบไว้ จะเกิดความร้อนที่ไส้ฟิวส์ที่บรรจุอยู่ภายในจนขาดและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ระยะเวลาที่ฟิวส์ขาดขึ้นอยู่กับค่ากระแสที่ไหลผ่าน

วิธีการเลือกใช้งาน

พิกัดกระแสต้องสูงกว่าของขั้วรับฟิวส์ ทำจากวัสดุที่เหมาะสม มีการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการผุกร่อน เนื่องจากการใช้โลหะต่างชนิดกันระหว่างฟิวส์กับขั้วฟิวส์และต้องมีเครื่องหมายแสดงพิกัดแรงดันและกระแสที่เห็นได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 144 ฟิวส์แบบต่างๆ

2. เซอร์กิตเบรกเกอร์ (สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ)

หลักการทำงาน

1. ทำงานด้วยความร้อน ใช้หลักการขยายตัวของโลหะสองชนิดที่ขยายไม่เท่ากัน เมื่อกระแสไหลผ่านจะเกิดความร้อน โลหะสองชนิดที่ขยายไม่เท่ากันจะไปดันกลไกให้ปลดวงจรเวลาในการทำงานจะช้าหรือเร็วขึ้นกับกระแสที่ไหลผ่าน
2. ทำงานด้วยอำนาจแม่เหล็กเมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดที่เป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กถึงค่าที่กำหนดแม่เหล็กก็จะดูดกลไกให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร

วิธีการเลือกใช้งาน

1. ต้องเป็นแบบปลดได้โดยอิสระ และต้องปลดสับได้ด้วยมือ ถึงแม้ว่าปกติจะทำโดยวิธีอื่นก็ตาม
2. ต้องมีเครื่องหมายแสดงอย่างชัดเจนว่าอยู่ในตำแหน่งสับหรือปลด
3. ถ้าเป็นแบบปรับตั้งได้ ต้องเป็นแบบการปรับตั้งค่ากระแสหรือเวลา โดยในขณะที่ใช้งานกระทำได้เฉพาะผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเท่านั้น
4. ต้องมีเครื่องหมายแสดงพิกัดของกระแส แรงดัน และความสามารถในการตัดกระแสที่เห็นได้ชัดเจนและถาวรหลังการติดตั้งแล้วหรือเห็นได้เมื่อเปิดแผ่นกันหรือฝาครอบ
5. สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำให้เป็นไปตามมาตรฐานดังนี้
 - 5.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในสถานที่อยู่อาศัยหรือสถานที่คล้ายคลึงกัน พิกัดไม่เกิน 125 แอมแปร์ ให้เป็นไปตาม iec 60898 กรณีพิกัดเกิน 125 แอมแปร์ ให้เป็นไปตาม iec 60947-2
 - 5.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในสถานที่อื่นๆ ให้เป็นไปตาม iec 60898 iec 60947-2



ภาพที่ 145 เซอร์กิตเบรกเกอร์

3.3 ข้อกำหนดเกี่ยวกับไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้ง

1. เซฟตี้สวิตช์

ต้องปลดหรือสับวงจรได้พร้อมกันทุกๆ ตัวนำไฟและต้องประกอบด้วยฟิวส์ และขั้วรับรวมอยู่ในกล่องเดียวกันและจะเปิดฝาได้ต่อเมื่อได้ปลดวงจรแล้ว หรือฝาเปิดนั้นเป็นผลให้วงจรถูกปลดด้วย และต้องสามารถปลดและสับกระแสใช้งานในสภาพปกติได้ ในกรณีที่ใช้เป็นสวิตช์อย่างเดียวนุญาตให้ใช้แบบ Non-fuse ได้

2. เครื่องป้องกันกระแสเกิน

ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่การไฟฟ้ายอมรับ ได้แก่ uLbs, diN, Jis, และ iec

3. สวิตช์ตัดตอนที่ทำงานด้วยมือ

เป็นไปตาม มอก. 824-2531

4. ตัวฟิวส์และขั้วรับฟิวส์

เป็นไปตาม มอก. 506-2527 และ มอก. 507-2527 พิกัดกระแสของฟิวส์ต้องไม่สูงกว่าของขั้วรับฟิวส์ ทำจากวัสดุที่เหมาะสม มีการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการผุกร่อนเนื่องจากการใช้โลหะต่างชนิดกันระหว่างฟิวส์กับขั้วรับฟิวส์ และต้องมีเครื่องหมายแสดงพิกัดแรงดันและกระแสให้เห็นได้อย่างชัดเจน

5. สวิตช์ใบมีด

เป็นไปตาม มอก. 706-2530

6. เซอร์กิตเบรกเกอร์

1. ต้องเป็นแบบปลดโดยอิสระ และต้องปลดสับได้ด้วยมือแม้ว่าปกติการปลดสับจะทำโดยวิธีอื่นก็ตาม
2. ถ้าเป็นแบบปรับตั้งได้ต้องเป็นแบบปรับตั้งค่ากระแสและเวลา โดยขณะใช้งานกระทำเฉพาะผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเท่านั้น
3. ต้องมีเครื่องหมายแสดงพิกัดของแรงดัน กระแส และความสามารถในการตัดกระแสให้เห็นได้ชัดเจนและถาวรหลังการติดตั้งแล้ว หรือเห็นได้เมื่อเปิดแผ่นกันหรือฝาทรง
4. เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบแรงต่ำให้เป็นไปตามมาตรฐานดังนี้

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 4 : งานฝึกฝีมือเบื้องต้น

- 1) เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในสถานที่อยู่อาศัยหรือสถานที่คล้ายคลึงกันพิกัดไม่เกิน 125 แอมแปร์ ให้เป็นไปตาม iec 60898 กรณีเกิน 125 แอมแปร์ ให้เป็นไปตาม iec 60947-2
- 2) เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในสถานที่อื่นๆ ให้เป็นไปตาม iec 60898 หรือตาม iec 60947-2
7. เต้ารับและเต้าเสียบคอมไฟฟ้า
เป็นไปตาม มอก. 166-2549 และ มอก. 513-2533
8. แผงสวิตช์สำหรับระบบแรงต่ำ
เป็นโลหะที่ต้องเป็นไปตาม มอก. 1436-2540 หรือที่ได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ
9. คอมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน
เป็นไปตาม มอก. 1102-2538
10. คอมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน



ภาพที่ 146 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้ มอก.

4. การเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย

4.1 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย (เฉพาะเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย)

1. การเดินสายบนผิวหรือเดินสายเกาะผนัง

อนุญาตให้ใช้ได้กับการเดินสายแรงต่ำภายในอาคารทั่วไป ยกเว้น ในบริเวณอันตราย

- 1) สายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดที่มีเปลือกนอก การเดินสายต้องป้องกันไม่ให้ฉนวนหรือเปลือกชำรุด
- 2) การเดินสายผ่านผนังหรือสิ่งก่อสร้างต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากฉนวนหรือเปลือกนอกถูกสิ่งแหลมคม
- 3) สายไฟฟ้าต้องจับยึดให้มั่นคงด้วยอุปกรณ์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะหรือท่อร้อยสายไฟฟ้าเป็นตัวจับยึด
- 4) การต่อและการต่อแยกให้ทำได้เฉพาะในกล่องสำหรับงานไฟฟ้าเท่านั้น
- 5) การเดินสายให้ติดตั้งเรียงเป็นชั้นเดียว ห้ามติดตั้งซ้อนกัน

2. กล่องสำหรับงานไฟฟ้า

- 1) กล่องต้องทำจากวัสดุที่ทนต่อการผุกร่อน หรือมีการป้องกันที่เหมาะสมทั้งภายในและภายนอก เช่น เคลือบด้วยสีหรืออาบสังกะสีหรืออื่นๆ
- 2) ต้องจัดให้มีรูขึง หรือเครื่องประกอบที่มีขอบมนเรียบตรงบริเวณที่ตัวนำหรือสายเคเบิลผ่านผนังของกล่อง
- 3) กล่องต้องสามารถบรรจุตัวนำหรือสายเคเบิลได้ทั้งหมด
- 4) เมื่อติดตั้งกล่องแล้ว ต้องเข้าถึงได้โดยไม่ต้องรื้อถอนส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารและต้องมีที่ว่างให้สามารถทำงานได้สะดวก
- 5) กล่องต้องมีฝาปิดที่เหมาะสมและปิดอย่างแน่นหนา
- 6) หลังการติดตั้ง กล่องต้องไม่มีรูหรือช่องที่โตพอให้วัตถุที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7.5 มม. ลอดเข้าไปได้

3. การต่อและการต่อแยก

- 1) จุดต่อหรือจุดต่อแยกของสายต้องไม่อยู่ในก้านดวงโคม
- 2) การต่อหรือการต่อแยกของสายให้มีในดวงโคมได้เท่าที่จำเป็น
- 3) จุดต่อสายเข้าดวงโคมต้องมีฝาครอบ หรือปิดด้วยฝาครอบดวงโคมชั่วคราวตลอด เตำรับ เตำเพดาลหรืออุปกรณ์ที่คล้ายคลึงกัน

4. สวิตช์ เตำรับและเตำเสียบ

- 1) เตำรับแบบติดกับพื้นหรือฝังพื้น การติดตั้งต้องป้องกันหรือหลีกเลี่ยงจากความเสียหายทางกายภาพเนื่องจากการทำความสะอาดพื้นและการใช้งาน
- 2) สวิตช์และเตำรับต้องติดตั้งอยู่เหนือระดับน้ำที่อาจท่วมขังได้

4.2 การติดตั้งไฟฟ้าแบ่งตามวิธีการเดินสายแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

ก. แบบเปิด เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแบบเดินลอย การเดินสายวิธีนี้สามารถมองเห็นสายไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน เช่น การเดินสายด้วยเข็มขัดรัดสาย เป็นต้น

ข. แบบปิด สายไฟฟ้าจะถูกซ่อนไว้อย่างมิดชิด เป็นการป้องกันการกระแทกจากภายนอก ได้แก่ การเดินสายในท่อ ในรางเดินสาย (wire way) และรางเคเบิล (cable tray) เป็นต้น

การเดินสายไฟฟ้าในอาคาร หมายถึง การติดตั้งอุปกรณ์และเดินสายไฟฟ้าภายในตัวอาคารเริ่มตั้งแต่แผงจ่ายไฟรวมเรื่อยมาถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว ได้แก่ การเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย และการเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย

การเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย โดยทั่วไปจะใช้สายแบนแกนคู่หรือที่เรียกว่าสาย VaF มีฉนวนหุ้ม 2 ชั้น สามารถดัดโค้งงอและยึดหยุ่นได้ดี อายุการใช้งานยาวนานเกิน 10 ปี การเดินสายไฟฟ้านี้ไม่เหมาะที่จะใช้ติดตั้งภายนอกอาคาร เนื่องจากแสงแดดจะทำให้ฉนวนเสื่อมคุณภาพก่อนเวลาอันควร เมื่อฝนตก จะทำให้ลัดวงจร

4.3 ข้อดีและข้อที่ควรทราบก่อนการเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย

1. ข้อดีของการเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย

- 1) ติดตั้งง่ายรวดเร็ว
- 2) ซ่อมแซมหรือแก้ไขได้ง่าย
- 3) ค่าแรงงานถูก

2. ข้อที่ควรทราบก่อนการเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย

- 1) สายไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ใช้งานเป็นสาย VaF 2 แกนและ 3 แกน (สำหรับระบบที่ติดตั้งสายดิน)
- 2) ระยะห่างระหว่างเข็มขัดรัดสาย ถ้าเดินบนพื้นไม้ 10 - 12 เซนติเมตร ถ้าเดินบนพื้นปูน 8 - 10 เซนติเมตร
- 3) ระยะห่างจากเข็มขัดรัดสายก่อนถึงอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าประมาณ 2.5 - 3 เซนติเมตร
- 4) ระยะของเข็มขัดรัดสายช่วงหักฉากวัดจากมุมฉากถึงเข็มขัดรัดสาย 2.5 - 3 เซนติเมตร
- 5) การรองสายต้องมีรัศมีความโค้งไม่น้อยกว่า 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเปลือกนอก เพื่อป้องกันเปลือกนอกของสายชำรุด
- 6) เมื่อรัดสายแล้ว หัวเข็มขัดรัดสายควรอยู่กึ่งกลางสายเพื่อความสวยงาม
- 7) ก่อนตอกตะปู ควรหันหัวเข็มขัดรัดสายออกจากผนัง
- 8) การตอกตะปูยึดเข็มขัดรัดสายที่ชิดมุม ควรใช้เหล็กส่งช่วย
- 9) สายที่เดินเข้าอุปกรณ์หรือกล่องต่อสายควรเผื่อปลายไว้ประมาณ 10 - 15 เซนติเมตร และให้ฉนวนชั้นนอกเลยเข้าไปในกล่อง ประมาณ 1 เซนติเมตร
- 10) สายสีน้ำตาลใช้เป็นสายมีไฟ (Line) สายสีน้ำเงินเป็นสายนิวทรัล
- 11) การคลี่สายออกจากม้วนให้คลายออกทีละรอบ ไม่ควรดึงสายออกจากขดเพราะสายจะบิดงอ และยากต่อการรัดสายให้ตรง
- 12) ควรตอกตะปูยึดเข็มขัดรัดสายให้เสร็จก่อน แล้วจึงเดินสายไฟฟ้าที่หลัง
- 13) การใส่ตะปูลงในเข็มขัดรัดสายให้หางเข็มขัดรัดสายด้านหยาบขึ้นแล้วจึงสอดตะปูลงไป แล้วพับหัวลงมาดังภาพที่ 147



ภาพที่ 147 ตัวอย่างการใส่ตะปูและพับหัวเข็มขัดรัดสาย

4.4 ขั้นตอนการเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย

1. ความสัมพันธ์ระหว่างสายไฟฟ้าและเข็มขัดรัดสาย

- 1) สายไฟฟ้า จะต้องรู้ขนาดของสายไฟฟ้า โดยบอกเป็นตารางมิลลิเมตร (มม.) และจำนวนสายที่เส้นในจุดที่เดินสายไฟฟ้า

หมายเหตุ การเลือกขนาดสายที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้พิจารณาจากกระแสของอุปกรณ์นั้นๆ (โดยต้องยึดแนวทางการคำนวณโหลดสำหรับวงจรย่อย จาก มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 (วสท.) บทที่ 3 ตัวนำประธาน สายบ่อนวงจรย่อย)

- 2) เข็มขัดรัดสาย เมื่อทราบขนาดและจำนวนสายไฟฟ้าที่จะเดินไปยังจุดต่างๆ ช่างเดินสายไฟฟ้าจะต้องเลือกเข็มขัดรัดสายให้พอดี เพื่อความรวดเร็วขณะปฏิบัติงาน เมื่องานเสร็จสมบูรณ์จะมองดูสวยงาม มีหลักปฏิบัติง่ายๆ ดังนี้
 - ก. กรณีเดินสายเส้นเดียว ควรเลือกขนาดเข็มขัดรัดสายให้พอดีกับขนาดของสายไฟฟ้า
 - ข. กรณีเดินสายตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป เช่น สายจำนวน 3 หรือ 4 เส้น ถ้าหากสามารถรัดด้วยเข็มขัดรัดสายเพียงตัวเดียวจะทำให้ปฏิบัติงานให้เร็วขึ้น แต่ควรพิจารณาถึงความแข็งแรงในการยึดระหว่างสายไฟกับผนังอาคาร

ตารางที่ 31 ตารางการเลือกขนาดเข็มขัดรัดสายให้เหมาะกับสายไฟฟ้า

เบอร์	พื้นที่หน้าตัดสาย VAF (ตร.มม.)	จำนวนสาย
0	1	1
1	1.5 หรือ 2.5	1
2	1 และ 1.5	1 , 1
3	2.5	2
4	2.5 และ 1.5	3 , 2
5 , 6	ใช้รัดสายไฟหลายเส้นที่เดินเรียงกันตามความเหมาะสม	-

2. ตะปู

อาคารที่เป็นไม้จะใช้ตะปูขนาด 1/2 นิ้ว ส่วนอาคารคอนกรีตฉาบปูนจะใช้ขนาด 5/16 นิ้ว หรือ 3/8 นิ้ว โดยทั่วไปช่างเดินสายไฟฟ้าจะทำกล่องไม้สำหรับจัดเก็บตะปู เข็มขัดรัดสาย ลักษณะดังภาพที่ 148



ภาพที่ 148 ตัวอย่างกล่องไม้สำหรับจัดเก็บตะปูและเข็มขัดรัดสาย

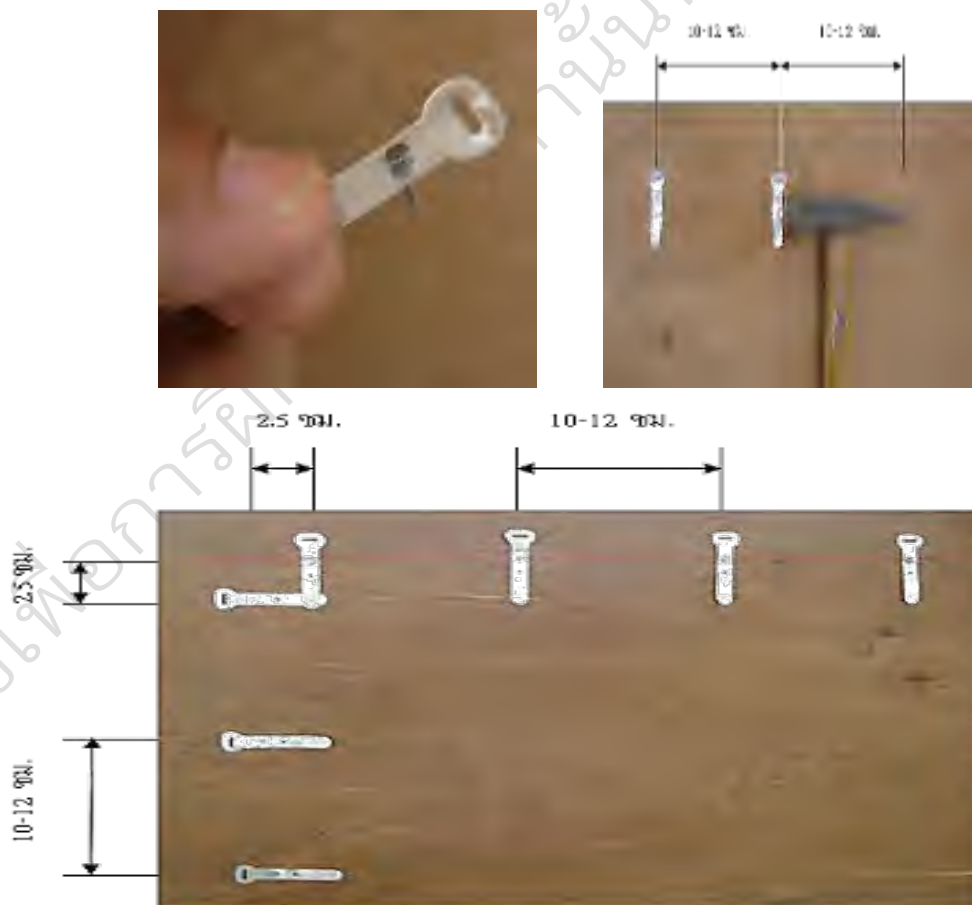
3. การตีเส้น

การตีเส้น เมื่อทราบตำแหน่งที่จะเดินสายไฟฟ้า ช่างจะทำการตีเส้นด้วยปากเต้า ข้อดีของการตีเส้น มีดังนี้

- 1) รู้ตำแหน่งการตอกตะปู
- 2) ไม่เสียเวลาเล็งแนว เมื่อจะตอกตะปูตัวถัดไป
- 3) กรณีที่เดินสายในระยะกึ่งกลางเสา แนวสายจะต้องวางให้อยู่กึ่งกลางพอดีถ้าเป็นอาคารคอนกรีตการร้อยตะปูเพื่อตอกใหม่จะทำให้เสามีรูมากขึ้นหรือทำให้เสาแตกไม่สามารถตอกตะปูบริเวณดังกล่าวได้อีก
- 4) สามารถปฏิบัติงานได้เร็วขึ้นและมีความภูมิใจต่อผลงานของตนเอง

4. ระยะเข็มขัดรัดสาย

ระยะเข็มขัดรัดสาย ระยะห่างระหว่างเข็มขัดรัดสายหรือที่เรียกว่าคลิป ในทางปฏิบัติห่างกันประมาณ 10-12 ซม. แต่ไม่เกิน 20 ซม. ดังภาพที่ 149 ในบางช่วงที่ต้องการเดินสายหลายๆเส้น อาจตอกตะปูให้ถี่มากขึ้น เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักของสายไฟฟ้าและให้สายแนบชิดกับผนัง ในทางปฏิบัติจะวัดระยะด้วยความยาวของหัวค้อนเดินสายไฟฟ้า เพื่อความรวดเร็วที่สำคัญคือต้องหันหัวเข็มขัดรัดสายให้ไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพที่ 149 ตัวอย่างระยะเข็มขัดรัดสาย

5. การคลี่สายไฟฟ้า

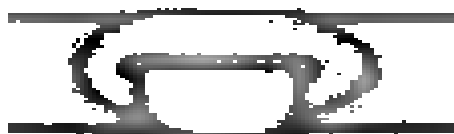
การคลี่สายไฟฟ้า โรงงานผู้ผลิตจะขดสายซ้อนทับกันไว้ ความยาวขดละประมาณ 100 เมตร ถ้าหากคลี่สาย ถูกวิธี สายจะตรง ไม่ต้องเสียเวลารัดสาย ตรงกันข้ามการดึงสายไฟฟ้าออกจากขดโดยตรงจะทำให้สายงอบิดเป็นเกลียว ต้องเสียเวลา กับการรัดสายในภายหลัง วิธีการคลี่สายมีดังนี้

- 1) แกะพลาสติกที่ห่อหุ้มสายไฟฟ้าออก ระมัดระวังอย่าให้ของมีคม เช่น มีด คัทเตอร์ ฉีกหรือปาดฉนวนของสายไฟฟ้า
- 2) ยกม้วนสายไฟฟ้าขึ้น สอดแขนทั้งสองข้างเข้าไปในม้วนสาย
- 3) วางปลายสายด้านนอกลงกับพื้น จากก้นก้นก้มตัวลงเล็กน้อย หมุนคลายสายออกจากขดพร้อม กับเดินถอยหลังไปเรื่อยๆ จนได้ความยาวตามต้องการ

6. การรัดสายไฟฟ้า

ก่อนจะรัดสายไฟฟ้าต้องรัดสายให้ตรงไม่ให้บิดหรืองอ เมื่อนำไปเดินบนผนังจะได้แนบชิดกับผนังอาคารมองดูสวยงามวิธีการรัดสายมีหลักปฏิบัติงานๆ ดังนี้

- 1) วางสายไฟฟ้าลงบนเข็มขัดรัดสาย ถ้าหากมีสายไฟฟ้าหลายเส้นต้องจัดให้สายเรียงชิดกันก่อน
- 2) กดสายไฟฟ้าให้แน่น ใช้มืออีกข้างหนึ่งจับปลายเข็มขัดรัดสายสอดเข้ากับรูที่อยู่บนหัวของเข็มขัดรัดสาย
- 3) ดึงปลายเข็มขัดรัดสายให้ตึงจากนั้นพับสายกลับไปทิศทางเดิม
- 4) ใช้ค้อนเคาะเบาๆ เพื่อให้รอยพับเรียบสนิทกับสายไฟฟ้า



ภาพที่ 150 แสดงการคลี่สายไฟฟ้าและรัดสายไฟฟ้า

7. การเดินสายไฟฟ้าในแนวดิ่ง (แนวดิ่ง)

เมื่อจับสายไฟฟ้าแนบชิดกับผนังสายจะห้อยลงสู่พื้นด้านล่างตามแรงดึงดูดของโลกดังนั้นจึงต้องเริ่มรัดสายจากด้านล่างลงสู่ด้านล่างซึ่งจะทำให้การรัดสายไฟฟ้าสะดวกยิ่งขึ้น วิธีการเดินสายไฟฟ้าในแนวดิ่งมีดังนี้

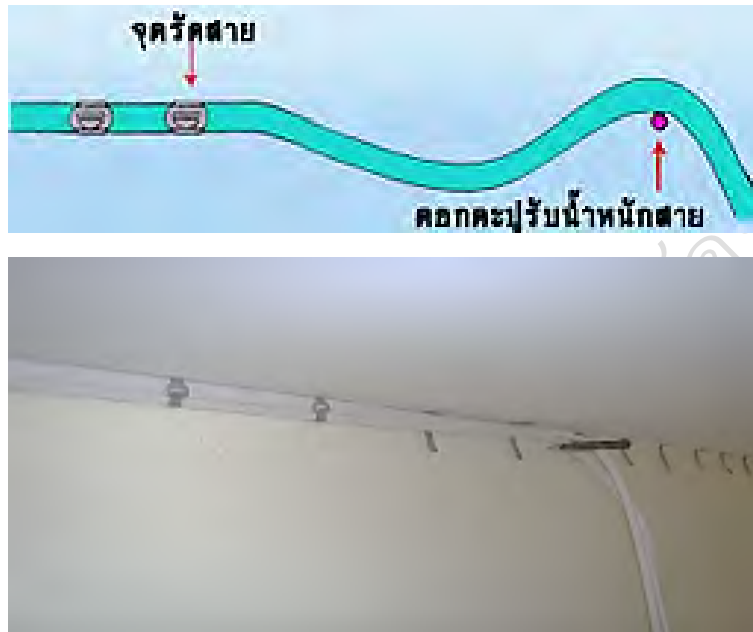
- 1) ใช้ผ้ารัดสายให้ตรง (ระยะประมาณ 20-50 cm.) จัดสายให้เรียงชิดกัน กรณีเดินสายตั้งแต่ 3 เส้นขึ้นไปให้สายเส้นที่มีขนาดใหญ่ที่สุดอยู่ด้านบน
- 2) ผู้ที่ถนัดขวาให้ใช้มือซ้ายจับปลายสายด้านบนไว้ โดยใช้หัวแม่มือกดสาย ให้แนบชิดกับผนัง ส่วนมือขวาจับปลายของเข็มขัดรัดสายสอดเข้าที่รูที่อยู่บนหัวของเข็มขัดรัดสาย จากนั้นรัดสายให้ตึงประมาณ 2-3 ตัว ขณะนี้สายไฟฟ้าจะถูกจับยึดไว้กับผนังจึงสามารถปล่อย มือออกได้แต่ถ้าสังเกตดูการจับยึดยังไม่แข็งแรงอาจจะรัดสายเพิ่ม อีก 1-2 ตัว สำหรับผู้ถนัดซ้ายให้เปลี่ยน มือสลับกัน
- 3) เลื่อนมือซ้ายลงมากดไว้ที่เข็มขัดรัดสายตัวสุดท้าย ซึ่งรัดสายไว้แล้ว (ตามข้อ 2) ส่วนมือขวาจับเศษผ้ารัดสายที่ละเส้นให้ตรง ถ้าเป็นสายใหม่จะรัดง่ายประมาณ 1-2 ครั้ง แต่ถ้าหากใช้สายเก่าที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว อาจต้องใช้เวลามากขึ้น
- 4) ใช้นิ้วกลาง นิ้วชี้ และหัวแม่มือ บีบสายให้เรียงชิดกัน จากนั้นรัดสายให้แน่นดังตามวิธีการใน (ข้อที่ 6 การรัดสายไฟฟ้า 1 – 3)
- 5) เลื่อนมือขวาดำลงมาเพื่อทำการรัดสายตัวต่อไปอีกประมาณ 2-3 ตัว ขณะนี้ระยะสายที่เรียงไว้ (ตามหัวข้อที่ 1 คือระยะ 20-50cm.) จะถูกรัดจนหมดยังคงเหลือเฉพาะส่วนด้านล่างลงไปอีกซึ่งสายส่วนนี้ ยังไม่ได้รัด
- 6) ปฏิบัติซ้ำๆ (ตั้งแต่ข้อที่ 3) เรื่อยไปจนเสร็จสิ้นตามเป้าหมาย
- 7) ใช้ค้อนเคาะเบาๆ เพื่อให้รอยพับเรียบสนิทกับสายไฟฟ้าอย่างไ้รักตามเมื่อช่างมีประสบการณ์อาจจะมีเทคนิคเฉพาะตัวอื่นๆ เข้าช่วยทำให้การเดินสายไฟฟ้าเสร็จเร็วยิ่งขึ้น



ภาพที่ 151 แสดงการเดินสายไฟฟ้าในแนวดิ่ง

8. การเดินสายไฟฟ้าในแนวระดับ (แนวนอน)

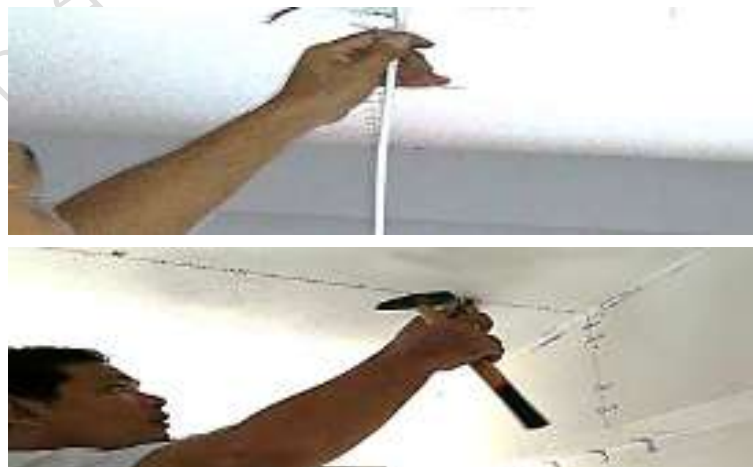
การเดินสายไฟฟ้าในแนวระดับจะยุ่งยากกว่าการเดินสายไฟฟ้าในแนวดิ่ง เนื่องจากน้ำหนักสายจะหย่อนลงสู่ด้านล่าง ตามแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการใช้ตะปูตอกเข้ากับผนัง (ทั้งอาคารไม้และอาคารคอนกรีตฉาบปูน) ห่างจากจุดที่กำลังรัดสายประมาณ 50 - 100 cm. จากนั้นนำสายไฟฟ้าพาดไว้กับตะปู ดังกล่าวเพื่อป้องกันตะปูตอกเข็มชำรุดสายหลุดออกจากผนังอันเนื่อง จากน้ำหนักของสายไฟฟ้านั้นเอง ดังภาพที่ 152



ภาพที่ 152 แสดงการเดินสายไฟฟ้าในแนวระดับ

9. การเดินสายไฟฟ้าบนเพดาน

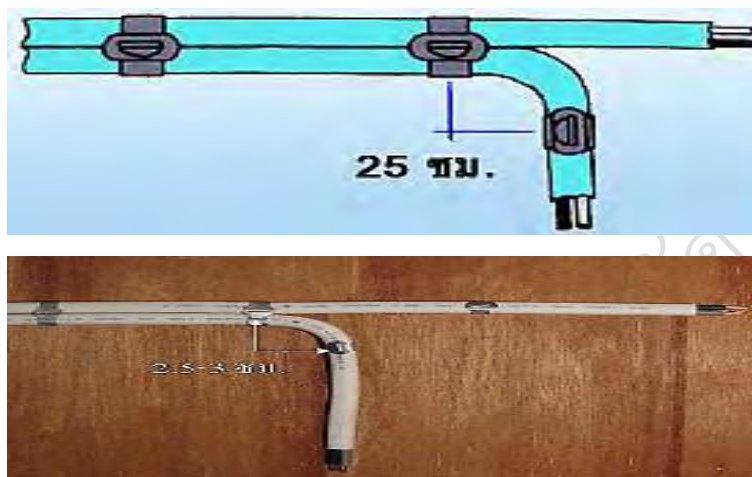
ตัวอย่างการเดินสายไฟฟ้าบนเพดานได้แก่ การติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่บริเวณกลางห้อง การติดตั้งพัดลมเพดานส่วนมากจะเดินสายในระยะสั้นประมาณ 1-3 เมตร วิธีการเดินสายไฟฟ้าบนเพดานจะเหมือนกับ การเดินสาย ในแนวดิ่งและแนวระดับ



ภาพที่ 153 แสดงการเดินสายไฟฟ้าบนเพดาน

10. การเดินสายไฟฟ้าหักมุม

การเดินสายหักมุม ภายในอาคารหรือบ้านเรือนทั่วไปจะมีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อต้องเดินสายผ่านบริเวณดังกล่าวต้องหักมุมโค้งไปตามผนังหรือมุมของต้นเสา ระยะห่างระหว่างเข็มขัดรัดสายตัวสุดท้าย กับรัศมีความโค้ง ต้องให้มีระยะห่างพอสมควร อย่าให้ใกล้หรือห่างจนเกินไปจะทำให้สายไม่เรียบ โดยจะสังเกต เห็นแสงลอดผ่านใต้สายไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น สาย VaF ขนาด $2 \div 2.5$ (มม.) ต้องใช้รัศมีความโค้ง ไม่ต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร



ภาพที่ 154 แสดงการเดินสายไฟฟ้าหักมุม

11. การเดินสายไฟฟ้าหักมุมโค้งหลายเส้น

ถ้าหากหักมุมโค้งของสายหลายๆ เส้น อาจจะต้องเพิ่มเข็มขัดรัดสายตามมุมโค้งอีกหนึ่งตัว เพื่อให้การจับยึดให้แข็งแรงมากขึ้น



ภาพที่ 155 แสดงการเดินสายไฟฟ้าหักมุมโค้งหลายเส้น

4.5 การเดินสายไฟฟ้าบนอาคารไม้และอาคารคอนกรีตฉาบปูน

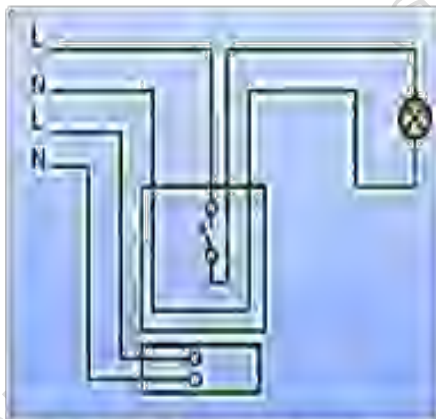
1. เลือกตะปูให้เหมาะสม กล่าวคือตอกไม้ใช้ขนาด 1/2 นิ้ว , 3/8 นิ้ว และตอกบนคอนกรีตฉาบปูนใช้ขนาด 5/16 นิ้ว
2. หางยัดด้านมีคมขึ้นและต้องหันหัวเข็มขัดรัดสายให้ในทิศทางเดียวกัน
3. เมื่อจำเป็นต้องเดินสายไฟฟ้าบนคาน ควรเดินชิดขอบของคาน จะเดินชิดขอบบนหรือขอบล่างก็ได้ตามความเหมาะสม
4. วางแผนก่อนเดินสายไฟฟ้า หมายถึงต้องสำรวจก่อนว่าจะให้สายเส้นใดอยู่ด้านล่างอยู่กลางหรืออยู่ด้านบน เพราะจะทำให้สายไขว้กันหรือสายทับกัน ซึ่งผิดหลักการเดินสายไฟฟ้า
5. อาคารคอนกรีตฉาบปูน ต้องใช้เหล็กนำศูนย์ หรือที่เรียกว่าเหล็กตอกนำ ตอกนำก่อน จะตอกตะปูเข้าไป เป็นการป้องกันไม่ให้ตะปูงอ

4.6 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

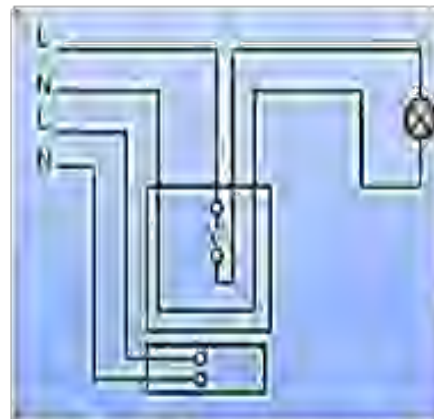
1. การต่อวงจรแสงสว่างและวงจรกำลัง

วงจรแสงสว่าง (Lighting) ได้แก่การติดตั้งหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ ภายในอาคารบ้านเรือนหรือสำนักงาน โดยทั่วไป จะใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด ส่วนวงจรกำลัง(power) หมายถึงการติดตั้งเตารีด (ปลั๊กตัวเมีย) หรือการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ (cb) เพื่อรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้า อาทิเช่น เตาไรต์ หม้อหุงข้าว โทรทัศน์และอื่น ๆ ซึ่งมีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่าวงจรแสงสว่าง

โดยทั่วไปเตารีดกับสวิตช์มักจะติดตั้งคู่กันเพื่อประหยัดแป้นรองหรือกล่อง ซึ่งได้แก่แป้นไม้และกล่องพลาสติก วงจรที่ต่ออยู่ภายในแป้นรองจึงมีสองลักษณะคือวงจรแสงสว่างและวงจรกำลังดังรูป (ก) จะต่อรวมกันทั้งวงจรแสงสว่างและวงจรกำลังส่วนรูป (ข) จะแยกกัน



(ก) ใช้สายเมนร่วมกัน



(ข) ใช้สายเมนแยกกัน

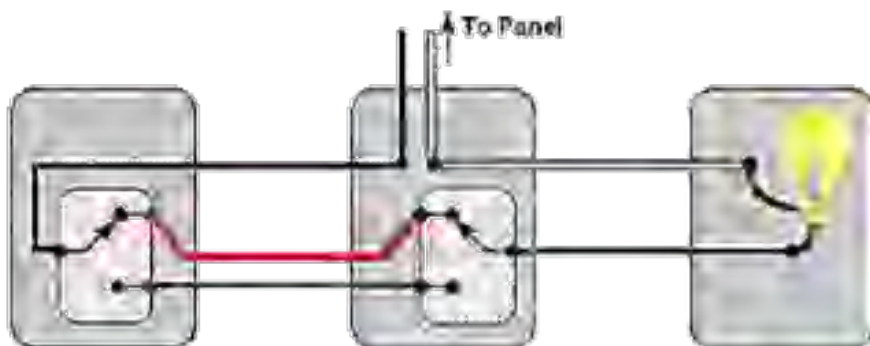
ภาพที่ 156 แสดงการต่อวงจรแสงสว่างและวงจรกำลัง

ข้อดีของการแยกวงจรแสงสว่างออกจากวงจรกำลัง

- 1) แต่ละวงจรเป็นอิสระซึ่งกันและกัน ดังนั้นจึงช่วยป้องกันไฟดับพร้อมกันทั้งบ้านได้อีกทางหนึ่ง
- 2) เมื่อจำเป็นต้องซ่อมแซมหรือติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ไม่จำเป็นต้องดับไฟทั้งหมด

2. การต่อวงจรสวิตช์สามทาง

สวิตช์สามทางเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าสวิตช์บันได ใช้ควบคุมการปิด-เปิดหลอดไฟฟ้าได้ 2 ตำแหน่ง ส่วนมากจะติดตั้งบริเวณทางขึ้น-ลง บันได กล่าวคือติดตั้งชั้นบน 1 ตัว และชั้นล่างอีก 1 ตัวดังภาพที่ 157

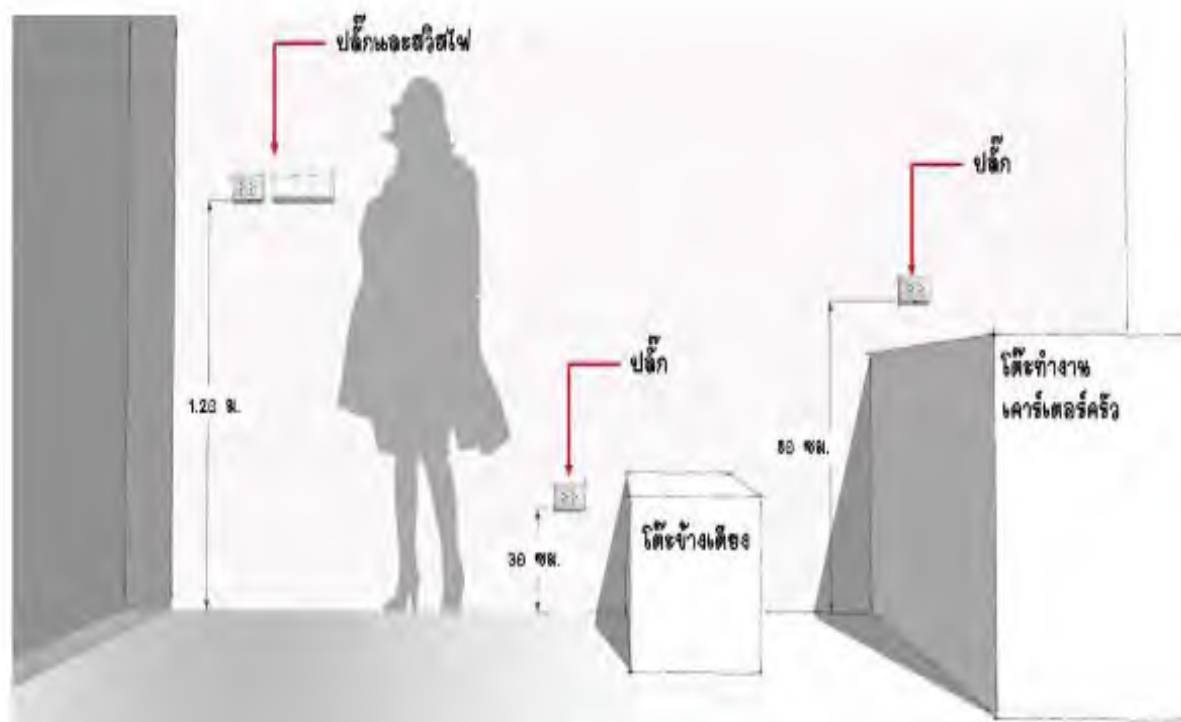


ภาพที่ 157 แสดงการต่อวงจรสวิตช์สามทาง

3. ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วยการติดตั้ง หลอด โคมไฟ แป้นรองสวิตช์ ปลั๊ก แผงจ่ายไฟฟ้า และการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

- 1) การติดตั้งแป้นรองสวิตช์และแผงสวิตช์ควบคุมหรือปลั๊ก จะต้องให้สูงจากพื้นประมาณ 120 – 150 cm.
- 2) การติดตั้งปลั๊กในอาคารสำนักงาน จะต้องสูงจากพื้นไม่ต่ำกว่า 30 cm.



ภาพที่ 158 ตัวอย่างแสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

5. การเดินสายไฟฟ้าด้วยท่อร้อยสาย ชนิดท่อ PVC.

5.1 คุณสมบัติชนิดและขนาดของท่อพีวีซี

ท่อพีวีซี ประกอบด้วย 2 ชนิดได้แก่ ท่ออโลหะแข็ง และท่ออโลหะอ่อน

5.1.1 ท่ออโลหะแข็งและเครื่องประกอบการเดินท่อต้องเป็นวัสดุที่เหมาะสม ทนต่อความชื้น สภาพอากาศและสารเคมี สำหรับท่อที่ใช้เหนือดินต้องมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ทนแรงกระแทกและแรงอัด ไม่บิดเบี้ยวเพราะความร้อนภายใต้สภาวะที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้งาน ในสถานที่ใช้งานซึ่งท่อร้อยสายมีโอกาสถูกแสงแดด โดยตรงต้องใช้ท่อร้อยสายชนิดทนต่อแสงแดด สำหรับท่อที่ใช้ใต้ดิน วัสดุที่ใช้ต้องทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อนและมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ฝังดินโดยตรงโดยไม่มีคอนกรีตห่อหุ้ม วัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนน้ำหนักกดที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการติดตั้งได้ ประกอบด้วย

1) ท่อร้อยสายไฟสีขาวแสดงดังภาพที่ 159

- นิยมใช้ในงานต่อเติมและงานตีใหม่ แบบเดินลอยบนผนัง ด้วยสก็อตกลมหักกับผนัง
- สามารถดัดโค้งงอได้ถึง 90 องศา โดยใช้สปริงดัดท่อแทนความร้อนได้สะดวก และประหยัดข้อต่อ
- มาตรฐานสากล Jis c 8430 (มาตรฐานญี่ปุ่น) และ bs หรือ iec 61386 (มาตรฐานอังกฤษ)



ภาพที่ 159 ตัวอย่างท่อร้อยสายไฟสีขาว
ตารางที่ 32 ตารางการเลือกขนาดท่อร้อยสายไฟสีขาว

ชื่อขนาด มม.(นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอกเฉลี่ย (OD) (มม.)	ความหนา (มม.)
15 (3/8")	18 ± 0.20	1.8 + 0.40
18 (1/2")	22 ± 0.20	1.8 + 0.40
20 (3/4")	26 ± 0.20	1.8 + 0.40
25 (1")	34 ± 0.20	2.7 + 0.60
35 (1 1/4")	42 ± 0.20	3.1 + 0.60
40 (1 1/2")	48 ± 0.20	3.6 + 0.60
55 (2")	60 ± 0.20	4.1 + 0.60

2) ท่อร้อยสายไฟสีเหลืองแสดงดังภาพที่ 160

- เหมาะกับระบบไฟฟ้าที่ฝังในผนัง โดยติดตั้งก่อนการฉาบปูนปิดผิว
- การตัดโค้งมีข้อจำกัดด้านความสวยงาม เพราะจะเห็นเนื้อสีขาวของท่อบริเวณที่ตัด
- มาตรฐานการผลิตอุตสาหกรรม (มอก.) 216-2524

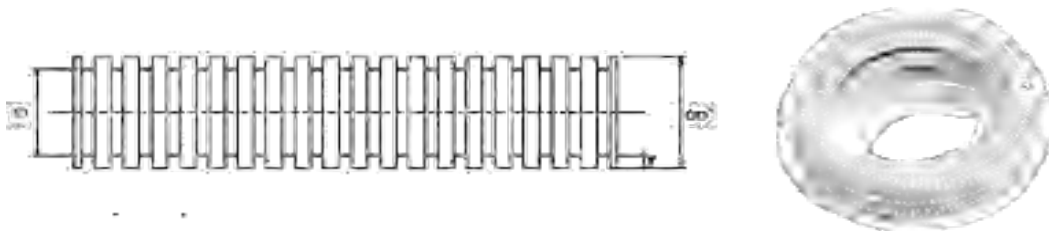


ภาพที่ 160 ตัวอย่างท่อร้อยสายไฟสีเหลือง
ตารางที่ 33 ตารางการเลือกขนาดท่อร้อยสายไฟสีเหลือง

ชื่อขนาด มม.(นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอกเฉลี่ย (OD) (มม.)	ความหนา (มม.)		
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2	ชั้นคุณภาพ 3
15 (3/8")	18 ± 0.20	2.0 ± 0.20		
18 (1/2")	22 ± 0.20	2.0 ± 0.20		
20 (3/4")	26 ± 0.25	2.0 ± 0.20		
25 (1")	34 ± 0.30	3.0 ± 0.30		
35 (1 1/4")	42 ± 0.35	3.5 ± 0.40		
40 (1 1/2")	48 ± 0.40	4.0 ± 0.40		
55 (2")	60 ± 0.50	4.5 ± 0.40		
65 (2 1/2")	76 ± 0.50	4.5 ± 0.40		
80 (3")	89 ± 0.50	5.9 ± 0.40	4.5 ± 0.30	2.5 ± 0.25
100 (4")	114 ± 0.50	7.0 ± 0.40	5.7 ± 0.35	3.0 ± 0.30

5.1.2 ท่อโลหะอ่อน เป็นท่อร้อยสายที่มีลักษณะเป็นลอน (corrugated) โดยท่อร้อยสายและเครื่องประกอบการเดินท่อ ทำด้วยวัสดุที่เหมาะสมสำหรับงานไฟฟ้า ทนต่อความชื้น สารเคมี และมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ต้องสามารถตัดโค้งได้ด้วยมือ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นช่วย ยกเว้นหากฝังในคอนกรีตไม่ต้องมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ประกอบด้วย

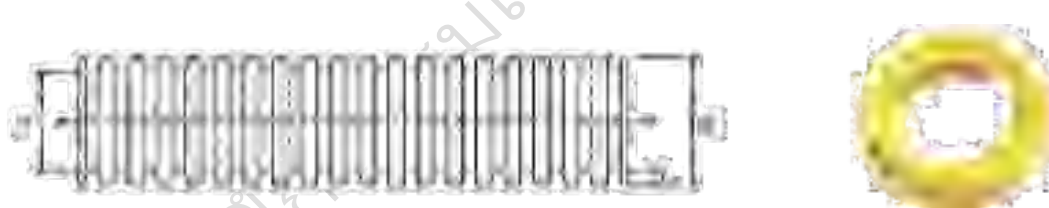
1) ท่อร้อยสายไฟโลหะอ่อนสีขาสดดงภพที่ 161



ภพที่ 161 ตัวอย่างท่อร้อยสายไฟโลหะอ่อนสีขาสด
ตารงที่ 34 ตารงการเลือกขนาดท่อร้อยสายไฟโลหะอ่อนสีขาสด

ชื่อขนาด มม.(นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอกเฉลี่ย (OD) (มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายในเฉลี่ย (ID) (มม.)	ความหนา (T) (มม.)	ความยาว (เมตร/ม้วน)
15 (3/8")	18 ± 0.20	14 ± 0.20	2.00	50
18 (1/2")	22 ± 0.20	18 ± 0.20	2.00	50
20 (3/4")	26 ± 0.20	21 ± 0.20	2.50	50
25 (1")	34 ± 0.30	29 ± 0.30	2.50	25

2) ท่อร้อยสายไฟโลหะอ่อนสีเหลืองสดดงภพที่ 162



ภพที่ 162 ตัวอย่างท่อร้อยสายไฟโลหะอ่อนสีเหลือง
ตารงที่ 35 ตารงการเลือกขนาดท่อร้อยสายไฟโลหะอ่อนสีเหลือง

ชื่อขนาด มม.(นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอกเฉลี่ย (OD) (มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายในเฉลี่ย (ID) (มม.)	ความหนา (T) (มม.)	ความยาว (เมตร/ม้วน)
15 (3/8")	18 ± 0.20	14 ± 0.20	2.00	50
18 (1/2")	22 ± 0.20	18 ± 0.20	2.00	50
20 (3/4")	26 ± 0.20	21 ± 0.20	2.50	50
25 (1")	34 ± 0.30	29 ± 0.30	2.50	25

5.1.3 ท่อhdpe (high density polyethylene)

เป็นท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ทำด้วยพลาสติก polyethylene ชนิด high density มีคุณสมบัติต้านเปลวไฟ มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่นตัวได้ดี มีทั้งแบบผิวเรียบ และแบบลูกฟูก ใช้เดินสายบนผิวในที่โล่ง, บนฝ้าในอาคาร, เดินสายใต้ดินทั้งแรงดันต่ำและแรงดันสูงปานกลาง ทนต่อแรงกดอัดได้ดี ข้อได้เปรียบของท่อชนิดนี้ คือความอ่อนตัวจึงไม่ต้องดัดท่อทำให้เดินท่อได้สะดวกรวดเร็ว แสดงดังภาพที่ 163



ภาพที่ 163 ตัวอย่างท่อร้อยสายไฟชนิด HdPE

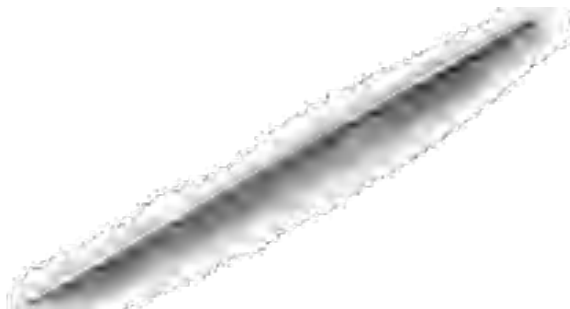
ตารางที่ 36 ตารางการเลือกขนาดท่อร้อยสายไฟโลหะอ่อนสี่เหลี่ยม

SIZE DESIGNATION OD (MM.)	HDPE CONDUIT CLASS-I			HDPE CONDUIT CLASS-II		
	ID (mm.)	T (mm.)	WEIGHT (mm.)	ID (mm.)	T (mm.)	WEIGHT (mm.)
20	16.4	1.6	0.10	-	-	-
25	21.4	1.6	0.13	-	-	-
32	28.0	2.0	0.20	-	-	-
40	35.4	2.3	0.29	36.0	1.6	0.25
50	44.2	2.9	0.45	46.0	2.0	0.32
63	55.8	3.6	0.70	58.2	2.4	0.48
75	66.4	4.3	0.99	69.2	2.9	0.69
90	79.8	5.1	1.41	83.0	3.5	0.99
110	97.4	6.3	2.11	101.6	4.2	1.45
125	110.8	7.1	2.70	115.4	4.8	1.87
140	124.0	8.0	3.39	129.2	5.4	2.36
160	141.8	9.1	4.42	147.6	6.2	3.09
180	159.6	10.2	5.45	166	7.0	3.82
200	177.2	11.4	6.75	184.6	7.7	4.67

5.2 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในงานเดินสายไฟฟ้าด้วยท่อพีวีซี

5.2.1 สปริงดัดท่อ

ใช้สำหรับการดัดท่อ โดยใช้สอดเข้าไปในท่อและใช้แรงดัดท่อ สปริงดัดท่อแสดงดังภาพที่ 164



ภาพที่ 164 สปริงดัดท่อ

5.2.2 คีมตัดท่อ pVc

ใช้สำหรับการตัดท่อ pVc แทนมีดคัตเตอร์หรือเลื่อย แสดงดังภาพที่ 165



ภาพที่ 165 คีมตัดท่อ PVC

5.2.3 เครื่องเป่าลมร้อน

เป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่เป่าลมร้อนไปยังท่อพีวีซี เพื่อดัดท่อตามต้องการ แสดงดังภาพที่ 166



ภาพที่ 166 เครื่องเป่าลมร้อน

5.3 การเลือกขนาดท่อพีวีซี

สามารถใช้ตารางที่ 35 เพื่อประกอบการเลือกขนาดของท่อ พีวีซี ที่เหมาะสมได้เช่น ท่อขนาด 1 นิ้ว สามารถเดินสายไฟฟ้าขนาด 2.5 มม.² ได้จำนวน 12 เส้น หรือสายเบอร์ 4 ได้จำนวน 4 เส้น เป็นต้น

ตารางที่ 37 ตารางการเลือกขนาดท่อร้อยสายไฟ

ขนาดสายไฟ (มม. ²) Cable Type SIZE (mm. ²)	ประเภทสายไฟ THW				จำนวนสายไฟสูงสุดต่อท่อร้อยสาย MAXIMUM NUMBER OF THW WIRE IN TRADE SIZE OF CONDUIT OR TUBING											
	ขนาดกระแสในสายไฟ Ambient temp 40 °C Max conductor temp 75 °C (Amps)															
	ใน อากาศ in free air	ร้อยในท่อและราง Inconduit or raceway			1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6
		จำนวนสาย 1-3 (เส้น) Conductor	จำนวนสาย 4-6 (เส้น) Conductor	จำนวนสาย 7-24 (เส้น) Conductor	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)	นิ้ว (inch)
0.5	7	4	3	2	7	13	22	38	52	87						
1	10	6	4	4	6	11	18	31	43	71						
1.5	13	8	6	5	5	9	15	26	35	59						
2.5	19	15	12	10	4	7	12	21	28	47						
4	27	21	16	14	3	5	9	15	21	35	50					
6	41	30	24	21	2	3	6	10	14	24	34	53				
10	66	45	36	31	1	2	3	6	9	14	21	32	43	56		
16	94	63	50	44	1	1	2	5	6	11	16	24	33	42	67	
25	122	84	67	58	-	1	2	3	4	7	10	16	22	28	45	65
35	152	104	83	72	-	-	1	2	3	5	8	13	17	22	35	50
50	194	129	103	90			1	1	2	4	6	9	12	15	24	36
70	241	159	127	111				1	2	3	4	7	9	12	19	28
95	295	190	152	133				1	1	2	3	5	7	9	14	20
120	304	220	176	154					1	2	2	4	6	7	12	17
150	356	228	182	159					1	1	2	3	4	6	9	14
185	421	256	204	179						1	1	3	4	5	8	11
240	486	296	236	207						1	1	2	3	4	6	9
300	552	336	268	235							1	1	2	3	5	7
400	652	392	313	274							1	1	2	2	4	5
500	748	436	348	305								1	1	2	3	4

Based on 30 % conductor filled

ที่มา : ตารางการติดตั้งสายไฟในท่อ wire F conduit table. <http://www.telepart.net/>

5.4 การตัดท่อการตัดท่อในลักษณะมุมต่างๆการต่อท่อ

5.4.1 การตัดท่อด้วยสปริงตัดท่อ 90 องศา

เป็นการตัดท่อ เพื่อเปลี่ยนทิศทางทางการเดินท่อหรือตามพื้นที่หน้างาน ขั้นตอนการตัดท่อด้วยสปริงตัดท่อ 90 องศา แสดงดังภาพที่ 167



ภาพที่ 167 แสดงการตัดท่อ PVC ด้วยสปริงตัดท่อ 90 องศา

ที่มา : ท่อ พีวีซี เอสซีจี สำหรับระบบร้อยสายไฟฟ้าและสายโทรศัพท์สีขาว

<http://www.scgbuildingmaterials.com/>

5.4.2 การตัดค่อม้า

หรือการทำออฟเซต (OFF set) หมายถึง การยกระดับความสูงของท่อให้สูงขึ้นและโค้งงอเท่ากันแต่กระทำในทิศทางตรงกันข้ามมีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนระดับการเดินท่อสำหรับนำสายเข้าสู่กล่องต่อสายกล่องสวิตช์ หรือแผงควบคุมต่างๆ มีจุดเข้าที่ของท่อที่มีความสูงต่างจากแนวระดับเดิมไม่มากนัก การตัดค่อม้าม้ามีข้อกำหนดในการตัดท่อดังนี้

- มุมการตัดเป็นไปตามความสูงของช่องที่จะรองรับปลายท่อ
- ระยะจากปลายท่อถึงตำแหน่งจุดตัดมุมกดมีความยาวประมาณ 4 - 5 เท่าความโตท่อ

การตัดท่อก่อม้าเริ่มจากการตัดท่อให้โค้งพอประมาณ เมื่อเสร็จแล้วให้ถอดสปริงตัดท่อออกพลิกท่อกลับให้อยู่ ในทิศ ทางตรงกันข้าม จากนั้นจึงตัดท่ออีกครั้งหนึ่งจนกระทั่งปลายท่อทั้งสองด้านขนานกันพอดี เมื่อตัดเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะ แสดงดังภาพที่ 168



ภาพที่ 168 แสดงการตัดค่อม้า

5.5 ข้อกำหนดต่างๆในการเดินท่อและการบำรุงรักษา

5.5.1 การเดินสายด้วยท่อโลหะอ่อน

ก. อนุญาตให้ใช้ท่อโลหะอ่อน ในกรณีต่อไปนี้

- 1) ในที่เปิดโล่ง ซึ่งไม่ได้รับความเสียหายทางกายภาพและใช้กับอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 3 ชั้น เหนือพื้นดิน
- 2) ในที่ซ่อน เช่น ผนัง พื้น หรือเพดาน ซึ่งกั้นด้วยแผ่นกั้นที่ทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 15 นาที ยกเว้น อาคารที่ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงไม่ต้องมีแผ่นกั้นทนไฟ
- 3) ในบริเวณที่ไม่ทำให้ท่อผุกร่อน
- 4) ในที่ซ่อน สถานที่แห้งหรือสถานที่ชื้น ซึ่งไม่ถูกห้ามใช้ตามข้อ ข.
- 5) ฝังในคอนกรีต โดยใช้ท่อและเครื่องประกอบท่อที่เหมาะสม

ข. ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อน ในกรณีต่อไปนี้

- 1) ในบริเวณอันตราย นอกจากระบุไว้เป็นอย่างอื่น
- 2) ใช้เป็นเครื่องแขวนและจับยึดดวงโคม
- 3) อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของท่อที่ระบุไว้
- 4) งานฝังดินโดยตรง
- 5) แรงดันใช้งานเกิน 750 โวลต์

6) ในที่เปิดโล่ง ยกเว้น ที่ระบุไว้ในข้อ ก.

7) ในโรงมหรสพ

ค. ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. หรือใหญ่กว่า 26 มม.

ง. จำนวนสายไฟฟ้าในท่อโลหะอ่อนต้องไม่เกินกำหนดในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ตารางพื้นที่หน้าตัดสูงสุดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

จำนวนสายในท่อร้อยสาย	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟทุกชนิด ยกเว้น สายชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	53	31	40	40	40
สายไฟชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	55	30	40	38	35

จ. มุมดัดโค้งระหว่างจุดตั้งสายรวมต้องไม่เกิน 360 องศา

ฉ. ต้องมีการจับยึดท่อโลหะอ่อนให้แน่นทุกระยะไม่เกิน 1 เมตร

ช. ต้องติดตั้งระบบท่อให้แล้วเสร็จก่อนจึงทำการเดินสาย

ซ. ขนาดกระแสไฟฟ้าเป็นไปตามข้อกำหนดของ (วสท. ตารางที่ 5-20 และ 5-27)

5.5.2 การเดินสายด้วยท่อโลหะแข็ง

ก. ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อน ในกรณีต่อไปนี้

1) ในบริเวณอันตราย นอกจากระบุไว้เป็นอย่างอื่น

2) ใช้เป็นเครื่องแขวนและจับยึดดวงโคม

3) อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของท่อที่ระบุไว้

4) โรงมหรสพ

ข. เมื่อเดินท่อเข้ากล่องหรือส่วนประกอบอื่นๆ ต้องจัดให้มีบุชชิ่ง หรือมีการป้องกันไม่ให้ฉนวนของสายชำรุด

ค. ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม.

ง. จำนวนสายไฟฟ้าในท่อโลหะแข็งต้องไม่เกินกำหนดในตารางที่ 37

จ. มุมดัดโค้งระหว่างจุดตั้งสายรวมต้องไม่เกิน 360 องศา

ฉ. ต้องติดตั้งระบบท่อให้แล้วเสร็จก่อนจึงทำการเดินสาย

ช. ขนาดกระแสไฟฟ้าเป็นไปตามข้อกำหนดของ (วสท. ตารางที่ 5-20 ,5-23,5-27, 5-29 และ 5-37)

5.5.3 การตัดท่อ

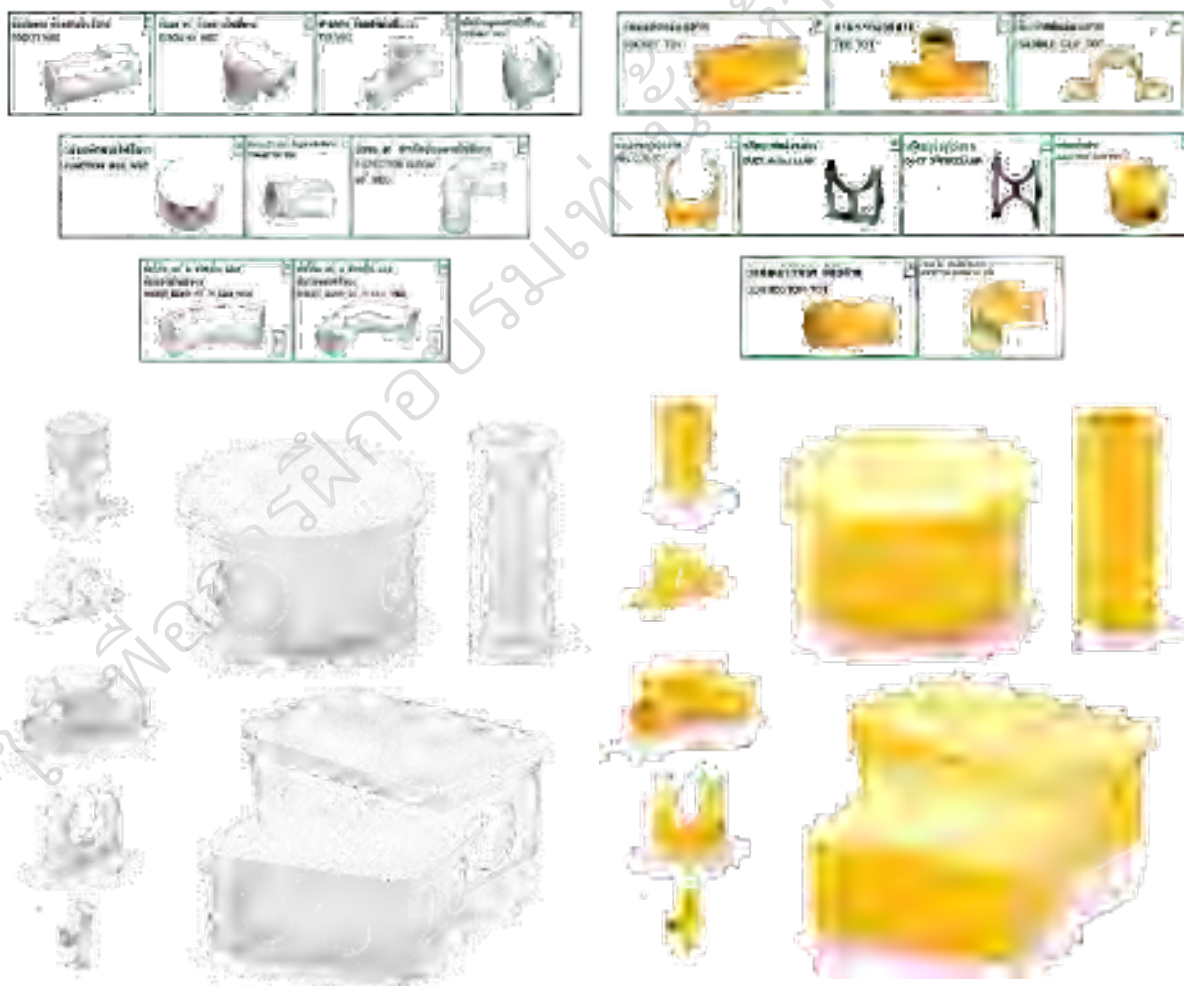
การตัดท่อหากเดินท่อในบริเวณที่มีความโค้งมนเพื่อความสวยงามโดยใช้เครื่องมือต่างๆ ในการเดินสายไฟโดยใช้ท่อร้อยสายไฟหากมีการตัดท่อนเสียรูป อาจส่งผลต่อความยากง่ายในการร้อยสายไฟหากเลือกท่อให้พอดีกับสายไฟเกินไป ในงานที่ต้องตัดท่อให้โค้ง รัศมีความโค้งโดยวัดจากจุดศูนย์กลางการความโค้งถึงขอบท่อที่ตัดต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่า เส้นผ่านกลาง

5.5.4 รัศมีความโค้งงอของท่อ

ในการติดตั้งจะต้องมีการพิจารณาถึงรัศมีความโค้งงอของท่อ เพื่อให้สามารถร้อยสายได้โดยง่าย รัศมีความโค้งงอของท่อเป็นไปตามตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ตารางรัศมีความโค้งงอของท่อ

ขนาดท่อ (นิ้ว)	รัศมีความโค้งงอต่ำสุด (นิ้ว)	ขนาดท่อ (นิ้ว)	รัศมีความโค้งงอต่ำสุด (นิ้ว)
1/2	4	3	18
3/4	5	3	21
1	6	4	24
1	8	4	27
1	10	5	30
2	12	6	36
2	15		



ภาพที่ 169 ตัวอย่างอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้า

4.5 วิธีการต่อสายตัวนำแบบต่างๆ

1. หลักการและวิธีการต่อสายไฟฟ้า สายเดี่ยว สายตีเกลียว

การติดตั้งไฟฟ้าในอาคารนั้นจะต้องมีการต่อสายไฟฟ้า ซึ่งการต่อสายไฟฟ้าจะมีหลายรูปแบบตามลักษณะงานและชนิดของสายไฟฟ้า ก่อนที่จะทำการต่อสายไฟฟ้าจำเป็นต้องมีการปกฉนวนที่หุ้มอยู่ออกก่อน ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1.1 การปกสาย t HW

การปกสาย thw ให้นำคัทเตอร์เฉือนฉนวนของสายไฟฟ้าออกโดยเอียงใบมีดทำมุมประมาณ 30 องศา และระวังไม่ให้โดนลวดทองแดง ดังภาพที่ 170



ภาพที่ 170 วิธีการปกสายไฟฟ้าชนิด t HW

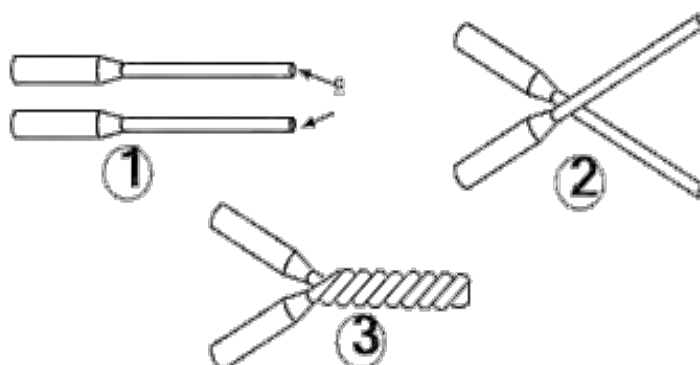
1.2 การปกสาย VAF

การปกสาย VaF ให้นำคัทเตอร์กรีดเบาๆ รอบฉนวนชั้นนอกในจุดที่ต้องการปก แล้วกรีดเบาๆ ลากยาวกลางสายจากจุดที่ต้องการปกถึงปลายสาย จากนั้นให้ดึงฉนวนชั้นนอกออกและใช้ คัทเตอร์เฉือนฉนวนออก ส่วนฉนวนชั้นในนั้นปกเหมือนกับสาย thw



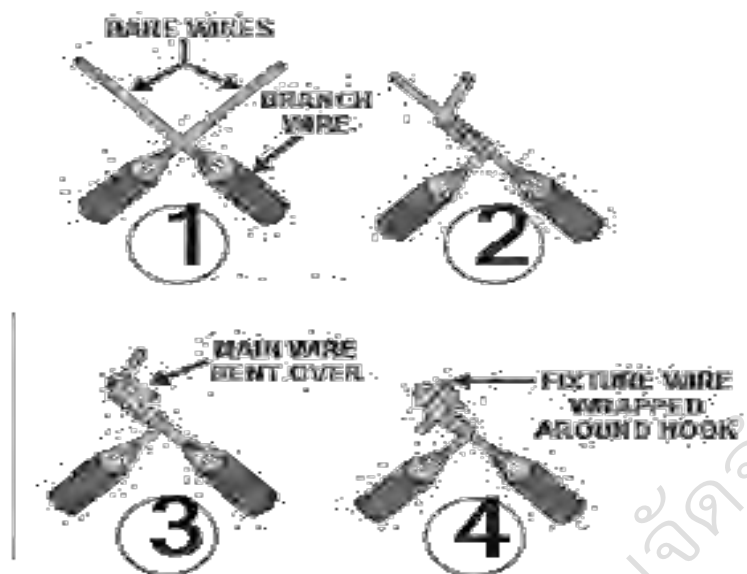
ภาพที่ 171 วิธีการปกสายไฟฟ้าชนิด VAF

1.3 การต่อสายไฟฟ้าแบบหางเปีย



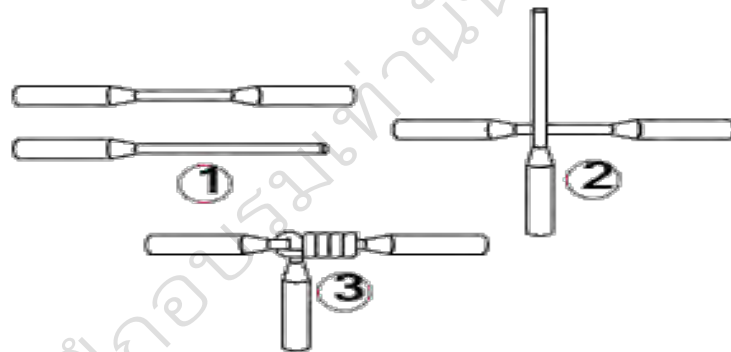
ภาพที่ 172 การต่อสายไฟฟ้าแบบหางเปีย

1.4 การต่อสายไฟฟ้าแบบปลดออก



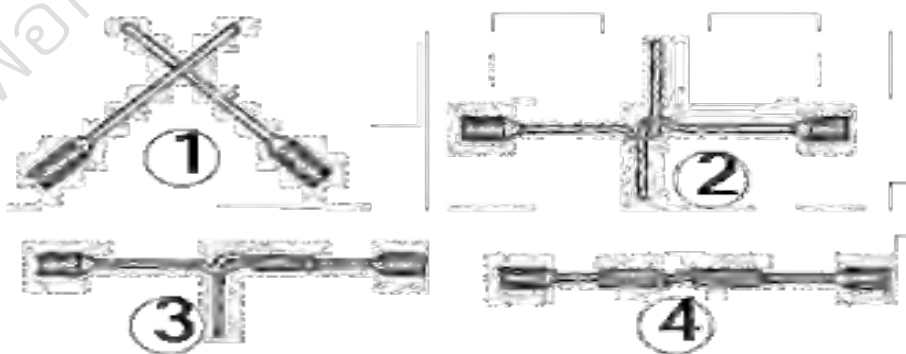
ภาพที่ 173 การต่อสายไฟฟ้าแบบปลดออก

1.5 การต่อสายไฟฟ้าแบบต่อแยกห่วงรัด



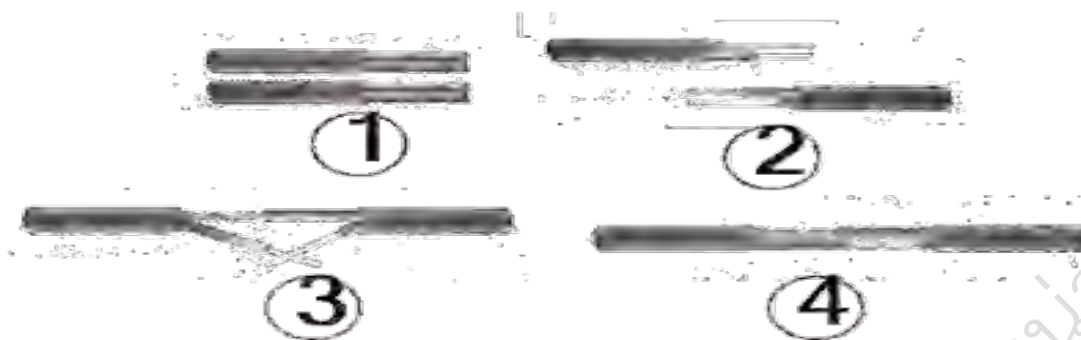
ภาพที่ 174 การต่อสายไฟฟ้าแบบต่อแยกห่วงรัด

1.6 การต่อสายไฟฟ้าแบบต่อตรง



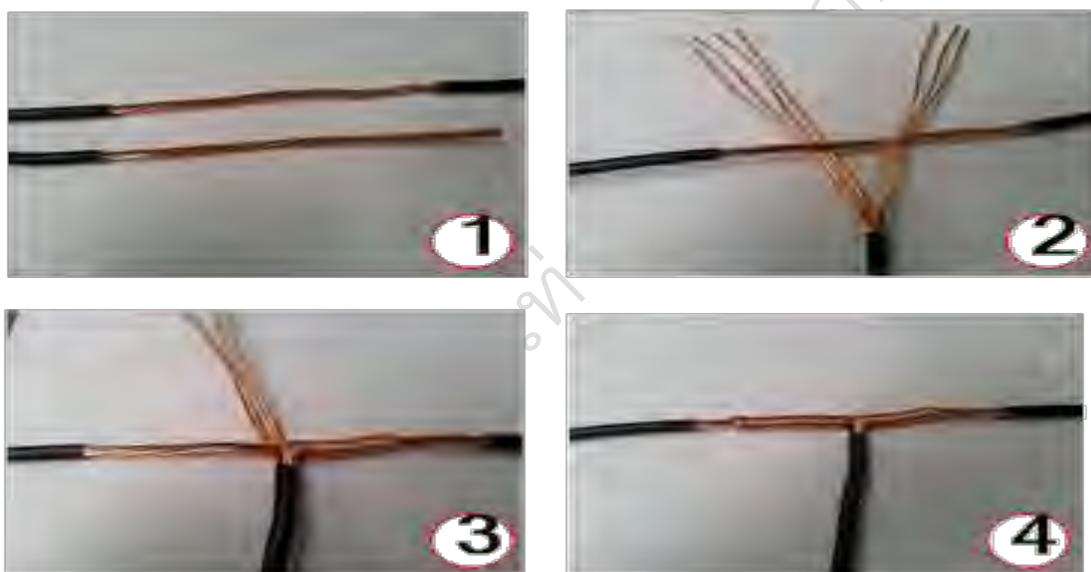
ภาพที่ 175 การต่อสายไฟฟ้าแบบต่อตรง

1.7 การต่อสายไฟฟ้าแบบต่อสายคู่



ภาพที่ 176 การต่อสายไฟฟ้าแบบต่อสายคู่

1.8 การต่อสายไฟฟ้าที่มีข้างในหลายเส้นแบบ ordinary t ape Splice



ภาพที่ 177 การต่อสายไฟฟ้าที่มีข้างในหลายเส้นแบบ ordinary t ape Splice

2. การใช้อุปกรณ์ต่อสาย

อุปกรณ์ต่อสายมีหลายชนิด ทั้งนี้การใช้งานจะขึ้นอยู่กับเลือกใช้

2.1 ขั้วต่อสายแบบแผงต่อสาย (ลูกเต๋า)

ขั้วต่อสายแบบแผงต่อสาย (ลูกเต๋า) ดังภาพที่ 178 ซึ่งนิยมใช้กับการต่อสายขนาดเล็กและมีกระแสไฟฟ้าไม่สูงมากนัก



ภาพที่ 178 ขั้วต่อสายแบบแผงต่อสาย (ลูกเต๋า)

2.2 แผงต่อสายโลหะ

แผงต่อสายโลหะ ใช้กับงานที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าสูง เช่นในตู้ควบคุมมอเตอร์ เป็นต้น ข้อควรระวัง ต้องตรวจสอบขนาดการทนกระแสและขนาดของสายไฟฟ้าที่แผงต่อสายรองรับ ไม่เช่นนั้น จะทำให้จุดต่อสายไม่แน่น และอาจจะเกิดเพลิงไหม้ได้เนื่องจากขนาดกระแสที่ไหลผ่านสูงกว่าพิกัด



ภาพที่ 179 แผงต่อสายโลหะ

2.3 ขั้วต่อสายแบบเชอร์แมน (Sherman fixture connectors)

ขั้วต่อสายแบบเชอร์แมน (sherman fixture connectors) แบบนี้ใช้สกรูขันยึดสายไฟแล้วใช้เทปพันสายรอบ เป็นขั้วต่อสายที่มีความสามารถในการรองรับกระแสไฟฟ้าสูงๆ เหมาะกับการไวสาย เช่น ในรางไวร์เวย์



ภาพที่ 180 ขั้วต่อสายแบบเชอร์แมน

2.4 ขั้วต่อสายสปลิตโบลต์ (split bolt connector)

ขั้วต่อสายสปลิตโบลต์ (split bolt connector) ใช้สำหรับงานจับยึดรวมสายไฟฟ้าขนาดใหญ่ เช่น ในสายไฟฟ้าเข้าอาคาร



ภาพที่ 181 ขั้วต่อสายสปลิตโบลต์

3. การเข้าขั้วสายด้วยหางปลา การย้าหางปลา การใช้ขั้วนัดต่อสาย การบัดกรี

3.1 การเข้าขั้วสายด้วยหางปลา

การเข้าขั้วสายด้วยหางปลา หางปลาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสายไฟฟ้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือหัวสกรูในตู้ควบคุมต่างๆ การเลือกใช้หางปลาจำเป็นจะต้องเลือกให้ถูกขนาดกับสายไฟฟ้า และหางปลา มีชนิดหุ้มฉนวนที่ใช้ในพื้นที่อันตรายและต้องการป้องกันการสัมผัสทั้งจากบุคคลและจากอุปกรณ์ด้วยกันและแบบเปลือยที่ใช้ในพื้นที่ไม่อันตราย



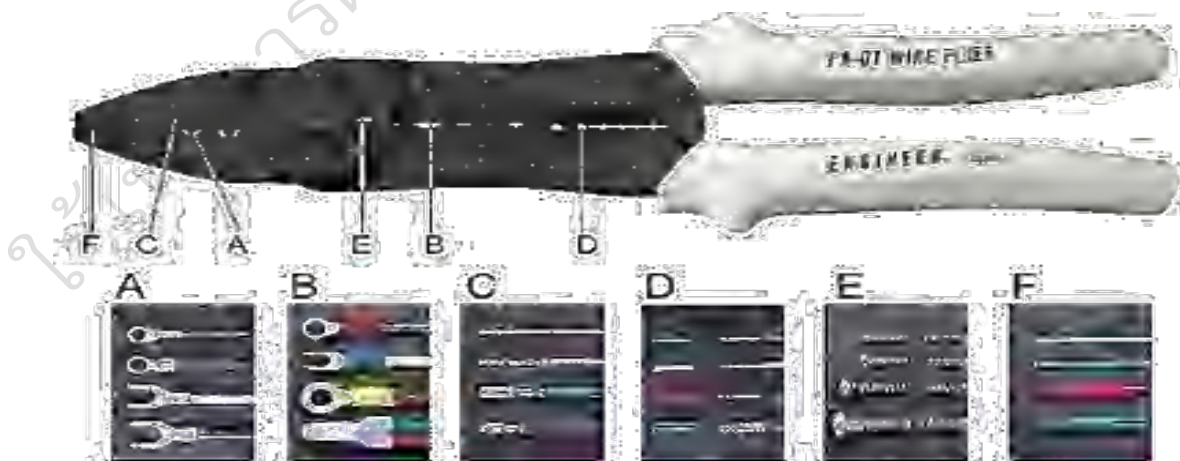
ภาพที่ 182 หางปลาแบบต่างๆ

3.2 การย้าหางปลา

การย้าหางปลา ในการต่อสายไฟฟ้าเข้ากับหางปลาจะใช้คีมย้าหางปลาในการบีบให้หางปลากับสายไฟฟ้าแน่น โดยการใช้คีมย้าจะต้องตรงกับเบอร์ของหางปลา ไม่เช่นนั้นแล้วจะทำให้การย้าหางปลาไม่แน่น

วิธีการย้าหางปลา

- 1) ปอกปลายสายประมาณ 0.5 ซม. และสอดสายไฟฟ้าเข้าในหางปลาจนสุดระยะ
- 2) ใช้คีมย้าหางปลา(ต้องตรงกับเบอร์ของหางปลา)บีบให้แน่น



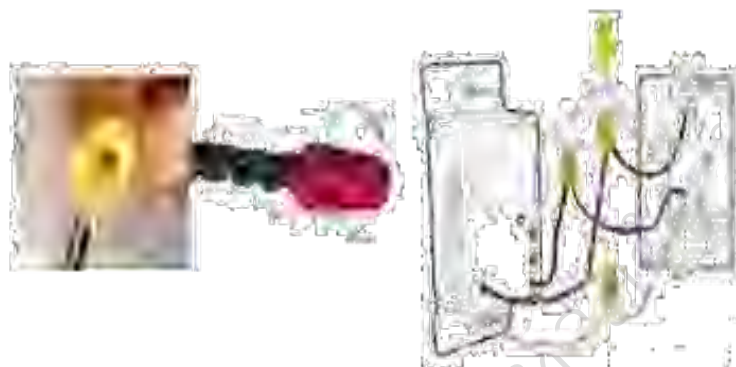
ภาพที่ 183 คีมย้าหางปลา

3.3 การใช้ฉนวนหุ้มสาย

การใช้ฉนวนหุ้มสายใช้สำหรับเป็นปลอกหุ้มสวมสายไฟฟ้าที่มีการต่อกันแบบเกลียว ใช้ห่อหุ้มเพื่อป้องกันการช็อตหรือลัดวงจร

วิธีการใช้ฉนวนหุ้ม

- 1) ปอกสายทั้งสองเส้นประมาณ 1 ซม. และต่อกันด้วยการต่อแบบหางเปีย
- 2) สวมฉนวนหุ้มเข้าไปด้วยการหมุนเกลียวจนแน่น
- 3) เทปพันสายไฟฟ้าพันรอบฉนวนหุ้มและสายไฟฟ้าเพื่อป้องกันการคลายตัวในอนาคต



ภาพที่ 184 การต่อสายไฟฟ้าโดยใช้ฉนวนหุ้ม

3.4 การบัดกรี

การบัดกรีเป็นการต่อสายไฟฟ้าที่ใช้การให้ความร้อนโดยใช้หัวแร้งไฟฟ้าไปหลอมละลายตะกั่วบัดกรีให้ละลายติดสายไฟฟ้า โดยตะกั่วบัดกรีจะเป็นโลหะผสมระหว่างดีบุกกับตะกั่วเพื่อให้หลอมละลายได้ที่อุณหภูมิต่ำและจะมีฟลักซ์แทรกอยู่ภายใน ซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนโลหะออกไซด์ ทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการบัดกรีมีสารตะกั่วปนเปื้อนออกมากับควัน จึงห้ามสูดดมเด็ดขาดมิเช่นนั้นตะกั่วจะไปสะสมในร่างกายและเป็นอันตรายในอนาคต



ภาพที่ 185 หัวแร้ง ตะกั่วบัดกรี และแท่นวาง

วิธีการบัดกรีสายไฟฟ้า

- 1) ทำความสะอาดปลายหัวแร้งด้วยผ้านุ่ม หรือฟองน้ำทนไฟ และในกรณีใช้หัวแร้งครั้งแรกควรเสียบหัวแร้งทิ้งไว้ให้ร้อนเต็มที่ แล้วใช้ตะกั่วไล่ที่ปลายหัวแร้ง เพื่อให้การใช้งานต่อไป ตะกั่วจะได้ติดปลายหัวแร้ง
- 2) ก่อนทำการบัดกรีควรพันสายไฟฟ้าให้แน่น และทำความสะอาด การจับหัวแร้ง ให้ใช้มือประคองหัวแร้งโดยไม่ต้องออกแรงกด
- 3) ให้ความร้อนกับชิ้นงานทั้งสอง แล้วจ่ายตะกั่วบัดกรีระหว่างตัวชิ้นงาน
- 4) จ่ายตะกั่วให้กับจุดต่อสายไฟฟ้า
- 5) เมื่อตะกั่วหลอมละลายในปริมาณเหมาะสม จึงค่อยถอนตะกั่วออก
- 6) ถอนหัวแร้งออกจากชิ้นงานตามลำดับ



ภาพที่ 186 การบัดกรีสายไฟฟ้า

4. วิธีการพันฉนวนสายไฟฟ้า

เป็นการพันเพื่อป้องกันการช็อตหรือการสัมผัสของสายไฟฟ้ากับอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งในการพันฉนวนนั้นอุปกรณ์ที่ต้องใช้คือเทปพันสายไฟฟ้าแสดงดังภาพที่ 187

วิธีการพันฉนวน

- 1) กำหนดจุดเริ่มต้นการพัน และใช้ปลายเทปติดเข้ากับสายไฟฟ้าให้แน่น
- 2) เริ่มการพัน โดยดึงเทปให้ยืดเล็กน้อย พันต่อเนื่องจนเลยพื้นที่กำหนดเล็กน้อย
- 3) พันย้อนกลับอีกครั้ง ทำซ้ำประมาณ 3-4 รอบ สังเกตความหนาของฉนวนที่พันจะต้องมากกว่าฉนวนปกติเล็กน้อย
- 4) ดึงเทปให้ยืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและใช้ คัตเตอร์ตัดปลายเทปเก็บปลายเทปพันสายไฟฟ้าให้เรียบร้อย
- 5) กรณีพันปลายสายไฟฟ้า ต้องพันให้เกินไปประมาณ 1 ซม. และพับปลายสายเทปกกลับ และพันเก็บให้เรียบร้อย



ภาพที่ 187 การบัดกรีสายไฟฟ้า

บทนำ

เนื้อหาวิชา : เครื่องมือวัดและทดสอบ

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานช่างเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ และสามารถบำรุงรักษาเครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษา โครงสร้าง หลักการทำงาน วิธีการใช้งาน การอ่านค่า เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและทางกล เช่น เครื่องมือวัดสูญญากาศ เครื่องมืออุณหภูมิ เครื่องมือวัดความเร็วลม โอห์มมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ วัดต์มิเตอร์ มัลติมิเตอร์ คลิปแอมป์มิเตอร์ ฟุตเหล็ก ตลับเมตร เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์ เครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นต้น และวิธีการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง

ฝึกปฏิบัติงาน เครื่องมือวัดเชิงกล เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และเครื่องมือวัดระบบปรับอากาศ

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

5. เครื่องมือวัดและทดสอบ

(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 7 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 7 ชั่วโมง)

(หน้าที่)

5.1 เครื่องมือวัดเชิงกล

(200 – 211)

5.2 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

(212 – 249)

5.3 เครื่องมือวัดระบบปรับอากาศ

(250 – 258)

เครื่องมือวัดและทดสอบ

5.1 เครื่องมือวัดเชิงกล

ทักษะในการใช้และเก็บรักษาเครื่องมือวัดเชิงกล

เครื่องมือวัด (Measuring tool) คือ เครื่องมือสำหรับการวัดเพื่อบ่งชี้บอกระยะหรือขนาดในการกำหนดตำแหน่ง ตรวจสอบระยะหรือขนาดความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความหนาของวัสดุชิ้นงาน ฯลฯ เครื่องมือวัดมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะ รูปร่างที่แตกต่างกันตามประโยชน์ใช้สอยในทางช่างนั้น ๆ สำหรับเครื่องมือวัดที่ใช้ในทางช่างที่ตัวเครื่องมือวัดมีหน่วยมาตรฐานการวัดมีหน่วยเป็นนิ้ว ฟุตและหน่วยเมตริก กำกับไว้ในเครื่องมือวัดชนิดเดียวกันเพื่อสะดวกในการใช้งาน ดังนั้น ช่างซ่อมบำรุงควรเรียนรู้เรื่องหน่วยมาตรฐานการวัดและเครื่องมือวัดที่สำคัญ ดังนี้

- บรรทัดเหล็กหรือฟุตเหล็ก (steel rule)
- ตลับเมตร (tape rule)
- ฉาก (squares)
- ระดับน้ำ (Le-el)

1. หน่วยการวัด

ก่อนการใช้เครื่องมือวัด ผู้ใช้ต้องแน่ใจว่าสามารถอ่านค่าหน่วยต่าง ๆ ที่กำหนดไว้บนเครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง สำหรับหน่วยการวัดที่ระบุไว้ในเครื่องมือวัดที่ใช้ในงานช่างทั่วไป มีหน่วยการวัดแบ่งได้ 2 ระบบ ดังนี้

1. ระบบเมตริก (Metric system of Measurement)
2. ระบบอังกฤษ (english system of Measurement)

ทั้งนี้ ในแต่ละประเทศมีการใช้มาตรฐานการวัดหลายๆ ระบบ ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากในการเปรียบเทียบของระบบต่างๆ เนื่องจากหน่วยของมาตราวัดแต่ละระบบจะแตกต่างกัน

ในปี พ.ศ. 2503 ได้มีการประชุมร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ จากหลายๆ ประเทศเพื่อตกลงให้มีระบบการวัด ปริมาณต่างๆ เป็นระบบมาตรฐานระหว่างชาติ ที่เรียกว่า หน่วยระหว่างชาติ (international system of units หรือ system-International d' Unites) และกำหนดให้ใช้อักษรย่อแทนชื่อระบบนี้ว่า “SI” หรือ หน่วยเอสไอ (si unit) เพื่อใช้ในการวัดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.1 ระบบเมตริก มีหน่วยการวัด ดังนี้

- มิลลิเมตร ใช้ตัวย่อ มม. (mm.) ตัวอย่างเช่น 2 มม. อ่านว่า ความยาวสองมิลลิเมตร
- เซนติเมตร ใช้ตัวย่อ ซม.(cm.) ตัวอย่างเช่น 10 ซม. อ่านว่า ความยาวสิบเซนติเมตร
- เมตร ใช้ตัวย่อ ม. (m.) ตัวอย่างเช่น 10 เมตร อ่านว่า ความยาวสิบเมตร
- หน่วยของการวัดในระยะความยาว 1 เซนติเมตร (10 มม.) และ (25.4 มิลลิเมตร = 1 นิ้ว)

ตารางที่ 40 มาตรฐานของหน่วยวัดระบบเมตริก

10	มิลลิเมตร	=	1	เซนติเมตร
100	เซนติเมตร	=	1	เมตร
1,000	เมตร	=	1	กิโลเมตร

1.2 ระบบอังกฤษ มีหน่วยการวัด ดังนี้

- นิ้ว ใช้เครื่องหมาย (") ตัวอย่างเช่น 1 " อ่านว่า ความยาว หนึ่งนิ้ว
- ฟุต ใช้เครื่องหมาย (') ตัวอย่างเช่น 4 ' อ่านว่า ความยาว สี่ฟุต

ตารางที่ 41 มาตรฐานของหน่วยวัดระบบอังกฤษ

12	นิ้ว	=	1	ฟุต
3	ฟุต	=	1	หลา
1,760	หลา	=	1	ไมล์

ตารางที่ 42 แสดงการเปรียบเทียบความยาวระหว่างระบบเมตริกและระบบอังกฤษ

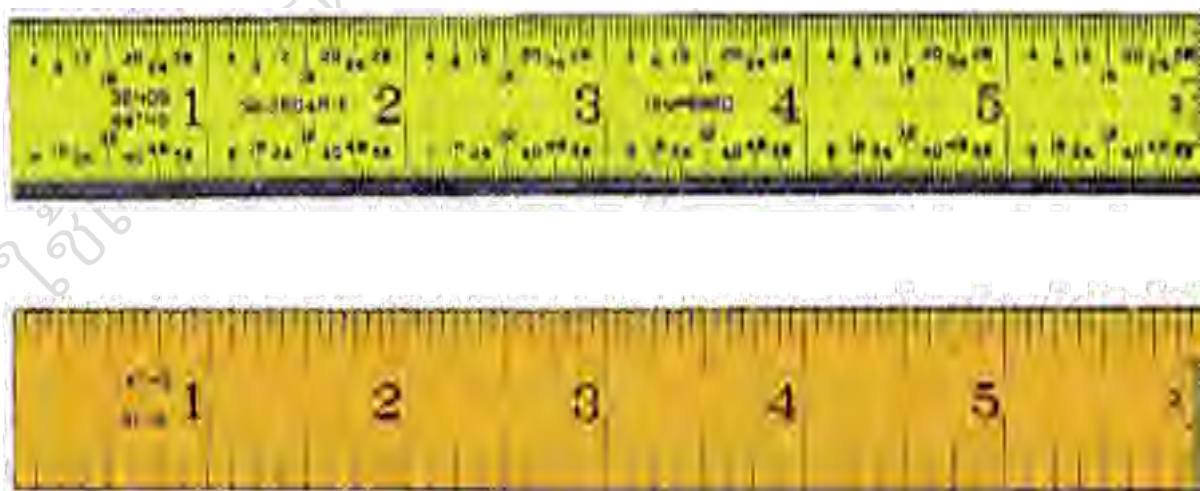
เมตริก เป็น อังกฤษ	อังกฤษ เป็น เมตริก
1 มิลลิเมตร = 0.03937 นิ้ว	1 นิ้ว = 25.4 มิลลิเมตร
1 เซนติเมตร = 0.3937 นิ้ว	1 นิ้ว = 2.541 เซนติเมตร
1 เมตร = 39.37 นิ้ว	1 นิ้ว = 0.0254 เมตร
1 กิโลเมตร = 0.6214 ไมล์	1 ไมล์ = 1.609 กิโลเมตร

2. บรรทัดเหล็กหรือฟุตเหล็ก

บรรทัดเหล็ก เป็นเครื่องมือวัดขั้นพื้นฐานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถใช้วัดขนาดของงานได้อย่างรวดเร็วและยังใช้เป็นบรรทัดสำหรับขีดระยะงาน

2.1 ลักษณะของบรรทัดเหล็ก

ปกติบรรทัดเหล็กสร้างจากแผ่นเหล็กเหน็บที่อาบผิว หรือเหล็กไร้สนิม มีความหนาไม่เกิน 1 มม. และไม่บางกว่า 0.3 มม. ความกว้างและความยาวของบรรทัดเหล็กนั้นมีหลายขนาด เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน และบรรทัดเหล็กที่ดีจะต้องอ่านสเกลได้ง่ายและไม่บิดงอง่าย



ภาพที่ 188 ลักษณะของบรรทัดเหล็ก

2.2 หลักการแบ่งสเกล และการอ่านค่าของบรรทัดเหล็ก

บรรทัดเหล็กได้แบ่งขีดสเกลออกเป็น 2 ระบบ

1. ระบบอังกฤษ
2. ระบบเมตริก

2.2.1 หลักการแบ่งสเกลของระบบอังกฤษ มี 4 แบบ คือ



ภาพที่ 189 บรรทัดสเกล 1 นิ้ว แบ่งเป็น 8 ช่อง

1. 1 นิ้ว แบ่งเป็น 8 ช่อง จากภาพที่ 189

1 ช่องเท่ากับ $\frac{1}{8}$ นิ้ว

ระยะ ก. อ่านได้ $\frac{3}{8}$ นิ้ว

ระยะ ข. อ่านได้ $\frac{4}{8} = \frac{1}{2}$ นิ้ว

ระยะ ค. อ่านได้ $\frac{6}{8} = \frac{3}{4}$ นิ้ว

ระยะ ง. อ่านได้ $2\frac{5}{8}$ นิ้ว



ภาพที่ 190 บรรทัดสเกล 1 นิ้ว แบ่งเป็น 16 ช่อง

2. 1 นิ้ว แบ่งเป็น 16 ช่อง จากภาพที่ 190

1 ช่องเท่ากับ $\frac{1}{16}$ นิ้ว

ระยะ ก. อ่านได้ $\frac{13}{16}$ นิ้ว

ระยะ ข. อ่านได้ $1\frac{1}{16}$ นิ้ว

ระยะ ค. อ่านได้ $1\frac{7}{16}$ นิ้ว

ระยะ ง. อ่านได้ $2\frac{3}{16}$ นิ้ว



ภาพที่ 191 บรรทัดสเกล 1 นิ้ว แบ่งเป็น 32 ช่อง

3. 1 นิ้ว แบ่งเป็น 32 ช่อง จากภาพที่ 191

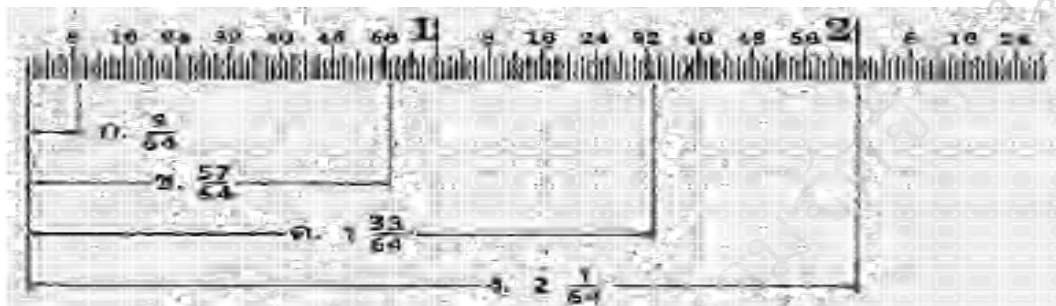
1 ช่องเท่ากับ $\frac{1}{32}$ นิ้ว

ระยะ ก. อ่านได้ $\frac{3}{32}$ นิ้ว

ระยะ ข. อ่านได้ $\frac{9}{32}$ นิ้ว

ระยะ ค. อ่านได้ $1\frac{11}{32}$ นิ้ว

ระยะ ง. อ่านได้ $2\frac{4}{32} = 2\frac{1}{8}$ นิ้ว



ภาพที่ 192 บรรทัดสเกล 1 นิ้ว แบ่งเป็น 64 ช่อง

4. 1 นิ้ว แบ่งเป็น 64 ช่อง จากภาพที่ 192

1 ช่องเท่ากับ $\frac{1}{64}$ นิ้ว

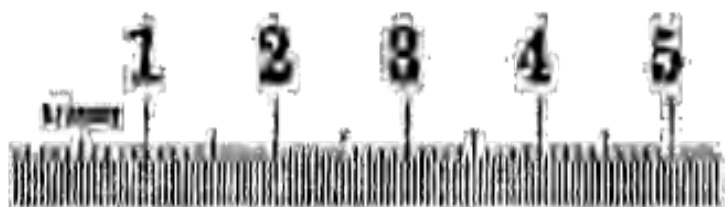
ระยะ ก. อ่านได้ $\frac{9}{64}$ นิ้ว

ระยะ ข. อ่านได้ $\frac{57}{64}$ นิ้ว

ระยะ ค. อ่านได้ $1\frac{33}{64}$ นิ้ว

ระยะ ง. อ่านได้ $2\frac{1}{64}$ นิ้ว

2.2.2 หลักการแบ่งสเกลของระบบเมตริก มี 2 แบบ คือ



ภาพที่ 193 บรรทัดสเกลค่าความละเอียดช่องสเกล 0.5 มม.

1. 1 ช่องสเกลมีค่าความละเอียดเท่ากับ 0.5 มม. จากภาพที่ 193



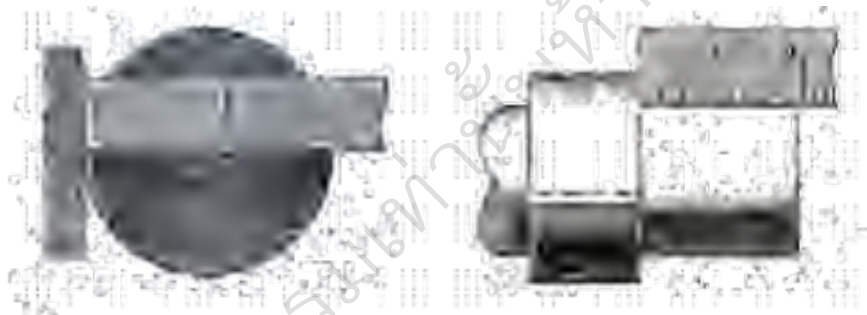
ภาพที่ 194 บรรทัดสเกลค่าความละเอียดช่องสเกล 1 มม.

2. 1 ช่องสเกลมีค่าความละเอียดเท่ากับ 1 มม. จากภาพที่ 194

2.3 การใช้บรรทัดเหล็กวัดชิ้นงาน

1. เริ่มต้นจากจุดอ้างอิงศูนย์

จากภาพที่ 195 เป็นการวัดชิ้นงานโดยเริ่มต้นจากขอบ หรือขีดศูนย์ (0) ของบรรทัดเหล็ก ในการวัดลักษณะของชิ้นงานที่เป็นบ่า หรือเป็นแบบขั้นบันได



ก. การวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง ข. การใช้บรรทัดวัดงานบ่าจาก

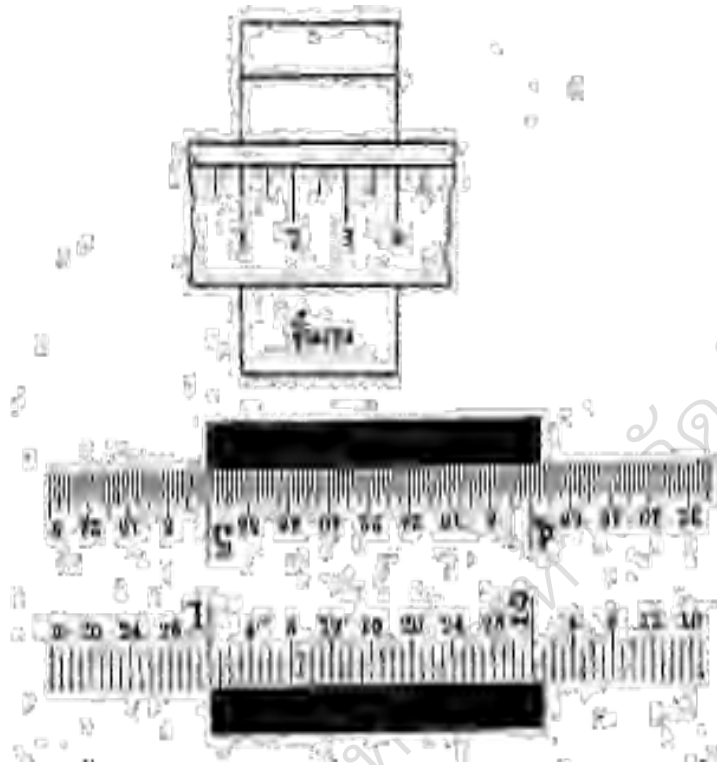


ค. การใช้บรรทัดเค้นส่ววัดงาน ง. การใช้บรรทัดขอวัดงาน
เพราะบางงานไม่ตั้งฉาก

ภาพที่ 195 การวัดงานโดยเริ่มต้นจากขอบของบรรทัดเหล็ก

2. เริ่มต้นจุดอ้างอิงที่ไม่ใช่ขอบของบรรทัดหลัก

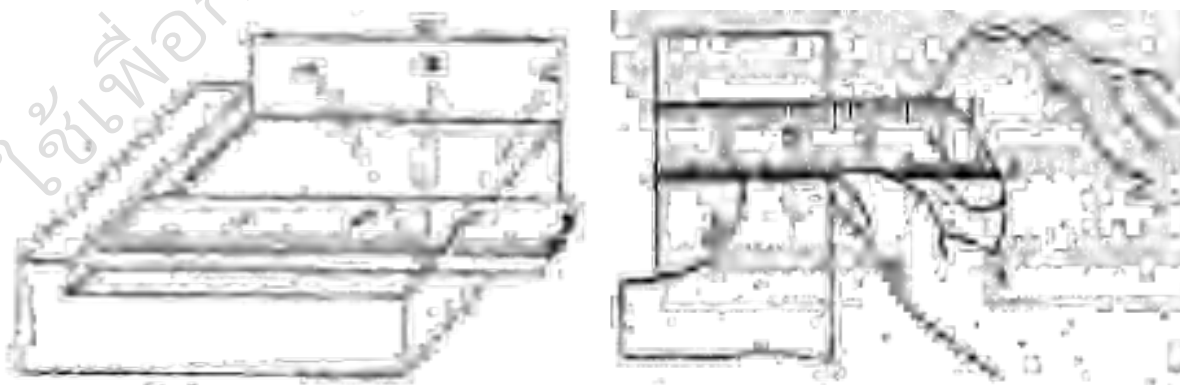
จากภาพที่ 196 เป็นการวัดเริ่มต้นจุดอ้างอิงที่ไม่ใช่ขอบของบรรทัดหลัก ซึ่งในกรณีนี้ควรระวังการวางบรรทัดหลักในระหว่างการวัดว่าต้องขนานกับชิ้นงาน



ภาพที่ 196 การวัดงานโดยใช้จุดเริ่มที่ไม่ใช่ขอบบรรทัดหลักเป็นจุดเริ่มต้น

3. แนวเส้นในการอ่านค่า

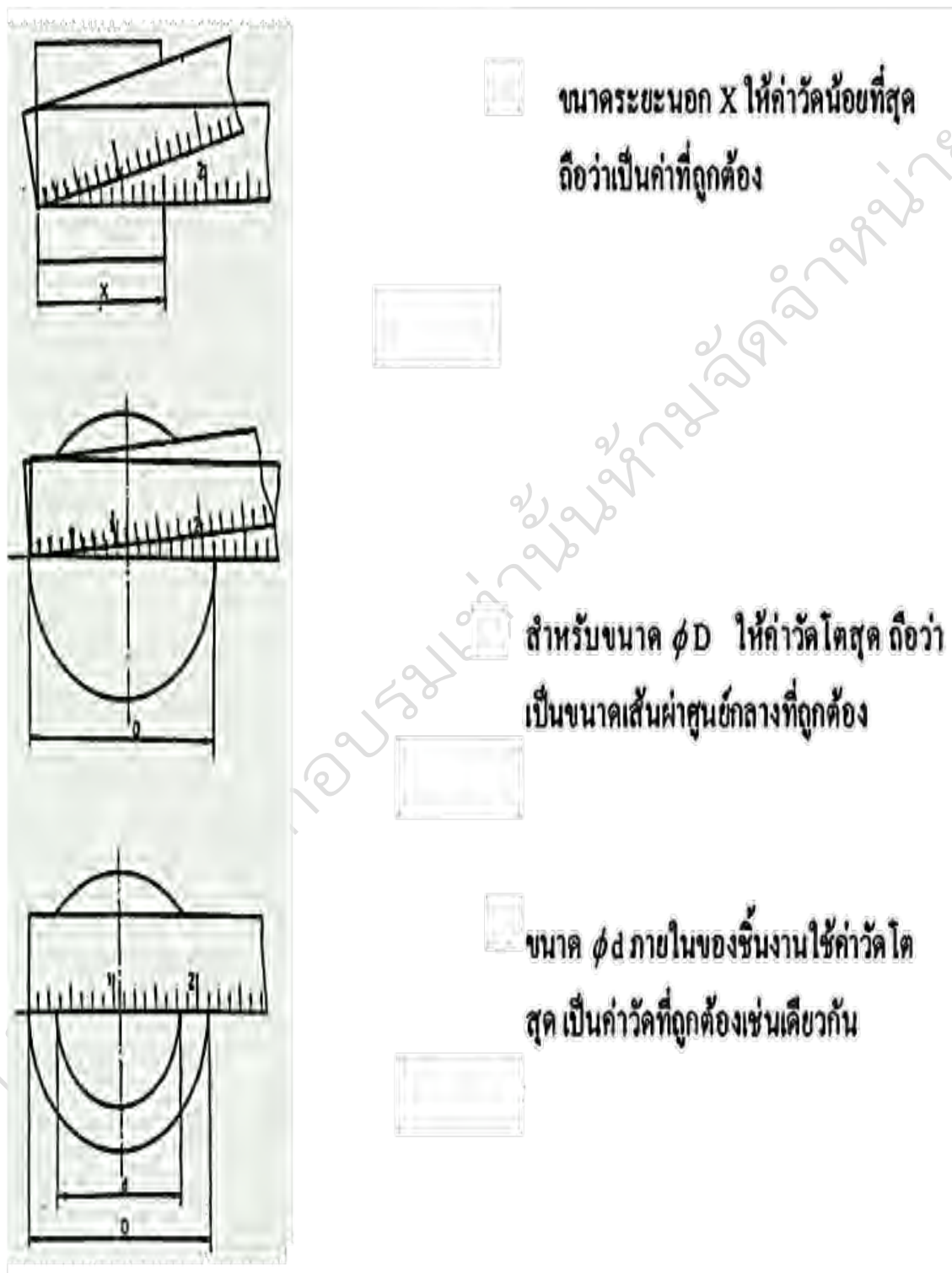
เมื่อวางบรรทัดหลักทับกับผิวงาน ความหนาของบรรทัดจะทำให้เกิดระยะห่าง ระหว่างผิวงานกับขีดสเกล ซึ่งระยะห่างนี้เป็นเหตุให้วัดขนาดของชิ้นงานผิดพลาดได้ อันเนื่องมาจากแนวเส้นผิดไป ในภาพที่ 197 ถ้าต้องการวัดระยะ X แนวเส้น ณ ตำแหน่ง b อันเป็นตำแหน่งที่ถูกต้องจะพบว่าขีด 29 ตรงกับจุดสุดท้ายพอดี แต่ถ้าแนวเส้นที่ตำแหน่ง a จะเห็นขีดที่ 28 ตรง และแนวเส้นที่ตำแหน่ง c จะเห็นขีดที่ 30 ตรง



ภาพที่ 197 ตำแหน่งแนวเส้นในการอ่านสเกล และสายตาต้องมองตั้งฉากกับตำแหน่งที่อ่าน

4. แนวการวางบรรทัดเหล็ก

การทาบทหรือวางบรรทัดเหล็กลงบนผิวชิ้นงานถือได้ว่าสำคัญมาก เพราะหากวางแนวแกนของบรรทัดเหล็กไม่อยู่ในแนววัดชิ้นงานดังภาพที่ 198 ขนาดของชิ้นงานจะผิดไป

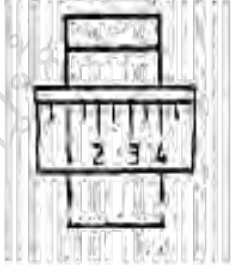
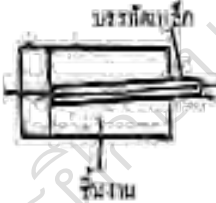
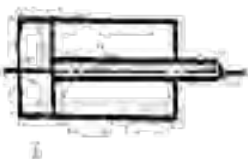
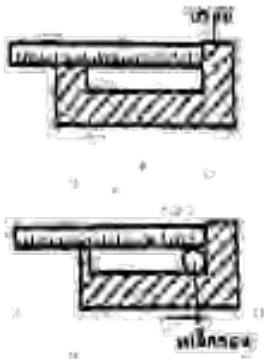


ภาพที่ 198 แสดงแนวการวางบรรทัดเหล็ก

5. ข้อควรระวังในการใช้บรรทัดเหล็ก

- 5.1 อย่างนำบรรทัดเหล็กไปวัดชิ้นงานที่ยังร้อนอยู่
- 5.2 วางบรรทัดเหล็กในแนวระนาบเสมอ
- 5.3 อย่างนำบรรทัดเหล็กวางปะปนกับเครื่องมือคมตัดอื่นๆ เช่น ตะไบ ดอกสว่าน ฯลฯ
- 5.4 ก่อนการวัดงานต้องลบคมชิ้นงานให้เรียบร้อย
- 5.5 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของสเกลก่อนใช้ทุกครั้ง
- 5.6 ทำความสะอาดทุกครั้งก่อนและหลังการใช้งาน

ตารางที่ 43 ข้อผิดพลาดและการแก้ไข จากการใช้งานบรรทัดเหล็ก

การวัดและอ่านค่า	ลักษณะการวัดไม่ถูกต้อง	ผลที่เกิดขึ้น	ลักษณะการแก้ไขให้ถูกต้อง	ข้อควรระวัง
1. แนวตั้ง		ค่าวัด ไม่ถูกต้อง		แนวสายตาคือต้องตั้งฉากกับผิวแกว
2. แนวแกน		ค่าวัดได้มากกว่าปกติ		แนวแกนบรรทัดเหล็กต้องวางในแนวแกนชิ้นงาน
3. การวางบรรทัดเหล็ก		ค่าวัด ไม่ถูกต้อง		อย่าใช้แรงกดมาก อาจโก่งงอ ขนาดเหล็กทรง ต้องมีขนาดพอดี

3. ตลับเมตร

3.1 การใช้งานตลับเมตร

1. มือหนึ่งจับปลายเทปแล้วดึงออกจากตลับ
2. ใช้ขอปลายเทปเกี่ยวหัวไม้ที่ตรงและได้ฉาก
3. ทำเครื่องหมายตามระยะที่ต้องการ
4. การอ่านสเกลของตลับเมตรใช้หลักการอ่านเดียวกันกับ บรรทัดเหล็ก

3.2 การบำรุงรักษา

1. ระวังรักษาขอเกี่ยวปลายเทปไม่ให้หัก
2. เมื่อปล่อยเส้นเทปกับที่เดิมค่อย ๆ ผ่อน ห้ามปล่อยเส้นเทปให้กลับเข้าตัวตลับเร็วเกินไป ปลายขอที่เกี่ยวข้องอาจชำรุดได้ แล้วค่อยใช้มือประคองเส้นเทปก่อนที่ขอเกี่ยวจะไปกระทบกับตัวตลับ ซึ่งจะทำให้ขอเกี่ยวหลุดหรือคลาดเคลื่อนและอาจชำรุดเสียหาย
3. การใช้ตลับเมตรที่ถนอมคือต้องไม่ดึงสายวัดออกมาจนสุด
4. ทำความสะอาดหลังเลิกใช้แล้วเก็บให้เป็นระเบียบ ทั้งนี้เรานำตลับเมตรไปวัดอะไรก็ได้ตามแต่เราต้องการ ขนาดที่นิยมใช้สำหรับช่างแอร์ คี้อยาว 5 เมตร



ภาพที่ 199 ตัวอย่างการใช้งานตลับเมตร

4. ฉาก

เป็นเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้ทางตรงหรือตั้งได้ฉากของงาน รวมทั้งการวัดมุมต่างๆ ฉากมีหลายชนิด

4.1 ฉากเหล็ก หรือฉากตาย

ฉากเหล็ก หรือฉากตาย คือเครื่องมือที่ใช้เพื่อวัดขนาดการสร้างมุม 45 และ 90 องศา ตรวจสอบการได้ฉากของงานชนิดต่างๆ หรือใช้วัดขนาดความกว้าง ยาว ลึกของชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก มีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ ใบฉาก และด้ามฉาก โดยทั้ง 2 ส่วนยึดติดกันเป็นมุม 90 องศา ความยาวของใบฉากมีตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป ซึ่งเป็นขนาดที่นิยมใช้ ที่ใบฉากทั้งสองด้านทุกขนาดมีมาตราส่วนเป็นนิ้ว และเซนติเมตร บอกกำกับไว้ วิธีการใช้งาน การใช้ฉากในงานช่างสามารถใช้งานในลักษณะงานดังต่อไปนี้

- 4.1.1 ใช้ในการวัดขนาด ฉากมีด้านทั้งสองของใบมีมาตราส่วนเป็นนิ้ว และเซนติเมตรกำกับไว้ ฉะนั้นในการใช้ฉากวัดขนาดความกว้างยาวของงาน ใช้วิธีการวัดขนาดความกว้าง ยาว เหมือนกับการวัดด้วยไม้เมตร หรือตลับเมตร
- 4.1.2 ใช้ในการขีดเส้นฉาก เพราะฉากเหล็กมีลักษณะการประกอบเป็นมุมฉากอยู่แล้ว ดังนั้นการนำด้ามฉากไปแนบกับขอบที่เรียบชิ้นงานใด ทิศทางของใบฉากย่อมทำมุมได้ 90 องศาเสมอ ดังนั้นในการตัดไม้ให้ได้ฉากกับแนวข้างลำตัวไม้ เมื่อนำฉากมาแนบ การขีดเส้นตามแนวของใบฉากคือเส้นที่บอกให้ทราบถึงแนวตัดหัวไม้ได้ฉากเสมอ
- 4.1.3 การใช้ฉากเหล็กเพื่อตรวจสอบมุม 90 องศาของชิ้นงาน เป็นการตรวจสอบโดยนำฉากเหล็กไปแนบในจุดที่ตรวจสอบ แต่การตรวจสอบได้ความเที่ยงตรงมากน้อยแค่ไหนต้องตรวจสอบฉากก่อน



ภาพที่ 200 ตัวอย่างฉากตาย

4.2 ฉากเป็น

ฉากเป็น (be-el gauge) ใช้วัดมุมต่าง ๆ นอกจากมุม 90 องศา 45 องศา สามารถถอดแยกจากกันได้ ลักษณะเป็นด้ามไม้และพลาสติก และมีส่วนที่เป็นโลหะแบน หรือเรียกว่า ใบฉาก ยึดด้วยสกรูที่สามารถเป็นจุดหมุนในการวัดมุม สำหรับการตัดชิ้นงานไม้ บัวไม้ ไม้เข้ามุม เดือไม้ และวัดองศาตามความต้องการ ความพิเศษของเครื่องมือช่างชนิดนี้ คือ สามารถวัดมุมได้เป็นองศาและสามารถแบ่งวงกลมออกเป็น 180 ส่วน สร้างมุม 360 องศา 90 องศา หรือ 1 ใน 4 ของวงกลมได้ด้วยเช่นกัน การใช้งานฉากเป็นให้เริ่มจากการหามุม จุดตัด หรือจุดยอดของมุมที่ต้องการวัด จากนั้นให้คลายสกรูที่ฉากเป็นแล้วเลื่อนส่วนใบฉาก เพื่อให้สามารถกดด้ามให้แนบกับข้างหนึ่งของมุม และให้ใบฉากแนบกับอีกด้านหนึ่งได้ จับด้ามและใบฉากให้แนบกับมุมตัวอย่างนั้น ชันสกรูให้แน่น นำฉากเป็นมาที่ชิ้นงานที่ต้องการนำเข้าไปติดตั้ง วางส่วนด้ามให้แนบกับด้านหนึ่ง แล้วลากเส้นไปตามขอบใบฉาก เพื่อสร้างมุมที่มีขนาดเท่ากับมุมต้นแบบได้อย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 201 ตัวอย่างฉากเป็น และการใช้งาน

4.3 การบำรุงรักษา

- 4.3.1 วางฉากลงบนโต๊ะปฏิบัติงานเบา ๆ และอย่างระมัดระวังเมื่อนำฉากเหล็กไปใช้ในแต่และครั้ง
- 4.3.2 ไม่ควรนำฉากเหล็กไปใช้งานลักษณะอื่น ที่นอกเหนือจากการวัด ชีตเส้น ตรวจสอบมุม วัดขนาดความยาวชิ้นงาน
- 4.3.3 ไม่ควรใช้ฉากในการดัน ที่จะเป็นผลให้จุดการยึดใบฉากกับด้ามฉากยึดกันไม่แน่น ยกเว้นเป็นการทำเพื่อตัดฉากให้ได้ 90 องศา
- 4.3.4 ทำความสะอาดฉากให้ปราศจากฝุ่นและทราย ก่อนเช็ดด้วยน้ำมันเครื่อง เพื่อกันสนิม
- 4.3.5 ไม่ใช้ด้ามฉากเคาะหรือตอกแทนค้อน
- 4.3.6 ระวังอย่าให้ฉากตกลงพื้นเพราะจะทำให้ฉากคลาดเคลื่อนจากความเที่ยงตรง
- 4.3.7 เก็บฉากไว้ในที่เรียบ ไม่วางทับซ้อนกับเครื่องมือชนิดอื่นซึ่งจะมีผลเสียต่อฉากจะบิดงอได้

5. ระดับน้ำ

ระดับน้ำ ใช้สำหรับวัดพื้นผิวว่าได้ระดับหรือไม่ มีหลอดแก้ว 3 หลอดวางไว้ตั้งฉากกัน และทแยง 45 องศา ลักษณะของเครื่องมือชนิดนี้จะเป็นอะลูมิเนียมหรือพลาสติก ยาวประมาณหนึ่งศอก มีช่องใส ๆ หลายช่อง แต่ละช่องจะมีหลอดแก้ว ที่มีช่องเหลวที่มีสีอยู่ข้างใน ในช่องเหลวนั้นจะมีฟองอากาศขนาดเท่าเมล็ดถั่ว เมื่อลองขยับระดับน้ำดู จะสังเกตเห็นว่าฟองอากาศนั้นจะเคลื่อนที่ไปด้วย ซึ่งระดับน้ำนั้นมีอยู่หลายขนาด โดยส่วนใหญ่ใช้ขนาด 24 นิ้ว (60 เซนติเมตร) ขนาด 4 ฟุต (1.2 เมตร) หรือ 6 ฟุต (1.8 เมตร) สำหรับประตูและหน้าต่าง ระดับน้ำแบบที่มีตาแวว (แป้นวงกลม) ใช้แสดงทิศทางการเอียง การใช้งานเครื่องมือช่างดังกล่าวให้ดูที่ระดับน้ำว่า หลอดแก้วหลอดไหนใช้วัดระดับในแนวราบและหลอดไหนวัดแนวตั้ง วางระดับน้ำลงบนพื้นผิวที่ต้องการตรวจสอบดูที่ฟองอากาศ ถ้าฟองอากาศลอยไปอยู่ที่ตรงกลางของหลอดแก้วแสดงว่าพื้นได้ระดับในแนวราบแล้ว แต่ถ้าฟองอากาศไม่อยู่ตรงกลาง แสดงว่าพื้นเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง ถ้าต้องการรู้ว่าเอียงทางใดและเอียงมากแค่ไหน ให้ลองยกปลายของระดับน้ำขึ้นด้านหนึ่ง แล้วดูว่าฟองอากาศเลื่อนไปทางไหน เมื่อฟองอากาศอยู่ตรงกลาง จะเห็นว่า มีช่องว่างระหว่างพื้นกับขอบของระดับแล้ว จะเห็นว่าเอียงมากเพียงใด หากพื้นได้ระดับแนวราบแล้ว ให้หมุนระดับน้ำไปที่ 90 องศา แล้วตรวจดูอีกครั้ง จะพบว่าพื้นอาจจะได้ระดับในด้านหนึ่ง แต่เอียงในอีกด้านหนึ่ง ถ้าพื้นได้ระดับจริง ๆ ในทุกทิศทาง ฟองอากาศจะต้องอยู่ตรงกลางหลอดแก้วเสมอ ไม่ว่าจะหมุนระดับน้ำไปทางใดก็ตาม



ภาพที่ 202 ระดับน้ำ และลักษณะการใช้งาน

5.2 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ช่างไฟฟ้าและช่างซ่อมเครื่องปรับอากาศใช้ในการตรวจวัดค่าอุปกรณ์ รวมทั้งตรวจสอบระบบการทำงานต่างๆ ทางด้านช่างไฟฟ้าและช่างซ่อมเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้มีความถูกต้องตามข้อกำหนด เช่น วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร เป็นต้น ปัจจุบันสามารถใช้เครื่องมือวัดเพียงเครื่องเดียววัดค่าทางไฟฟ้าดังที่กล่าวข้างต้นได้ทั้งหมด เราเรียกเครื่องมือวัดชนิดนี้ว่า “มัลติมิเตอร์” ในหัวข้อวิชานี้จะกล่าวถึงการใช้งาน เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ในการวัดค่าต่างๆ

1. มัลติมิเตอร์

เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ หรือเรียกย่อว่า VoM (ย่อมาจาก Volt ohm Milliamp Meter) เป็นเครื่องมือวัดชนิดหนึ่งที่สามารถใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ วัดกระแสไฟฟ้า วัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า และใช้สำหรับตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ทางด้านไฟฟ้าและทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ มัลติมิเตอร์ที่ใช้กันทั่วไป จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. อนาล็อก มัลติมิเตอร์ (analog Multimeter) หรือ มัลติมิเตอร์ชนิดเข็ม เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน โดยการทำงานของกัลป์วาโนมิเตอร์ (gal-vano Meter) หรือ มูฟวี่งคอยล์ (Mo-ving coil) ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าดีซี (dc) ต่ำๆ ไม่เกิน 50 ไมโครแอมป์ ป้อนให้ขดลวดทำงาน เคลื่อนที่หลักเข็มมิเตอร์ให้ชี้อ่านค่าบนหน้าปัด มิเตอร์ชนิดเข็มที่ดีจะต้องมีความไวสูง (sensitivity) ไม่ต่ำกว่า 20 K Ω /VDC หรือ 8 K Ω /Vac

2. ดิจิตอล มัลติมิเตอร์ (digital Multimeter) เป็นมิเตอร์ที่ใช้หลักการแสดงผลเป็นตัวเลข โดยนำเอาหลักการทำงานในรูปแบบของดิจิตอลเข้ามาเพื่อการตรวจสอบค่าต่างๆ มีความเที่ยงตรงในการวัดค่าสูง อ่านค่าง่าย สามารถบอกตรรกะละเอียดได้มากกว่าชนิดเข็ม



เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์แบบเข็ม
(analog Mul'ti'me'ter)



เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข
(digi'tal Mul'ti'me'ter)

ภาพที่ 203 ตัวอย่างมัลติมิเตอร์ แบบอนาล็อก และ แบบดิจิตอล

เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ทั้ง 2 แบบ โดยทั่วไปสามารถใช้วัดค่าทางไฟฟ้าได้ 4 ประเภท คือ

- วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (d.c. Voltage)
- วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (a.c. Voltage)
- วัดกระแสไฟฟ้าตรง (d.c. current)
- วัดความต้านทานทางไฟฟ้า (resistance – ohm - Ω)

การใช้งานเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ทั้ง 2 แบบ สิ่งที่สำคัญที่ผู้ใช้งานต้องทำความรู้จักก่อนที่จะทำการวัด คือส่วนที่เรียกว่า สวิตช์เลือกการวัด (range switches) ดังแสดงตามภาพที่ 204



สวิตช์เลือกการวัดมัลติมิเตอร์แบบเข็ม



สวิตช์เลือกการวัดมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข

ภาพที่ 204 สวิตช์เลือกการวัด (range Switches) แบบอนาล็อก และ แบบดิจิตอล

สวิตช์เลือกการวัด (range switches) เป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องมือวัดที่ผู้ใช้งานควรรู้จัก เป็นสวิตช์แบบหมุน ใช้สำหรับเปลี่ยนสภาวะการทำงานในการวัดค่าต่างๆ ตามความต้องการ ในกรณีไม่ใช้งานหรือเลิกใช้งาน ให้หมุนสวิตช์เลือกการวัดไปที่ตำแหน่ง OFF หรือ ทางด้านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (a.c. V) สูงที่สุด

1.1 มัลติมิเตอร์ แบบอนาล็อก หรือชนิดแสดงสเกลเข็ม

(ทั้งนี้ภาพที่ใช้ประกอบเอกสาร คือ มัลติมิเตอร์ แบบอนาล็อก ยี่ห้อ SunWa รุ่น YX36PTRd)

1. ส่วนประกอบมัลติมิเตอร์



ภาพที่ 205 ส่วนประกอบมัลติมิเตอร์ภายนอก

หมายเลข 1 คือ สกรูใช้สำหรับปรับแต่งตำแหน่งเข็มชี้ของมัลติมิเตอร์ให้ชี้ที่ตำแหน่งด้านซ้ายมือสุดของสเกลพอดี คือชี้ที่เลข 0

หมายเลข 2 คือ สวิตช์ปรับเลือกย่านวัด สามารถหมุนได้รอบตัว ใช้สำหรับการเลือก ประเภทการวัด (แรงดันไฟฟ้า ac/dc , กระแสไฟฟ้า dc , ความต้านทานทางไฟฟ้า Ω) และปริมาณประมาณการที่จะวัด หรือ ย่านการตั้งวัดที่เหมาะสม

หมายเลข 3 คือ สายวัดขั้วต่อขั้วบวก (+) ของมิเตอร์หรือขั้ว p ใช้สำหรับต่อสายวัดเส้นสีแดงเพื่อใช้วัดปริมาณไฟฟ้า

หมายเลข 4 คือ สายวัดขั้วต่อขั้วลบ (-) ของมิเตอร์หรือขั้ว N ใช้สำหรับต่อสายวัดเส้นสีดำเพื่อใช้วัดปริมาณไฟฟ้า

หมายเลข 5 คือ ปุ่มสำหรับปรับแต่งให้เข็มชี้ของมัลติมิเตอร์ให้ชี้ที่ตำแหน่งศูนย์โอห์มพอดี (0Ω ADJ) ขณะปลายสายวัดของมัลติมิเตอร์แตะเข้าด้วยกัน เมื่อใช้ย่านวัดโอห์ม (Ω) ของมัลติมิเตอร์

หมายเลข 6 คือ หน้าปัดแสดง สเกลค่าต่างๆ ในการวัด

หมายเลข 7 คือ เข็มชี้ของมัลติมิเตอร์

หมายเลข 8 คือ ตำแหน่ง “OFF” เปิดปิดเครื่อง หรือ มัลติมิเตอร์บางรุ่นไม่มีตำแหน่ง “OFF” ให้เลือกไปตำแหน่งการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (a.c. V) สูงที่สุดของมัลติมิเตอร์นั้นๆ ในกรณีไม่ใช้งานหรือเลิกการใช้งานเป็นเวลานาน

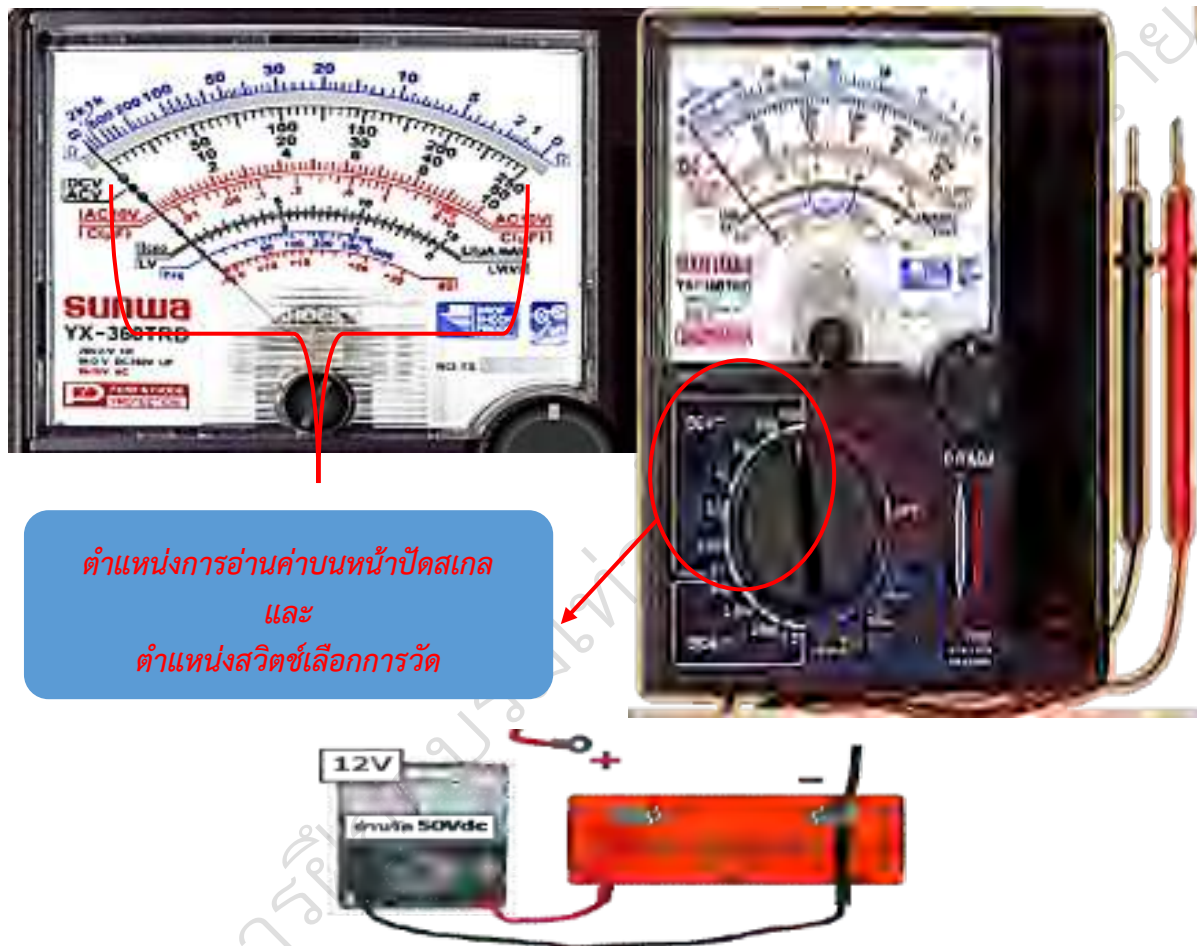
2. การบำรุงรักษามัลติมิเตอร์

ตารางที่ 44 ขั้นตอนการบำรุงรักษามัลติมิเตอร์

ลำดับ	ข้อมูลและภาพประกอบ
1	
2	
3	
4	
5	
6	

3. การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (d.C. Voltage)

การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (d.c. Voltage) ให้หมุนสวิตช์เลือกการวัด (range switches) ไปที่ dcV ถ้าไม่แน่ใจค่าแรงดันที่จะทำการวัดมีค่าสูงหรือต่ำเท่าใด ให้ตั้งสวิตช์เลือกการวัดไปที่ตัวเลขสูงสุดไว้ก่อน คือ 1000 dcV แล้วจึงเริ่มทำการวัดแบบขนานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ถ้าเข็มไม่ขึ้นให้ปรับลดลงมาเรื่อยๆ ทีละสเต็ป (250 , 50 , 10 , 2.5 , 0.5 , 0.1) ตามลำดับจนกว่าเข็มจะขึ้นสามารถอ่านค่าที่วัดได้ สายวัดสีแดงคือขั้วบวก สายวัดสีดำคือขั้วลบ ในกรณีที่เข็มกลับ แสดงว่าวัดผิดขั้วให้ปรับสลับสายวัดทันที

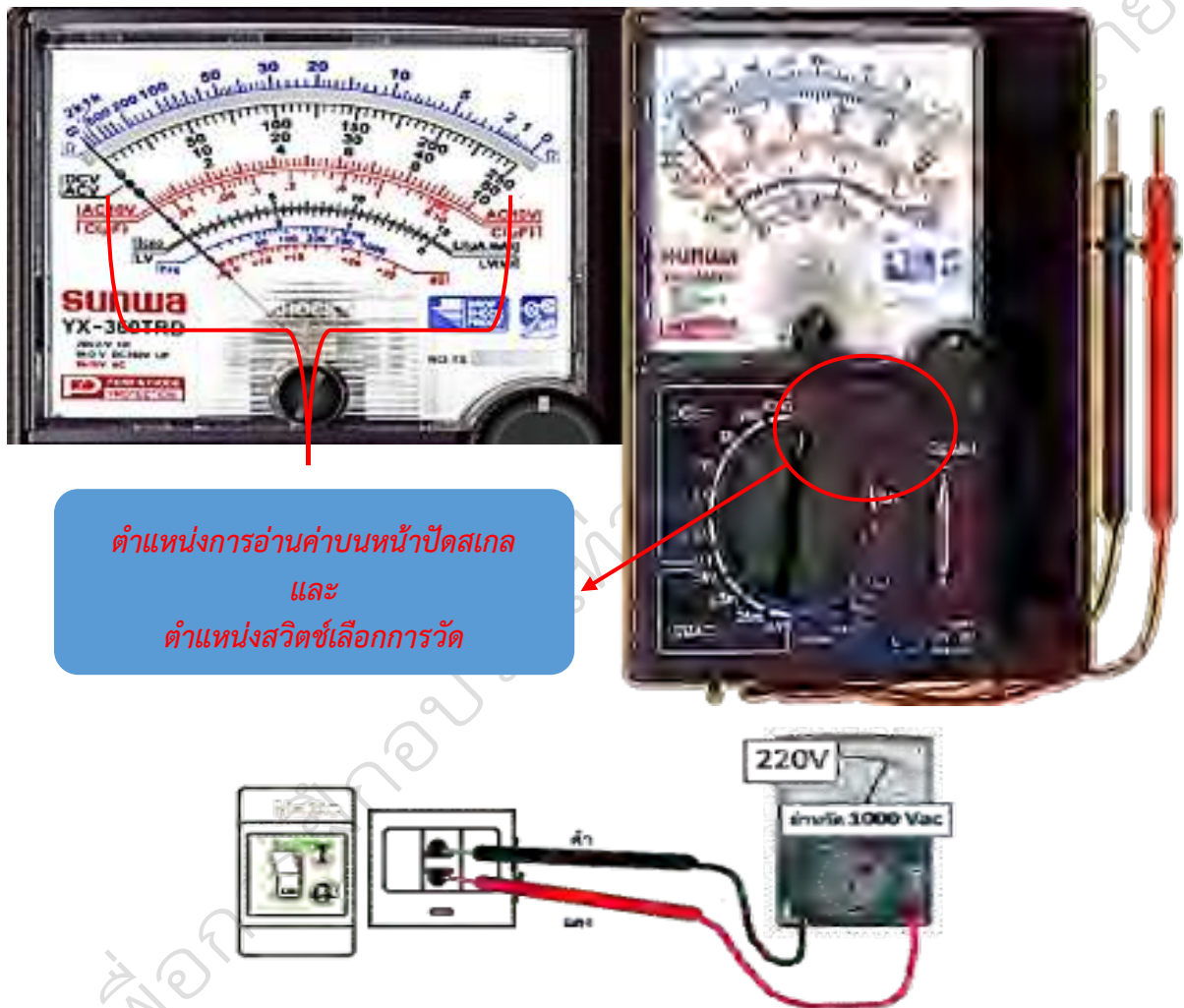


ภาพที่ 206 การตั้งสวิตช์เลือกการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง dCV และตำแหน่งสเกลวัดค่า
ตารางที่ 45 แสดงพิสัยการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง dCV และตำแหน่งที่ใช้ในการอ่านค่าที่วัดได้

ตำแหน่งการวัด	พิสัยการวัดสูงสุด (V)	ให้อ่านเลขหน้าปัดแถวสเกล (dCV)	อ่านค่าช่องสเกลละ (V)
0.1	0.1	0 – 10	0.002
0.5	0.5	0 – 50	0.01
2.5	2.5	0 – 250	0.05
10	10	0 – 10	0.2
50	50	0 – 50	1
250	250	0 – 250	5
1,000	1,000	0 – 10 (÷ 100)	20

4. การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. Voltage)

การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (a.c. Voltage) ให้หมุนสวิทช์เลือกการวัด (range switches) ไปที่ acV ถ้าไม่แน่ใจค่าแรงดันที่จะทำการวัดมีค่าสูงหรือต่ำเท่าใด ให้ตั้งสวิทช์เลือกการวัดไปที่ตัวเลขสูงสุดไว้ก่อน คือ 1000 acV แล้วจึงเริ่มทำการวัดแบบขนานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ถ้าเข็มไม่ขึ้นให้ปรับลดลงมาเรื่อยๆ ทีละสเต็ป (250 ,50 ,10) ตามลำดับจนกว่าเข็มจะขึ้นจนสามารถอ่านค่าที่วัดได้ ในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับใช้สายวัดขั้วไหนก็ได้



ภาพที่ 207 การตั้งสวิทช์เลือกการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ACV และตำแหน่งสเกลวัดค่า

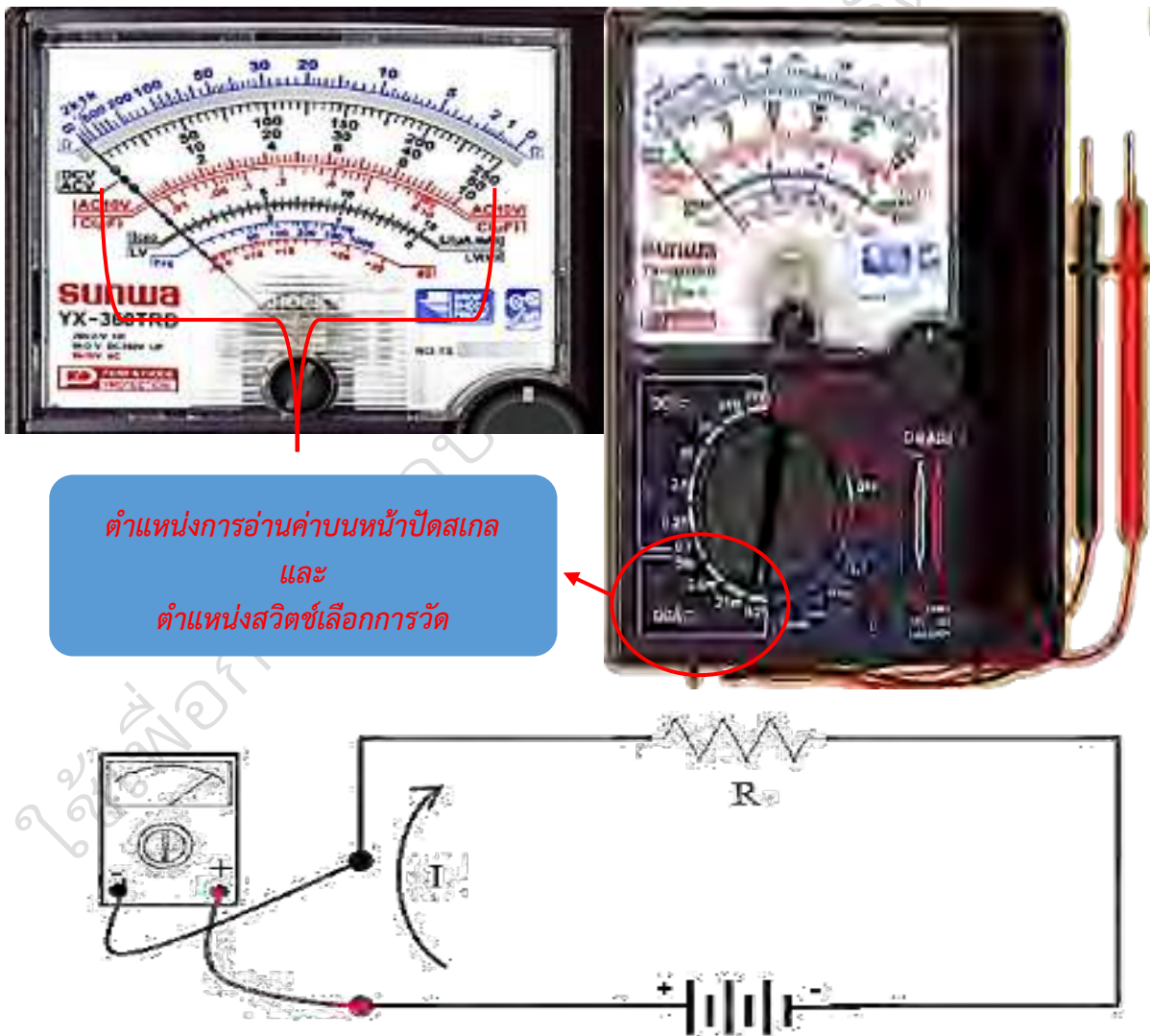
ตารางที่ 46 แสดงพิสัยการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ACV และตำแหน่งที่ใช้ในการอ่านค่าที่วัดได้

ตำแหน่งการวัด	พิสัยการวัดสูงสุด (V)	ให้อ่านเลขหน้าปัดแฉวงสเกล (ACV)	อ่านค่าช่องสเกลละ (V)
10	10	0 – 10	0.2
50	50	0 – 50	1
250	250	0 – 250	5
1,000	1,000	0 – 10 (÷ 100)	20

5. การวัดกระแสไฟฟ้าตรง (d.C. Current)

การวัดกระแสไฟฟ้าตรง (d.c. current) ให้หมุนสวิตช์เลือกการวัด (range switches) ไปที่ dca ถ้าไม่แน่ใจค่ากระแสไฟฟ้าตรงที่จะทำการวัดมีค่าสูงหรือต่ำเท่าใด ให้ตั้งสวิตช์เลือกการวัดไปที่ตัวเลขสูงสุดไว้ก่อนคือ 250 ma (0.25 a) แล้วจึงเริ่มทำการวัดแบบอันดับภายในวงจรไฟฟ้า ถ้าเข็มไม่ขึ้นให้ปรับลดลงมาเรื่อยๆ ทีละสเต็ป (25 ma ,2.5 ma ,50 μ a) ตามลำดับจนกว่าเข็มจะชี้จนสามารถอ่านค่าที่วัดได้

ในการวัดกระแสไฟฟ้าตรง (d.c. current) เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ทั่วๆ ไป จะมีความสามารถในการวัดกระแสตรง (กระแสดีซี) ได้เพียงอย่างเดียว แม้ว่ามัลติมิเตอร์จะมีความสามารถในการรับกระแสสูงสุดเพียง 50 ไมโครแอมป์ (μ a) ก็สามารถทำให้วัดกระแสได้สูงกว่า โดยกำหนดค่ารีซิสเตอร์ในวงจรที่มาต่อขนานกับมัลติมิเตอร์ แต่ในลักษณะของการวัดต้องนำมัลติมิเตอร์ไปต่ออันดับกับวงจรไฟฟ้าที่ต้องการทราบค่ากระแส มัลติมิเตอร์โดยทั่วไปออกแบบให้วัดกระแสดีซีไม่สูงมาก วัดได้ไม่เกิน 250 มิลลิแอมป์ (ma) หรือ 0.25 แอมป์ (a) ถ้าต้องการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสลับ (a.c. current) จะใช้เครื่องมือวัดกระแสเฉพาะ ซึ่งเรียกว่า “แคลมป์ออนมิเตอร์ (clamp on meter) การอ่านค่าบนหน้าปัด ให้ดูจากสเกลแถวเดียวกับการอ่าน dcV/acV มีรายละเอียดดังนี้

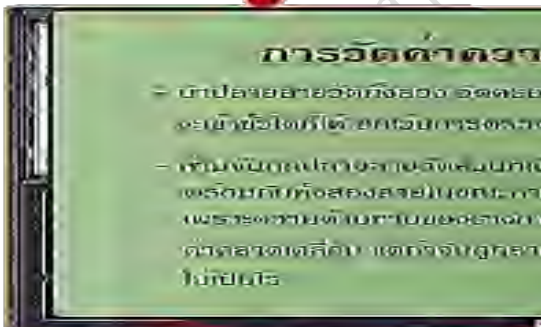


ภาพที่ 208 การตั้งสวิตช์เลือกการวัดกระแสไฟฟ้าตรง dCA และตำแหน่งสเกลวัดค่า

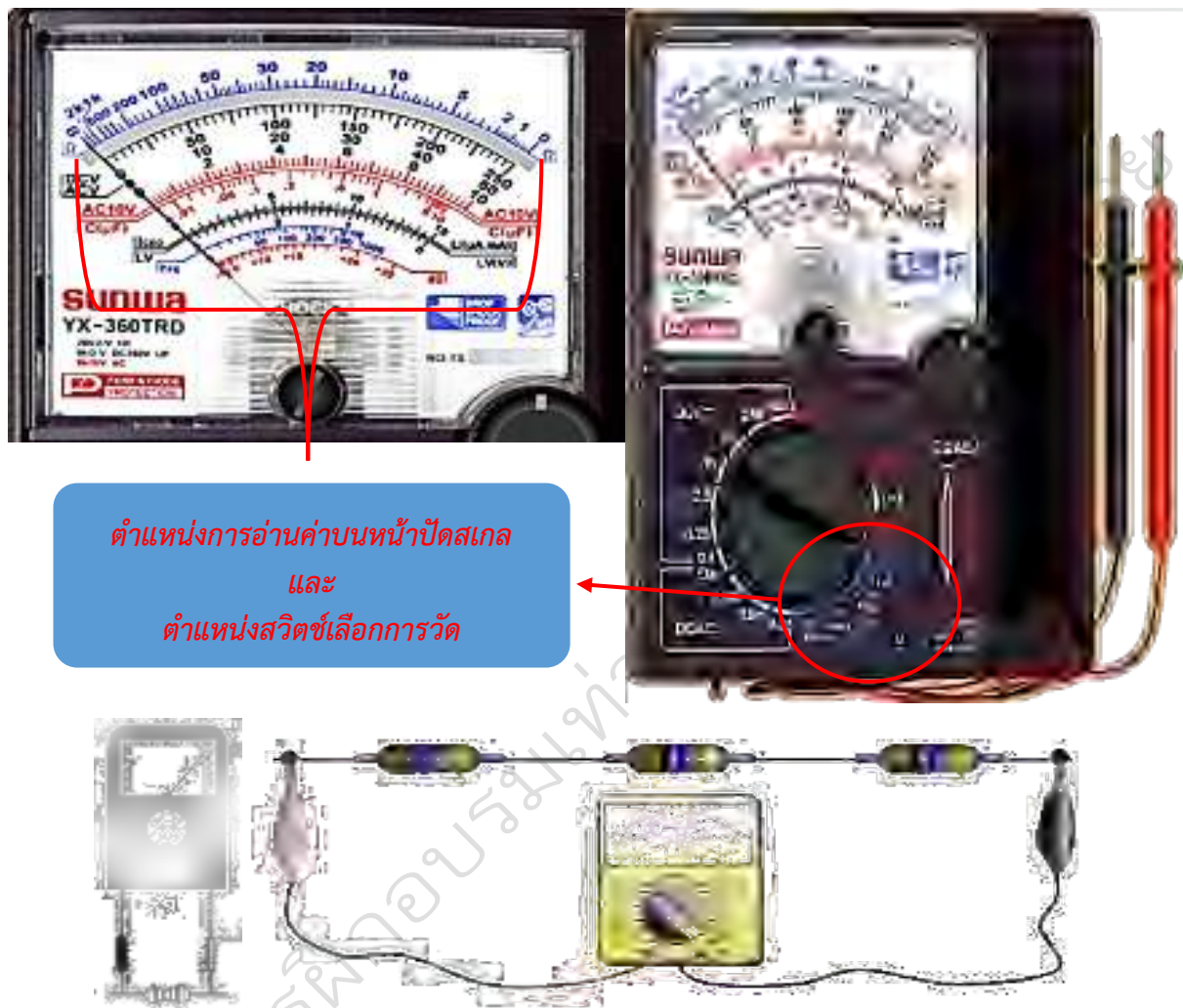
ตำแหน่งการวัด	พิกัดการวัดสูงสุด (A)	ให้อ่านเลขหน้าปิดแวลสเกล (dCVOACV)	อ่านค่าช่องสเกลละ (mA)
50 μ A	50 ไมโครแอมป์	0 – 50	1 μ a
2.5 mA	2.5 มิลลิแอมป์	0 – 250	0.05 ma
25 mA	25 มิลลิแอมป์	0 – 250	0.5 ma
250 mA (0.25 A)	250 มิลลิแอมป์	0 – 250	5 ma

การวัดความต้านทานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ต้องวัดในสภาวะที่ไม่มีแรงดันไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่วงจรภายในของมัลติมิเตอร์ต้องมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ภายใน เพื่อกำหนดค่ากระแสของวงจร การวัดความต้านทาน จึงเป็นการนำเอาความต้านทาน ที่ต้องการทราบค่าไปกำหนดการไหลของกระแสในวงจร เพื่อกำหนดการอ่านค่าชั่วแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะตรงข้ามกับชั่วภายนอกของมัลติมิเตอร์ จากการใช้แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ทำให้ค่ากระแสที่กำหนดในเบื้องต้นของการวัด (สภาวะ 0 โอห์ม) ไม่แน่นอนตามสภาพของแบตเตอรี่ จึงต้องมีวงจรส่วนที่กำหนดค่ากระแสเริ่มต้นคงที่เรียกว่า “การปรับ 0 โอห์ม (0ΩADJ)” โดยใช้วอลุ่มปรับค่า 0 โอห์ม ทุกครั้งก่อนการวัดค่าความต้านทาน

ลำดับ	ข้อมูลและภาพประกอบ												
1	1. เลือกย่านวัดตามค่าบนภาพ  - โหมดการวัดมีอยู่ 3 แบบ คือ วัดแรงดัน (V) วัดกระแส (A) และ วัดความต้านทาน (Ω) ก่อนที่จะวัดต้องเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่จะวัด โดยประมาณค่าเมื่อเลือกย่านวัดแล้วจะพบว่ามี 2 จุด คือ 20V และ 200V กรณีของค่า 20V จะใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 20V  โหมดวัดแรงดัน - โหมดการวัดมีอยู่ 3 แบบ คือ วัดแรงดัน (V) วัดกระแส (A) และ วัดความต้านทาน (Ω) ก่อนที่จะวัดต้องเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่จะวัด โดยประมาณค่าเมื่อเลือกย่านวัดแล้วจะพบว่ามี 2 จุด คือ 20V และ 200V กรณีของค่า 20V จะใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 20V												
2	1. เลือกย่านวัดตามค่าบนภาพ  <table border="1"> <thead> <tr> <th>ค่า (V)</th> <th>ช่วงที่ควรใช้</th> <th>ค่าสูงสุดที่วัดได้</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20V</td> <td>0 - 20 โวลต์</td> <td>20V โวลต์</td> </tr> <tr> <td>200V</td> <td>20 - 200 โวลต์</td> <td>200V โวลต์</td> </tr> <tr> <td>2000V</td> <td>200 - 2000 โวลต์</td> <td>2000V โวลต์</td> </tr> </tbody> </table> - ก่อนที่จะวัดต้องเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่จะวัด โดยประมาณค่าเมื่อเลือกย่านวัดแล้วจะพบว่ามี 2 จุด คือ 20V และ 200V กรณีของค่า 20V จะใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 20V	ค่า (V)	ช่วงที่ควรใช้	ค่าสูงสุดที่วัดได้	20V	0 - 20 โวลต์	20V โวลต์	200V	20 - 200 โวลต์	200V โวลต์	2000V	200 - 2000 โวลต์	2000V โวลต์
ค่า (V)	ช่วงที่ควรใช้	ค่าสูงสุดที่วัดได้											
20V	0 - 20 โวลต์	20V โวลต์											
200V	20 - 200 โวลต์	200V โวลต์											
2000V	200 - 2000 โวลต์	2000V โวลต์											

ลำดับ	ข้อมูลและภาพประกอบ
3	2. ปรับศูนย์โอห์ม (Zero Ohm)  การปรับศูนย์โอห์มทำได้โดยนำขั้ววัดทั้งสองขั้วมาสัมผัสกัน แล้วปรับศูนย์โอห์มจนเข็มชี้ไปที่ศูนย์ หรือปรับศูนย์โอห์มโดยนำขั้ววัดทั้งสองขั้วมาสัมผัสกัน
4	2. ปรับศูนย์โอห์ม (Zero Ohm)  1. เลือกขั้ววัดที่ถูกต้อง 2. กดปุ่มเลือกขั้ววัดที่ถูกต้อง 3. กดปุ่มเลือกขั้ววัดที่ถูกต้อง การวัดค่าโอห์มทำได้โดยนำขั้ววัดทั้งสองขั้วมาสัมผัสกัน แล้วปรับศูนย์โอห์มจนเข็มชี้ไปที่ศูนย์
5	3. วัดตัวต้านทาน  การวัดค่าตัวต้านทาน - นำปลายขั้ววัดทั้งสอง ขั้ววัดมาสัมผัสกับขั้วของตัวต้านทาน แล้วปรับศูนย์โอห์มจนเข็มชี้ไปที่ศูนย์ - อ่านค่าที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องวัดค่าโอห์ม
6	4. อ่านค่าความต้านทาน  การอ่านค่า สังเกตเลขที่อ่านค่าจากหน้าจอของเครื่องวัดค่าโอห์ม - ถ้าขั้ววัด 2 ขั้ว ขั้ววัดมาสัมผัสกับขั้วของตัวต้านทาน แล้วปรับศูนย์โอห์มจนเข็มชี้ไปที่ศูนย์ - อ่านค่าที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องวัดค่าโอห์ม - อ่านค่าที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องวัดค่าโอห์ม - อ่านค่าที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องวัดค่าโอห์ม

การอ่านค่าความต้านทานให้ดูรายละเอียดจากขีดแฉบนสุด อ่านจากขวาไปซ้าย ค่าที่อ่านได้จะตรงข้ามกับลักษณะของเข็มที่ขึ้น เช่น เข็มมีเตอร์ขึ้นมากจะอ่านได้ค่าความต้านทานน้อย โดยมีรายละเอียดแต่ละช่วงบนหน้าปัด ดังนี้



ตำแหน่งการอ่านค่าบนหน้าปัดสเกล
และ
ตำแหน่งสวิตช์เลือกการวัด

ภาพที่ 209 การตั้งสวิตช์เลือกการวัดความต้านทาน Ohm (Ω) และตำแหน่งสเกลวัดค่า

6.1 กรณีต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่และฟิวส์

ถ้าใช้ย่านการวัดความต้านทาน $\Omega \times 1$ แล้วปรับ $0\Omega Adj$ ให้เข็ม มัลติมิเตอร์ขึ้นถึงค่าศูนย์โอห์มไม่ได้ แสดงว่าแบตเตอรี่ชุด 3 V เสื่อม และถ้าใช้ย่านการวัดความต้านทาน $\Omega \times 1k$ แล้วปรับ $0\Omega Adj$ ให้เข็ม มัลติมิเตอร์ขึ้นถึงค่าศูนย์โอห์มไม่ได้ แสดงว่าแบตเตอรี่ชุด 9 V เสื่อม การเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ต้องต่อให้ถูกขั้ว

ฟิวส์จะขาดถ้าใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดัน ac ไฟบ้าน จากการตั้งย่านการวัดผิดเป็นย่านการวัด กระแสตรงหรือย่านการวัดความต้านทาน โดยเฉพาะย่านการวัด dc 0.25 a และ $\Omega \times 1$ ถ้าฟิวส์ขาดมัลติมิเตอร์จะไม่ทำงาน (วัดแล้วเข็มมัลติมิเตอร์ไม่ขึ้นทุกย่านการวัด) ค่าฟักัดของฟิวส์ 0.5a/250V เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.2 มม. ยาว 20 มม.

ตารางที่ 49 แสดงวิธีการวัดความต้านทาน Ohm (Ω) และตำแหน่งที่ใช้ในการอ่านค่าที่วัดได้

ตำแหน่งเลือกย่าน วัด คูณ ($\times$)	ใช้วัดค่า ค.ต.ท. ได้ สูงสุดตั้งแต่ (Ω)	นิยมใช้วัดค่า ค.ต.ท. ระหว่าง (Ω)	ค่า ค.ต.ท. แต่ละ ช่วงหน้าปัด	อ่านค่าช่อง สเกลละ (Ω)
$\times 1$	0 Ω - 2 k Ω	0 Ω - 50 Ω	0 - 2	0.2 Ω
			2 - 10	0.5 Ω
			10 - 20	1 Ω
			20 - 50	2 Ω
			50 - 100	5 Ω
$\times 10$	0 Ω - 20 k Ω	50 Ω - 2 k Ω	0 - 2	2 Ω
			2 - 10	5 Ω
			10 - 20	10 Ω
			20 - 50	20 Ω
			50 - 100	50 Ω
$\times 1k$	0 Ω - 2 M Ω	2 k Ω - 50 k Ω	0 - 2	200 Ω
			2 - 10	500 Ω
			10 - 20	1 k Ω
			20 - 50	2 k Ω
			50 - 100	5 k Ω
$\times 100k$	0 Ω - 20 M Ω	50 k Ω - 20 M Ω	0 - 2	20 k Ω
			2 - 10	50 k Ω
			10 - 20	100 k Ω
			20 - 50	200 k Ω
			50 - 100	500 k Ω

6.2 ตัวอย่างการใช้งานมัลติมิเตอร์วัดค่าต่างๆ

การใช้งานและการอ่านค่าบนสเกล สำหรับอ่านค่าปริมาณไฟฟ้าและความต้านทาน ที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์ suNwa รุ่น yX-360trd จะแบ่งออกเป็นสเกลที่สำคัญเพื่อใช้ในการซ่อมเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กได้ 5 ส่วน ตามลำดับหมายเลข (1) – (5) ดังภาพที่ 210

หมายเลข (1) สเกลโอห์มระหว่างค่า 0 Ω ถึง 2k Ω

หมายเลข (2) , (3) สเกล dcV / acV และ dca ระหว่าง 0 – 250 และ 0 – 50

หมายเลข (4) , (5) สเกล dcV และ acV ระหว่าง 0 – 10

เนื่องจากมัลติมิเตอร์รุ่นนี้ ไม่มีขั้วต่อสายโพรบ สำหรับวัดภายนอก ดังนั้นจึงไม่ต้องระวังเรื่องการต่อสาย แต่ผู้วัดต้องรู้วิธีการต่อมิเตอร์เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า และการวัดค่าความต้านทานจะต้องวัดเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการวัดนั้นๆเลย แต่อย่างไรก็ตามการอ่านค่าที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์รุ่น yX-360trd นี้ จะต้องใช้ประกอบกับค่าการอ่านในตารางที่ 50

ตารางที่ 50 แสดงพิสัยการวัดและตัวคูณที่ใช้ในการอ่านค่าที่วัดได้ สำหรับมัลติมิเตอร์รุ่น yxM60trd

ค่าตัวเลขบนสเกล	พิสัยการวัด	ตัวคูณ
①	$\Omega \times 100k$	$\times 100k$
	$\times 1 k$	$\times 1 k$
	$\times 10$	$\times 10$
	$\times 1$	$\times 1$
②	DCV 250	$\times 1$
	DCV 2.5	$\times 0.01$
	DCV 0.25	$\times 0.001$
	ACV 250	$\times 1$
	DCA 0.25	$\times 0.001$
	DCA 25 m	$\times 0.1$
	DCA 2.5 m	$\times 0.01$
③	DCV 50	$\times 1$
	ACV 50	$\times 1$
	DCA 50 μ	$\times 1$
④	DCV 0.1	$\times 0.01$

ฟังก์ชันการวัด	พิสัยการวัด	ตัวคูณ
④	DCV 10	$\times 1$
	DCV 1,000	$\times 100$
	ACV 1,000	$\times 100$
⑤	ACV 10	$\times 1$
⑥	C(μ F)	$\times 1$
⑦	150 mA at $\times 1$	$\times 10$ (mA)
	15 mA at $\times 10$	$\times 1$ (mA)
	150 μ A at $\times 1k$	$\times 10$ (μ A)
	1.5 μ A at $\times 100k$	$\times 0.1$ (μ A)
⑧	LV	$\times 1$
⑨	hfe	$\times 1$
⑩	ACV 10	$\times 1$
	ACV 50	14 dB added
	ACV 250	28 dB added
	ACV 1,000	40 dB added

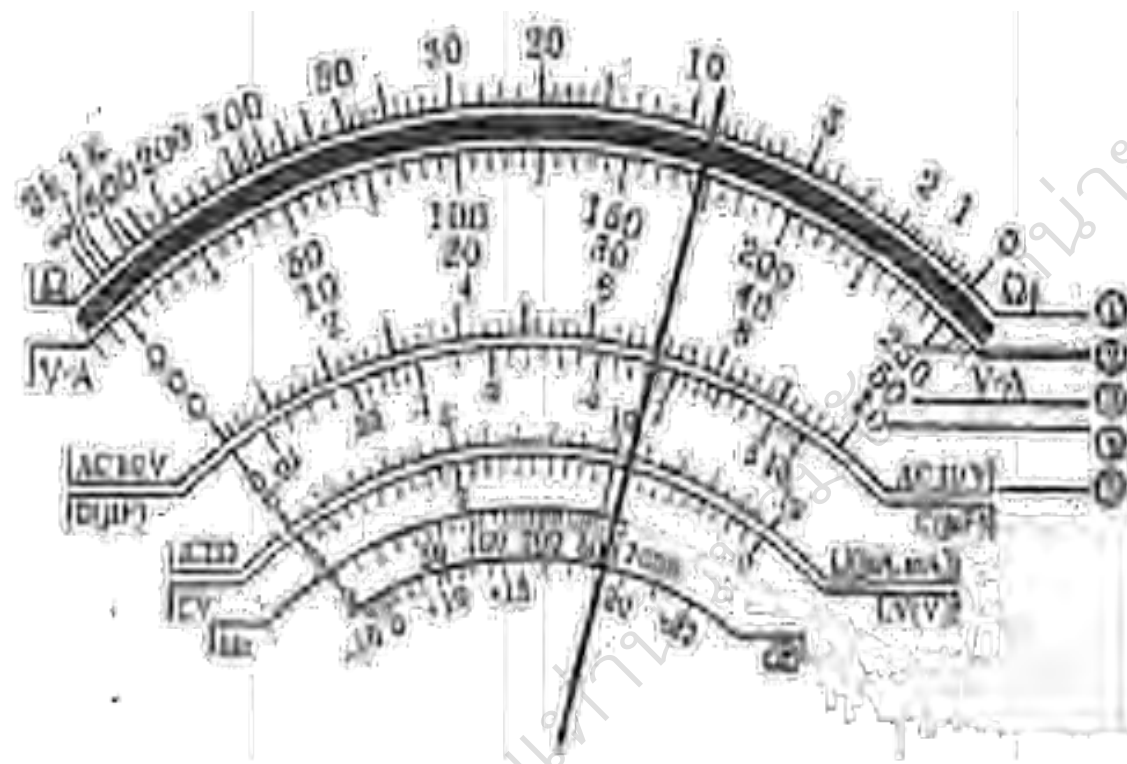


ภาพที่ 210 สเกลบนหน้าปัดของมัลติมิเตอร์ SunWA รุ่น yxM60trd

ตัวอย่างที่ 1

หากเข็มชี้บนหน้าปัดของมัลติมิเตอร์ ชี้ว่า รุ่น yX-360trd ดังภาพที่ 211 จงตอบคำถาม

ต่อไปนี้



ภาพที่ 211 ตัวอย่างที่ 1 เข็มชี้บนหน้าปัดของมัลติมิเตอร์ SunWA รุ่น yX-360trd

- ที่พีสัย $\Omega \times 1k$ อ่านค่าได้เท่าไร
- ที่พีสัย dcV 2.5 อ่านค่าได้เท่าไร
- ที่พีสัย dca 2.5 ma อ่านค่าได้เท่าไร
- ที่พีสัย acV 10 อ่านค่าได้เท่าไร

วิธีทำ

- ที่พีสัย $\Omega \times 1k$ ดูสเกล (1) คูณด้วย 1k
ค่าที่อ่านได้คือ 9 k Ω
- ที่พีสัย dcV 2.5 ดูสเกล (2) คูณด้วย 0.01
ค่าที่อ่านได้คือ $174 \div 0.01 = 1.74 V$
- ที่พีสัย dca 2.5 ma ดูสเกล (2) คูณด้วย 0.01
ค่าที่อ่านได้คือ $174 \div 0.01 = 1.74 ma$
- ที่พีสัย acV 10 ดูสเกล (5) คูณด้วย 1
ค่าที่อ่านได้คือ $7.05 \div 1 = 7.05 V$

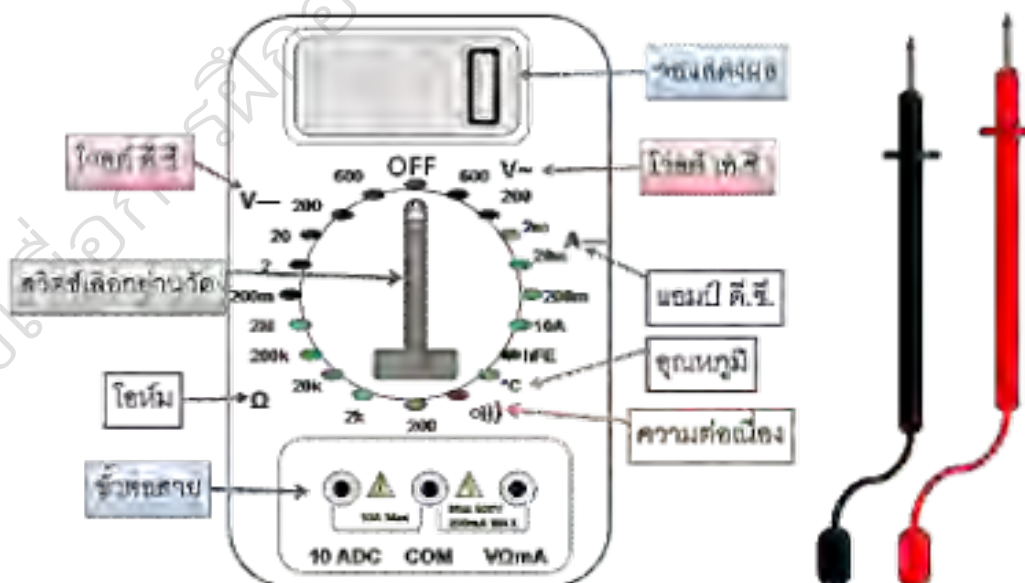
1.2 มัลติมิเตอร์ แบบดิจิตอล หรือชนิดแสดงตัวเลข

มัลติมิเตอร์ดิจิตอล (digital Multimeter) คือ เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่สามารถวัดปริมาณไฟฟ้าได้หลายๆ อย่าง หรือเป็นเครื่องวัดอเนกประสงค์ เช่น สามารถวัดกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน แบตเตอรี่ ไดโอด อุณหภูมิ (วัดด้วยหัววัดอุณหภูมิ) และวัดความต่อเนื่อง ได้จากเครื่องมือวัดเพียงเครื่องเดียว และแสดงค่าที่วัดได้ด้วยระบบดิจิตอล เครื่องมือวัดลักษณะนี้จึง เรียกว่า มัลติมิเตอร์ดิจิตอล ดังแสดงในภาพที่ 212



ภาพที่ 212 ตัวอย่างมัลติมิเตอร์ดิจิตอล แบบต่างๆ

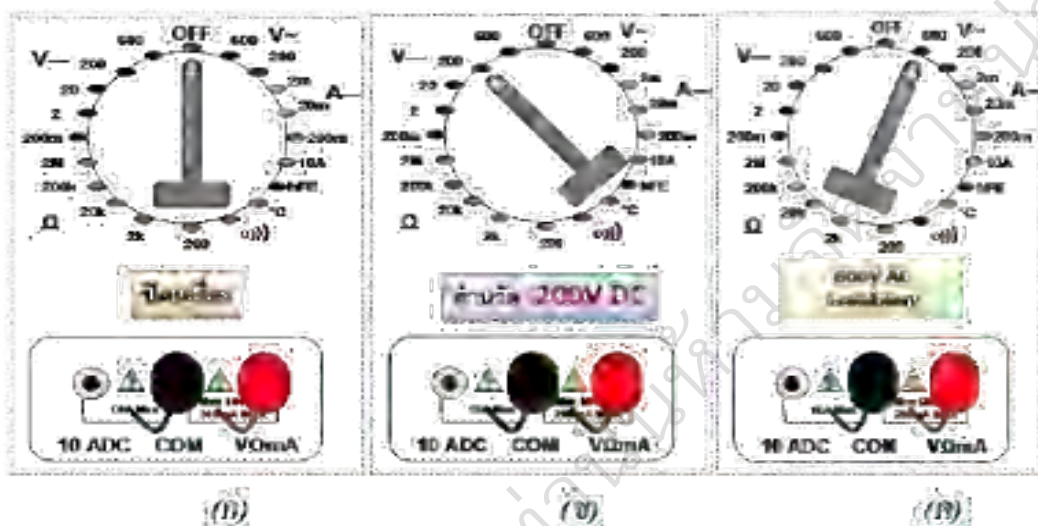
มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล จะเป็นมัลติมิเตอร์ที่ ตั้งค่าที่จะวัดได้หลายค่า โดยสวิตช์เลือกฟังก์ชันการวัด มีทั้งแบบกดปุ่มเลือก และแบบหมุนบิตเลือกค่า ค่าที่วัดได้จะอ่านค่าได้ง่าย กว่าแบบเข็มชี้ (อนาล็อก) เพราะมีตัวเลขแบบดิจิตอลขนาดใหญ่ที่แสดงผล บนจอแสดงผลที่ชัดเจน สายวัดของมิเตอร์ จะมีสองสาย คือสายสีแดง และสายสีดำ เหมือนกับ มัลติมิเตอร์อนาล็อก ดังแสดงในภาพที่ 213



ภาพที่ 213 สวิตช์เลือกฟังก์ชัน จอแสดงผล และสายวัดของ มัลติมิเตอร์ดิจิตอล

1. การเลือกพิสัยการวัด

พิสัยการวัด หรือ ย่านวัด สามารถเลือกได้จาก สวิตช์หมุน ที่อยู่ด้านหน้า ของ มัลติมิเตอร์ดิจิตอล โดยปกติเมื่อไม่ใช้งาน มัลติมิเตอร์ดิจิตอล จะต้องเลือกสวิตช์ ไปที่ตำแหน่งปิดเครื่อง (OFF) เสมอ เพื่อประหยัดแบตเตอรี่ภายในมิเตอร์ดังภาพที่ 214 (ก) ถ้าต้องการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (dcV) จะต้องเลือกสวิตช์ ไปที่ตำแหน่ง (V-) ที่ย่านวัดสูงสุดก่อน เช่น ที่ย่านวัด 200 Vdc ดังแสดงในภาพที่ 214 (ข) หรือ ถ้าต้องการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (acV) จะต้องเลือกสวิตช์ ไปที่ตำแหน่ง (V~) ที่ย่านวัดสูงสุดก่อน เช่น ที่ย่านวัด 600 Vac ดังแสดงในภาพที่ 214 (ค) เป็นต้น

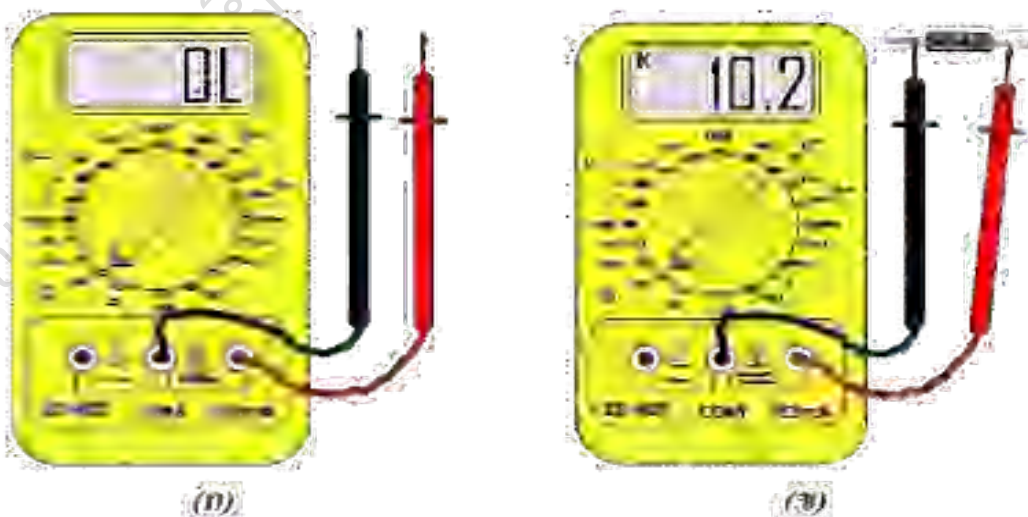


ภาพที่ 214 ตัวอย่างการเลือกพิสัยการวัดด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิตอล

2. การใช้งานมัลติมิเตอร์ดิจิตอล

2.1 การวัดตัวต้านทาน

ตัวอย่างมัลติมิเตอร์ดิจิตอล รุ่นนี้ จะมีย่านการวัดทั้งหมด 5 ย่าน คือ 200 ,2k ,20k ,200k และ 2M อ่านค่าความต้านทานของตัวต้านทาน (r) ได้ตั้งแต่ 200 Ω ถึง 2 M Ω



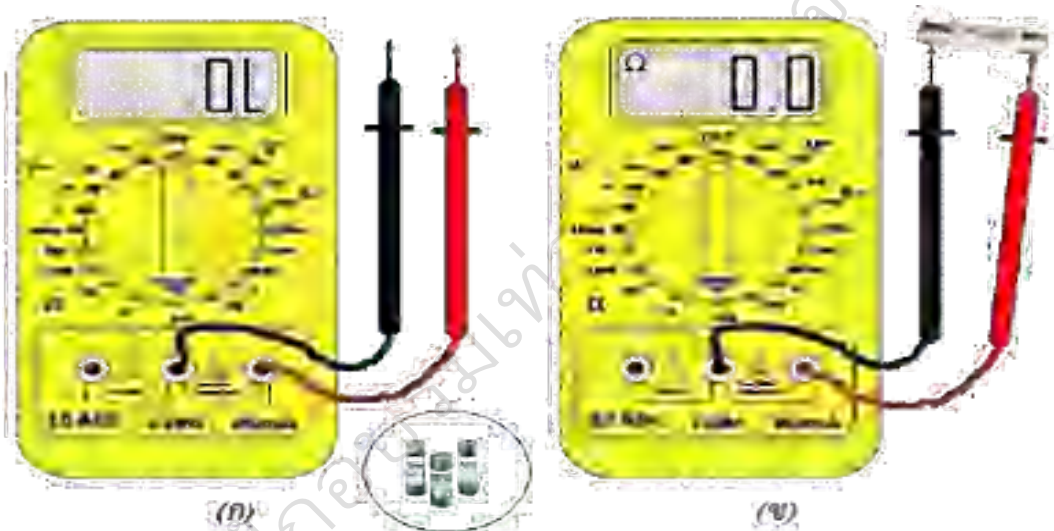
ภาพที่ 215 ตัวอย่างการวัดค่าความต้านด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิตอล

ลำดับขั้นตอนการใช้มัลติมิเตอร์ดิจิทัล วัดค่าความต้านทาน

- 1) ตั้งย่านใช้งานของมิเตอร์ที่ย่านวัด (Ω)
- 2) ใช้สายวัดสีแดงเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วบวก (+) และสายวัดสีดำเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วลบ (-) หรือ (coM)
- 3) ปรับสวิตช์เลือกพิสัยการวัดให้ถูกต้อง เช่น $20k\Omega$ ที่หน้าจอจะแสดงค่า oL หมายถึง o-ver range หรือ ค่าที่วัดเกินย่านวัดที่ตั้งค่าไว้ เพราะ ปลายของสายวัดไม่ต่อกัน ดังแสดงในภาพที่ 215 (ก)
- 4) นำไปวัดตัวต้านทาน ดังแสดงในภาพที่ 215 (ข) ค่าที่วัดได้คือ $10.2k\Omega$
- 5) การวัดค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้าต้องแน่ใจว่าปิด (oFF) สวิตช์ไฟฟ้า ทุกครั้ง

2.2 การวัดฟิวส์

ตั้งมัลติมิเตอร์ดิจิทัล เพื่อวัดค่าความต้านทานที่ย่านวัด ค.ต.ท.. ต่ำๆ เช่น 200Ω เพื่อ วัดฟิวส์ ดังแสดงในภาพที่ 216 (ก) และนำฟิวส์ที่ต้องการวัดมาต่อวัด ดังแสดงในภาพที่ 216 (ข)



ภาพที่ 216 ตัวอย่างการวัดฟิวส์ด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิทัล

ลำดับขั้นตอนการใช้มัลติมิเตอร์ดิจิทัล วัดฟิวส์

- 1) ตั้งย่านใช้งานของมิเตอร์ที่ย่านวัด (Ω)
- 2) ใช้สายวัดสีแดงเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วบวก (+) และสายวัดสีดำเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วลบ (-) หรือ (coM)
- 3) ปรับสวิตช์เลือกพิสัยการวัดให้ถูกต้อง เช่น 200Ω ที่หน้าจอจะแสดงค่า oL หมายถึง o-ver range หรือ ค่าที่วัดเกินย่านวัดที่ตั้งค่าไว้ เพราะ ปลายของสายวัดไม่ต่อกัน ดังแสดงในภาพที่ 216 (ก)
- 4) นำไปวัดฟิวส์ ดังแสดงในภาพที่ 216 (ข)
 - 4.1) วัดแล้ว ได้ค่า oL หรือ หมายความว่า วงจรเปิดนั่นเองแสดงว่า ฟิวส์นี้ขาด ต้องเปลี่ยนใหม่
 - 4.2) ถ้าวัดแล้วได้ค่าน้อยมาก เช่น 0.0Ω หรือ ต่ำกว่า แสดงว่า ฟิวส์นี้ปกติ

2.3 การวัดไดโอด

มัลติมิเตอร์ดิจิทัล ที่มีโหมดวัดไดโอด ให้สังเกตที่รูป ไดโอด สามารถวัดได้ทั้งกรณีไดโอดดีหรือเสีย และวัดได้ทั้งไดโอดเปล่งแสง โดยตั้งสวิตช์เลือกการวัดที่ การวัดแบบไบแอสตรงขั้ว ดังแสดงในภาพที่ 217 (ข) และการวัดแบบไบแอสกลับขั้ว ดังแสดงในภาพที่ 217 (ก)



ภาพที่ 217 ตัวอย่างการวัดไดโอดด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิทัล

ลำดับขั้นตอนการใช้มัลติมิเตอร์ดิจิทัล วัดไดโอด

- 1) วัดแบบไบแอสกลับ (ขั้ว a สายสีดำ) แล้ว ได้ค่า OL และวัดแบบไบแอสตรง (ขั้ว a สายสีแดง) ได้ค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดเท่ากับ 0.60V หรือ ค่าที่ใกล้เคียง หมายความว่า ไดโอดปกติ
- 2) หากวัดแล้ว เป็นค่าอื่นๆ หมายความว่า ไดโอดเสีย

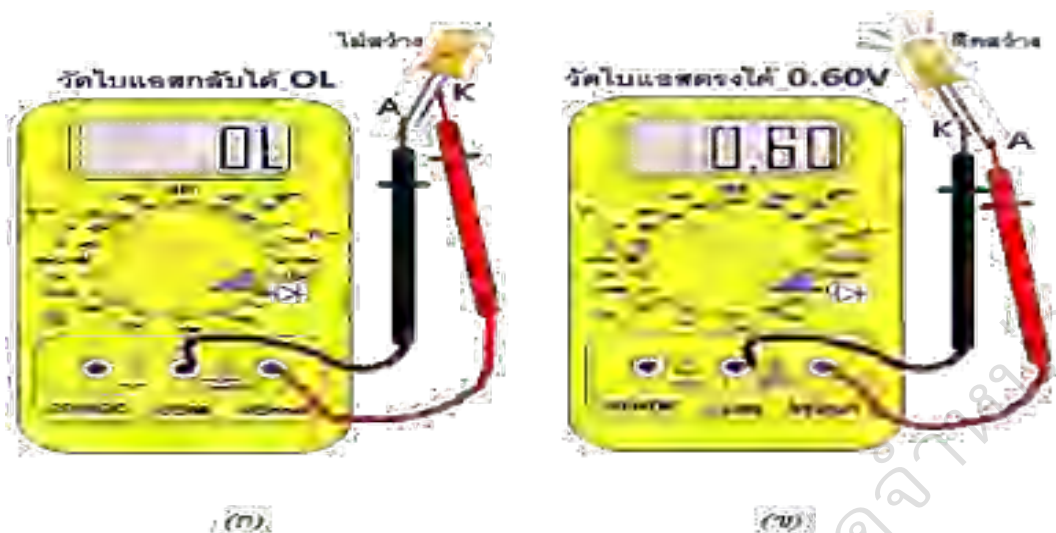
2.4 การวัดไดโอดเปล่งแสง (LED)

ตั้งมัลติมิเตอร์ดิจิทัล เหมือนการวัดไดโอด ให้สังเกตที่รูป ไดโอดเปล่งแสงโดยตั้งสวิตช์เลือกการวัดที่วัดไดโอด การวัดแบบไบแอสตรงขั้ว ดังแสดงในภาพที่ 219 (ข) และการวัดแบบไบแอสกลับขั้ว ดังแสดงในภาพที่ 219 (ก)

จากภาพที่ 219 (ข) ไดโอดเปล่งแสง จะติดสว่างเมื่อวัดแบบไบแอสตรงขั้ว แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสง เท่ากับ 0.6V และการวัดกระแสไบแอสกลับขั้วไดโอดเปล่งแสงจะไม่สว่าง ดังภาพที่ 219 (ก) แสดงว่าไดโอดเปล่งแสงนี้ ปกติ



ภาพที่ 218 สัญลักษณ์ และ ขั้วของไดโอดเปล่งแสง (LED)



ภาพที่ 219 ตัวอย่างการวัดไดโอดเปล่งแสง (LED.) ด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิทัล

2.5 การวัดแบตเตอรี่

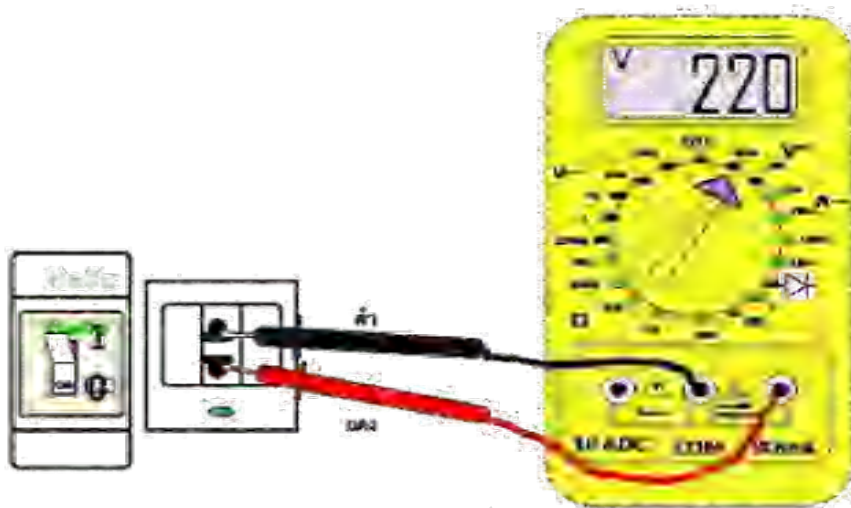
โดยตั้งสวิตช์เลือกฟังก์ชันการวัดที่ 20Vdc (V-) ใช้สายสีแดง เสียบขั้วบวก สายสีดำเสียบขั้วลบของมิเตอร์ และวัดที่ขั้วแบตเตอรี่ โดยใช้ปลายสีแดงวัดที่ขั้วบวก ปลายสายสีดำวัดที่ขั้วลบ ดังแสดงในภาพที่ 220 อ่านค่าได้ 12.45V แสดงว่าแบตเตอรี่นี้ มีระดับแรงดันไฟฟ้าปกติ (แรงดัน ถ้าเกินกว่า 12.0V คือ ค่าปกติ หากต่ำกว่านี้ ควรนำแบตเตอรี่ไปประจุไฟฟ้าใหม่)



ภาพที่ 220 ตัวอย่างการวัดแบตเตอรี่ ด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิทัล

2.6 การวัดโวลต์ AC

โดยตั้งสวิตช์เลือกพิสัยการวัดสูงสุด เช่นที่ 600Vac ใช้สายสีแดงเสียบขั้วบวก สายสีดำเสียบขั้วลบของมิเตอร์ และวัดที่เต้ารับไฟฟ้า โดยใช้ปลายสายสีแดง และปลายสายสีดำวัดที่เต้ารับ ดังภาพที่ 221 ที่จอแสดงผลอ่านค่าได้ 220Vac แสดงว่าไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ได้รับนี้ระดับแรงดันไฟฟ้าปกติ



ภาพที่ 221 ตัวอย่างการวัดโวลต์ AC ด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิทัล

2.7 การวัดความต่อเนื่อง

จะทำให้สามารถบอกได้ว่าสายไฟขาดหรือมีจุดที่ต่อตรงไหนหลวมหรือไม่ โดยไม่ต้องตรวจสอบสายไฟทั้งสายหรือถอดฉนวนออก และการวัดนี้จะช่วยบอกได้ว่าจุดสองจุดได้เชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าหรือไม่ ใช้ในการวัดฟิวส์ หรือวัดสายไฟฟ้าว่าขาดหรือไม่ ดังภาพที่ 222 เมื่อวัดในโหมด ความต่อเนื่องจะมีเสียง บี๊บๆๆ ดังขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าสายไฟฟ้าที่ทดสอบนี้ไม่ขาด

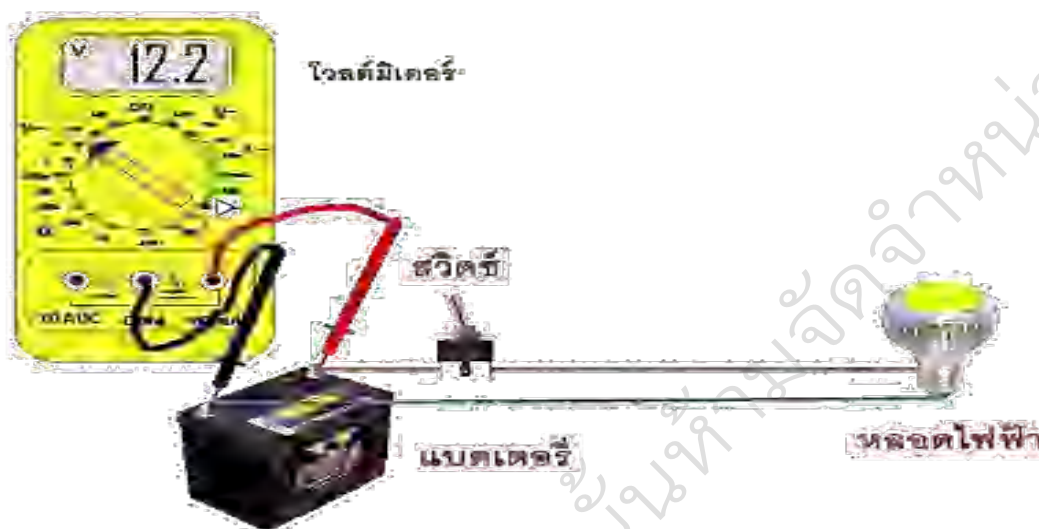


ภาพที่ 222 ตัวอย่างการวัดความต่อเนื่อง ด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิทัล

2.8 การวัดในวงจรไฟฟ้า

2.8.1 การวัดแรงดันไฟฟ้า VdC

ให้ ตั้งย่านวัดแรงดัน เช่น ถ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ให้ตั้งที่ Vdc หรือ (V-) และใช้ปลายสายวัดสีแดงวัดที่ขั้วบวก และปลายสายวัดสีดำวัดที่ขั้วลบของ จุดที่ต้องการวัด เช่น ในภาพที่ 223 เป็นวงจรหลอดไฟฟ้า หากต้องการวัดค่าแรงดันของ แหล่งจ่ายไฟฟ้า ให้ทำการวัด ตามภาพที่ 223 จะได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 12.2V เป็นต้น



ภาพที่ 223 ตัวอย่างการวัดแรงดันไฟฟ้า VdC ในวงจร ด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิตอล

2.8.2 การวัดกระแสไฟฟ้า AdC

ให้ ตั้งย่านวัดกระแสไฟฟ้า เช่น ถ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ให้ตั้งที่ adc หรือ (A-) เช่น ตั้งที่ย่านวัด 10a และใช้ปลายสายวัดสีแดงวัดที่ขั้วบวก และปลายสายวัดสีดำวัดที่ขั้วลบของ จุดที่ต้องการวัด คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้าในภาพที่ 224 การวัดกระแสไฟฟ้าจะต้องให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้า สายบวกสีแดงของมิเตอร์ และ ให้กระแสไฟฟ้าไหลออกจากมิเตอร์ทางสายลบ สีดำ ดังภาพที่ 224 ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้เท่ากับ 1.1a เป็นต้น



ภาพที่ 224 ตัวอย่างการวัดกระแสไฟฟ้า AdC ในวงจร ด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิตอล

2.8.1 การวัดแรงดันไฟฟ้า VdC และกระแสไฟฟ้า AdC

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง พร้อมกัน ทำได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ดิจิตอล 2 ตัว ตัวที่ 1 ตั้งให้วัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (V-) ตัวที่ 2 ตั้งให้วัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรง (A-) ดังภาพที่ 225 ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้เท่ากับ 1.1a และค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 12.2V เป็นต้น



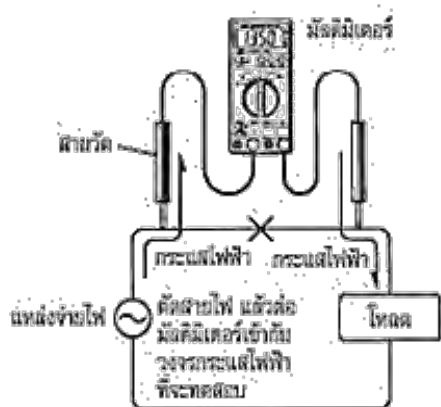
ภาพที่ 225 ตัวอย่างการวัดแรงดันไฟฟ้า VdC และกระแสไฟฟ้า AdC ในวงจร ด้วย มัลติมิเตอร์ดิจิตอล
ตารางที่ 51 แสดงฟังก์ชัน ACdC ของมัลติมิเตอร์ดิจิตอล

ฟังก์ชันการตั้งค่ามิเตอร์	ข้อมูลและภาพประกอบ
การวัดแรงดัน AC (AC Current)	
การวัดแรงดัน dC (dC Current)	

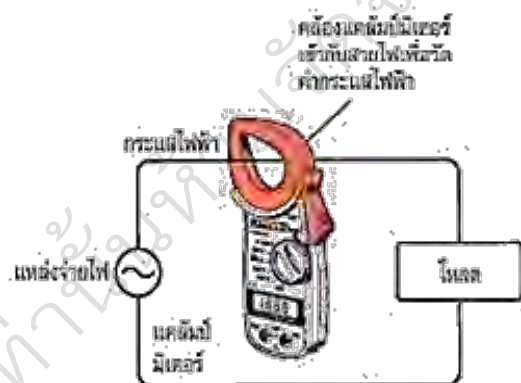
2. แคลมป์ออนมิเตอร์

แคลมป์ออนมิเตอร์ (clamp on Meter) หรือ แคลมป์มิเตอร์ หรือ คลิปแอมป์ ก็คือเครื่องมือวัดชนิดเดียวกัน ซึ่งแคลมป์มิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับเปลี่ยนปริมาณทางไฟฟ้าให้อยู่ในรูปที่เราสัมผัสได้ เช่น ตัวเลขแสดงผล หรือให้อยู่ในรูปของเข็มชี้ค่าแสดงผล โดยจะสามารถตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำโดยไม่ต้องดับไฟ หรือหยุดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะที่ทำการวัด (ภาพที่ 226) จึงกล่าวได้ว่าแคลมป์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดอีกชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นมากในงานด้านไฟฟ้าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบปรับอากาศ เครื่องทำความเย็น หรืองานซ่อมบำรุง ระบบไฟฟ้าภายในรถยนต์ เป็นต้น

ถ้าหากเราสามารถใช้งานแคลมป์มิเตอร์ได้อย่างถูกวิธี และมีความชำนาญอยู่แล้ว จะสามารถช่วยให้ท่านทำงานได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และในขณะเดียวกันก็ยังสามารถช่วยลดอุบัติเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากระบบไฟฟ้าได้อีกด้วย



รูปที่ 1: การวัดด้วยมัลติมิเตอร์



รูปที่ 2: การวัดด้วยแคลมป์มิเตอร์

ภาพที่ 226 เปรียบเทียบการวัดกระแสไฟฟ้าระหว่างมัลติมิเตอร์ กับแคลมป์มิเตอร์



ภาพที่ 227 ตัวอย่างการใช้งานแคลมป์มิเตอร์

2.1 ประเภทของแคลมป์มิเตอร์ แคลมป์มิเตอร์จะแบ่งออกตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้:
ตารางที่ 52 ปัจจุบันแบ่งประเภทของแคลมป์มิเตอร์ใช้งานต่างๆไป ได้ 6 ประเภท

ประเภทของแคลมป์มิเตอร์	ข้อมูลและภาพประกอบ
แคลมป์มิเตอร์แบบเข็ม (Analog AC Clamp Meter)	
แคลมป์มิเตอร์แบบดิจิตอล (digital AC Clamp Meter)	
แคลมป์มิเตอร์ AC/DC แบบดิจิตอล (digital AC/DC Clamp Meter)	
แคลมป์มิเตอร์ AC/DC แบบ r MS (digital AC/DC Clamp Meter r MS)	
แคลมป์มิเตอร์วัดค่ากระแสรั่วไหล (Leakage Current Clamp Meter)	
แคลมป์มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า (AC Power Clamp Meter)	

2.2 ประโยชน์ของแคลมป์มิเตอร์

แคลมป์มิเตอร์โดยทั่วไปแล้ว จะถูกนำมาใช้งานในการวัดกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าต่างๆ โดยการนำแคลมป์มิเตอร์ไปคล้องกับสายไฟที่ต้องการวัด ก็จะทำให้สามารถทราบค่ากระแสไฟฟ้าได้จากจอแสดงผลบนมิเตอร์

ในปัจจุบันแคลมป์มิเตอร์ได้มีการพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการวัดได้ทั้ง ไฟฟ้ากระแสสลับ (ac) และไฟฟ้ากระแสตรง (dc) นอกจากนั้นแคลมป์มิเตอร์ที่มีการใช้ในปัจจุบันนี้ยังมีความสามารถในการวัดอุณหภูมิ กำลังไฟฟ้า (power) ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกกราฟ (recorder) หรือเครื่องออสซิลโลสโคป (oscilloscope) เพื่อใช้ในการตรวจสอบ และวิเคราะห์รูปคลื่นไฟฟ้าได้อีกด้วย



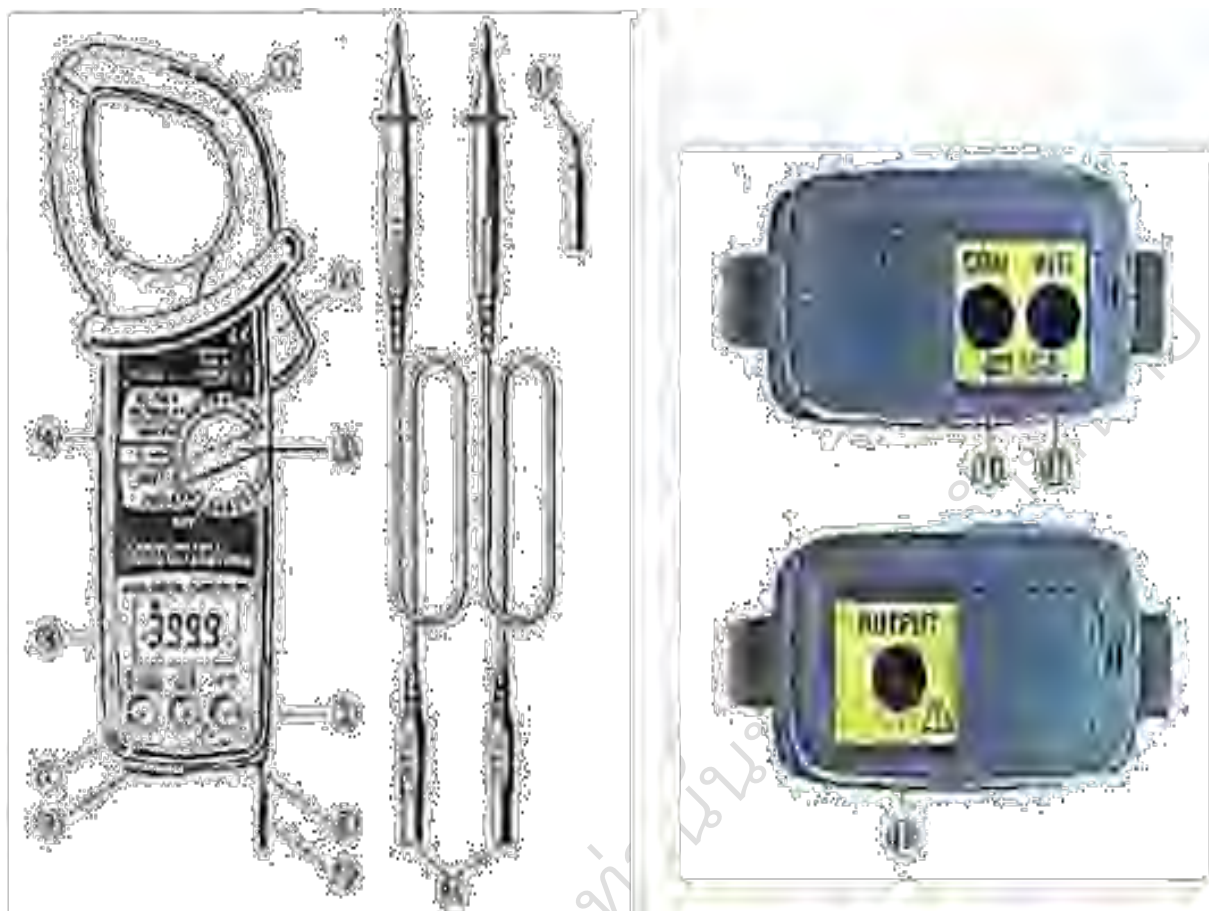
ภาพที่ 228 ตัวอย่างการนำแคลมป์มิเตอร์ไปใช้งานด้านต่างๆ

2.3 โครงสร้างและส่วนประกอบของแคลมป์มิเตอร์ (Clamp Meter)

รูปร่างของแคลมป์มิเตอร์โดยทั่วๆ ไปในปัจจุบันจะมีลักษณะคล้ายๆกัน ดังภาพที่ 229 จะเห็นได้ว่ารูปร่างของแคลมป์มิเตอร์ถูกออกแบบให้เหมาะสมพอดีกับการใช้มือจับขณะทำการวัด จึงสะดวกต่อการใช้งานมาก



ภาพที่ 229 ตัวอย่างแคลมป์มิเตอร์แบบต่างๆ



ภาพที่ 230 ส่วนประกอบต่างๆ ของแคลมป์มิเตอร์

ส่วนประกอบต่างๆ ของแคลมป์มิเตอร์

1. ก้ามปู (transformer Jaws)
2. ปุ่มกดสำหรับเปิดก้ามปู (Jaw trigger)
3. สวิตช์เลือกย่านการวัด (Function selector switch)
4. ปุ่มกดสำหรับคงค่าที่วัดได้ (data hold button)
5. ปุ่มเลือกย่านวัดไฟ ac/dc (ac/dc button)
6. ปุ่มกดเลือกโหมด (Mode button)
7. ปุ่มกดปรับศูนย์ (Zero adjust reset button)
8. จอแสดงผล (Lcd display)
9. ฝาครอบขั้วต่อย่านวัด (terminal cover)
10. ขั้วต่อเอาต์พุต (output terminal)
11. ขั้วคอมมอน (common terminal)
12. ขั้ววัดแรงดันไฟฟ้าและโอห์ม (V/ Ω Terminal)
13. สายคล้องแขน (safety hand strap)
14. สายวัด (test Leads (7107))
15. ช่องเสียบเอาต์พุต (output plug (8201))

2.4 ก้ามปู (transformer Jaws)

เครื่องมือวัดทุกชนิดจะมีส่วนของตัวเซ็นเซอร์ (sensor) สำหรับวัด แคลมป์มิเตอร์ก็เช่นเดียวกัน ก็จะมี ก้ามปู หรือ transformer Jaws เป็นตัวเซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดกระแส ซึ่งรูปร่างลักษณะของก้ามปูจะมีหลายแบบด้วยกัน เช่น แบบสี่เหลี่ยม แบบวงกลม แบบหยดน้ำ ดังภาพที่ 231

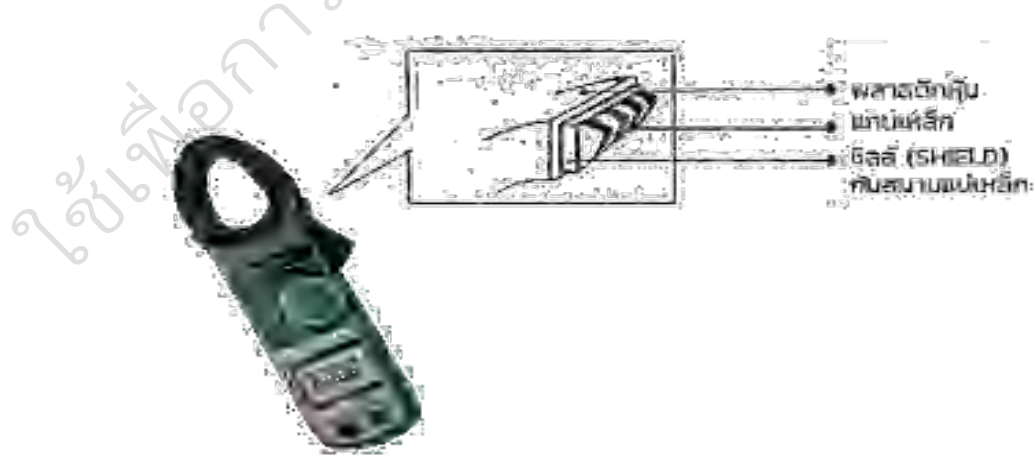


ภาพที่ 231 รูปร่างและลักษณะของก้ามปูแบบต่างๆ

โครงสร้างภายในของก้ามปูจะประกอบด้วยแผ่นเหล็กที่ทำมาจากโลหะผสมพิเศษที่มีผลต่อสนามแม่เหล็กน้อย นำมาตัดเป็นรูปร่างที่กำหนดไว้เป็นแผ่นบางๆ วางซ้อนกัน และจะมีขดลวดทองแดงพันอยู่รอบๆ แผ่นเหล็กที่ประกบกัน

จากความแตกต่างของลักษณะของแกนเหล็ก และขดลวดทองแดงของก้ามปู (transformer Jaws) ทำให้มีข้อดี ข้อเสีย และเหมาะกับการใช้งานต่างกันออกไป ดังนั้นในการเลือกใช้งานแคลมป์มิเตอร์ ควรจะพิจารณาในจุดนี้ด้วย

สำหรับก้ามปูของแคลมป์มิเตอร์แบบวัดกระแสรั่วไหลได้ นอกจากจะประกอบด้วยแผ่นเหล็กที่ประกบกัน และขดลวดทองแดงแล้วยังมีชีลล์สำหรับป้องกันสนามแม่เหล็กจากภายนอกครอบอยู่อีกชั้นหนึ่งทำให้ก้ามปูแบบนี้มีความเที่ยงตรงสูงมาก



ภาพที่ 232 แสดงโครงสร้างของก้ามปูแบบวัดกระแสรั่วไหลได้

2.5 หลักการทำงานเบื้องต้น

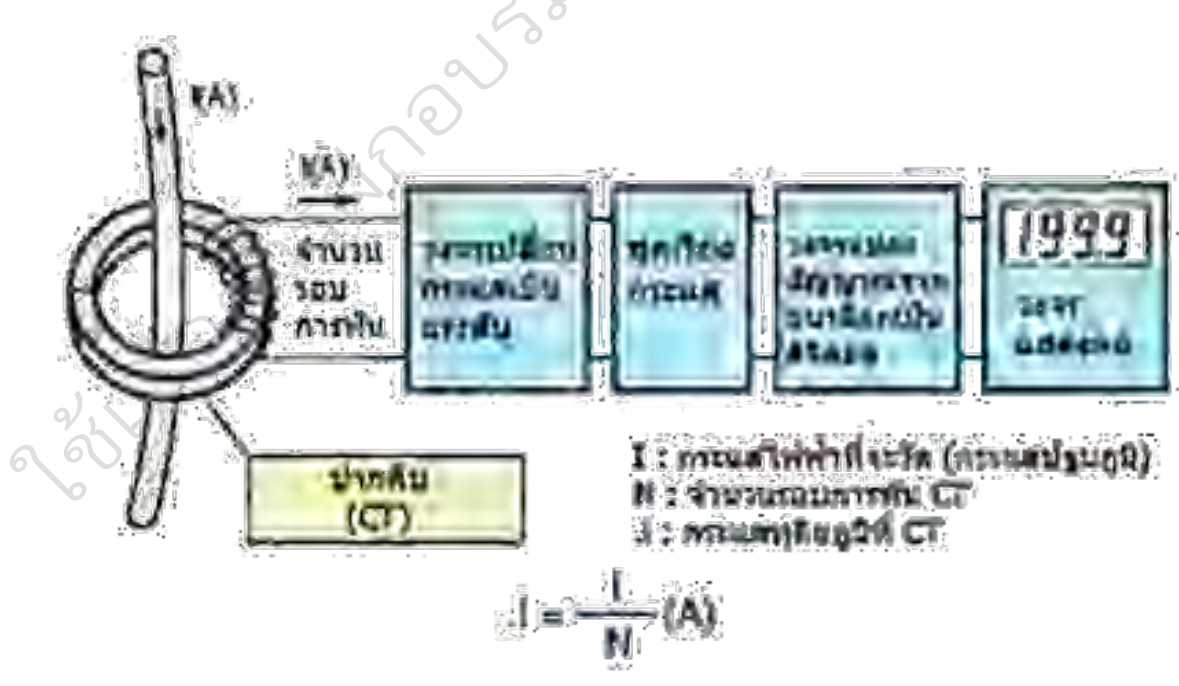
ในขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าอยู่นั้น รอบๆ สายไฟจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ถ้าหากนำเอาขั้วของแคลมป์มิเตอร์ไปคล้องกับสายไฟฟ้าแล้ว จะทำให้ตัวตรวจจับ (sensor) ที่อยู่ตรงขั้วของค่าที่ได้ไปแสดงผลที่ภาคแสดงผลของแคลมป์มิเตอร์ต่อไป ซึ่งวิธีการตรวจจับ (sensor) มีด้วยกันอยู่หลายวิธี จะอธิบายเฉพาะวิธีที่นิยมใช้กันมากเท่านั้นคือ

วิธีตรวจจับโดยใช้ ct (current t ransformer)

วิธีตรวจจับโดยใช้ hall de-ice

2.5.1 วิธีการตรวจจับโดยใช้ Ct (Current t ransformer)

เมื่อเรานำเอาแคลมป์มิเตอร์คล้องเข้ากับสายไฟในขณะที่มีกระแสไหลอยู่ภายในสายเส้นนั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆ สายไฟจะเกิดการเหนี่ยวนำไปตัดกับขดลวดทองแดงที่พันอยู่รอบแกนเหล็กของขั้วของก้ามปู ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดบนแกนเหล็ก ซึ่งหลักการดังกล่าวนี้จะคล้ายกับหลักการของการเหนี่ยวนำภายในหม้อแปลงไฟฟ้า (t ransformer) โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการเหนี่ยวนำของขดลวดนี้จะถูกส่งผ่านไปยังวงจรเปลี่ยนกระแสให้เป็นแรงดัน และผ่านการลดทอนสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณขนาดที่พอเหมาะ ในขณะที่สัญญาณที่ได้รับจะเป็นสัญญาณ ac ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปแสดงผล เราจึงต้องทำการเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณ dc ด้วยวงจร rectifier แล้วส่งสัญญาณให้ภาค a/d con-verter เพื่อเปลี่ยนสัญญาณ analog แรงดันที่ได้จากวงจร rectifier เป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังภาคแสดงผลแบบดิจิทัลต่อไป



ภาพที่ 233 ไดอะแกรมของแคลมป์มิเตอร์แบบ Ct (Current t ransformer)

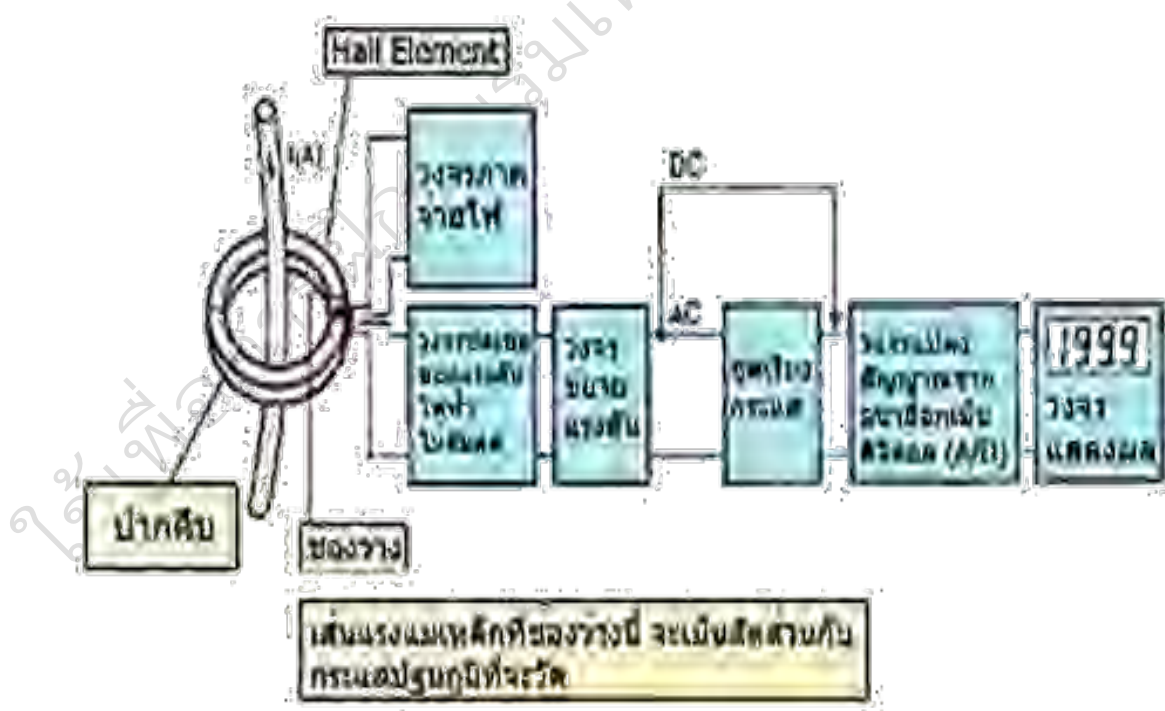
2.5.2 วิธีตรวจจับสนามแม่เหล็กด้วย Hall device

hall de-ice จะมีหลักการทำงาน คือ เมื่อป้อนกระแสไบอัสทางด้าน input ของ hall de-ice และมีความเข้มของสนามแม่เหล็กอยู่ใกล้ hall de-ice แล้ว จะมี output ของ hall de-ice ออกมาเป็นแรงดัน โดยแรงดันที่ได้ จะเป็นสัดส่วนกับผลคูณของ สนามแม่เหล็ก และกระแสไบอัส

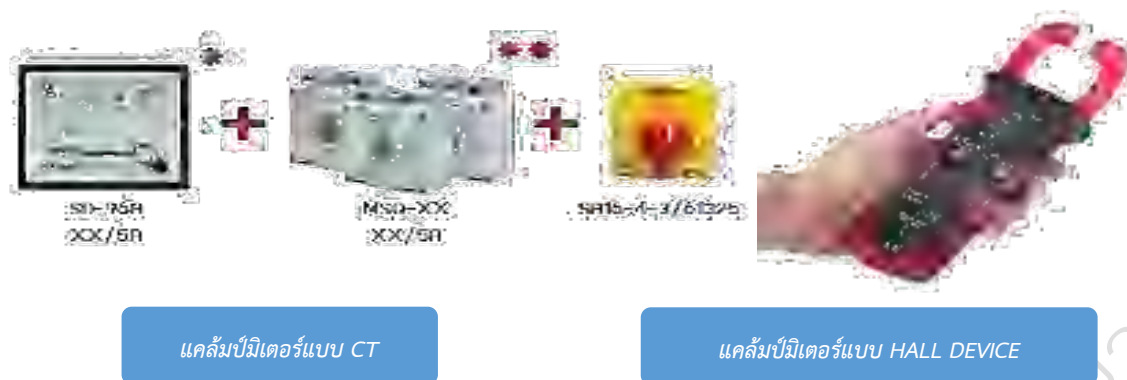
การใช้ hall de-ice สำหรับวัดกระแสไม่เพียงแต่จะวัดไฟกระแสสลับได้เท่านั้น ยังสามารถวัดไฟกระแสตรงได้อีกด้วย

แคลมป์มิเตอร์แบบที่ใช้ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กด้วย hall de-ice นี้จะมี hall de-ice อยู่ที่ ช่องว่างเล็กๆ (gap) เมื่อเรานำแคลมป์มิเตอร์มาวัดกระแสไฟฟ้าแล้ว จะทำให้เกิด ฟลักซ์แม่เหล็ก ไหลในก้ามปูเป็นผลให้ hall de-ice ส่งแรงดัน output ออกมา ผ่าน วงจรชดเชยสัญญาณ แล้วผ่านวงจรขยายสัญญาณเพื่อให้ได้ขนาดสัญญาณที่พอเหมาะ จากนั้นสัญญาณจะถูกนำไปกรองให้เป็นไฟ dc และส่งต่อไปยังวงจร a/d เพื่อแสดงผล แบบดิจิตอลต่อไป

วิธีการวัดแบบนี้ วงจรชดเชยสัญญาณ (compensator) จะมีความสำคัญเนื่องจาก วิธีการวัดวิธีนี้เมื่อใช้กับไฟกระแสตรงจะเกิดแรงดันไฟที่ไม่สมดุล (unbalanced Voltage) จากแรงดันไฟออฟเซตของวงจรและอื่นๆ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีวงจรชดเชย เข้าช่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อ hall de-ice ในขณะที่ใช้วัดไฟ กระแสตรง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณออกจากตำแหน่งศูนย์ได้



ภาพที่ 234 ไดอะแกรมของแคลมป์มิเตอร์แบบ HALL device



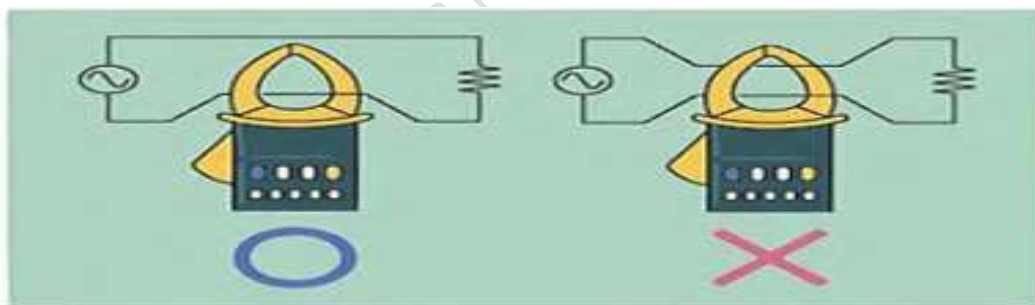
ภาพที่ 235 แคลมป์มิเตอร์แบบ Ct และแคลมป์มิเตอร์แบบ HALL DEVICE

2.6 วิธีการใช้แคลมป์มิเตอร์เบื้องต้น

2.6.1 วิธีการใช้แคลมป์มิเตอร์สำหรับวัดกระแส

สำหรับการวัดกระแสโหลด Load current สำหรับ 1 เฟส 2 สาย (1 phase 2 wire) ตามรูปด้านล่าง จะต้องแคลมป์เพียงแค่ 1 เส้น (ไม่ใช่แคลมป์ 2 เส้น) เนื่องจากกระแสจะไหลไปและวิ่งกลับมาจากทั้ง 2 เส้น ทำให้เกิดคลื่นไฟฟ้า Magnetic Field ที่ตรงข้ามกัน ดังนั้นถ้าแคลมป์ทั้ง 2 เส้นพร้อมกัน กระแสจะหักลบกันพอดีและจะแสดงค่าเป็น “0”

กรณีวัดไฟ 3 เฟส (3 phase) สิ่งที่จะต้องวัดคือค่ากระแสในเส้น r, s และ t โดยการวัดทีละอัน



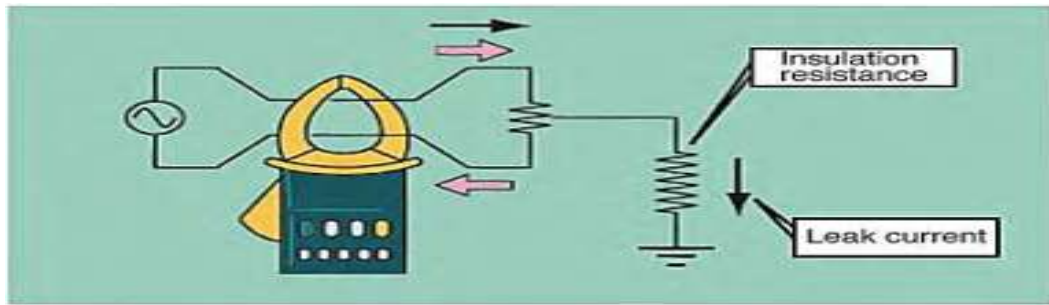
ภาพที่ 236 วิธีการใช้แคลมป์มิเตอร์สำหรับวัดกระแส

2.6.2 วิธีการใช้แคลมป์มิเตอร์สำหรับวัดกระแสไฟรั่ว

วิธีการวัดกระแสไฟรั่ว (Leakage current) สำหรับไฟ 1 เฟส 2 สาย ตามภาพที่ 237 ด้านล่าง จะต้องแคลมป์ทั้ง 2 สายพร้อมกัน

เพราะกระแสไฟจะวิ่งไปกระลับทำให้เกิดคลื่นไฟฟ้า Magnetic Field ที่หักล้างกัน แคลมป์มิเตอร์จะแสดงค่าความแตกต่างกันระหว่าง 2 สาย ถ้ามีไฟรั่วเครื่องจะแสดงค่าบนหน้าจอ

กรณีวัดไฟ 3 เฟส จะต้องแคลมป์ทั้ง 3 เส้นพร้อมกัน (r, s และ t) หรือสามารถวัดกระแสไฟรั่วได้โดยการแคลมป์บริเวณสายดิน (grounding wire)



ภาพที่ 237 วิธีการใช้แคลมป์มิเตอร์สำหรับวัดกระแสไฟรั่ว
ตารางที่ 53 แสดงฟังก์ชันของแคลมป์มิเตอร์ต่างๆไป

ฟังก์ชันการตั้งค่าแคลมป์มิเตอร์	ข้อมูลและภาพประกอบ
ACA ฟังก์ชันการวัดกระแส ของไฟฟ้ากระแสสลับ	
dCA ฟังก์ชันการวัดกระแส ของไฟฟ้ากระแสตรง	
ACV ฟังก์ชันการวัดแรงดัน ของไฟฟ้ากระแสสลับ	
dCV ฟังก์ชันการวัดแรงดัน ของไฟฟ้ากระแสตรง	

3. เมกกะโอห์มมิเตอร์

Insulation tester (เมกกะโอห์มมิเตอร์) คืออะไร

วัสดุบางอย่างที่เราใช้กันในชีวิตประจำวัน เช่น กระจก, พลาสติก, ยาง, แก้ว วัสดุเหล่านี้จะมีคุณสมบัติเป็นฉนวน ซึ่งค่าความเป็นฉนวนของวัสดุแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันออกไป วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนนั้น หมายถึง วัสดุที่กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้หรือหมายถึงมีคุณสมบัติที่สามารถกีดกันหรือขัดขวางการไหลของกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กันนั้นมักจะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ทุกชนิดเมื่อใช้งานไปนานๆ มักจะเกิดการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ ซึ่งค่าความเป็นฉนวนของอุปกรณ์ก็จะเกิดการเสื่อมสภาพด้วยเช่นกันและเมื่ออุปกรณ์มีค่าความเป็นฉนวนลดลงจะส่งผลกระทบต่ออย่างไรกับเรา?

เมื่ออุปกรณ์มีค่าความเป็นฉนวนลดลงทำให้ความสามารถในการขัดขวางการไหลของกระแสไฟฟ้าลดลงไปด้วย ด้วยเหตุนี้อาจทำให้อุปกรณ์เกิดไฟฟ้าลัดวงจร ไฟรั่ว และก่อให้เกิดอันตรายกับผู้ใช้งานและอาจทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้



ภาพที่ 238 ตัวอย่างเมกกะโอห์มมิเตอร์

เครื่องทดสอบความเป็นฉนวน insulation tester หรือบางครั้งเรียกกันว่า **Mega ohm me"er (เมกกะโอห์มมิเตอร์)** เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ทดสอบค่าความต้านทานฉนวนไฟฟ้า เราสามารถตรวจสอบความเสื่อมของฉนวนเพื่อประเมินความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ช่วยป้องกันการเกิดไฟดูด ไฟรั่ว ไฟลัดวงจร ทำให้การใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ นั้นมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยเครื่องทดสอบความเป็นฉนวนที่ใช้กันในปัจจุบันสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการแสดงผลได้ 2 ประเภท คือ analog insulation tester และ digital insulation tester ทั้ง 2 ประเภท นี้จะมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป



ภาพที่ 239 ตัวอย่างสาเหตุการเสื่อมสภาพของฉนวนไฟฟ้า

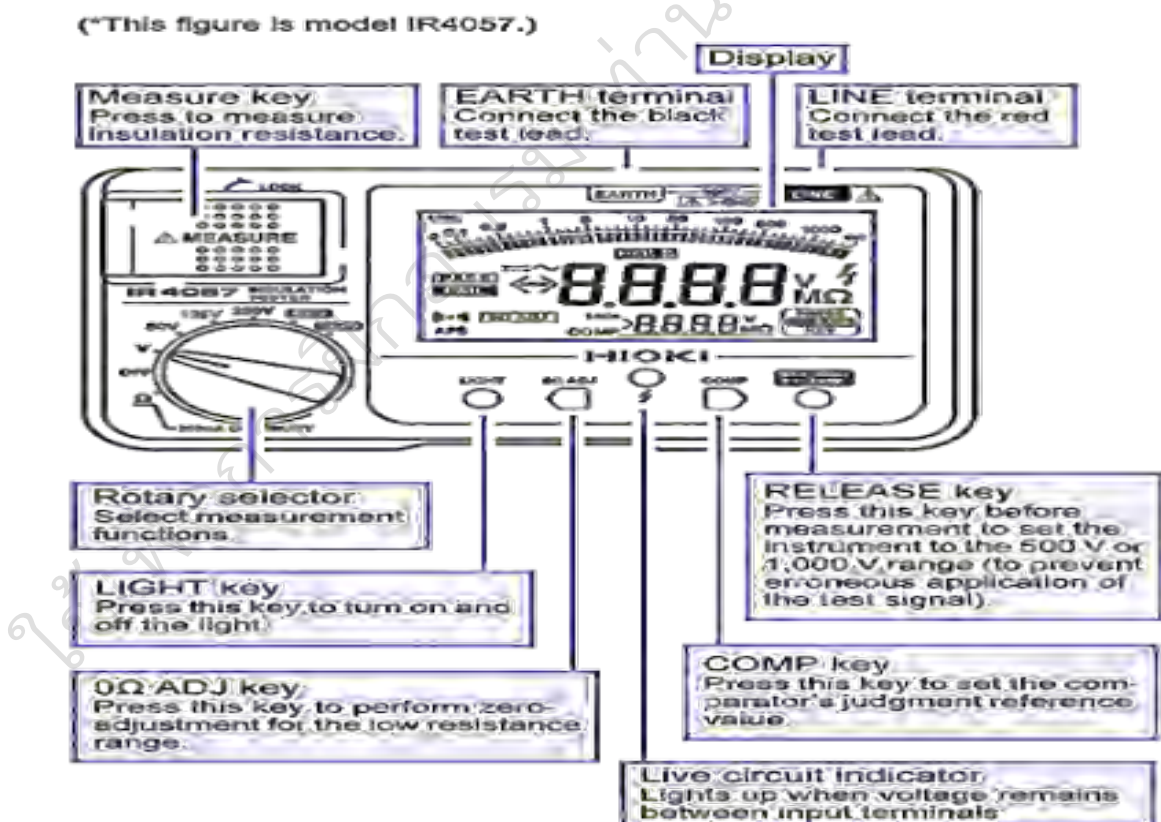
ทำไมต้องใช้เครื่องทดสอบความเป็นฉนวน (Insulation t ester/Mega ohm Meter)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วเบื้องต้นว่าอุปกรณ์ต่างๆ หากใช้งานไประยะเวลาหนึ่งมักมีการเสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา เนื่องจากการใช้งานจริงนั้นเรามักพบเจอกับสภาวะต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็น ฝุ่นละออง อุณหภูมิ ความชื้น การสั่นสะเทือน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์และส่งผลให้ค่าความต้านทานฉนวนลดลง และเมื่ออุปกรณ์มีค่าความต้านทานฉนวนลดลงจะส่งผลให้เวลาใช้งานอาจเกิดปัญหาต่างๆ เช่น ไฟรั่ว ไฟลัดวงจรและหากร้ายแรงมากอาจเกิดไฟไหม้ได้ ดังนั้นเราควรมีการตรวจสอบค่าความต้านทานฉนวนเพื่อเช็คสภาพความพร้อมในการใช้งานของอุปกรณ์ด้วยเครื่องทดสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้า (insulation t ester) อยู่ตลอด เพื่อความปลอดภัยของตัวผู้ใช้งานและป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์และทรัพย์สินได้

3.1 วิธีการใช้งาน Insulation tester (เมกะโอห์มมิเตอร์)

ก่อนการเริ่มต้นใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เราควรทำความรู้จักส่วนประกอบของอุปกรณ์ก่อนเป็นอันดับแรก เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าจะมีปุ่ม สัญลักษณ์ เทอร์มินอลต่างๆ ที่ใช้เดินสายไฟเพื่อทำการรับแหล่งจ่ายไฟและเชื่อมต่อรับ-ส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่นๆ หากเราไม่รู้จักส่วนประกอบในแต่ละส่วนดีพอเวลาใช้งาน อาจทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้

ในการใช้งาน insulation t ester/Mega ohm Meter เบื้องต้นนั้นจะคล้ายๆ กัน อุปกรณ์นี้จะมีสายวัดสองสายซึ่งสายหนึ่งจะไปจับหรือเชื่อมต่อบริเวณกราวด์ อีกสายหนึ่งจะไปจับบริเวณ power ที่จะวัด ตั้งค่าแรงดันทดสอบที่เหมาะสม กดปุ่ม test แล้วรอนจนกว่าค่าที่วัดหนึ่งหรือคงที่แล้วก็ค่อยอ่านค่า

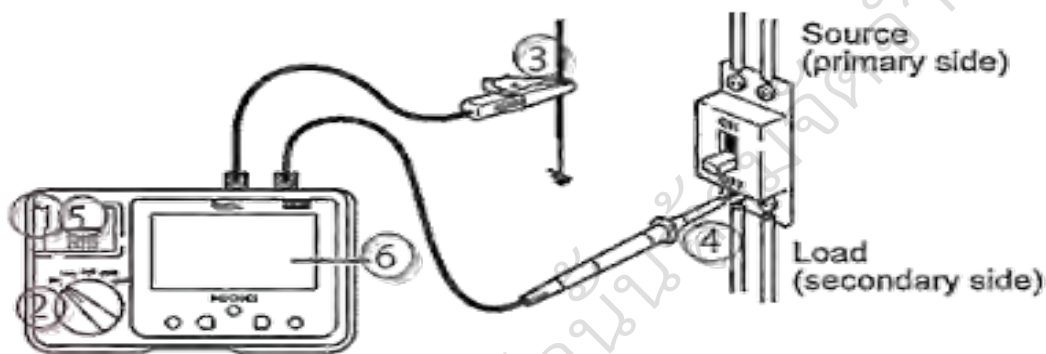


ภาพที่ 240 ตัวอย่างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของ Insulation t ester รุ่น Ir 4057 ของ Hio Ki

3.1.1 Insulation resistance measurement (การวัดความต้านทานฉนวนไฟฟ้า)

คำเตือน: อย่าพยายามวัดความต้านทานฉนวนไฟฟ้าบนตัวนำที่มีไฟ (live conductor)

- 1) ตรวจสอบดูว่าปุ่ม Measure นั้นต้องไม่อยู่ในสภาพที่ขึ้นออกมา
- 2) ศึกษาคู่มือและตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่วัดเพื่อที่จะได้กำหนดแรงดันไฟฟ้าทดสอบได้ถูก
- 3) เชื่อมต่อสายวัด (test lead) สีดำเข้ากับกราวด์ ของอุปกรณ์ที่จะทำการวัด
- 4) เชื่อมต่อสายวัดสีแดงเข้ากับสาย line ที่จะทำการวัด
- 5) กดปุ่ม Measure
- 6) อ่านค่าหลังจากค่าที่แสดงคงที่



ภาพที่ 241 แสดงการวัดความต้านทานฉนวนไฟฟ้า ของ Insulation tester รุ่น Ir 4057 ของ Hio Ki

3.1.2 discharging function (ฟังก์ชันการคายประจุไฟฟ้า)

การทำการคายประจุที่ถูกต้องนั้นต้องทำหลังจากการทดสอบหรือวัดทุกครั้ง

- 1) ไม่ต้องถอดสายวัดออกจากอุปกรณ์ที่ทำการวัด หลังจากนั้นกดปุ่ม Measure
- 2) ภายในอุปกรณ์จะมีวงจรคายประจุ (discharge circuit) ซึ่งจะทำการคายประจุอัตโนมัติ
- 3) เมื่อการคายประจุไฟฟ้าเสร็จสิ้น “เครื่องหมายการคายประจุ” ที่ด้านบนขวาของหน้าจอจะหายไป

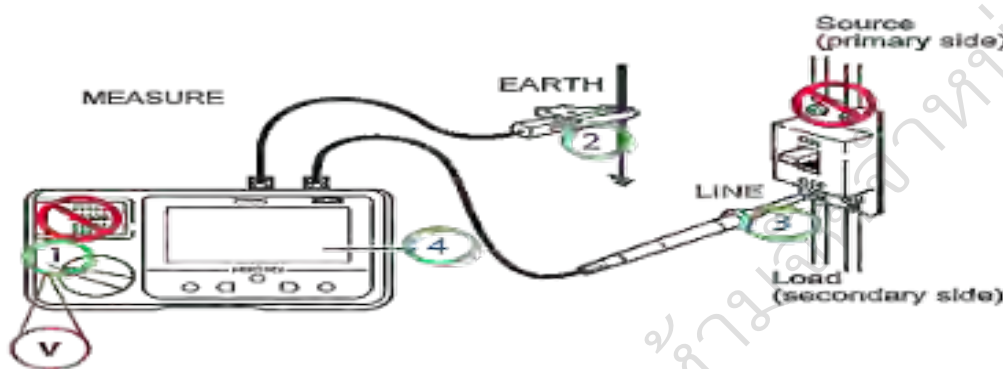


ภาพที่ 242 แสดงการคายประจุไฟฟ้า ของ Insulation tester รุ่น Ir 4057 ของ Hio Ki

3.1.3 Voltage measurement (การวัดแรงดัน)

หมายเหตุ: ในการวัดแรงดันให้นำสายวัดไปเชื่อมต่อด้าน secondary side ของเบรกเกอร์ และไม่ต้องกดปุ่มวัดในขณะที่วัดแรงดัน

- 1) หมุน rotary switch ไปที่ฟังก์ชัน V
- 2) นำสายวัดสีดำไปเชื่อมต่อด้านสายดินของสิ่งที่ต้องการวัด
- 3) นำสายวัดสีแดงไปเชื่อมต่อกับด้าน line ของเบรกเกอร์
- 4) อ่านค่าหลังจากค่าที่แสดงผลมีความนิ่ง

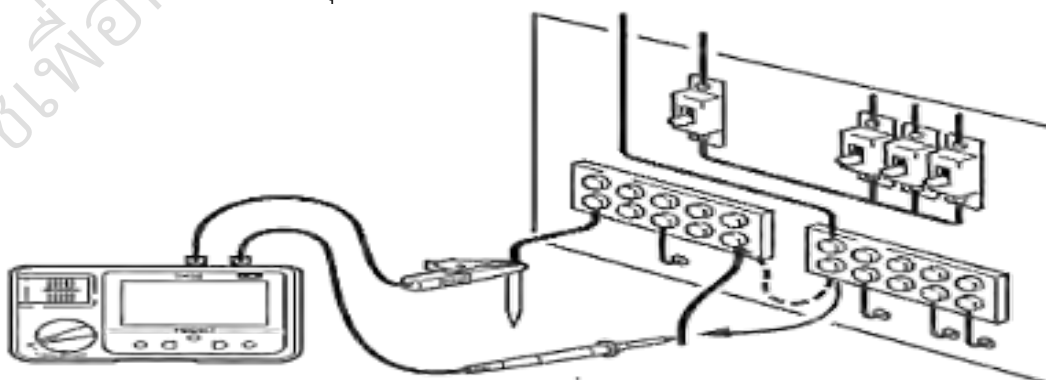


ภาพที่ 243 แสดงการวัดแรงดัน ของ Insulation t ester รุ่น Ir 4057 ของ Hlo KI

3.1.4 r esistance measurement (การวัดความต้านทานสายกราวด์)

ก่อนทำการวัดควรทำการ zero adjustment ก่อนทุกครั้ง

- 1) หมุน rotary switch ไปที่ฟังก์ชัน Ω
- 2) นำปลายของสายวัดทั้ง 2 เส้น มาแตะกันเพื่อทำการ short circuit
- 3) กดปุ่ม Measure
- 4) กดปุ่ม Measure เพื่อทำการวัดค่า
- 5) กดปุ่ม Insulation tester "0 Ω ADJ"
- 6) นำสายวัดไปเชื่อมต่อกับสายกราวด์ของอุปกรณ์ที่ต้องการทำการวัด
- 7) กดปุ่ม Measure และทำการอ่านค่าที่แสดง
- 8) กดปุ่ม Measure หลังจากใช้งานเสร็จ



ภาพที่ 244 แสดงการวัดความต้านทานสายกราวด์ ของ Insulation t ester รุ่น Ir 4057 ของ Hlo KI

3.2 ค่ามาตรฐานความต้านทานฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ปลอดภัยคือเท่าไร

ในการทดสอบค่าความต้านทานฉนวนเราจะมีกำหนดค่าแรงดันทดสอบ ซึ่งแรงดันทดสอบนี้เราจะเลือกให้เหมาะสมกับแรงดันที่ใช้งานจริง โดยปกติจะเลือกแรงดันทดสอบอยู่ที่ประมาณ 2 เท่า ของแรงดันที่ใช้งาน เมื่อเลือกแรงดันทดสอบได้แล้วก็ทำการทดสอบค่าฉนวนไฟฟ้า แล้วค่าฉนวนไฟฟ้าต้องมีค่าเท่าไรถึงแสดงว่าอุปกรณ์ไฟฟ้ามีสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งาน? ตามมาตรฐาน iec 60364 มาตรฐานสากลด้านการติดตั้งไฟฟ้าในอาคาร ได้กำหนดค่าต่ำสุดของค่าความต้านทานฉนวนไว้ หากค่าที่ทำการทดสอบมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดแสดงว่าอุปกรณ์นั้นไม่มีความปลอดภัยในการใช้งานควรทำการเปลี่ยนอุปกรณ์

ตารางที่ 54 ตารางแสดงค่าความต้านทานฉนวนตามมาตรฐาน IEC 60364

ระบบแรงดันปกติที่ใช้งาน	แรงดันทดสอบ	ค่าต่ำสุดของค่าความต้านทานฉนวน
SELV ถึง PELV	250VDC	0.25MΩ
LV ถึง 500V	500VDC	0.5MΩ
มากกว่า 500V	1000VDC	1.0MΩ

- SELV (ระบบแรงดันต่ำพิเศษที่ปลอดภัย)
- PELV (ระบบแรงดันต่ำพิเศษป้องกัน)
- LV (ระบบแรงดันต่ำ)

การตรวจสอบสภาพฉนวนของมอเตอร์จะทดสอบด้วยการต่อสายกราวด์ของเมกะโอห์มมิเตอร์เข้ากับกรอบ (Frame) ของมอเตอร์ ทำการเลือกแรงดันทดสอบแล้วป้อนแรงดันเข้าที่ชุดขดลวดของมอเตอร์ รอให้ค่านิ่งแล้วทำการอ่านค่า

- หากค่าฉนวนที่อ่านได้มีค่าสูงหลายร้อยหรือหลายพันเมกะโอห์ม แสดงว่าฉนวนอยู่ในสภาพดีไม่ชำรุดแห้ง พร้อมใช้งาน

- หากค่าฉนวนที่อ่านได้มีค่าน้อยกว่า 1 เมกะโอห์ม แสดงว่าฉนวนอยู่ในสภาพเสื่อม มีความชื้น เปื้อนสารเคมี ไม่เหมาะกับการใช้งาน ควรทำการเปลี่ยนฉนวนทันที

ตามมาตรฐาน aNsi/ieee หมายเลข 43 ของอเมริกา ได้กำหนดเกณฑ์ต่ำสุดของค่าที่ยอมรับได้ว่า “ต้องอ่านค่าเมกะโอห์มได้ไม่ต่ำกว่า 1 เมกะโอห์มบวกกับอีก 1 เมกะโอห์มต่อ 1000 โวลต์ ของพิกัดแรงดันมอเตอร์” นั้นแสดงว่าถ้าค่าความต้านทานฉนวนอ่านค่าได้ต่ำกว่า 1 เมกะโอห์ม ฉนวนจะมีสภาพเสื่อม เช่น ถ้ามอเตอร์มีพิกัดแรงดัน 360 โวลต์ จะต้องมีความต้านทานฉนวนไม่ต่ำกว่า 1.36 เมกะโอห์ม

ตารางที่ 55 ตารางแสดงค่าต่ำสุดของ PI สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

Class	ค่า PI (ต่ำสุด)
A	1.5
B	2.0
C	2.0

ตารางที่ 56 ตารางมาตรฐานแรงดันทดสอบด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (dC)

แรงดันทดสอบทั่วไป	ค่าแรงดันทดสอบ DC	มาตรฐาน IEEE 43-2000 แรงดันทดสอบสำหรับมอเตอร์
พิกัดแรงดันขั้วหม้อไฟฟ้า AC		พิกัดแรงดันขั้วหม้อไฟฟ้า AC
ขั้วหม้อไฟฟ้าไม่เกิน 1,000 V _{AC}	500 V _{DC}	ขั้วหม้อไฟฟ้าไม่เกิน 1,000 V _{AC}
ขั้วหม้อไฟฟ้า		ขั้วหม้อไฟฟ้า
1,000 V _{AC} - 3,300 V _{AC}	500 V _{DC} - 1,000 V _{DC}	1,000 V _{AC} - 2,500 V _{AC}
ขั้วหม้อไฟฟ้า		ขั้วหม้อไฟฟ้า
3,300 V _{AC} - 6,600 V _{AC}	2,500 V _{DC} - 5,000 V _{DC}	2,500 V _{AC} - 5,000 V _{AC}
ขั้วหม้อไฟฟ้ามากกว่า 6,600 V _{AC}	5,000 V _{DC}	ขั้วหม้อไฟฟ้า
		ขั้วหม้อไฟฟ้ามากกว่า 12,000 V _{AC}
		5,000 V _{DC} - 10,000 V _{DC}

4. เครื่องวัดลำดับเฟสไฟ 3 เฟส

4.1 เครื่องวัดลำดับเฟส (Phase sequence indicator)

ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสลำดับเฟสมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการต่อใช้งานเครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ โดยเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส ลำดับเฟสของระบบไฟฟ้าที่สำคัญจำแนกได้ 2 ระบบด้วยกันเรียกว่า ลำดับเฟสบวกหรือตามเข็มนาฬิกา(clockwise) และลำดับเฟสลบหรือทวนเข็มนาฬิกา(counter clockwise) ถ้าหากว่ามอเตอร์ไฟฟ้าใช้กับระบบไฟฟ้าที่มีลำดับเฟสบวก แต่ถ้าป้อนระบบไฟฟ้าที่มีลำดับเฟสลบให้ก็อาจจะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนกลับทิศทาง หรืออาจทำให้เกิดความเสียหายได้เครื่องวัดลำดับเฟสแบ่งตามโครงสร้าง การทำงานได้ 2 แบบด้วยกันคือ เครื่องวัดลำดับเฟสแบบอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า และเครื่องวัดลำดับเฟสแบบอาศัยหลอดไฟฟ้าเครื่องวัดลำดับเฟสแบบอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าเครื่องวัดแบบนี้บางที่เรียกว่าแบบจานหมุน ลักษณะของเครื่องวัดลำดับเฟสแบบนี้แสดงดังภาพ



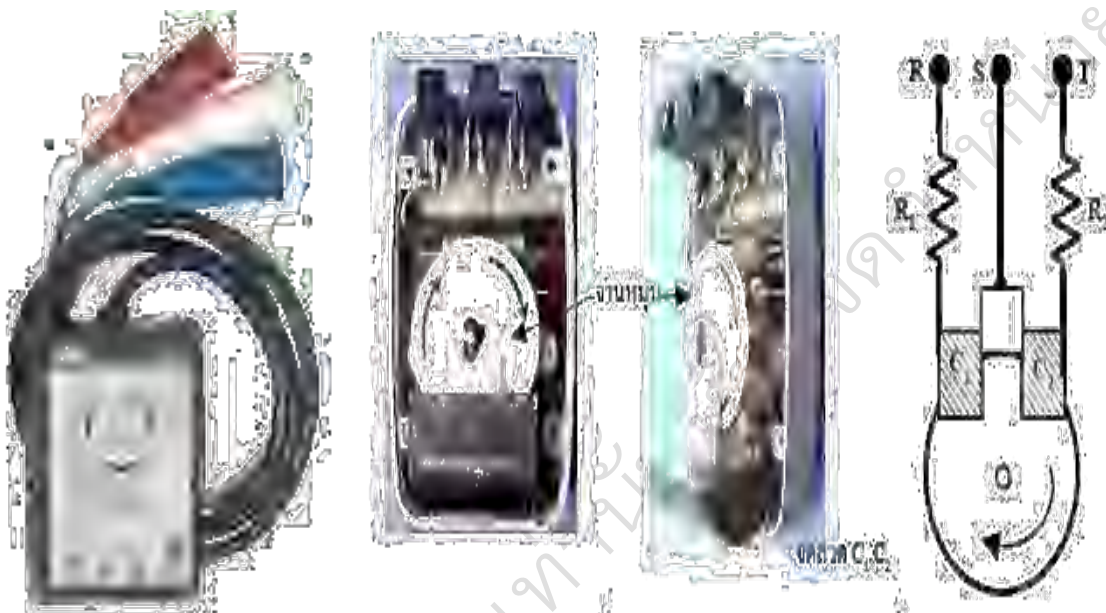
ภาพที่ 245 ตัวอย่างเครื่องวัดลำดับเฟส (Phase sequence indicator)

4.2 โครงสร้างการทำงานของเครื่องวัดลำดับเฟส

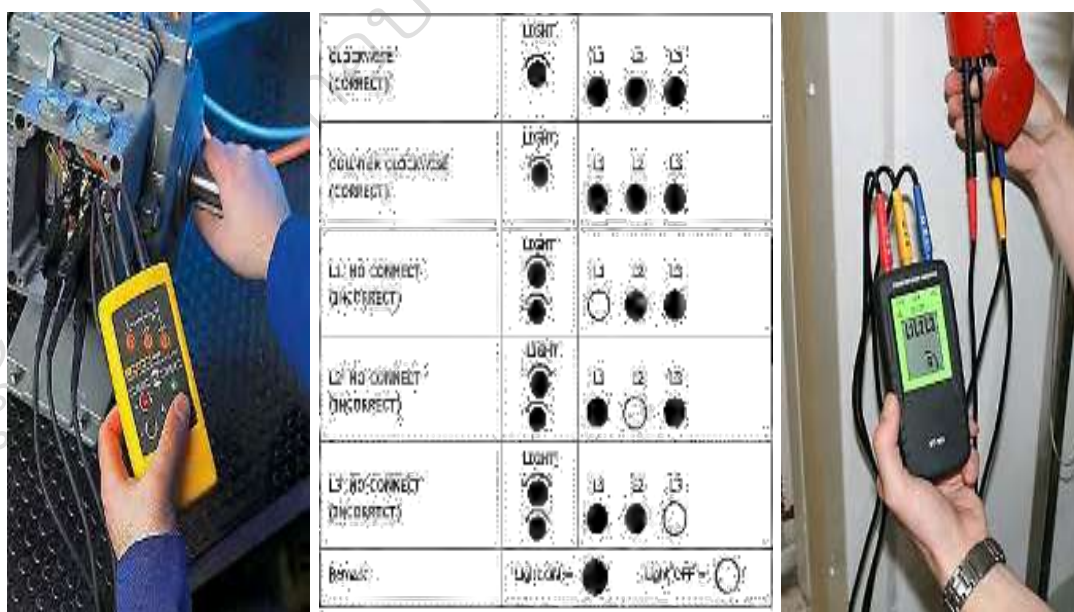
- 1) โครงสร้าง ประกอบด้วยขดลวดเหนี่ยวนำสองชุดคือ c1 และ c2 ต่อขนานระหว่างเฟส r-s และเฟส s-t และมีความต้านทาน r1 ต่ออนุกรมกับขดลวด c1 และ r2 ต่ออนุกรมกับขดลวด c2 เพื่อ จำกัดกระแสที่จะไหลผ่าน ขดลวดทั้งสองชุดนี้พันอยู่รอบแกนเหล็กโดยมีจานอะลูมิเนียมบางๆ ที่สามารถเคลื่อนที่ได้วางอยู่ใกล้กับขดลวดทั้งสอง ดังภาพ
- 2) หลักการทำงาน เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าระบบสามเฟส ให้กับเครื่องวัด ขดลวดทั้งสองชุดจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่จานอะลูมิเนียม แล้วจานอะลูมิเนียมก็จะถูกผลักดันให้เคลื่อนที่และหมุนไป
- 3) การนำไปใช้งาน ดังภาพข้างล่าง การต่อวงจรของเครื่องลำดับเฟสแบบนี้โดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าระบบ 3 เฟส เข้าที่ขั้วต่อสายของเครื่องวัด และสรุปผลได้ดังนี้

4.3 ลักษณะการใช้งานของเครื่องวัดลำดับเฟส

- 1) จานอะลูมิเนียมหมุนทิศทางตามลูกศรบนจาน แสดงว่าระบบไฟฟ้าที่ป้อนให้ เครื่องวัด มีลำดับเฟสบวก หรือมีเฟสตรงกับขั้วของเครื่องวัด
- 2) จานอะลูมิเนียมหมุนทิศทางตรงข้ามกับลูกศรบนจาน แสดงว่าระบบไฟฟ้าที่ป้อนให้เครื่องวัดมีลำดับเฟสลบ หรือมีเฟสไม่ตรงกับขั้วของเครื่องวัด
- 3) ถ้าหากจานอะลูมิเนียมไม่หมุน แสดงว่าระบบไฟฟ้าที่ป้อนให้เครื่องวัดไม่ครบสามเฟส



ภาพที่ 246 ตัวอย่างโครงสร้างเครื่องวัดลำดับเฟส (Phase sequence indicator)



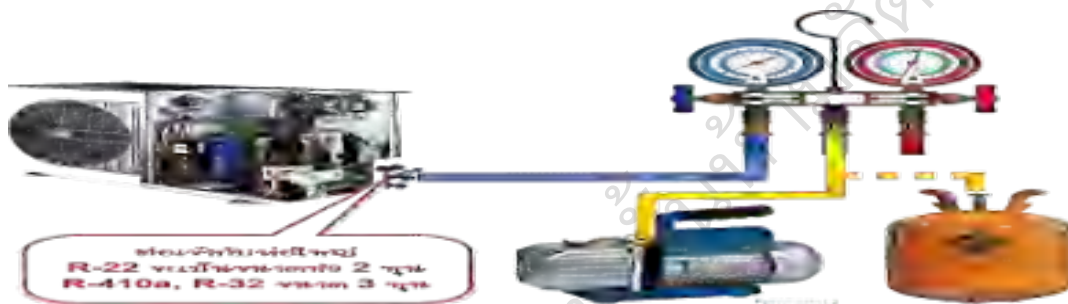
ภาพที่ 247 ตัวอย่างการใช้งานเครื่องวัดลำดับเฟส (Phase sequence indicator)

5.3 เครื่องมือวัดระบบปรับอากาศ

ในการตรวจสอบ ติดตั้ง และบริการงานเครื่องปรับอากาศ สิ่งที่สำคัญสำหรับช่างซ่อม ติดตั้งและบริการงานเครื่องปรับอากาศ คือ ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับ เครื่องมือวัดต่างๆ ที่ใช้ในงานระบบปรับอากาศให้ดีเสียก่อน เพราะในการตรวจสอบระบบเพื่อการซ่อม ติดตั้ง และบริการ จะต้องใช้เครื่องมือวัดต่างๆ เหล่านี้ นำไปใช้ในการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องของระบบปรับอากาศ จึงจะสามารถแก้ไขงานได้อย่างถูกต้องปลอดภัย ซึ่งในหัวข้อวิชานี้ จะกล่าวเฉพาะ เครื่องมือวัด ที่มีความสำคัญในการตรวจสอบ ติดตั้ง และบริการงานเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

1. แมนิโฟลด์เกจ (gauge Manifold) และเครื่องทำสุญญากาศ (Vacuum)

ในการตรวจสอบ ติดตั้ง และบริการเครื่องปรับอากาศ สิ่งที่สำคัญสำหรับช่างซ่อม ติดตั้ง และบริการเครื่องปรับอากาศก็คือ ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือวัดระบบปรับอากาศขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วย เกจแมนิโฟลด์ และเครื่องทำสุญญากาศ ให้ดีเสียก่อน เพราะในการตรวจสอบระบบเพื่อการซ่อม ติดตั้ง และบริการ จะต้องต่อเกจแมนิโฟลด์เข้ากับเครื่องทำสุญญากาศ เพื่อทำการสุญญากาศและเติมสารทำความเย็น



ภาพที่ 248 ตัวอย่างลักษณะการใช้งานแมนิโฟลด์เกจ และเครื่องทำสุญญากาศ

1.1 แมนิโฟลด์เกจ (gauge Manifold)

เกจแมนิโฟลด์ (gauge Manifold) : เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดค่าความดันภายในระบบ เพื่อการตรวจสอบหรือบริการเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ การตรวจสอบและบริการระบบเครื่องปรับอากาศนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับช่างที่จะต้องศึกษาให้ถึงเครื่องมือและเทคนิคการใช้งาน ส่วนเกจแมนิโฟลด์ (gauge manifold) เป็นเครื่องมือที่สำคัญอันหนึ่งที่ใช้สำหรับการตรวจสอบระบบเครื่องปรับอากาศ

➤ เกจแมนิโฟลด์ที่ใช้ในงานซ่อมและบริการเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วย

1. เกจวัดความดันด้านต่ำ (Low pressure gauge) หรือ เกจคอมปาวนด์ (compound gauge)
2. เกจวัดความดันด้านสูง (high pressure gauge) หรือ เกจเพรสเชอร์ (pressure gauge)
3. วาล์วปรับด้วยมือ 2 ตัว (hand Val-es)
4. สายชาร์จ 3 เส้น (สีน้ำเงิน, สีเหลือง, สีแดง) หรือ (ท่อคอมปาวนด์, ท่อร่วม, ท่อเพรสเชอร์)



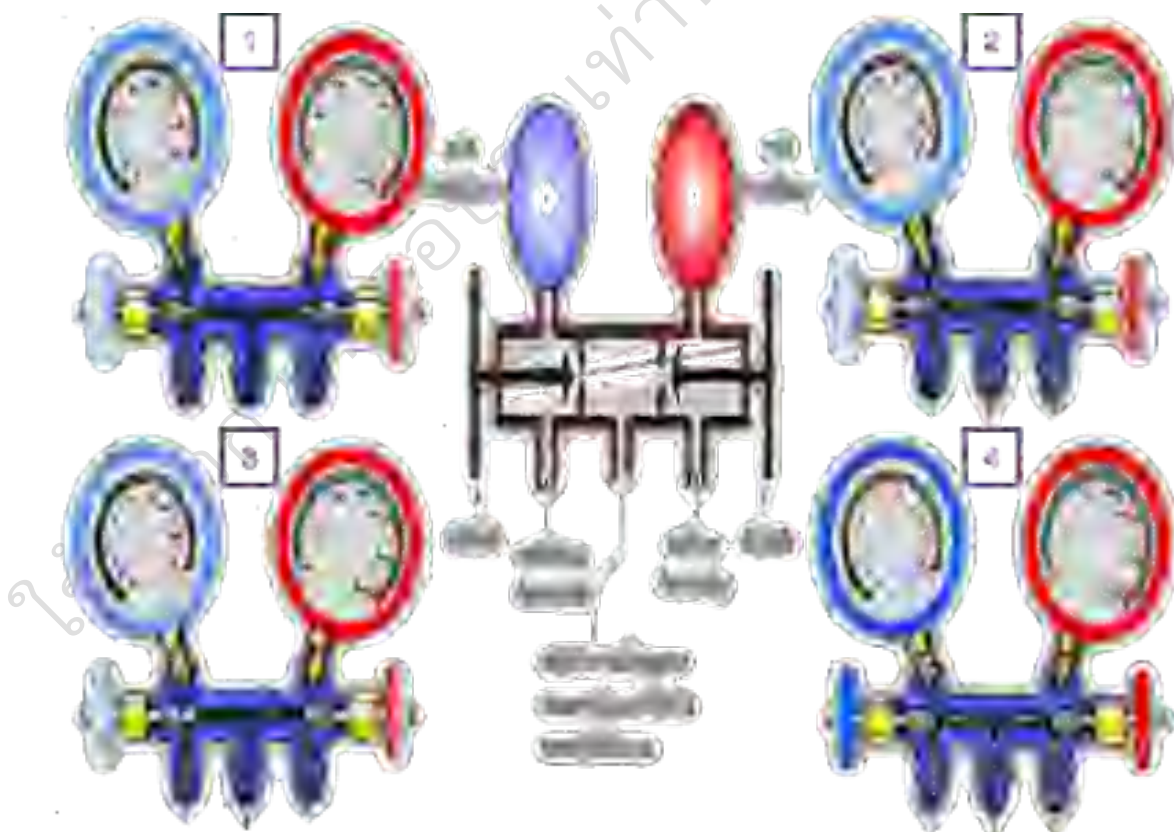
ภาพที่ 249 ตัวอย่างเกจแมนิโฟลด์ที่ใช้ในงานซ่อมและบริการเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

➤ การใช้เกจแมนิโฟลด์ในงานบริการเครื่องปรับอากาศนั้น สิ่งที่จะต้องเรียนรู้ให้เสียก่อนก็คือ

- ท่อทางด้านซ้ายมือของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อเข้ากับทางด้านความดันต่ำของระบบ
- ท่อทางด้านขวามือของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อเข้ากับทางด้านความดันสูงของระบบ
- ท่อกลางของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อสำหรับบริการ เช่น ปัมป์สุญญากาศ และท่อสารความเย็น เป็นต้น

➤ ลักษณะต่างๆ ของการใช้เกจแมนิโฟลด์ อธิบายได้ดังนี้

1. ใช้อ่านค่าความดันของระบบ ซึ่งวาล์ว a และวาล์ว b อยู่ในตำแหน่งปิดทั้งคู่ ความดันในระบบทางด้านความดันต่ำและทางด้านความดันสูง จะอ่านค่าได้จากเกจทั้งคู่
2. ใช้สำหรับชาร์จสารความเย็นเข้าในระบบหรือปล่อยสารความเย็นออกจากระบบ วาล์ว a จะอยู่ในตำแหน่งเปิด และวาล์ว b อยู่ในตำแหน่งปิด ใช้สำหรับให้สารความเย็น (สถานะแก๊ส) จากท่อบรรจุสารความเย็นผ่านเข้าไปในระบบ และในตำแหน่งนี้เกจทั้งคู่ก็อ่านค่าความดันได้ในทางกลับกัน ถ้าปล่อยสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ออกจากท่อสารความเย็น และวาล์วอยู่ในตำแหน่งนี้แล้ว ก็จะเป็นการปล่อยสารความเย็นออกจากระบบทั้ง
3. ใช้สำหรับไล่อากาศในสาย (purging) หรือปล่อยสารความเย็นออกจากระบบทางด้านความดันสูง วาล์ว a อยู่ในตำแหน่งปิด และวาล์ว b อยู่ในตำแหน่งเปิด เป็นการให้สารความเย็นจากระบบทางด้านความดันสูงไล่อากาศในสาย หรือเป็นการปล่อยสารความเย็นทิ้งออกจากในระบบทางด้านความดันสูง
4. ใช้เป็นบายพาส หรือใช้ขณะทำสุญญากาศให้ระบบ วาล์ว a และ วาล์ว b อยู่ในตำแหน่งเปิดทั้งคู่ ถ้าปิดสายท่อกลางของเกจแมนิโฟลด์ไว้ สารความเย็นจากทางด้านความดันสูงของระบบจะผ่านกลับเข้าทางด้านความดันต่ำของระบบ หรือถ้าสายท่อกลางของระบบต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศก็จะเป็นการทำสุญญากาศของระบบ



ภาพที่ 250 ลักษณะต่างๆ ของการใช้เกจแมนิโฟลด์

1.2 เครื่องทำสุญญากาศ (Vacuum)

เครื่องทำสุญญากาศ (Vacuum) : หรือการทำสุญญากาศในระบบ (e-acuating the system) : คือการใช้เครื่องทำสุญญากาศดูดอากาศและความชื้นออกจากระบบ เพื่อให้ภายในระบบเกิดเนื้อที่ว่างที่จะใช้บรรจุสารทำความเย็นและเพื่อไม่ให้มีอากาศหรือความชื้นปนอยู่ในระบบ ดังนั้นหลังจากเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศถูกประกอบขึ้นใหม่ มีการตรวจซ่อมหรือติดตั้งใหม่ ซึ่งการปฏิบัติดังกล่าวมีโอกาสที่จะทำให้อากาศและความชื้นเข้าไปในระบบได้ จึงต้องมีการทำสุญญากาศทุกครั้งก่อนเติมสารทำความเย็นเข้าในระบบ

➤ เหตุผลและความจำเป็นที่ต้องทำสุญญากาศ

เนื่องจากในระบบทำความเย็นที่ผ่านการตรวจซ่อม ประกอบ หรือทำการติดตั้งใหม่ จะมีอากาศและความชื้นอยู่ภายในระบบ ซึ่งทั้งอากาศและความชื้นที่อยู่ในระบบมีผลต่อการทำงานดังนี้

1. ผลของอากาศที่ปนอยู่ในระบบ จะทำให้เนื้อที่ว่างที่จะบรรจุสารทำความเย็นเสียไป จึงไม่สามารถเติมสารทำความเย็นเข้าระบบได้เต็มตามกำหนด และเนื่องจากอากาศซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2) ซึ่งเป็นแก๊สที่ไม่สามารถกลั่นตัวเป็นของเหลวได้ (noncondensable gas) ในสภาพความดันและอุณหภูมิทำงานปกติของระบบทำความเย็น ดังนั้นอากาศที่ปนอยู่ในระบบจะทำให้เกิดความดันสูงผิดปกติได้ในขณะทำงาน
2. ผลของความชื้น ซึ่งอาจจะปนอยู่ในระบบในลักษณะที่เป็นไอน้ำปนอยู่ในอากาศ หรืออยู่ในสถานะของน้ำปนอยู่ภายในระบบ ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของระบบทำความเย็น คือ ความชื้นอาจกลายเป็นน้ำแข็งอุดตันที่ล้นลดความดันหรือท่อรั่วซึมได้ นอกจากนี้ไฮโดรเจน (H_2) จากน้ำจะทำปฏิกิริยากับคลอรีน (Cl) จากสารทำความเย็นเกิดเป็นกรดเกลือ (hydrochloric acid-HCl) กัดต่อทางเดินของสารทำความเย็นและอุปกรณ์ภายในระบบ โดยเฉพาะจะทำให้ฉนวนที่เคลือบขดลวดของมอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนเพรสเซอร์ไหม้ได้

➤ เครื่องทำสุญญากาศ (Vacuum Pump) มีกี่แบบ

เครื่องทำสุญญากาศ สำหรับระบบทำความเย็นและปรับอากาศขนาดเล็ก แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. เครื่องทำสุญญากาศแบบมาตรฐานหรือชนิดแควชั่นเดียว (standard vacuum pump-single stage) ใช้สำหรับเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กทั่วไป ทำสุญญากาศได้ไม่ตื้นัก จึงควรทำสุญญากาศโดยใช้วิธีทำซ้ำหลายครั้ง คือ ทำสุญญากาศจนความดันลดลงต่ำสุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เติมน้ำสารทำความเย็นเข้าในระบบให้ได้ความดันประมาณ 0 psig หลังจากนั้นให้ทำสุญญากาศใหม่สลับจนครบ 3 ครั้งจึงจะได้สุญญากาศที่สมบูรณ์ เราเรียกการทำสุญญากาศวิธีนี้ว่า triple e-acuating method



ภาพที่ 251 ตัวอย่างเครื่องทำสุญญากาศชนิดแควชั่นเดียว

2. เครื่องทำสุญญากาศกำลังสูงหรือชนิดแควสองชั้น (high –vacuum pump-two stage) คือ เครื่องที่ทำสุญญากาศได้ต่ำมาก (deep –vacuum) คือทำสุญญากาศได้ถึง 500 ไมครอน (0.5 มม.ปรอท) หรือต่ำกว่าซึ่งต่ำพอที่จะทำให้ความชื้นในระบบเดือดกลายเป็นไอและถูกดูดออกจากระบบได้ จึงสามารถทำสุญญากาศได้โดยวิธีการทำเพียงครั้งเดียว (deep –vacuum method)



ภาพที่ 252 ตัวอย่างเครื่องทำสุญญากาศชนิดแควสองชั้น

➤ ขั้นตอนการทำสุญญากาศระบบ ควรกระทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

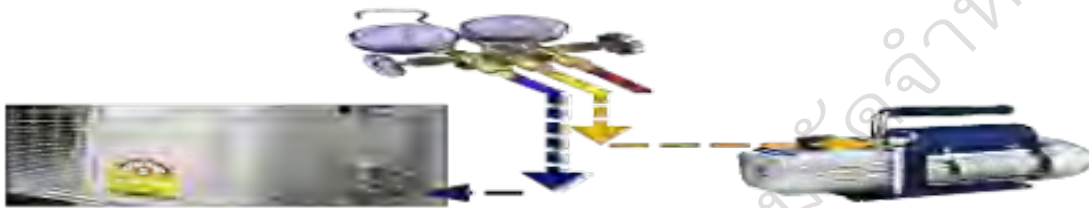
1. ต่อชุดเกจแมนิโฟลด์เข้ากับวาล์วบริการ
2. เปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์ (ทวนเข็มนาฬิกา)
3. ต่อสายท่อกลางของเกจแมนิโฟลด์เข้ากับปั๊มสุญญากาศ
4. เดินเครื่องปั๊มสุญญากาศ
5. เข้มความดันของเกจวัดความดันต่ำเริ่มลดต่ำกว่าตำแหน่ง 0 (ส่วนเกจวัดความดันสูงจะไม่สามารถอ่านค่าได้)
6. เมื่อเข็มของเกจวัดความดันต่ำอ่านค่าถึง -29.92 นิ้วปรอท ให้เดินเครื่องปั๊มสุญญากาศต่อไปอีกอย่างน้อย 20 นาที
7. ถ้าเข็มของเกจวัดความดันต่ำไม่สามารถลดลงถึง -29.92 นิ้วปรอท ให้ทำการตรวจข้อต่อต่าง ๆ ใหม่ทั้งหมด
8. ถ้าค่าเกจทำสุญญากาศที่อ่านได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ให้หมุนวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์อยู่ในตำแหน่งปิด ถ้าค่าความดันสูงขึ้น (แต่ยังต่ำกว่า 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) แสดงว่าระบบรั่ว ให้หยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศ แล้วค้นหาที่รั่วและซ่อมใหม่
9. ถ้าค่าเกจทำสุญญากาศคงที่อยู๋ ในขณะที่วาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์อยู่ในตำแหน่งปิด แสดงว่าปั๊มสุญญากาศไม่ดีพอ
10. ภายหลังจากเดินเครื่องปั๊มสุญญากาศ 20-30 นาทีแล้ว ปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์
11. หยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศ
12. ขณะนี้ระบบทำสุญญากาศเรียบร้อยแล้ว พร้อมที่จะชาร์จสารทำความเย็นเข้าในระบบต่อไป

➤ ข้อควรระวังในขณะดำเนินการ Vacuum

1. ในการทำ Vacuum ทุกครั้งจะต้องแน่ใจว่าวาล์วที่จะเปิด – ปิดนั้นต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง
2. ช่วงระยะเวลาในขั้นตอนปฏิบัติการทำ Vacuum สามารถทำการเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการในระบบ

➤ **ข้อสังเกตเกจแมนิโพลด์ที่ใช้ในงานซ่อมและบริการเครื่องปรับอากาศ**

1. ขณะเดินเครื่องทำสุญญากาศ ถ้าเข็มชี้ที่เกจสุญญากาศลดค่าจาก 0 นิ้วปรอท ถึง 30 นิ้วปรอททันที แสดงว่ามีการอุดตันที่สายน้ำยาหรือวาล์วบริการในระบบยังปิดอยู่ หรือกรณีที่วาล์วบริการในระบบ เป็นชนิดวาล์วลูกศร อาจเกิดจากการต่อสายน้ำยาสลับด้าน ให้ทำการตรวจสอบก่อน ตรงกันข้าม ถ้าเดินเครื่องทำสุญญากาศเป็นเวลานาน แต่ไม่สามารถดึงความดันในระบบให้เป็นสุญญากาศได้ แสดงว่าอาจมีการรั่วที่ส่วนหนึ่งส่วนใด ให้ทำการตรวจหารอยรั่วก่อน
2. ในกรณีที่ระบบมีความชื้นสูง ขณะทำสุญญากาศควรทำการอบหรือให้ความร้อนกับระบบโดยใช้ หลอดไฟหรือขดลวดความร้อนช่วยเพิ่มอุณหภูมิเพื่อไล่ความชื้นในระบบ ซึ่งจะทำให้เราใช้เวลาใน การทำสุญญากาศน้อยลง แต่ห้ามใช้เปลวไฟจากหัวเชื่อมเป็นตัวช่วยเพิ่มอุณหภูมิ



ภาพที่ 253 ตัวอย่างการทำสุญญากาศเครื่องปรับอากาศ

➤ **การตรวจหารอยรั่ว**

ภายหลังการต่อท่อน้ำยาเป็นที่เรียบร้อยแล้วให้ทำการตรวจหารอยรั่ว การตรวจหารอยรั่วนี้ผู้ตรวจ จะต้องกระทำอย่างรอบคอบละเอียดเพราะถ้าเกิดมีรอยรั่วแล้วหาไม่พบจะเกิดผลเสียหายนานใหญ่หลวงตามมา วิธีการตรวจหารอยรั่วมีหลายวิธีด้วยกันแต่วิธีที่ง่ายและประหยัดที่สุดเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ **การใช้ไนโตรเจนกับฟองน้ำยาล้างจาน** วิธีการคืออัดไนโตรเจนเข้าระบบจนกระทั่งถึงความดันไม่เกิน ประมาณ 300 ปอนด์/ตารางนิ้ว แล้วใช้ฟองน้ำหรือแปรงทาสีจุ่มในน้ำผสมน้ำยาล้างจานทาบริเวณต่างๆ โดยเฉพาะตรงบริเวณ รอยต่อแล้วสังเกตดูว่ามีการรั่วซึมหรือไม่ ถ้ามีการรั่วซึมบริเวณนั้นจะมีฟองผุดๆ ขึ้นมาให้ทำการแก้ไข หลัง ตรวจเช็คและแก้ไขเรียบร้อยแล้วให้ทิ้งระบบไว้สักพัก ประมาณ 30 นาที ขึ้นอยู่กับขนาดเครื่องเพื่อดูว่าความดันที่ อัดไว้จะลดลงหรือไม่ ถ้าลดลงแสดงว่ายัง มีการรั่วซึมอยู่ให้ทำการหาใหม่

ข้อแนะนำการตรวจหารอยรั่ว

1. ต้องเติมไนโตรเจน ผ่านเรกกูเรเตอร์ (regulator gauge) และปรับตั้งแรงดันใช้งานไม่เกิน 300 psi เท่านั้น
2. ต้องใช้แมนิโพลด์เกจทางด้านแรงดันสูง หรือ เกจเพรสเชอร์ (pressure gauge) เติมนิโตรเจนเข้าทางท่อสารทำความเย็นแรงดันต่ำ (ท่อใหญ่) และค่อยๆ เติมนิโตรเจนเข้าในระบบ โดยเปิดปิดวาล์วเกจแรงดันสูงเป็นระยะ
3. ควรเติมไนโตรเจนเป็นช่วงๆ คือ 1. 100 psi , 2. 200 psi , 3. 300 psi สลับกับการใช้ฟองน้ำหรือแปรงทาสีจุ่มในน้ำผสมน้ำยาล้างจานทาบริเวณต่างๆ

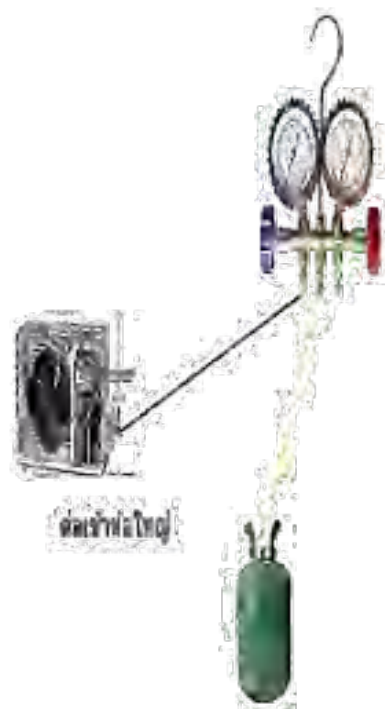


ภาพที่ 254 ตัวอย่างการตรวจหารอยรั่ว

➤ การเติมสารทำความเย็นเข้าระบบ (r 22)

การเติมสารทำความเย็นเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการติดตั้ง หลังจากการตรวจหารอยรั่ว, แวกค์ระบบ และการต่อวงจรไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว

1. เติมน้ำยาเข้าที่วาล์วด้านส่งจนความดันทางด้านส่งได้ประมาณ 120-150 psi (ควรไล่อากาศ ในสาย เกจ ก่อนเติมน้ำยา)
2. เปิดสวิทช์ให้ทั้งชุดอีวาพอเรเตอร์และชุดคอนเดนซิ่งทำงาน
3. เติมน้ำยา r 22 เข้าระบบทางด้านดูดในขณะที่เครื่องทำงานในปริมาณที่ต้องการ
4. ปลดปล่อยให้เครื่องทำงานอย่างน้อย 20 นาทีอ่านค่าความดันจากเกจทั้ง high, Low และค่ากระแสจาก แอมป์มิเตอร์ โดยปกติ แล้วความดันด้านดูดควรจะประมาณ 60-75 psi และความดันทางด้านส่งนั้น ควรจะประมาณ 250-275 psi ส่วนกระแสควรมีค่าใกล้เคียงกระแสสูงสุดที่ระบุไว้ที่คอนเดนซิ่ง เมื่อความดันและกระแส ได้ค่าตามที่ระบุไว้แล้วแสดงว่าสารทำความเย็นที่เติมมีปริมาณพอเพียงแล้ว
5. ถ้าความดันทางด้านดูด และด้านส่งต่ำกว่าปกติรวมถึงค่ากระแสไฟฟ้าต่ำกว่า Full load มากแสดงว่าสารทำความเย็นที่อยู่ระบบยังมีปริมาณไม่เพียงพอต้องเติมสารทำความเย็น เพิ่มเติมอีก
6. ถ้าความดันทางด้านดูดและด้านส่งสูงผิดปกติรวมทั้งกระแสไฟฟ้า เกิน Full load รวมทั้งเมื่อสังเกต ที่คอมเพรสเซอร์มีละอองน้ำจับอยู่แสดงว่าสารทำความเย็นที่อยู่ในระบบมีมากเกินไป ต้องปลดปล่อย สารทำความเย็นออกจากระบบจนอ่านความดันด้านดูดและด้านส่งอยู่ในช่วงตามที่ระบุบนที่ระบบและ กระแสไฟฟ้ามีค่าไม่เกิน Full load (ดูได้จาก Name plate ของเครื่อง)



ภาพที่ 255 ตัวอย่างการเติมสารทำความเย็นเข้าระบบ

2. ดิจิตอลไมครอนเกจหรือแวกคัมเกจ

➤ ดิจิตอลไมครอนเกจ คือ อะไร ?

ดิจิตอลไมครอนเกจ, แวกคัมเกจ หรือ บางคนจะเรียกว่า เครื่องมือวัดสุญญากาศแบบดิจิตอล คือ อุปกรณ์เครื่องมือวัดที่สามารถแสดงถึงระดับสุญญากาศแบบสมบูรณ์ โดยแสดงเป็น หน่วย ไมครอน เพื่อให้ทราบว่าในระบบเครื่องปรับอากาศหรือระบบทำความเย็น ไม่มีอากาศและความชื้นหลงเหลืออยู่

➤ ประโยชน์ของดิจิตอลไมครอนเกจ

1. สามารถบ่งบอกถึงระดับสุญญากาศที่สมบูรณ์ โดยระบบที่ดีควรมีระดับสุญญากาศที่ต่ำกว่า 500 ไมครอน
2. สามารถตรวจสอบระบบว่ามีรอยรั่วหรือไม่ โดยวิธีการ หลังจากทำการแวกคัมระบบ เสร็จแล้ว ให้ปิดแวกคัมปั๊ม ประมาณ 5 – 20 นาที เพื่อตรวจสอบดูว่า ถ้าระดับค่าในดิจิตอลไมครอนเกจค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงระดับ 2000 ไมครอน แสดงว่า ระบบยังมีความชื้นอยู่ แต่ถ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทันทีหลังปิดแวกคัมปั๊ม แสดงว่าระบบมีจุดรั่ว ควรตรวจหารอยรั่วต่อไป
3. สามารถตรวจสอบได้ว่าแวกคัมปั๊มที่ใช้งานอยู่ ยังมีประสิทธิภาพการทำงานที่ปกติอยู่หรือไม่ ? โดยการต่อดิจิตอลไมครอนเกจ เข้ากับ แวกคัมปั๊มโดยตรง หากระดับสุญญากาศลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงระดับต่ำกว่า 50 ไมครอนครับ แสดงว่าแวกคัมปั๊มที่ใช้งานอยู่ ยังมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีอยู่



ภาพที่ 256 ตัวอย่างดิจิตอลไมครอนเกจ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

3. เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ

เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ อาจประกอบด้วยปรอท แอลกอฮอล์แก๊ส แบบโลหะสองชนิด หรือแบบแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเป็นต้น โดยมีการแสดงผลเป็นแบบสเกลตัวเลขหรือแสดงผลเป็นแบบดิจิตอล แล้วแต่ความมุ่งหมาย ความสะดวกที่จะนำไปใช้ และความละเอียดถูกต้องในการวัดอุณหภูมิ ซึ่งเทอร์โมมิเตอร์ในปัจจุบันมีหลากหลายชนิดความเหมาะสมแต่ละอาชีพ

ในคู่มือผู้รับการฝึกฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ เทอร์โมมิเตอร์ ชนิดที่เหมาะสมและใช้ได้ในปัจจุบัน สำหรับงานเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก คือ เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด (Infrared thermometer)

➤ เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared thermometer)

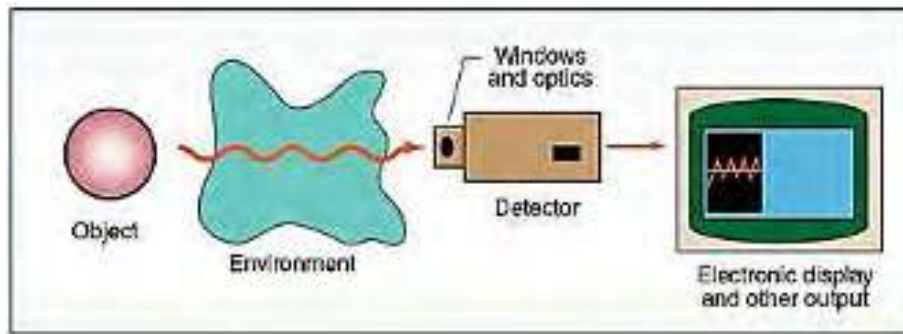
เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่พื้นผิวของวัตถุซึ่งเป็นการวัดแบบไม่สัมผัสกับวัตถุ (Non-contact thermometer) มีชื่อเรียกกันหลากหลายชื่อ อาทิเช่น infrared temperature , infrared thermometer เป็นต้น ในการวัดอุณหภูมิของอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ นั้นจะวัดจากรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัตถุ ส่วนประกอบหลักของเครื่องมือวัดประเภทนี้ประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์สำหรับเล็งตำแหน่งการวัด เลนส์ที่รับรังสีอินฟราเรด ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรด (infrared detector) หรือ เซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด (infrared sensor) วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีตัวคอนโทรลเลอร์หรืออุปกรณ์ประมวลผลอยู่ภายในโดยแปลงค่ารังสีอินฟราเรดเป็นค่าอุณหภูมิของวัตถุนั้นๆและ ส่วนสุดท้ายคือส่วนแสดงผล (display) เป็นค่าอุณหภูมิที่วัดได้



ภาพที่ 257 ตัวอย่างเทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด (Infrared thermometer)

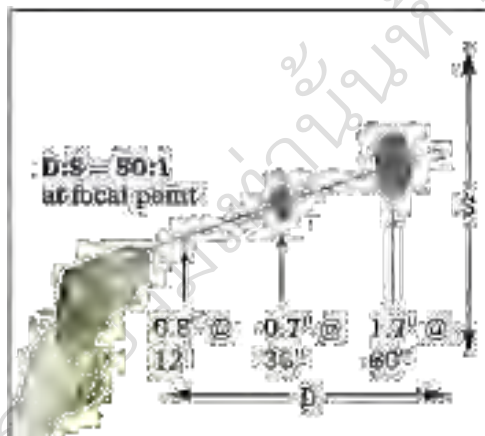
➤ หลักการทำงานของ (Infrared thermometer)

หลักการทำงานดังนี้ ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรดทำหน้าที่รับรังสีอินฟราเรด (infrared radiation) ที่แผ่ออกมาจากวัตถุเป้าหมาย (target) ผ่านเลนส์ของเครื่องมือวัด แล้วแปลงรังสีอินฟราเรดเหล่านี้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า โดยรังสีอินฟราเรดที่ตัวตรวจจับรับไปนั้นประกอบด้วยรังสีที่วัตถุเป้าหมายแผ่ออกมารวมกับรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุอื่นหรือจากสิ่งแวดล้อมสะท้อนออกจากผิวของวัตถุเป้าหมาย จากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่รับมาจากตัวตรวจจับและนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล โดยเทอร์โมมิเตอร์ชนิดอินฟราเรดแสดงผลออกมาในรูปของตัวเลข ซึ่งการแปลงรังสีอินฟราเรดที่เซนเซอร์ตรวจจับได้ให้อยู่ในหน่วยของอุณหภูมิอาศัยกฎของ planck (planck's Law) และ กฎของ stefan-boltzmann (stefan-boltzmann's Law)



ภาพที่ 258 หลักการทำงานของเทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด (Infrared thermometer)

- การเลือกใช้งานปืนวัดอุณหภูมิ หรือ อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์นั้น พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้
 1. ย่านการวัดมีหน่วยเป็นเซลเซียส หรือ ฟาเรนไฮต์
 2. ระยะห่างที่วัดอุณหภูมิ(d:s) ยิ่ง d:s มากยิ่งสามารถวัดระยะไกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
 3. ค่าความแม่นยำ(accuracy)
 4. ราคาต้องเหมาะสมกับลักษณะงาน



ภาพที่ 259 ระยะห่าง d:S ของเทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด (Infrared thermometer)



ภาพที่ 260 ตัวอย่างการใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด ในงานเครื่องปรับอากาศ

บทนำ

เนื้อหาวิชา : การอ่านและเขียนแบบในงานเครื่องปรับอากาศ

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับการอ่านแบบและเขียนแบบทางไฟฟ้าและทางกล

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับชนิดและความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบของระบบเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ (แบบทางไฟฟ้า ทางกล และโครงสร้าง) และการใช้เครื่องมือช่วยในการเขียนแบบ

ฝึกปฏิบัติการอ่านและเขียนแบบของระบบเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ (แบบทางไฟฟ้า ทางกล และโครงสร้าง)

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

- | | |
|--|-------------|
| 6. การอ่านและเขียนแบบในงานเครื่องปรับอากาศ
(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 3 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 4 ชั่วโมง) | (หน้าที่) |
| 6.1 แบบทางไฟฟ้า | (260 – 265) |
| 6.2 แบบทางกล | (266 – 268) |
| 6.3 แบบโครงสร้าง | (269 – 274) |

การอ่านและเขียนแบบในงานเครื่องปรับอากาศ

6.1 แบบทางไฟฟ้า

แบบไฟฟ้าอุตสาหกรรม

ในการประกอบอาชีพช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก มีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบวงจรไฟฟ้าอุตสาหกรรม เนื่องจากอุปกรณ์หลักๆ เช่น มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลม ระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ ล้วนแล้วใช้หลักการควบคุมการทำงานตามแบบวงจรไฟฟ้าอุตสาหกรรมทั้งสิ้น

1. การอ่านและเขียนสัญลักษณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม

สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าอุตสาหกรรม เป็นสัญลักษณ์ที่เป็นมาตรฐานสากล มีลักษณะเป็นลายเส้น ตัวอักษร และเครื่องหมายกำกับต่างๆ เพื่อชี้หรือแสดงข้อกำหนดให้ถูกต้องแน่นอนตามต้องการ และใช้ในเป็นสื่อกลางในการเขียนแบบและอ่านแบบไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นแบบวงจรไฟฟ้าแบบงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าหรือแบบงานติดตั้งไฟฟ้า ก็ตาม ผู้เขียนแบบและผู้อ่านแบบจำเป็นต้องมีความรู้เรื่องสัญลักษณ์ทั้งสิ้น มาตรฐานสากลของสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าหลายมาตรฐาน แต่รายละเอียดในส่วนนี้จะกล่าวเพียง 4 มาตรฐาน ดังนี้

- 1.1 มาตรฐาน diN (deutsche industries Norman)
- 1.2 มาตรฐาน aNsi (american National standard institute)
- 1.3 มาตรฐาน iec (international electrotechnical commission)
- 1.4 มาตรฐาน Jis (Japanese industrial standard)

➤ หลักการเบื้องต้นในการออกแบบ และเขียนแบบไฟฟ้า

แบบไฟฟ้าดูเหมือนจะมีความชัดเจนมากในงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าในงานติดตั้งเพราะทั้งผู้ทำ และผู้ออกแบบจะติดต่อกันผ่านทางแบบนี้ทั้งสิ้นจนงานสำเร็จ ในการเขียนแบบไฟฟ้าส่วนใหญ่แล้วจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคที่มีความชำนาญในการเขียนโดยใช้วิธีการ และเครื่องมือต่างๆ งานเขียนแบบแล้วยังเชื่อมโยงไปถึงงานการออกแบบโดยงานการออกแบบทั้งหมดจะอยู่ในความรับผิดชอบของวิศวกรไฟฟ้า หรือผู้ที่ชำนาญงานทั้งสิ้น ผู้เขียนแบบไฟฟ้าต้องประสานงาน และทำความเข้าใจกับผู้ออกแบบเป็นอย่างดี เพื่อให้แบบที่ได้ออกมานั้นมีความสมบูรณ์มากที่สุด ดังนั้นผู้เขียนแบบจึงต้องมีความรู้เกี่ยวกับ“หลักการเบื้องต้นในการออกแบบระบบไฟฟ้า”ไว้พอสมควรดังนี้

การออกแบบไฟฟ้า หมายถึง การพัฒนาแบบ วิธีการเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้า สัญญาณไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ปลายทาง การออกแบบเป็นงานที่มีความกว้างมากต้องใช้ข้อมูลมากมายในการตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ระบบที่ดี ถูกต้อง และปลอดภัย

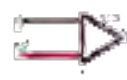
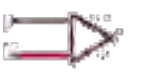
ประโยชน์ของงานเขียนแบบมีผลต่อการปฏิบัติงานช่างที่จะกำหนดรายละเอียดของงานและดำเนินงานไปได้ตามขั้นตอนอย่างเหมาะสม การศึกษาวิธีการเขียนแบบเราจะต้องศึกษาหลักการเบื้องต้นของการเขียนแบบได้อย่างถูกวิธี จะช่วยให้มีความเข้าใจและนำไปเขียนแบบได้ความสำคัญของงานเขียนแบบนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเราคือ

1. ช่วยบันทึกตามแนวคิดสร้างสรรค์
2. ช่วยในการจัดลักษณะและสัดส่วนของงานได้อย่างถูกต้อง
3. ช่วยในการคิดคำนวณวัสดุในการปฏิบัติงานช่างได้อย่างถูกต้อง
4. ช่วยในการนำรูปแบบที่ได้กำหนดแล้วนั้นไปปฏิบัติได้ตามแบบที่เขียนขึ้น

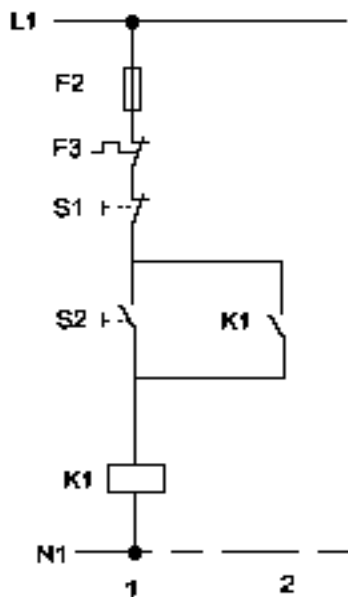
ตารางที่ 57 มาตรฐานสากลของสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าอุตสาหกรรม 4 มาตรฐาน

ชนิดของอุปกรณ์	ANSI	DIN	IEC	JIS
รูปแบบตัวอักษรตัวอักษร				
หน้าสัมผัสเปิด				
หน้าสัมผัสปิด				
หน้าสัมผัสเปิดเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น				
หน้าสัมผัสเปิดเมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลง				
หน้าสัมผัสเปิดเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น				
หน้าสัมผัสเปิดเมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลง				
รีเลย์				
รูปแบบของ แฉกเกอร์ หรือเบรกเกอร์				
เบรกเกอร์ไฟฟ้า				

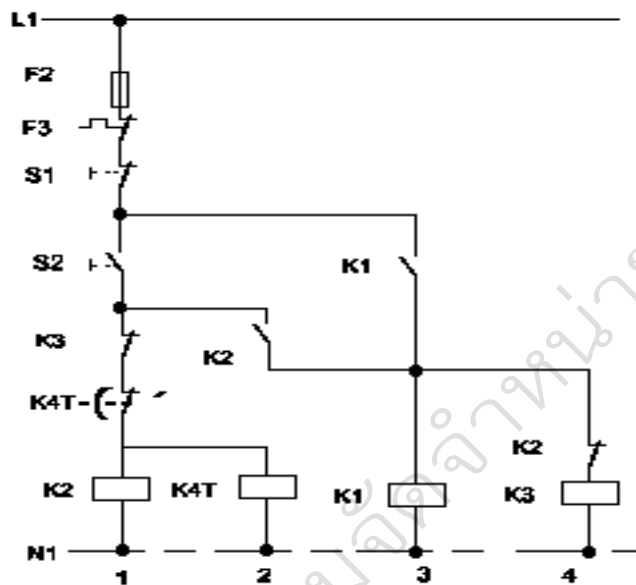
ชนิดของอุปกรณ์	ANSI	DNV	IEC	JIS
รูปแบบมอเตอร์ไฟฟ้า				
มอเตอร์ 3 เฟสแบบ วงจรดาว				
มอเตอร์ 3 เฟสแบบ วงจรสามเหลี่ยม				
มอเตอร์ 3 เฟสแบบ วงจรรวมจุดที่กลาง ต่อสายกลางกลับ				
รูปแบบลิ้นแฉกอุปกรณ์สัญญาณ				
หลอดสัญญาณ				
กระดิ่ง				
ไซเรน				
หลอดไฟสัญญาณ				
รูปแบบสายกิ่งตัวนำ				
ไดโอด				

ชนิดของอุปกรณ์	ANSI	DNV	IEC	JIS
รูปแบบมอเตอร์ไฟฟ้า				
มอเตอร์ 3 เฟสแบบ วางตัวโครง				
มอเตอร์ 3 เฟสแบบ วางตัวโครงยก				
มอเตอร์ 3 เฟสแบบ วางตัวโครงยกที่ห้อง พักสายอากาศ				
รูปแบบลิ้นหมุนอุปกรณ์สัญญาณ				
หลอดสัญญาณ				
กระดิ่ง				
ไซเรน				
หลอดไฟสัญญาณ				
รูปแบบสายกิ่งตัวนำ				
ไดโอด				

2. วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน



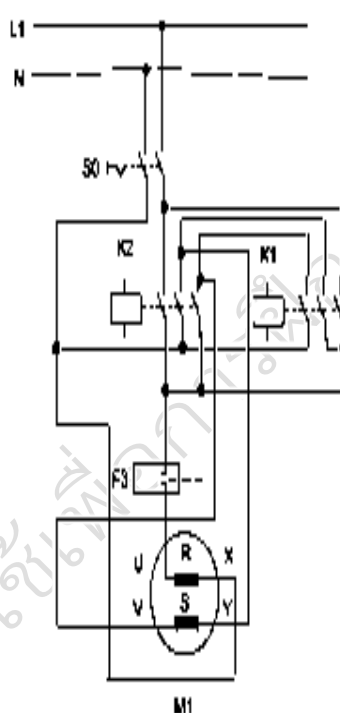
วงจรควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส



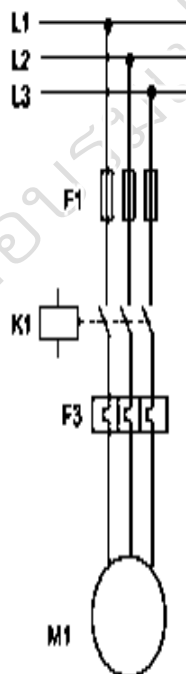
วงจรควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส

ภาพที่ 261 วงจรควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส และ 3 เฟส

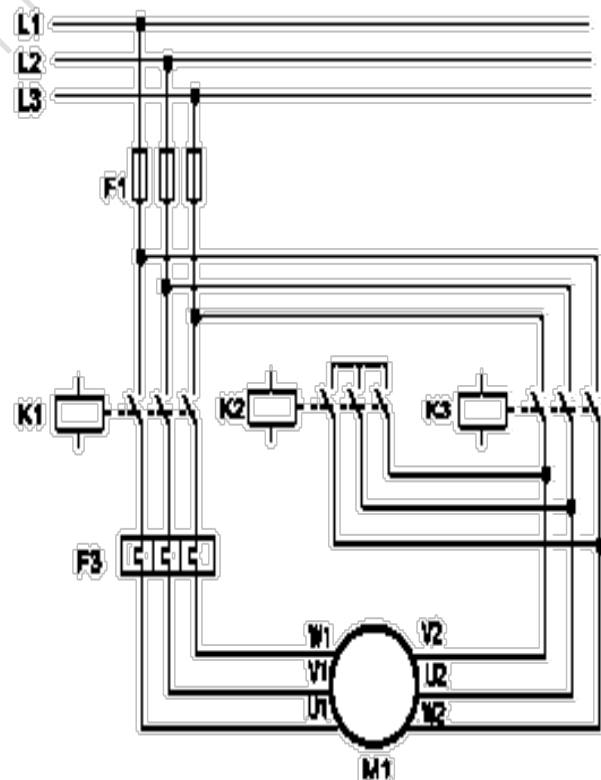
3. แบบแสดงการทำงานของวงจรกำลัง



วงจรกำลังมอเตอร์ 1 เฟส



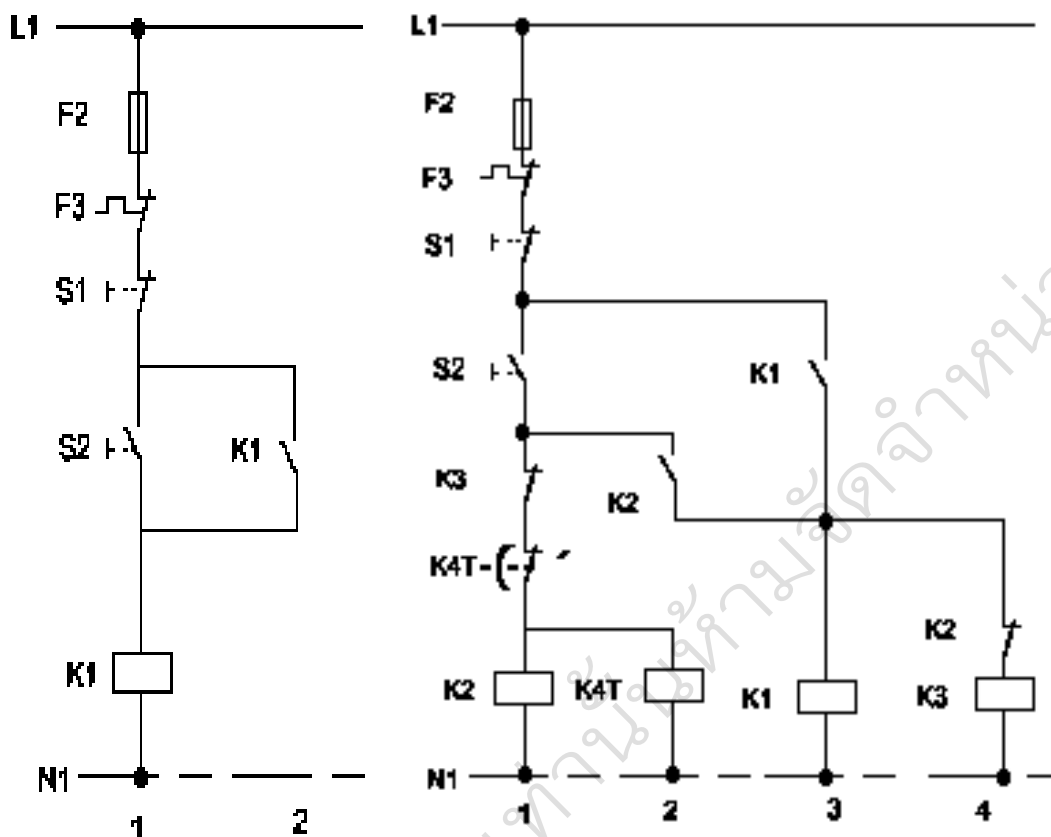
วงจรกำลังมอเตอร์ 1 เฟส



วงจรกำลังมอเตอร์ 3 เฟส

ภาพที่ 262 วงจรกำลังมอเตอร์ 1 เฟส และ 3 เฟส

4. แบบแสดงการทำงานของวงจรควบคุม



ภาพที่ 263 วงจรควบคุมมอเตอร์ 1 เฟสและ 3 เฟส แบบสตาร์ทโดยตรง และแบบสตาร์ท-เดลต้า

ตัวอย่างการอ่านแบบการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ 1 เฟสและ 3 เฟส แบบสตาร์ทโดยตรง

1. กดสวิตช์ s2 คอนแทคเตอร์ k1ทำงาน ปลดสวิตช์ 2 คอนแทคเตอร์ k1 ยังทำงานอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิด k1 ในแถวที่ 2 ทำงาน หน้าสัมผัสจะปิดกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในขดลวดของแมกเนติกตลอดเวลา
2. เมื่อเกิดสถานะโอเวอร์โหลดหน้าสัมผัส ของโอเวอร์โหลดปกติปิด (F3) จะตัดวงจรไม่มีกระแสไหลเข้าขดลวด คอนแทคเตอร์ k1 จะหยุดทำงาน
3. ในการหยุดการทำงานของวงจร ให้กดสวิตช์ s1
4. ถ้าฟิวส์ F2 ขาดวงจรก็จะหยุดทำงานเมื่อเกิดสถานะโอเวอร์โหลดให้วงจร ทำงานใหม่ ให้ กดปุ่มรีเซ็ตโอเวอร์โหลด หน้าสัมผัสกลับ สู่สภาพเดิม แล้วทำการ กด s2 ใหม่มอเตอร์จะกลับมาทำงานตามเดิม

วงจรสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง หมายถึง วงจรที่มีการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังเข้าสู่ตัวมอเตอร์เพื่อเริ่มเดิน (start) มอเตอร์โดยตรง โดยไม่ผ่านอุปกรณ์หรือวิธีการลดแรงดันใด ๆ ก่อนถึงตัวมอเตอร์ เป็นการสตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัด (Full-Voltage starting) วิธีการสตาร์ทมอเตอร์แบบนี้เป็นที่นิยมกันมากใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมอเตอร์จะถูกต่อผ่านอุปกรณ์สตาร์ทแล้วต่อเข้ากับสายไฟกำลังโดยตรง ทำให้มอเตอร์สตาร์ทด้วยแรงดันเท่ากับสายจ่ายแรงดันทันทีที่ทันใดทำให้มอเตอร์มีกระแสขณะสตาร์ทสูงถึงประมาณ 600 % ของแรงดันเต็มพิกัด

6.2 แบบทางกล

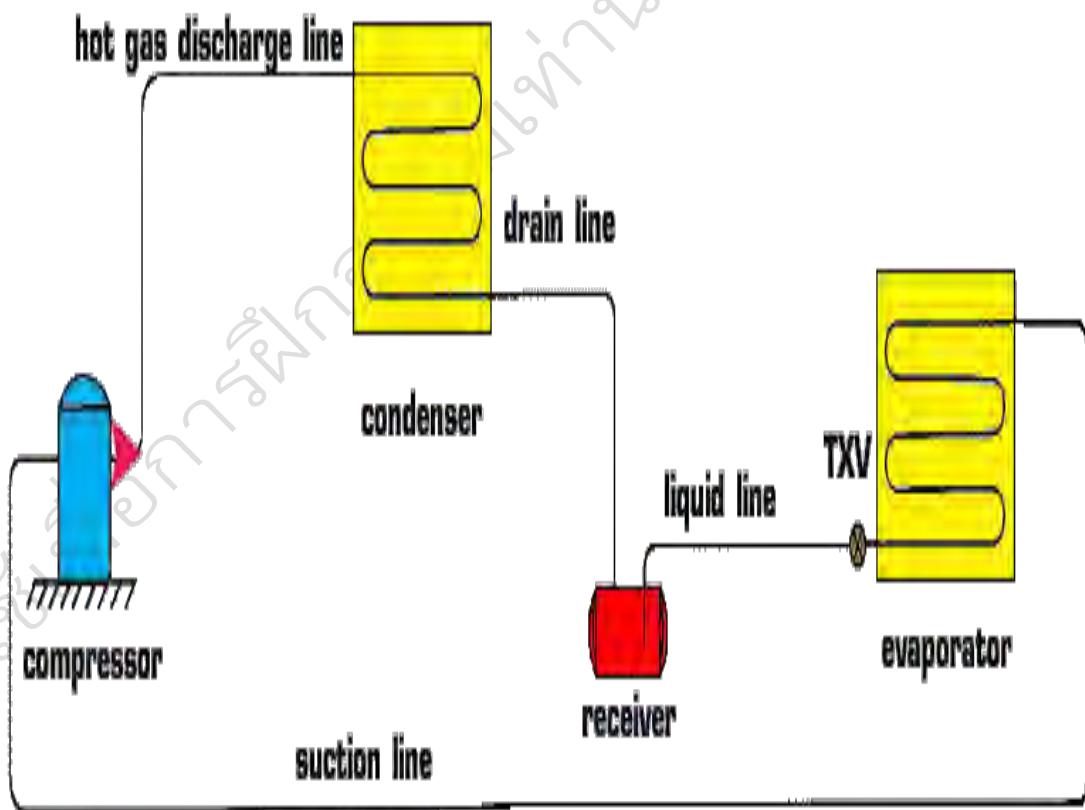
แบบระบบท่อทางเดินสารทำความเย็น

1. ท่อสารทำความเย็น

เครื่องทำความเย็นนอกจากจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก เช่น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ รีซีฟเวอร์ ถังลดความดัน และเครื่องระเหยแล้ว ยังประกอบด้วยท่อสารทำความเย็น (refrigerant piping) ซึ่งทำหน้าที่ส่งสารทำความเย็นผ่านไปยังอุปกรณ์ต่างๆ

ในการออกแบบและติดตั้งท่อสารทำความเย็นจะต้องคำนึงถึงข้อกำหนดต่างๆดังต่อไปนี้

1. ขนาดท่อจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะส่งสารทำความเย็นไปยังเครื่องระเหย เพื่อสร้างความเย็นได้ตามต้องการ
2. ท่อจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความดันลดในท่อ (pressure drop) น้อยที่สุดและระบบทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด
3. ขนาดและวิธีติดตั้งท่อจะต้องทำให้น้ำมันหล่อลื่นกลับเข้าคอมเพรสเซอร์โดยไม่ตกค้างในระบบและต้องสามารถป้องกันสารทำความเย็นเหลว กลับเข้าคอมเพรสเซอร์ทั้งระหว่างช่วงการทำงานและช่วงหยุดการทำงาน
4. ขนาดและความเร็วของสารทำความเย็นในท่อจะต้องเหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเนื่องจากเสียงดังภายในท่อ

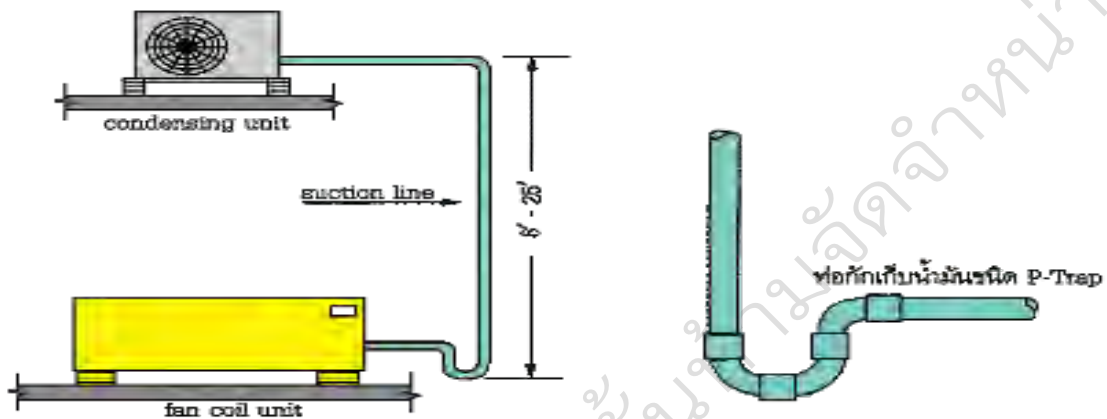


ภาพที่ 264 แสดงท่อสารทำความเย็นเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบทำความเย็น

2. วิธีการวางผังท่อสารทำความเย็น (refrigerant piping layout)

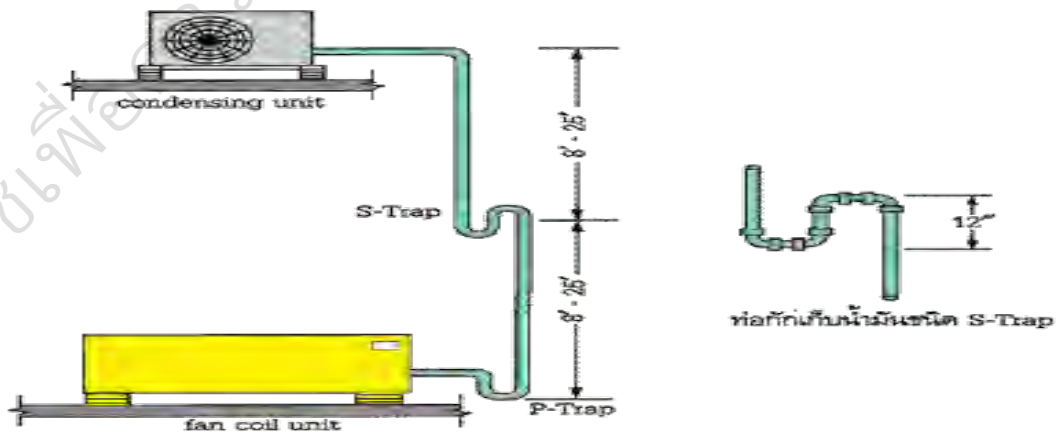
2.1 การจัดผังท่อสารทำความเย็นด้านดูด (suction line)

1. กรณีที่ชุดคอยล์ร้อนติดตั้งอยู่สูงกว่าชุดคอยล์เย็น ระหว่าง 8-25 ฟุต (2.5 – 7.5 เมตร) จะต้องติดตั้งท่อกักเก็บน้ำมันหล่อลื่น (oil trap) ชนิด p-trap ไว้ที่ด้านล่างของท่อที่อยู่ในแนวดิ่ง เพื่อให้ทำหน้าที่กักเก็บน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลตกลงมาด้านล่างของท่อในแนวดิ่ง ขณะที่คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงานและเมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มต้นการทำงานใหม่ น้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ใน p-trap จะถูกดูดกลับขึ้นไปทำหน้าที่หล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ได้อย่างรวดเร็ว



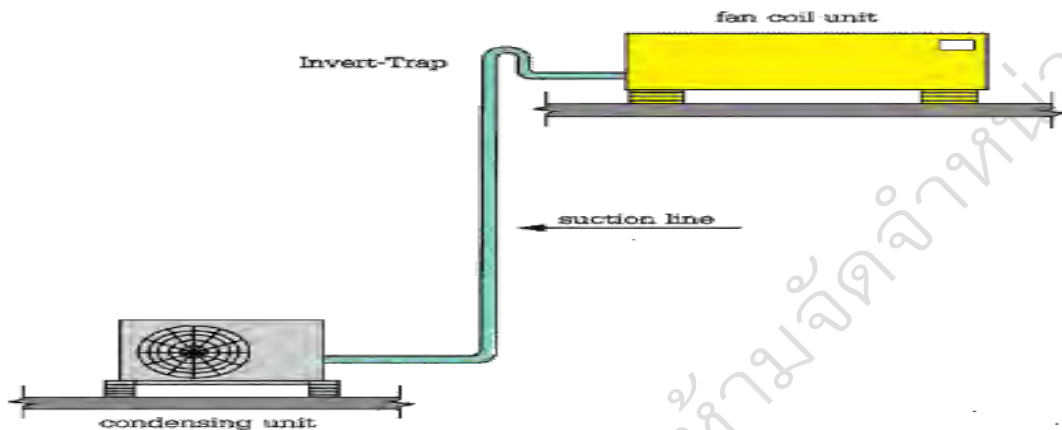
ภาพที่ 265 แสดงการติดตั้งท่อกับน้ำมันชนิด P-Trap

2. กรณีที่จำเป็นต้องติดตั้งชุดคอยล์ร้อนอยู่สูงกว่าชุดคอยล์เย็นมากกว่า 25 ฟุต (7.5 เมตร) จะต้องติดตั้งท่อกักเก็บน้ำมันหล่อลื่น ชนิด s-trap ไว้ที่ด้านล่างของท่อที่อยู่ในแนวดิ่งทุกๆ 25 ฟุต เพื่อทำหน้าที่แยกน้ำมันหล่อลื่นที่เคลือบอยู่ตามผนังท่อให้ตกลงมาค้างอยู่ในท่อกักเก็บน้ำมันแต่ละตัว ขณะที่คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงานและเมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มต้นการทำงานใหม่ น้ำมันหล่อลื่นที่ค้างอยู่ใน s-trap ตัวล่างจะถูกดูดกลับขึ้นไปช่วยให้มีน้ำมันหล่อลื่นกลับไปใช้งานที่คอมเพรสเซอร์โดยสม่ำเสมอ



ภาพที่ 266 แสดงการติดตั้งท่อกับน้ำมันชนิด P-Trap และ S-Trap

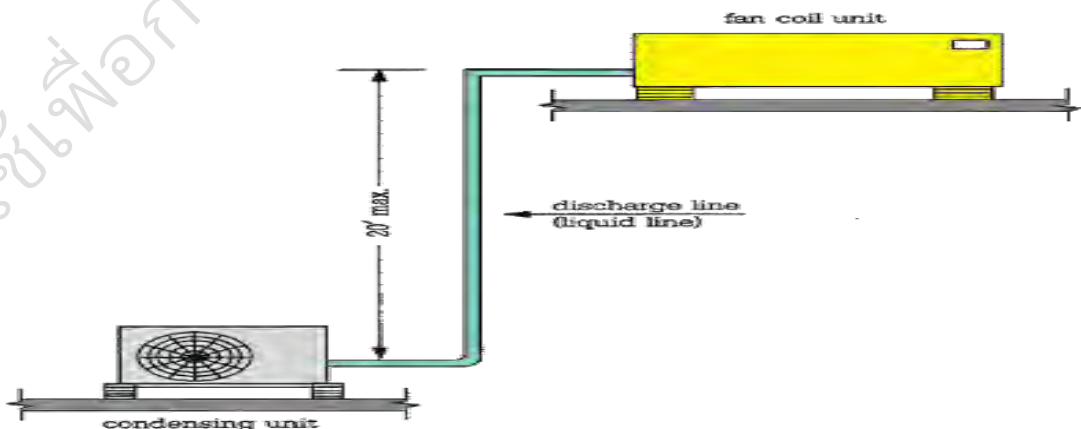
3. กรณีที่ชุดคอยล์เย็นติดตั้งอยู่สูงกว่าชุดคอยล์ร้อน จะต้องติดตั้งท่อกักเก็บน้ำมันชนิด in-ert-trap ไว้ที่ท่อทางออกของชุดคอยล์เย็น เพื่อป้องกันสารทำความเย็นเหลวไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ขณะหยุดทำงาน ซึ่งอาจทำให้คอมเพรสเซอร์เสียหายเนื่องจากการอัดของเหลวหรือสารทำความเย็นเหลวไปรวมตัวกับน้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ ทำให้คุณสมบัติในการหล่อลื่นเสียไปขณะคอมเพรสเซอร์เริ่มต้นทำงานใหม่ มีผลให้อายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์สั้นลง



ภาพที่ 267 แสดงการติดตั้งท่อกักเก็บน้ำมันชนิด InvertTrap

2.2 การจัดผังท่อสารทำความเย็นด้านส่ง (discharge line)

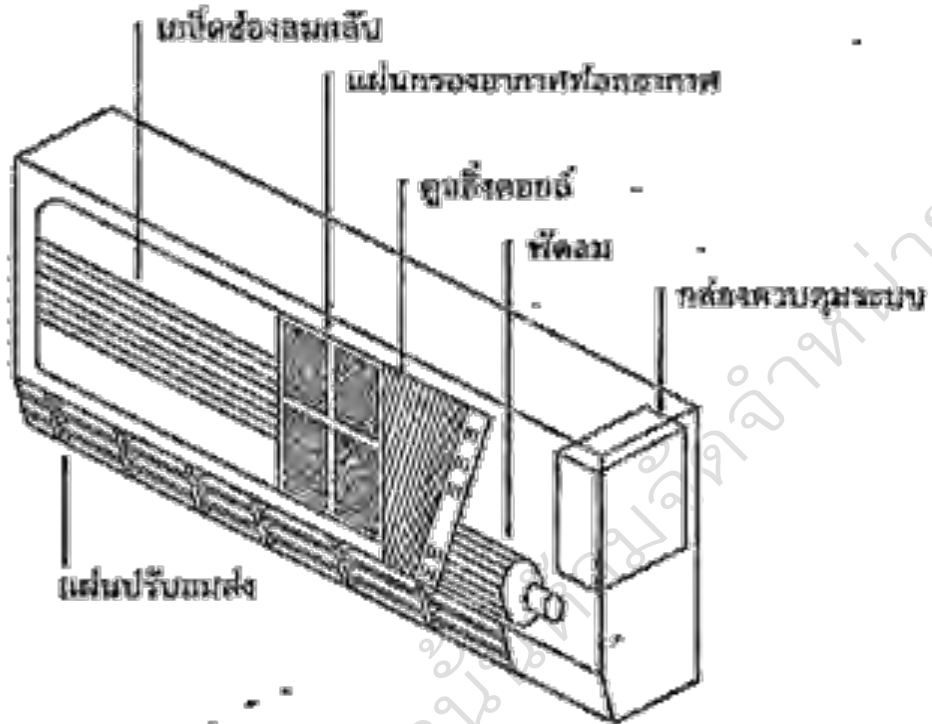
1. กรณีที่ชุดคอยล์ร้อนแยกคอนเดนเซอร์จากคอมเพรสเซอร์ และคอนเดนเซอร์อยู่ในระดับสูงกว่า จะต้องติดตั้งท่อกักเก็บน้ำมันหล่อลื่น (oil trap) หรือจัดให้ท่อมีความลาดเอียง (pitch) ออกจากคอมเพรสเซอร์ เพื่อป้องกันน้ำมันหล่อลื่นกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ขณะเครื่องหยุดทำงาน
2. กรณีท่อส่งสารทำความเย็นเหลว (Liquid line) ห้ามติดตั้งชุดคอยล์เย็นสูงกว่าชุดคอยล์ร้อนเกินกว่า 20 ฟุต (6 เมตร) เพื่อป้องกันความดันลดในท่อที่เกิดขึ้นเนื่องจากความสูงของของเหลว (static pressure drop) ซึ่งจะทำให้สารทำความเย็นภายในท่อส่วนหนึ่งเดือดเป็นไอ ทำให้ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นลดลง



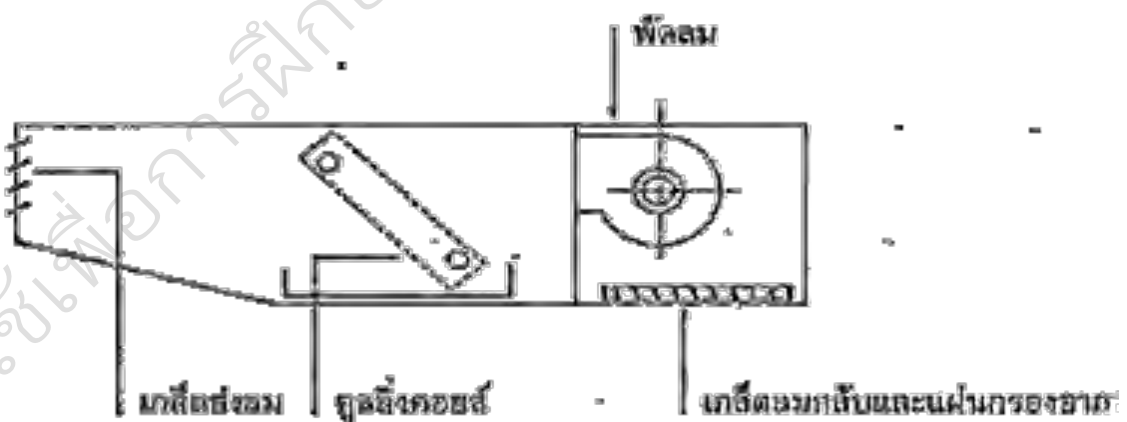
ภาพที่ 268 แสดงข้อกำหนดในการติดตั้งท่อส่งสารทำความเย็นเหลว

6.3 แบบโครงสร้าง

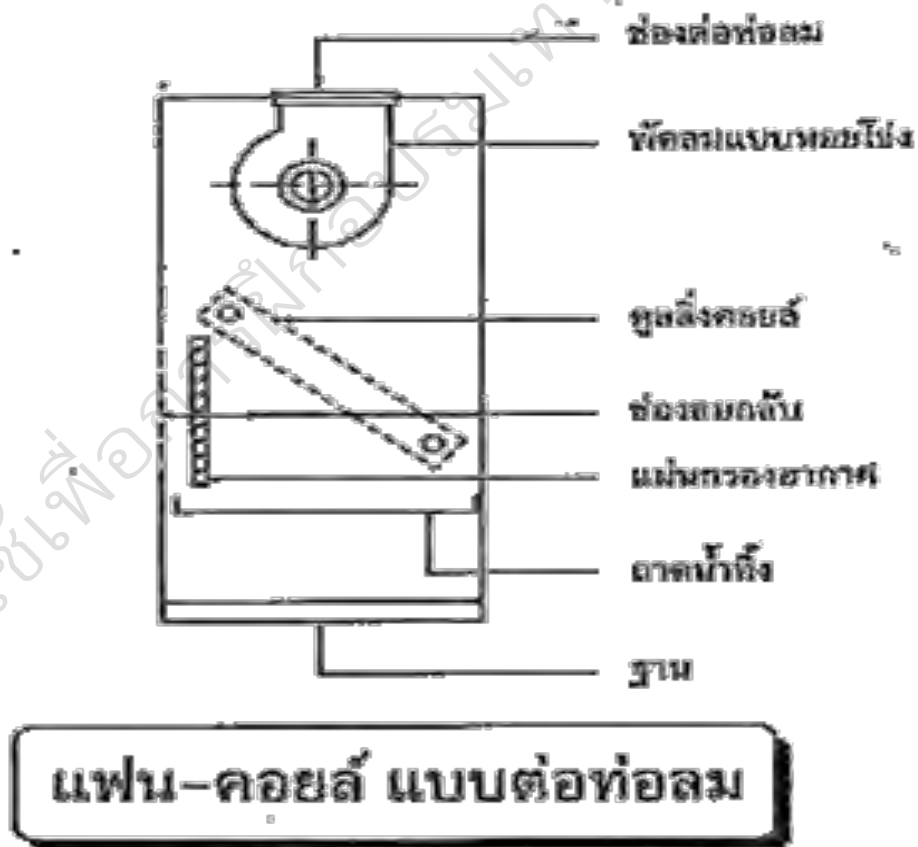
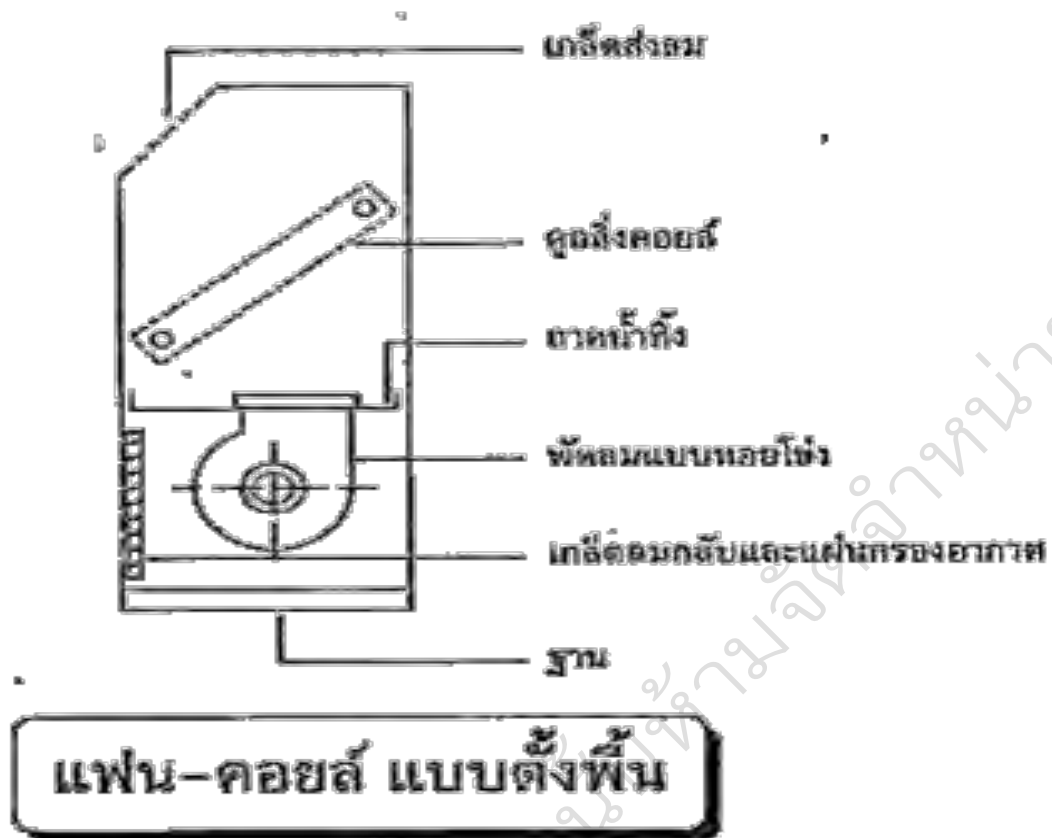
แบบโครงสร้าง มาตรฐานการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

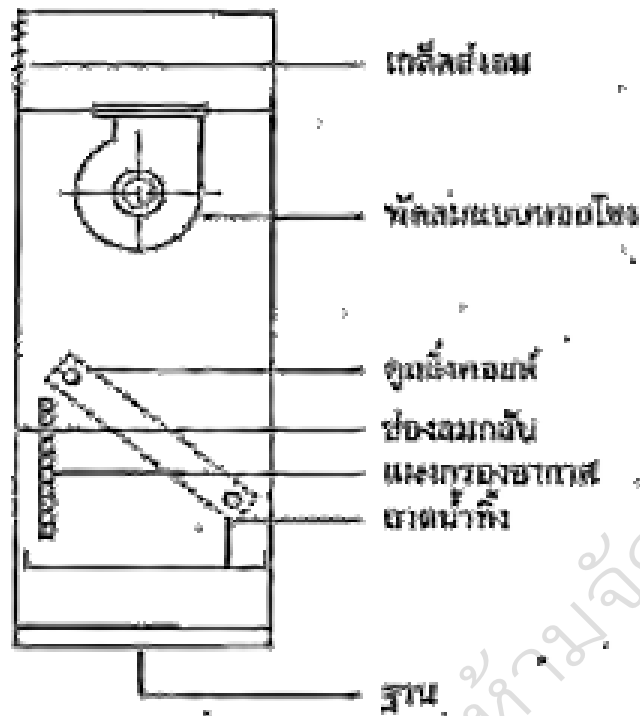


แฟ้น-คอยล์ แบบติดผนัง

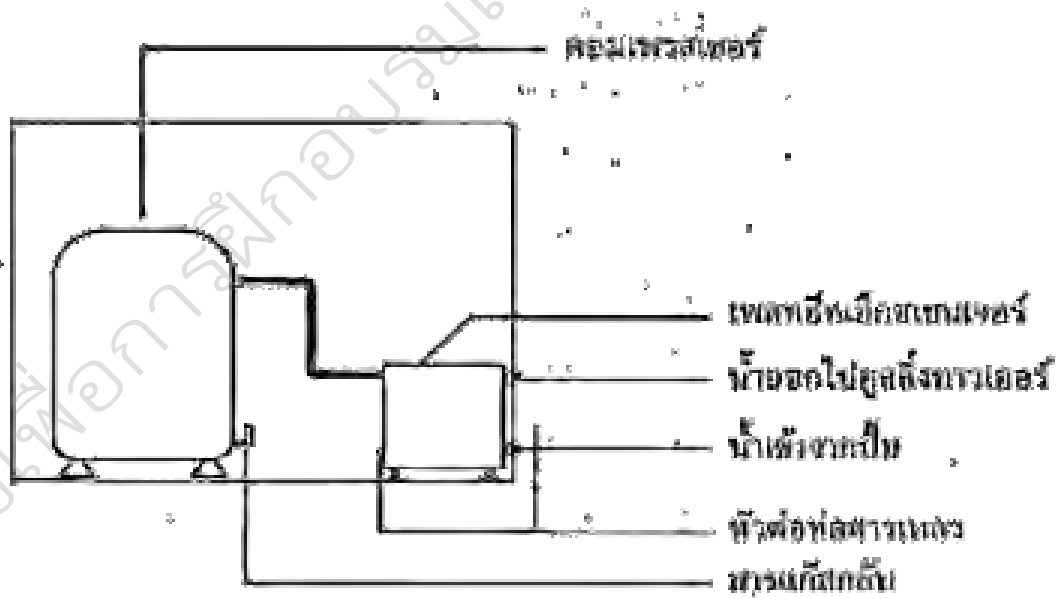


แฟ้น-คอยล์ แบบแขวน

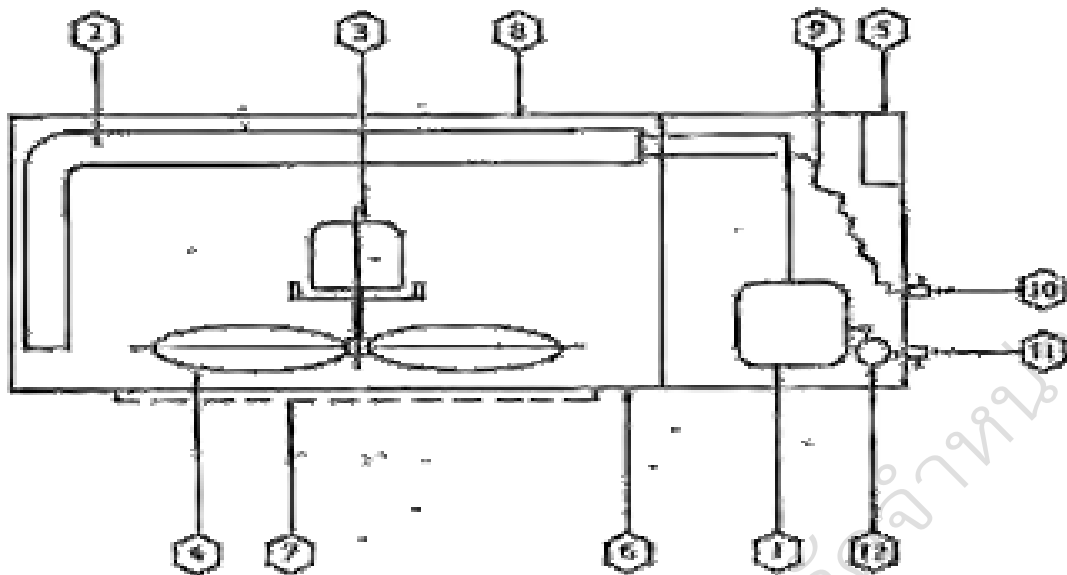




แฟน-คอยล์ แบบตั้งพื้น ส่องลมเหนือหัว

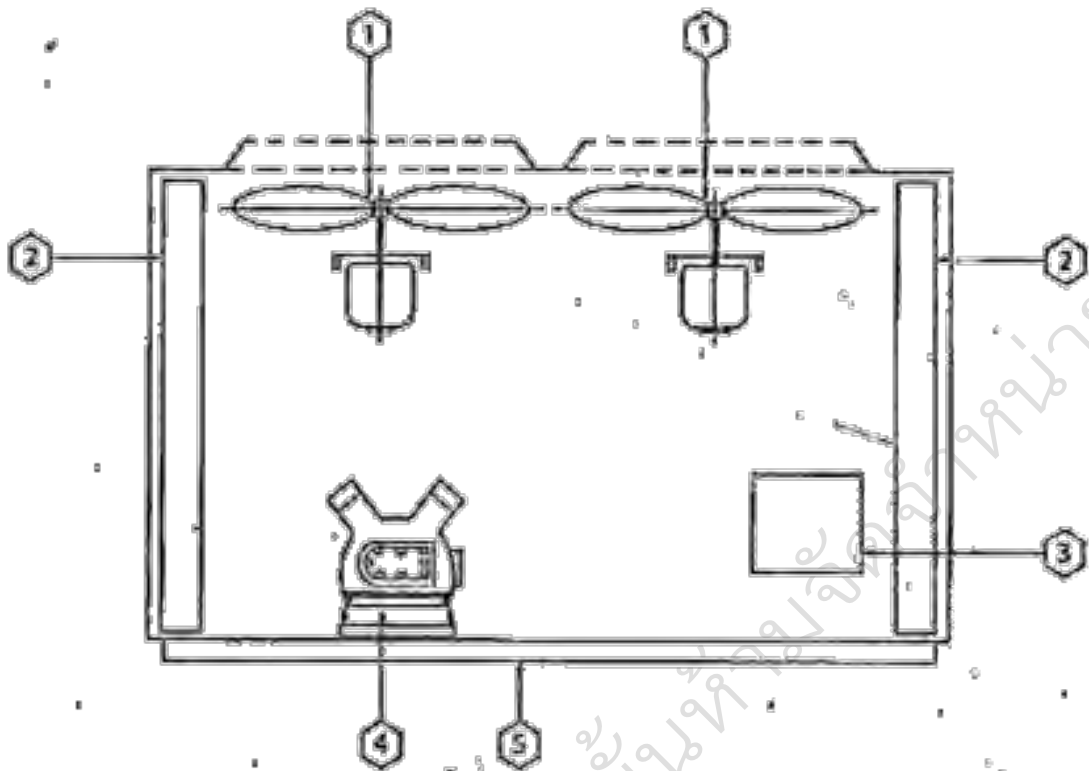


คอนเดนซิงยูนิตรบายความร้อนด้วยน้ำ



- ① คอมเพรสเซอร์
- ② คอมเพรสเซอร์แครกชาร์ฟ
- ③ มอเตอร์พันดัด
- ④ ใยพิตต
- ⑤ แหล่งไฟฟ้า
- ⑥ ตัวถังคอนเดนเซอร์
- ⑦ คอนเดนเซอร์
- ⑧ คอนเดนเซอร์
- ⑨ แคลปทิว
- ⑩ วาล์วสามทาง
- ⑪ วาล์วสามทาง
- ⑫ ไลน์เพรสเซอร์

คอนเดนเซอร์ขนาดเล็ก



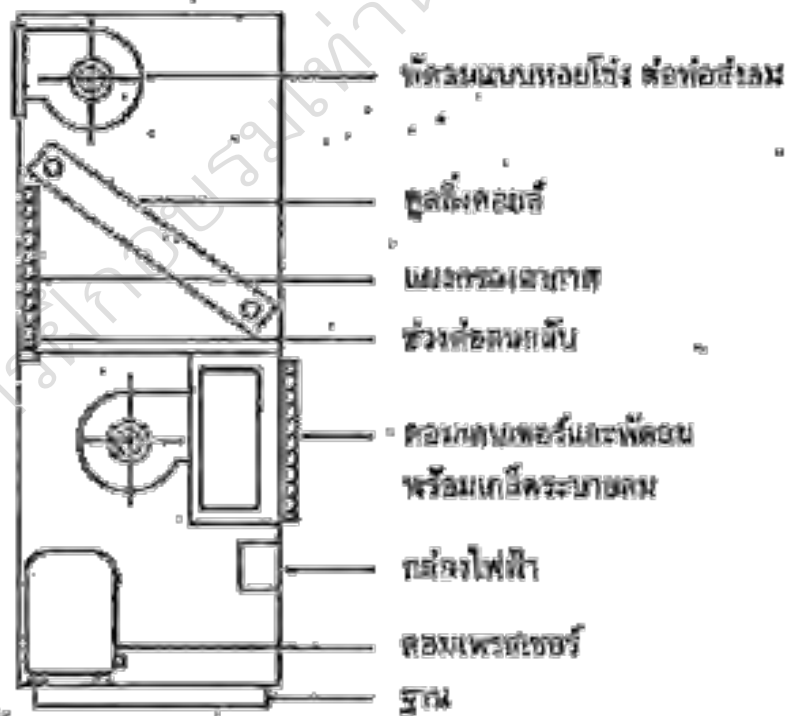
- ① พัดลมใบพัดและมอเตอร์
- ② คอนเดนเซอร์รูปเกือกม้า
- ③ ถังน้ำทิ้ง
- ④ คอมเพรสเซอร์
- ⑤ ฐานเครื่อง

คอนเดนเซอร์ชนิดขนาด 10-20 ตันความเย็น

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 6 : การอ่านและเขียนแบบในงานเครื่องปรับอากาศ



เครื่องปรับอากาศรวมชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ



เครื่องปรับอากาศรวมชุดระบายความร้อนด้วยลม

บทนำ

เนื้อหาวิชา : หลักการทำความเย็นและการปรับอากาศ

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำความเย็นและการปรับอากาศ

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับสสาร พลังงาน ความร้อน ความดัน การถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิไออิมตัว ความชื้น การคำนวณปริมาณความร้อน หลักการเทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น วัฏจักรการทำความเย็น และหลักการทำความเย็นและการปรับอากาศ

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

- | | |
|---|-------------|
| 7. หลักการทำความเย็นและการปรับอากาศ | |
| (ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 14 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 0 ชั่วโมง) | (หน้าที่) |
| 7.1 หลักการทำความเย็นเบื้องต้น | (276 – 297) |
| 7.2 หลักการปรับอากาศเบื้องต้น | (298 – 312) |

หลักการทำความเย็นและการปรับอากาศ

7.1 หลักการทำความเย็นเบื้องต้น

หลักการทำความเย็น เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หนึ่ง ซึ่งต้องการทำความเย็น โดยความร้อนจะถูกส่งผ่านน้ำยาสารทำความเย็น จากนั้นน้ำยาสารทำความเย็น จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายนอกพื้นที่ น้ำยาสารทำความเย็นจะเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยกระบวนการอัดน้ำยาให้เป็นไอ กระบวนการควบแน่น กระบวนการขยายตัว และกระบวนการระเหย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ จะเกิดตามส่วนต่างๆ ของระบบ เช่น ที่คอมเพรสเซอร์ ที่คอนเดนเซอร์ ที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล เป็นต้น ดังนั้นการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการทำความเย็นในบทนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ระบบทำความเย็นได้ถูกต้อง และสามารถซ่อมบำรุงระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1. ความหมายของการทำความเย็นและการประยุกต์ใช้งาน

1.1 การทำความเย็น (refrigeration)

การทำความเย็น คือการลดและรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่ว่างหรือถ่ายเทอุณหภูมิวัตถุต่างๆ ให้ต่ำกว่าปกติ เช่น การทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ ตู้เย็น ตู้แช่ ห้องเย็น เครื่องทำน้ำแข็ง โรงน้ำแข็ง เป็นต้น ซึ่งถ้าเทียบกับความหมายของคำว่า การปรับอากาศ (air conditioning) จะมีความหมายถึงการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิให้เหมาะสมตามที่เราต้องการ รวมถึงการปรับสภาพอากาศให้มีความสะอาด มีการถ่ายเทความชื้น และมีความชื้นที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสบาย เช่นที่ใช้ในระบบของเครื่องปรับอากาศในบ้าน สำนักงาน ที่ทำการ หรือโรงแรมสรรพต่างๆ รวมทั้งระบบปรับอากาศที่ใช้ช่วยในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ในโรงงานทอผ้า โรงงานยาสูบ โรงงานผลิตสบู่ โรงงานผลิตยารักษาโรค และธุรกิจทางด้านการท่องเที่ยวและบริการ เช่น ร้านอาหาร ภัตตาคาร รีสอร์ท และโรงแรมต่างๆ

1.2 การเกิดความร้อน (principle of refrigeration)

การเกิดความร้อนในเครื่องทำความเย็น รวมทั้งเครื่องปรับอากาศที่มีใช้อยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นตู้เย็น ตู้แช่ เครื่องปรับอากาศรถยนต์ เครื่องปรับอากาศในบ้าน หรือในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปก็ตาม มีหลักการเบื้องต้นในการทำให้เกิดความร้อนเหมือนกันหมดคือ การทำให้สารซึ่งเป็นตัวกลางในการทำความเย็น (refrigerant) เปลี่ยนสถานะ เพราะขณะเปลี่ยนสถานะ สารทุกชนิดต้องการความร้อนแฝงเข้ามาช่วยเสมอ ดังนั้นถ้าเราทำให้สารนี้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ จะเกิดการดูดซับความร้อนจากบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลง จึงเกิดความร้อนขึ้น

1.3 การประยุกต์ใช้งานการทำความเย็น (applications of refrigeration)

ในปัจจุบันเราอาศัยระบบทำความเย็นมาใช้งานในด้านต่าง ๆ มากมาย ได้แก่

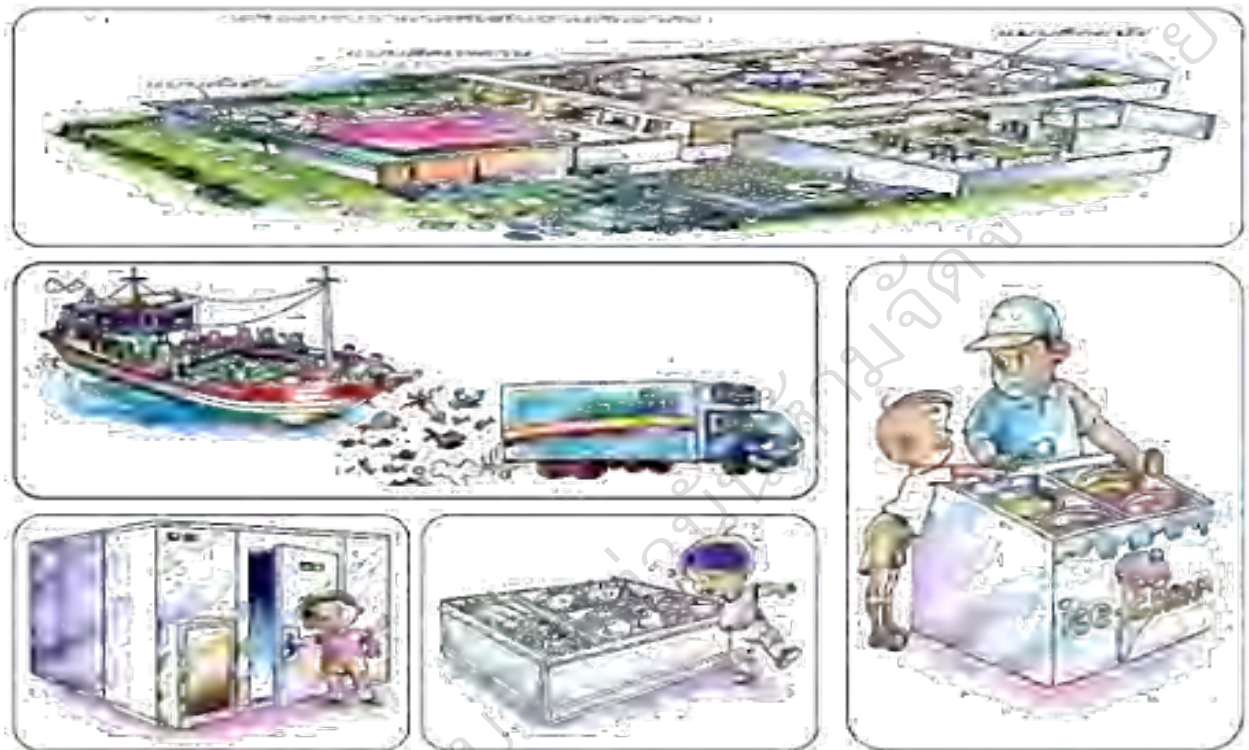
(1) การผลิตอาหาร (Food processing) เช่น การผลิตนม ไอศกรีม ซึ่งต้องอาศัยการทำความเย็นในการทำพาสเจอร์ไรส์ (pasteurization)

(2) การเก็บรักษาอาหาร (Food storage) ในการเก็บรักษาหรือถนอมอาหาร เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ให้มีอายุในการเก็บรักษานานขึ้น เพื่อการบริโภคหรือเพื่อการจำหน่าย

(3) การผลิตในงานอุตสาหกรรม (industrial process) งานอุตสาหกรรมหลายประเภทที่ต้องอาศัยการทำความเย็นช่วยในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมเคมี ปิโตรเคมี โรงกลั่นน้ำมัน โรงแยกแก๊ส โรงงานผลิตสบู่

(4) การทำความเย็นเพื่อการขนส่ง (transportation refrigeration) เช่น ห้องเย็นที่ใช้ในเรือประมง ห้องเย็นที่ใช้ในเรือเดินทะเล ซึ่งใช้ขนส่งอาหารแช่แข็งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

(5) การปรับอากาศ (air conditioning) เป็นสาขางานหนึ่งซึ่งอาศัยการทำความเย็นมาประยุกต์ใช้มากที่สุด โดยจะทำงานร่วมกับระบบควบคุมความชื้น การกรองอากาศ การทำให้อากาศหมุนเวียน การระบายอากาศ เพื่อความสบายของคน เช่นที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศทั่วไป หรืองานปรับอากาศที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ



ภาพที่ 269 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานระบบทำความเย็น

2. ทฤษฎีพื้นฐานการทำความเย็น

2.1 สสาร (matter)

สสารโดยทั่วไปในธรรมชาติ มี 3 สถานะ ดังนี้

2.1.1 ของแข็ง อนุภาคจะอยู่ชิดกัน อนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวอนุภาคสูงกว่าในสถานะอื่นของสารชนิดเดียวกัน มีรูปร่างและปริมาตรที่คงที่แน่นอน ไม่ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ ตัวอย่างของสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองแดง เงิน เป็นต้น

2.1.2 ของเหลว อนุภาคอยู่ห่างกันเล็กน้อย ทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ รูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนตามภาชนะที่บรรจุ แต่ปริมาตรไม่ขึ้นกับภาชนะ ตัวอย่างของสารที่มีสถานะเป็นของเหลว เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ โบรมีน เป็นต้น

2.1.3 แก๊ส อนุภาคจะอยู่ห่างกัน แรงยึดเหนี่ยวมีค่าน้อย ทำให้เคลื่อนที่ได้มาก มีปริมาตรและรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ ตัวอย่างของสารที่มีสถานะเป็นแก๊ส เช่น แก๊สออกซิเจน แก๊สไฮโดรเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจน เป็นต้น

การเปลี่ยนสถานะของสสาร

การเปลี่ยนสถานะของสสารจากก๊าซกลายเป็นของเหลวและจากของเหลวกลายเป็นของแข็ง ทำได้โดยให้สสารคายความร้อนออกมา ซึ่งจะมีผลทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสสารเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อลดอุณหภูมิของก๊าซลง จะทำให้ก๊าซควบแน่นกลายเป็นของเหลว และเมื่อลดอุณหภูมิของของเหลวลงอีกจะทำให้ของเหลวกลายเป็นของแข็งได้



ภาพที่ 270 กระบวนการเปลี่ยนสถานะของสสาร

2.2 อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิ คือ ระดับความร้อนของสิ่งของหรือสสารเป็นความเข้มข้นของความร้อนที่มีอยู่ในสสารนั้น โดยสามารถวัดอุณหภูมิ คือ การวัดสภาวะของสสารนั้นว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยใช้อุปกรณ์วัดหา ระดับความร้อนที่เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) ซึ่งหน่วยสำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิ เช่น องศาเซลเซียส องศาฟาเรนไฮต์ เคลวิน เป็นต้น สามารถแปลงค่าอุณหภูมิได้ดังตารางที่ 58

ตารางที่ 58 การแปลงหน่วยอุณหภูมิ

แปลงจาก	ไปเป็น	สูตร
องศาฟาเรนไฮต์	องศาเซลเซียส	$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{F} - 32$
องศาเซลเซียส	องศาฟาเรนไฮต์	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} + 32$
เคลวิน	องศาเซลเซียส	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15$
องศาเซลเซียส	เคลวิน	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$
เคลวิน	องศาฟาเรนไฮต์	$^{\circ}\text{F} = (\text{K} \times 1.8) - 459.69$
องศาฟาเรนไฮต์	เคลวิน	$\text{K} = (^{\circ}\text{F} + 459.69) \div 1.8$

2.3 ความร้อน (Heat)

ผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุล ทิศทางและอัตราการไหลของความร้อนจะไหลจากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ และไหลไปในทิศทางเดียวกันจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากันจึงหยุดการไหล ความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

2.3.1 ความร้อนสัมผัส คือ ความร้อนจำนวนหนึ่งที่ให้กับสารแล้วทำให้สารนั้นมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป อาทิเช่น น้ำในแก้วมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนแล้วทำให้น้ำในแก้วนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 90 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 20%

2.3.2 ความร้อนจำเพาะ ความร้อนที่ทำให้สารหนัก 1 ปอนด์ ที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น น้ำมีค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1 หมายถึง น้ำปริมาณ 1 ปอนด์ เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำนั้นเพิ่มขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ เรียกว่าน้ำมีความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1 ซึ่งสารประเภทต่างๆ มีค่าความร้อนจำเพาะที่แตกต่างกัน

2.3.3 ความร้อนแฝง คือ ความร้อนที่ทำให้สารเปลี่ยนสถานะไป โดยที่อุณหภูมิเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ต้องการทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอ หรือน้ำ กลั่นตัวเป็นของเหลวก็ต้องใช้ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

2.4 การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

การถ่ายเทความร้อน คือ การเคลื่อนที่ของพลังงานเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ สามารถเกิดการถ่ายเทความร้อนได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 26 การถ่ายเทความร้อน มี 3 วิธี ได้แก่

2.4.1 การนำความร้อน (conduction) เป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนผ่านของแข็งไปยัง ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในเนื้อวัตถุเดียวกันหรือต่างกัน

2.4.2 การพาความร้อน (convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในของเหลว หรือ แก๊ส ซึ่งเป็นของไหลเท่านั้น ความร้อนจะไหลวนเวียนตามการเคลื่อนที่ของโมเลกุล

2.4.3 การแผ่รังสีความร้อน (radiation) เป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยไม่ได้อาศัยตัวกลางใดๆ แต่จะแผ่รังสีในรูปของคลื่นเช่นเดียวกับคลื่นแสงอาทิตย์



ภาพที่ 271 รูปแบบการถ่ายเทความร้อน

2.5 ความดัน (Pressure)

ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำตั้งฉากซึ่งทำโดย ของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของสารใด ๆ ความดันมี 3 ชนิด ได้แก่ ความดันที่เกิดจากของแข็ง ความดันที่เกิดจากของเหลว และความดันที่เกิดจากก๊าซ (ความดันอากาศ)

2.5.1 ความดันของแข็ง คือ อัตราส่วนของแรงที่ใช้กระทำกับวัตถุต่อพื้นที่หน้าตัดของตัวกระทำ มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร หรือ พาสคาล (pa)

2.5.2 ความดันอากาศ ความดันอากาศเรียกอีกอย่างว่า ความดันบรรยากาศ ความดันอากาศเป็นผลของอากาศที่ตกลงมาตรงบริเวณที่ต้องการวัดความดันอากาศ ซึ่งสามารถเห็นเหตุการณ์ที่เป็นผลที่เกิดจาก ความดันอากาศได้โดยทั่วไป เช่น การใช้หลอดดูดน้ำจากขวดหรือภาชนะใด น้ำในภาชนะจะถูกแรงกดอากาศกดลงจนทำให้สามารถใช้หลอดดูดน้ำได้ เป็นต้น การเกิดความดันอากาศทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อาทิ ในเครื่องบด ระบบไฮดรอลิก

2.5.3 ความดันของเหลว เป็นแรงดันหรือความดันของน้ำหนักของของเหลวกดทับลงบริเวณที่ต้องการวัด ความดันของของเหลวทุกชนิดจะออกแรงกระทำกับวัตถุในทุกทิศทาง ซึ่งแตกต่างจากความดันอากาศที่ทำให้ทิศทางเดียว เช่น ความดันของน้ำ หากวัดในบริเวณตื้นๆ ความดันน้ำจะมีค่าน้อยกว่าบริเวณที่มีความลึกลงไป ความดันน้ำจะกระทำในทุกทิศทางที่น้ำล้อมรอบตัว ซึ่งก่อให้เกิดแนวทางสำหรับการประยุกต์การผลิตชุดดำน้ำหรืออุปกรณ์ดำน้ำชนิดต่างๆ ที่ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงเพื่อทนต่อแรงดันน้ำ

2.6 ตันของการทำความเย็น (t on of r efrigeration)

ตันของการทำความเย็น (t on of r efrigeration) เป็นหน่วยที่ใช้ในการวัดความสามารถของการทำความเย็น บีทียู (british t hermal unit ;bt u)

โดยที่ 1 ตันความเย็น = 12000 bt u

1 ตันของการทำความเย็นได้มาจาก การนำน้ำแข็งหนัก 1 ตัน (2,000 ปอนด์) ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ มาหลอมละลายดูดซับปริมาณความร้อนกลายเป็นน้ำ 1 ตัน ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ หมดพอในเวลา 1 วัน



ภาพที่ 272 ตันของการทำความเย็น

3. หน่วยและค่าพื้นฐานทั่วไป

3.1 หน่วยวัดในระบบทำความเย็น

ผู้ที่ศึกษาในเรื่องระบบทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของหน่วยวัดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็นรวมถึงเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับระบบทำความเย็น หน่วยวัดดังกล่าวเช่น อุณหภูมิ ความดันและหน่วยของการทำความเย็น เป็นต้น

3.1.1 แรง (Force) มีหน่วยวัด เป็น นิวตัน (Newton) แรงคือพลังงานที่เปลี่ยนหรือพยายามเปลี่ยนแปลงสภาพของวัตถุ กล่าวคือมันพยายามทำให้วัตถุใดๆ ที่เคลื่อนที่อยู่ให้หยุดนิ่ง หรือทำให้วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่อยู่เปลี่ยนเป็นหยุดนิ่ง หรืออาจเป็นการเปลี่ยนทิศทาง ความเร็ว ในบางครั้งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาด เช่น การบิดตัว โค้ง งอ เป็นต้น

คำนิยามของแรง 1 นิวตัน คือ แรงที่ทำให้วัตถุที่มีมวล 1 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็ว 1 เมตร/(วินาที)²

$$F = ma \quad \text{..... สมการที่ 7.1}$$

โดยที่	F	=	แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	M	=	มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
	a	=	ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตร/ (วินาที) ² (m/s ²)

3.1.2 ความดัน (pressure) มีหน่วยคือ ปาสคาล ความดันหมายถึง แรงที่กระทำต่อพื้นที่เมื่อใดก็ตามที่มีแรงกระทำบนพื้นผิวทั้งหมดเท่ากันแล้วจะทำให้ความดันที่เกิดขึ้นทุกจุดบนพื้นผิวนั้นๆ จะมีค่าเท่ากันด้วย โดยเราสามารถคำนวณหาความดันได้โดยนำแรงทั้งหมดที่กระทำบนพื้นที่ผิวหารด้วยพื้นที่ผิวทั้งหมดที่รับแรงนั้นๆ

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{..... สมการที่ 7.2}$$

โดยที่	p	=	ความดัน มีหน่วยเป็นนิวตัน/ตารางเมตร (N/m ²)
	F	=	แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	a	=	พื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m ²)

3.1.3 งาน (work) มีหน่วยเป็น จูล (Joule) งานคือผลของการที่ใช้แรงจำนวนหนึ่งกระทำต่อวัตถุ แล้วมีผลทำให้วัตถุนั้นๆ เคลื่อนที่ไประยะทางช่วงหนึ่งในทิศทางที่ขนานกับแรง ปริมาณงานที่ได้คือ ปริมาณผลคูณระหว่างแรงกับระยะทางที่ขนานกับแนวแรง

$$W = F \times d \quad \text{..... สมการที่ 7.3}$$

โดยที่	w	=	งาน มีหน่วยเป็นจูล (J)
	F	=	แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	d	=	ระยะทาง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

3.1.4 กำลังงาน (power) มีหน่วยวัด เป็น วัตต์ (watt) กำลังงาน 1 วัตต์ คืออัตราการทำงานในช่วงเวลาหนึ่งๆ ที่ทำให้ได้ค่างาน 1 จูล/วินาที (J/s)

$$P = \frac{W}{t} \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 7.4}$$

โดยที่ p = กำลังงาน มีหน่วยเป็นวัตต์ (w)
w = งาน มีหน่วยเป็นจูล (J)
t = เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

3.1.5 อุณหภูมิ (temperature) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์ส่วนมากอาศัยหลักการขยายตัวและหดตัวของของเหลวในหลอดแก้วมีหน่วยคือ ปาสคาล ความดันหมายถึง แรงที่กระทำต่อพื้นที่ เมื่อใดก็ตามที่มีแรงกระทำบนพื้นผิวทั้งหมดเท่ากันแล้วจะทำให้ความดันที่เกิดขึ้นทุกจุดบนพื้นผิวนั้นๆ จะมีค่าเท่ากันด้วย โดยเราสามารถคำนวณหาความดันได้โดยนำแรงทั้งหมดที่กระทำบนพื้นที่ผิวหารด้วยพื้นที่ผิวทั้งหมดที่รับแรงนั้นๆ

$$P = \frac{F}{A} \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 7.5}$$

โดยที่ p = ความดัน มีหน่วยเป็นนิวตัน/ตารางเมตร (N/m²)
F = แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
a = พื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m²)

3.2 ขนาดของเครื่องทำความเย็นและสมรรถนะการทำความเย็น

ขนาดของเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจะมีลักษณะเดียวกัน โดยจะมีการเรียกขนาดของมันว่า ตันความเย็นหรือบีทียู หรือ bt u คำในภาษาอังกฤษจะมาจากคำว่า british thermal unit เป็นหน่วยที่ใช้วัดความร้อนในงานเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ซึ่ง 1 ตันความเย็นจะมีค่าเท่ากับ 12000 bt u

1 bt u หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ (0.45 กิโลกรัม) มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ (°F) หรือ (0.56 °C)

1 ตันความเย็น (ton 1) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ใช้ละลายน้ำแข็ง 1 ตัน (2,000 ปอนด์) ในเวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 12,000 บีทียู / ชั่วโมง

ตารางที่ 59 เปรียบเทียบการทำความเย็นระหว่างหน่วย ton และ bt u

ton	bt u
1	12,000
1.5	18,000
2	24,000
2.5	30,000
3	36,000

4. วัฏจักรการทำความเย็นระบบอัดไอ

4.1 กฎการทำความเย็น

กฎข้อที่ 1 การทำความเย็นคือการถ่ายเทความร้อนไม่มีความร้อนอยู่ คือ ความเย็น

กฎข้อที่ 2 ความร้อนถ่ายเทจากอุณหภูมิสูงไปต่ำ

กฎข้อที่ 3 ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดความร้อน

4.2 วงจรทำความเย็นระบบอัดไอ

วงจรทำความเย็นระบบอัดไอ (Vapor compression system) ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญ

ดังนี้

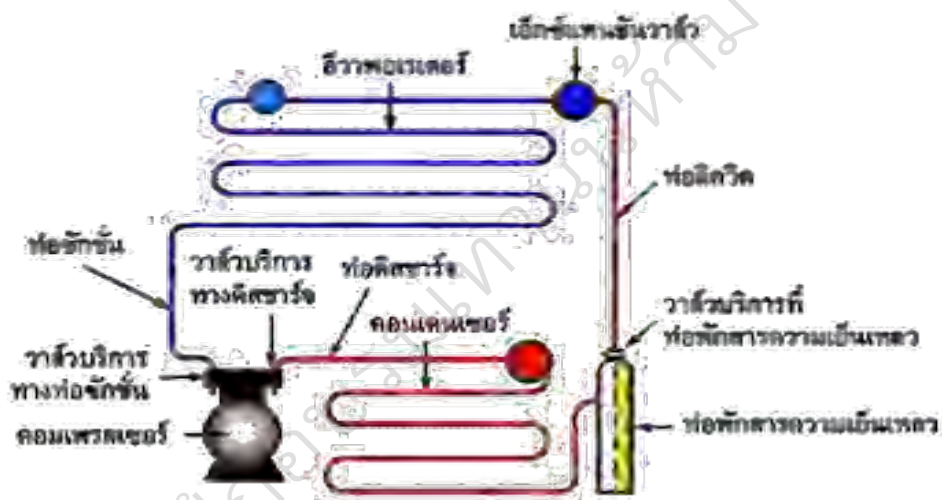
4.2.1 คอมเพรสเซอร์ (compressor)

4.2.2 คอนเดนเซอร์ (condenser)

4.2.3 ท่อพักสารความเย็นเหลว (receiver tank)

4.2.4 เอกซ์แพนชันวาล์ว (expansion Valve)

4.2.5 อีวาพอเรเตอร์ (evaporator)



ภาพที่ 273 อุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ

4.3 หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ

4.3.1 คอมเพรสเซอร์ (compressor)

คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ในการดูดและอัดสารความเย็นในสถานะที่เป็นแก๊ส โดยดูดแก๊สที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ และอัดให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงส่งเข้าคอนเดนเซอร์จนถึงจุดที่แก๊สพร้อมจะควบแน่นเป็นของเหลว เมื่อการถ่ายเทความร้อนออกจากสารความเย็น

4.3.2 คอนเดนเซอร์ (condenser)

คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่ให้สารความเย็นในสถานะที่เป็นแก๊ส กลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากสารความเย็นนั้น กล่าวคือ สารความเย็นในสถานะแก๊ส อุณหภูมิสูง ความดันสูง ซึ่งถูกอัดส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อถูกระบายความร้อนแผ่ออกจะกลั่นตัวเป็นของเหลว แต่ยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่

4.3.3 ท่อพักสารความเย็นเหลว (receiver tank)

ท่อพักสารความเย็นเหลว สารความเย็นเหลวที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงซึ่งกลั่นตัวมาแล้วจากคอนเดนเซอร์ จะถูกส่งเข้ามาพักในท่อพักสารความเย็นนี้ ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเอ็กซ์แพนชันวาล์วอีกทีหนึ่ง

4.3.4 เอ็กซ์แพนชันวาล์ว (expansion Valve)

เอ็กซ์แพนชันวาล์ว ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารความเย็นเหลวที่ผ่านเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ ลดความดันของสารความเย็นให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ในอีวาพอเรเตอร์

4.3.5 อีวาพอเรเตอร์ (evaporator)

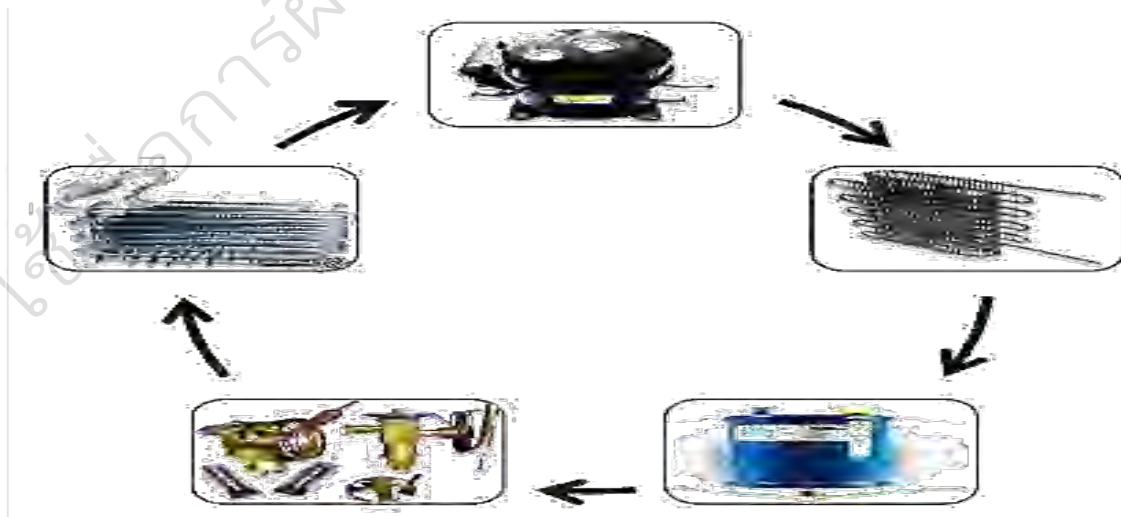
อีวาพอเรเตอร์ ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่สารความเย็นจะทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้แล้วระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส และจะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินสารความเย็นเข้าไปยังสารความเย็นภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ลดลง

นอกจากอุปกรณ์หลักที่สำคัญของระบบการทำความเย็นที่กล่าวมาแล้ว ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ ที่ควรทราบคือ

ท่อซักชั่น (suction Line) เป็นท่อทางเดินสารความเย็นที่ต่ออยู่ระหว่างอีวาพอเรเตอร์กับทางดูดของคอมเพรสเซอร์ สารความเย็นในสถานะแก๊ส อุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำ จากอีวาพอเรเตอร์จะถูกดูดผ่านท่อซักชั่นเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์

ท่อดิสชาร์จ (discharge Line) เป็นท่อทางเดินสารความเย็นที่ต่ออยู่ระหว่างท่อทางอัดของคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ สารความเย็นในสถานะที่เป็นแก๊สซึ่งถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น จะถูกส่งไปยังคอนเดนเซอร์โดยผ่านท่อดิสชาร์จนี้

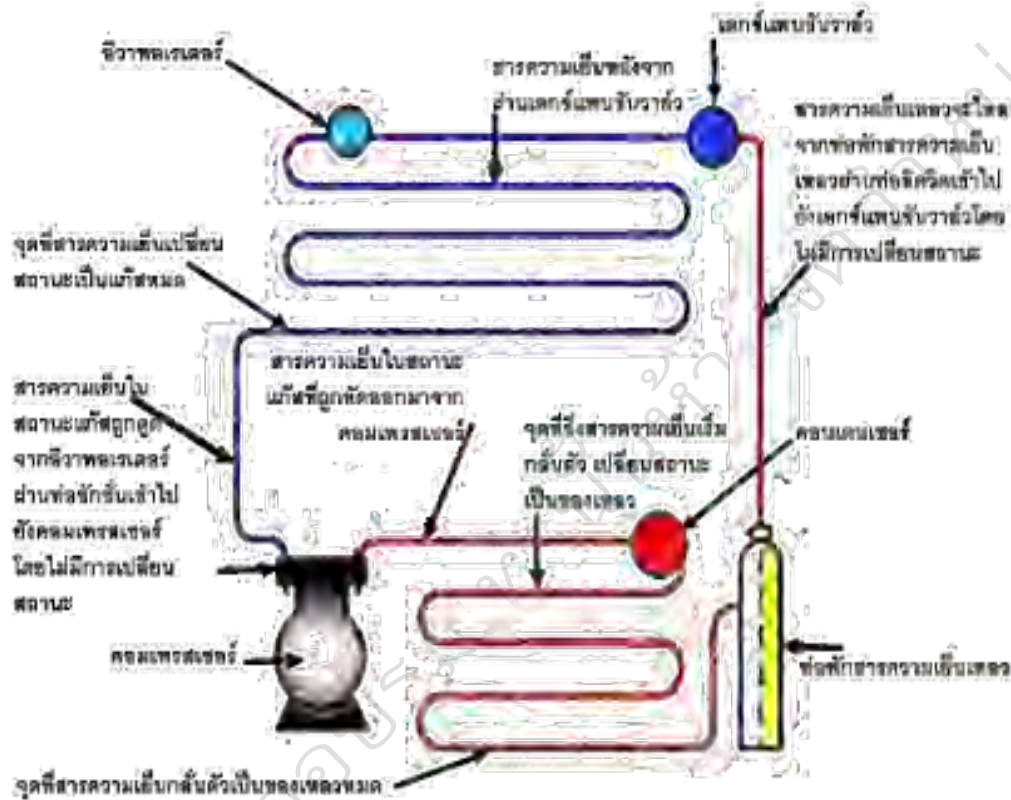
ท่อลิควิด (Liquid Line) เป็นท่อทางเดินสารความเย็นที่ต่อระหว่างท่อพักสารความเย็นเหลวกับเอ็กซ์แพนชันวาล์ว สารความเย็นเหลว ความดันสูง อุณหภูมิสูง จากท่อพักสารความเย็นจะถูกอัดส่งไปยังเอ็กซ์แพนชันวาล์วโดยผ่านทางท่อลิควิดนี้



ภาพที่ 274 หน้าที่อุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ

4.4 หลักการทำงานของวงจรทำความเย็นระบบอัดไอ

หลักการทำงานของวงจรทำความเย็นระบบอัดไอ ดังแสดงในภาพที่ 30 เริ่มที่ท่อพักสารทำความเย็นเหลว สารทำความเย็นในท่อพักมีสถานะเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง ความดันสูง ถูกส่งเข้าไปยังเอ็กซ์แพนชันวาล์วโดยผ่านทางท่อลิควิด ซึ่งเอ็กซ์แพนชันวาล์วนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นเหลวที่ผ่านเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ ลดความดันของสารทำความเย็นเหลวให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส และดูดซับปริมาณความร้อนได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ภายในอีวาพอเรเตอร์



ภาพที่ 275 หลักการทำงานของวงจรทำความเย็นระบบอัดไอ

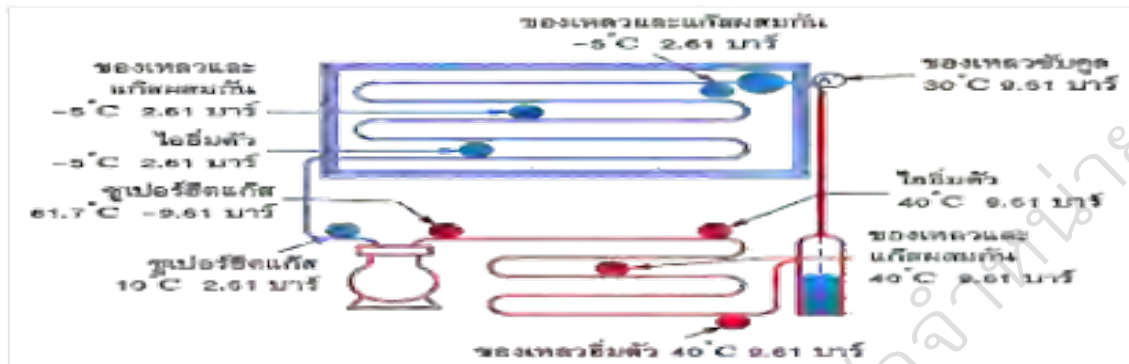
ขณะที่สารทำความเย็นเหลวภายในอีวาพอเรเตอร์ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส จะดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบอีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิลดต่ำลง และถ้ามีฉนวนกันความร้อนกันโดยรอบ อีวาพอเรเตอร์ไว้ ความร้อนจากภายนอกจะไม่สามารถผ่านเข้าไปได้หรือผ่านได้น้อย ก็จะทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นลดต่ำลง

แก๊สซึ่งมีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์จะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดผ่านเข้าทางท่อชักขึ้นและอัดส่งออกจากท่อดิสชาร์จ ในลักษณะของแก๊สที่มีอุณหภูมิและความดันสูง เพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์โดยการระบายความร้อนออก แต่สารทำความเย็นเหลวนี้นี้จะยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่ และส่งเข้าไปในท่อพักสารทำความเย็นเหลว ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเอ็กซ์แพนชันวาล์วอีกครั้งหนึ่งอันเป็นการครบวงจร

ในระบบของเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กๆ เช่น ตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน และเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก บางครั้งไม่ต้องมีท่อพักสารทำความเย็นเหลว แต่สารทำความเย็นเหลวซึ่งถูกกลั่นตัวเรียบร้อยแล้วจากคอนเดนเซอร์จะถูกส่งต่อเข้ายังเอ็กซ์แพนชันวาล์วโดยตรง

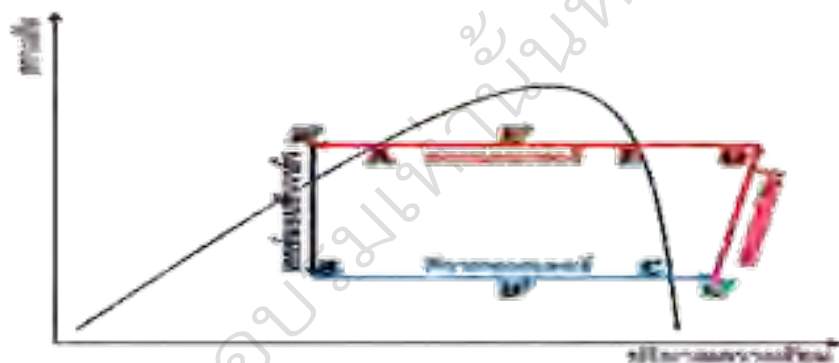
4.5 สถานะ อุณหภูมิ และความดัน ของสารทำความเย็น

สถานะ อุณหภูมิ และความดันของสารทำความเย็น ที่ตำแหน่งต่างๆ ในระบบทำความเย็น เพื่อให้ทราบถึงสถานะ อุณหภูมิ และความดันของสารทำความเย็นที่จุดต่างๆ ของวงจรทำความเย็น ดังแสดงในภาพที่ 276 ซึ่งให้สารทำความเย็น (R-12) ในระบบทำความเย็น



ภาพที่ 276 แสดงสถานะ อุณหภูมิ และความดันของสารทำความเย็น ณ ตำแหน่งต่างๆ

เมื่อพิจารณาสถานะ อุณหภูมิ และความดันของสารทำความเย็นที่จุดต่างๆ ของวงจรเครื่องทำความเย็นในรูปของ p-h diagram จะได้ดังนี้



ภาพที่ 277 สถานะ อุณหภูมิ และความดันของสารทำความเย็น ณ ตำแหน่งๆ ใน PM diagram ตารางที่ 60 แสดงตำแหน่ง สถานะ อุณหภูมิ และความดันของสารทำความเย็น (จากภาพที่ 277)

ตำแหน่งที่	สถานะของสารทำความเย็น	ความดัน (bar)	อุณหภูมิ (°C)
a	ของเหลวอิ่มตัว	สูง (9.61)	สูง (40)
A'	ของเหลวซบकुल	สูง (9.61)	สูง (30)
b	ของเหลว (90%) + แก๊ส (10%)	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (-5)
B'	ของเหลว (50%) + แก๊ส (50%)	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (-5)
c	ไออิ่มตัว	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (-5)
C'	ซูเปอร์ฮีตแก๊ส	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (10)
d	ซูเปอร์ฮีตแก๊ส	สูง (9.61)	สูง (61.7)
e	ไออิ่มตัว	สูง (9.61)	สูง (40)
E'	แก๊ส (50%) + ของเหลว (50%)	สูง (9.61)	สูง (40)

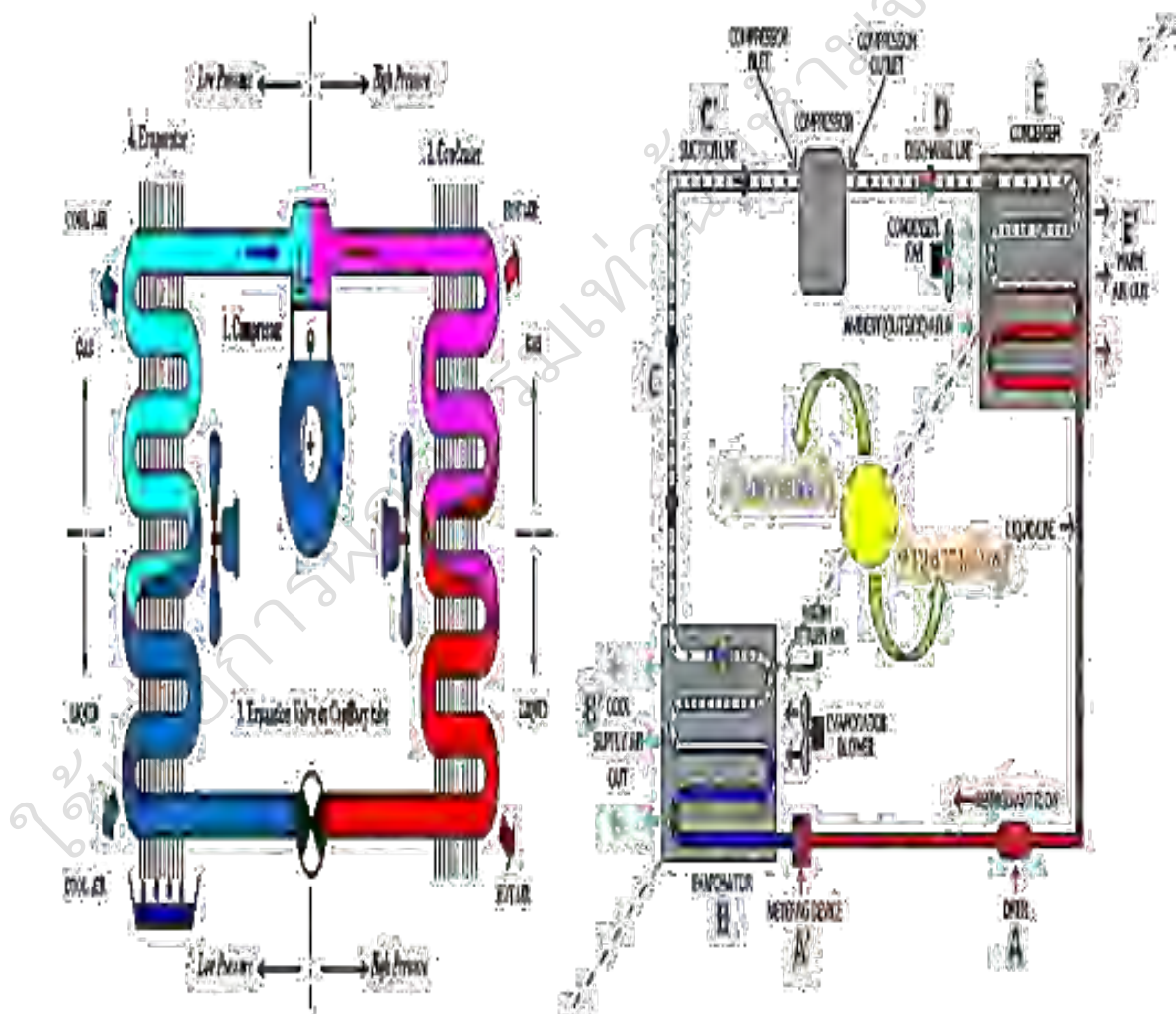
4.6 การแบ่งส่วนการทำงานของระบบทำความเย็น

เมื่อพิจารณาถึงความดันภายในระบบเครื่องทำความเย็นแล้ว จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ด้านความดันสูงของระบบและด้านความดันต่ำของระบบ

4.6.1 ด้านความดันสูง (high side) ประกอบด้วยทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ท่อดิสชาร์จ คอนเดนเซอร์ ทักพักสารความเย็นเหลว ท่อลิควิด และทางเข้าของเอกซ์แพนชันวาล์ว ความดันของสารความเย็นด้านความอัดบางครั้งเรียกว่า ความดันทางคอนเดนเซอร์ (condensing pressure) หรือความดันด้านอัด (discharge pressure)

4.6.2 ด้านความดันต่ำ (Low side) ประกอบด้วยทางออกของเอกซ์แพนชันวาล์ว อีวาพอเรเตอร์ ท่อซักชั่น และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ความดันของสารความเย็นด้านความดันต่ำนี้บางครั้งเรียกว่าความดันทางอีวาพอเรเตอร์ (e-aporator pressure) หรือความดันด้านดูด (suction pressure)

จะเห็นได้ว่าทั้งคอมเพรสเซอร์และเอกซ์แพนชันวาล์วเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งความดันของระบบเครื่องทำความเย็นออกเป็น 2 ส่วน



ภาพที่ 278 แบ่งส่วนการทำงานของระบบทำความเย็น

5. ส่วนประกอบสำคัญในระบบทำความเย็น

อุปกรณ์สำหรับงานเครื่องปรับอากาศ ที่สำคัญๆ มีหลายตัวในที่นี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์หลัก ได้แก่ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ อีวาพอเรเตอร์ อุปกรณ์ลดแรงดัน เป็นต้น ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะที่สำคัญๆ ดังนี้

5.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดของระบบการทำความเย็นทำหน้าที่เพิ่มความดันของสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซ โดยคอมเพรสเซอร์จะดูดสารทำความเย็นที่เป็นก๊าซความดันต่ำและอุณหภูมิต่างจากอีวาพอเรเตอร์ที่ผ่านเข้ามาทางท่อทางดูด (suction) ของคอมเพรสเซอร์และอัดก๊าซนี้ให้มีความดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งเข้าไปยังคอนเดนเซอร์โดยผ่านเข้าทางท่ออัด (discharge) เพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นอีกทีหนึ่ง

จะเห็นได้ว่าคอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่แบ่งความดันระบบระหว่างด้านความดันสูงและความดันต่ำ สารทำความเย็นจะถูกดูดเข้ามาในคอมเพรสเซอร์จะมีสถานะเป็นก๊าซความดันต่ำ และสารทำความเย็นที่อัดออกส่งออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีสถานะเป็นก๊าซที่มีความดันสูง

ชนิดของคอมเพรสเซอร์ ที่มีใช้งานกันอยู่ในงานเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ มีมากมายหลายชนิด ดังนี้

- 1) แบบลูกสูบ (r eciprocating)
- 2) แบบโรตารี (r otary)
- 3) แบบสโครล (scroll compressor)
- 4) แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal)
- 5) แบบสกรู (screw compressor)
- 6) แบบสวอชเพลต (swash plate)

ในจำนวนที่กล่าวมาทั้ง 6 แบบ จะมีใช้งานในงานเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศก็จะเป็นแบบลูกสูบ แบบโรตารี และแบบสโครล ซึ่งเหมาะสำหรับเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศขนาดเล็ก ประมาณ 1/20 แรงม้าขึ้นไปจนถึงเครื่องที่มีขนาดใหญ่ๆ 50 – 60 ตันขึ้นไป

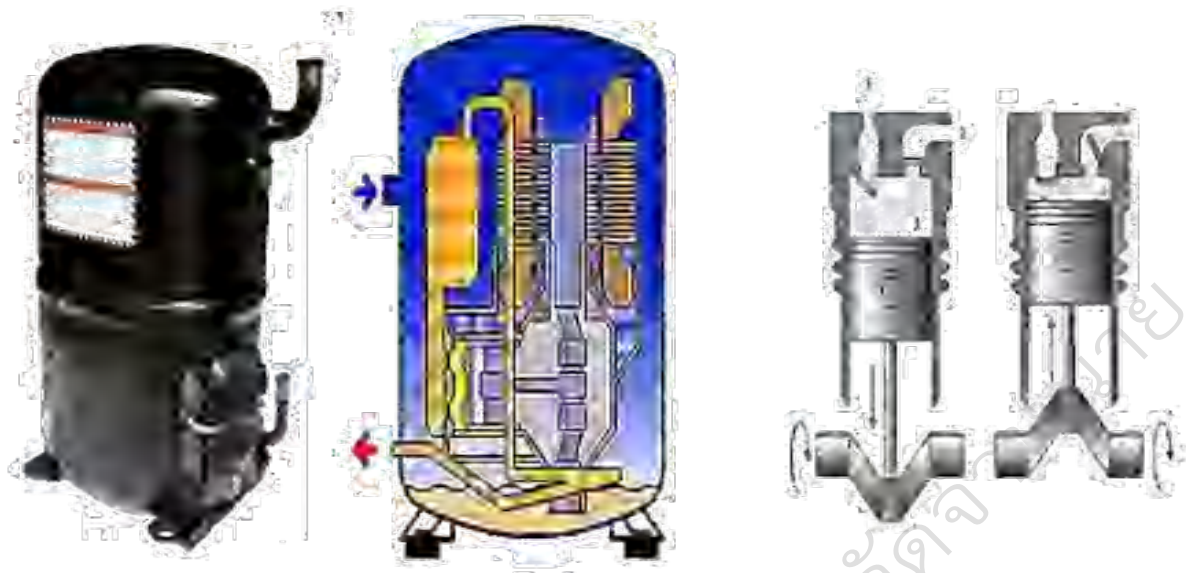
คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีก็จะมีข้อจำกัดอยู่ที่ไม่เกิน 1-2 ตัน ส่วนใหญ่ก็จะเป็นพวกตู้เย็น หรือเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กๆ เท่านั้น

ในคู่มือผู้รับการฝึกฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ คอมเพรสเซอร์ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

5.1.1 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (r eciprocating)

คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (r eciprocating) : หน้าที่และการทำงานคือ ดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊ส โดยดูดน้ำยาในสถานะความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ เข้ามาอัดตัวให้เป็นแก๊สที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง แล้วถึงส่งไปยังคอนเดนเซอร์ต่อไป

หลักการทำงานคือ ในแต่ละกระบอกสูบจะประกอบด้วยชุดของลิ้นทางดูดและลิ้นทางอัด ซึ่งติดอยู่กับวาล์วเพลต (Val-e plate) ขณะที่ลูกสูบหนึ่งเคลื่อนที่ลงในจังหวะดูด อีกลูกสูบหนึ่งจะเคลื่อนที่ในจังหวะอัด - จังหวะดูด แรงดันของน้ำยาในกระบอกสูบจะลดลงมากลิ้นทางอัดจะถูกปิดโดยแรงอัดของน้ำยาที่อยู่ทางด้านความดันสูง และลิ้นทางดูดจะถูกเปิด ดูดเอาน้ำยาแอร์ทางด้านความดันต่ำผ่านเข้ามาในกระบอกสูบ - จังหวะอัด แรงดันของน้ำยาแอร์ในกระบอกสูบจะถูกอัดตัวสูงขึ้น ลิ้นทางดูดจะถูกปิดด้วยแรงอัดที่สูงขึ้นมากภายในกระบอกนี้ และลิ้นทางอัดจะถูกเปิดอัดน้ำยาส่งออกไปทางด้านความดันสูงของระบบ



ภาพที่ 279 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (r eciprocating)

5.1.2 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี (r otary)

คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี (r otary) : ทำหน้าที่หลักในการดูดและอัดน้ำยาแอร์ในสถานะแก๊ส โดยอาศัยการกวาดตัวตามแกนโรเตอร์ (r otor) เนื่องจากคอมเพรสเซอร์แบบโรตารีนั้นมีขีดจำกัดในการทำงานคือจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกินไฟน้อยใช้ในระบบเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กไม่เกิน 1-2 ตัน หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบโรตารีง่ายๆก็คือ การดูดอัดน้ำยาในสถานะแก๊ส โดยอาศัยการกวาดตัวตามแกนโรเตอร์ โดยจะต้องมีวาล์วกันกลับซึ่งเป็นลิ้นที่ยอมให้น้ำยาไหลผ่านทางเดียว เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยาแอร์ในสถานะแก๊สไหลย้อนกลับเข้าไปในอีวาพอเรเตอร์



ภาพที่ 280 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี (r otary)

5.1.3 คอมเพรสเซอร์แบบสโครล (scroll)

คอมเพรสเซอร์แบบสโครล (scroll) เป็นคอมเพรสเซอร์ที่ดูดสารความเย็นที่มีความดันอยู่แล้ว เข้าไปอัดให้มีความดันสูงขึ้น เช่นเดียวกับคอมเพรสเซอร์แบบโรตารี แต่มีหลักการทำงานที่แตกต่างกัน คอมเพรสเซอร์แบบสโครลได้รับการยอมรับว่าเป็นคอมเพรสเซอร์ที่อยู่ในอุดมคติ ที่สามารถใช้แทนคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบได้อย่างดี พบว่าใช้อยู่กับเครื่องปรับอากาศตามบ้านระบบไฟฟ้า 3 เฟส และเครื่องปรับอากาศรถยนต์

หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบสโครลนี้ จะคล้ายๆ กับการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบสกรู คือมีอัตราส่วนของปริมาตรทางกลคงที่ และจะทำหน้าที่ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดก็ต่อเมื่ออัตราส่วนของระบบอัดตัวที่เกิดขึ้น เหมือนกับระบบการอัดตัวของคอมเพรสเซอร์ที่มีอัตราส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในเท่านั้น อัตราส่วนการอัดตัวภายในของคอมเพรสเซอร์แบบสโครล จะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบการหมุนตัวของสโครลกับตำแหน่งทางไหลออกของสารความเย็น

เนื่องจากคอมเพรสเซอร์แบบสโครลไม่ต้องมีลิ้นทางดูดและทางอัด ดังนั้นขณะที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน ความดันของสารความเย็นในสถานะแก๊สที่ถูกรีดอัดส่งออกไปทางท่อดิสชาร์จ มีความดันสูงกว่า จะไหลกลับเข้าไปในสโครลคอมเพรสเซอร์ เพื่อให้ความดันเกิดการสมดุล จึงต้องมีการป้องกันโดยการใส่วาล์วกับกลับ (check Valve) เข้าที่ท่อดิสชาร์จ



ภาพที่ 281 คอมเพรสเซอร์แบบสโครล (Scroll)

5.2 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์หรืออุปกรณ์ควบแน่น เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญอีกอันหนึ่งของระบบเครื่องทำความเย็น ทำหน้าที่ให้สารทำความเย็นทำความเย็นในสถานะแก๊สที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงที่ถูกอัดตัวส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เพื่อกลับตัวให้เป็นสารทำความเย็นเหลวภายในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออก แต่ยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้ให้ความหมายคำศัพท์ทางวิชาการของคอนเดนเซอร์ว่า “อุปกรณ์ควบแน่น คือ อุปกรณ์ที่ทำให้สารทำความเย็นในสภาพที่เป็นไอ เปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวโดยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น”

ชนิดของคอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

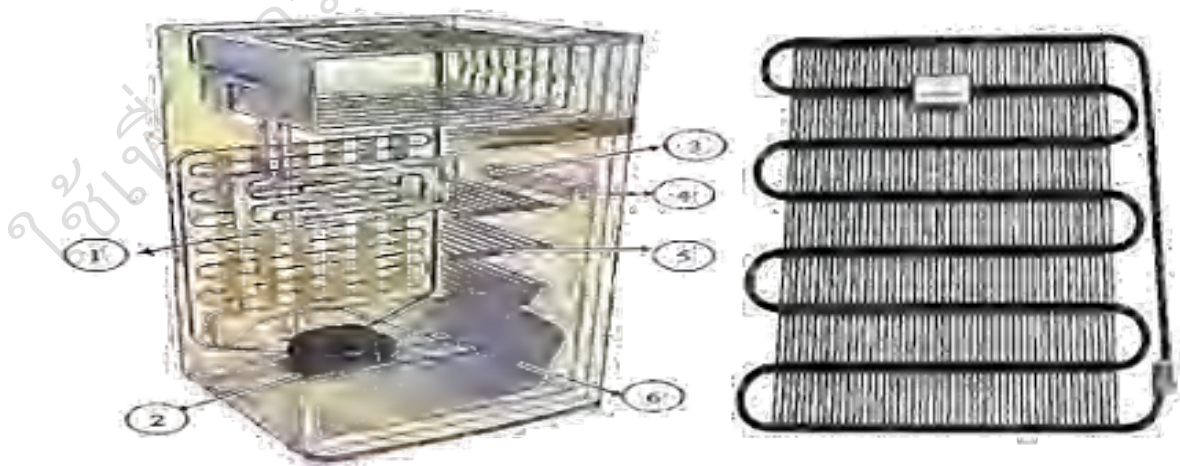
1. ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (air-cooled)
2. ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (water-cooled)

อย่างไรก็ตามคอนเดนเซอร์ชนิดที่มีใช้ในระบบปรับอากาศภายในบ้านก็จะเป็นชนิดเดียวที่มีใช้มากที่สุด คือ ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จึงขอลำถึงคอนเดนเซอร์ในระบบนี้เพียงระบบเดียว

คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

คอนเดนเซอร์ชนิดนี้ใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนออกจากผิวของคอนเดนเซอร์ ซึ่งอาจเป็นอากาศที่หมุนเวียนโดยธรรมชาติหรืออาจใช้พัดลมช่วยก็ได้ สำหรับแบบที่ใช้อากาศพาความร้อนออกจากผิวของคอนเดนเซอร์โดยธรรมชาติ ปริมาณของอากาศที่หมุนเวียนผ่านผิวของคอนเดนเซอร์จะมีจำนวนน้อย และเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์เป็นไปอย่างเพียงพอ จึงจำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่ผิวของคอนเดนเซอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ฉะนั้นคอนเดนเซอร์แบบใช้อากาศหมุนเวียนโดยธรรมชาตินี้จึงมีขีดจำกัดในการใช้งานคือ จะใช้สำหรับเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กๆ เช่น ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ตามบ้านเรือนเท่านั้น

สำหรับตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านเรือน คอนเดนเซอร์มักถูกติดตั้งอยู่ด้านหลังของตัวตู้ ดังนั้นในการตั้งตู้เย็นเพื่อการใช้งานจึงต้องคำนึงว่าต้องให้มีอากาศหมุนเวียนผ่านคอนเดนเซอร์ได้โดยสะดวก ตู้เย็นจึงควรตั้งให้ด้านหลังของตัวตู้ห่างจากฝาผนังพอสมควร และไม่ควรตั้งตู้เย็นไว้ใกล้อุปกรณ์ความร้อน เช่น เตาอบ เพราะจะทำให้การระบายความร้อนจากคอนเดนเซอร์ไม่ดีเท่าที่ควร



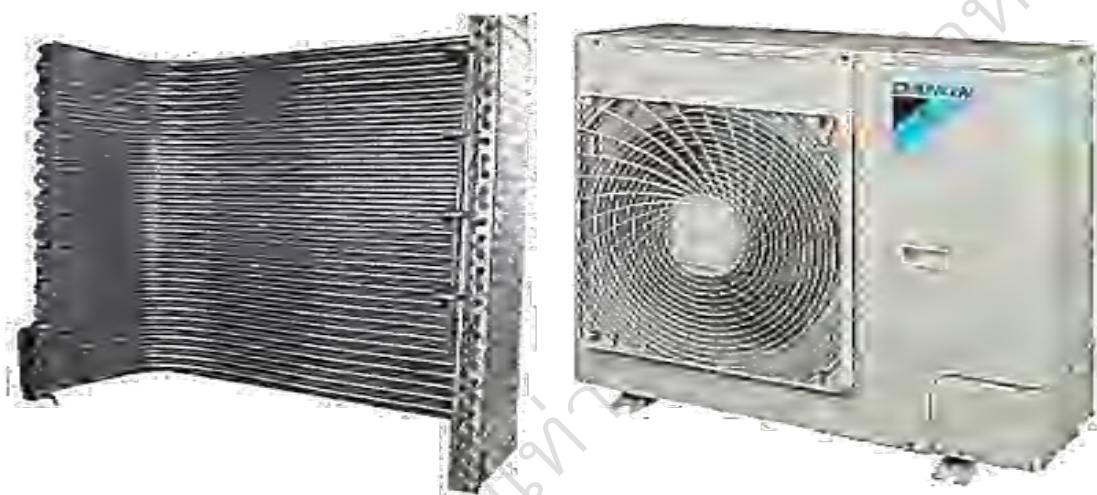
ภาพที่ 282 แสดงคอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ของตู้แช่ ตู้เย็น

คอนเดนเซอร์แบบมีพัดลมช่วย

คอนเดนเซอร์แบบนี้จะใช้พัดลมหรือโบลเวอร์ ช่วยในการเพิ่มปริมาณลมที่ผ่านผิวของคอนเดนเซอร์มากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถลดขนาดของคอนเดนเซอร์ให้เล็กลง ซึ่งคอนเดนเซอร์แบบนี้สามารถใช้กับเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศขนาดตั้งแต่ 1 ตันขึ้นไปจนถึง 100 ตันหรือมากกว่า

โครงสร้างของคอนเดนเซอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยชุดท่อเหล็ก หรือทองแดง และมีครีบอลูมิเนียมเป็นตัวช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนโดยอากาศที่ผ่านเข้ามาบนผิวหน้าของคอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์แบบใช้พัดลมช่วยเป่าระบายความร้อนนี้สามารถติดตั้งทั้งภายในหรือภายนอกก็ได้ ถ้าเป็นการติดตั้งภายในห้อง อากาศที่ผ่านคอนเดนเซอร์แล้วจะต้องถูกเป่าออกภายนอกห้องทันที ถ้าคอนเดนเซอร์ติดตั้งภายนอกห้อง อาจติดตั้งอยู่กับสนามหญ้า หรือบนหลังคา หรือบนผนังก็ได้



ภาพที่ 283 แสดงคอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศสำหรับแอร์บ้าน

5.3 ท่อพักสารทำความเย็นเหลว (receiver tank) หรือฟิลเตอร์ดรายเออร์ (filter drier)

ท่อพักสารทำความเย็น (receiver tank) หรือฟิลเตอร์ดรายเออร์ (Filter drier) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในงานเครื่องทำความเย็นจะถูกติดตั้งอยู่ที่ท่อลิควิด ใกล้กับทางเข้าของชุดปรับอัตราการไหลของน้ำยา เพื่อทำหน้าที่ดูดความชื้นในระบบที่หลงเหลืออยู่ ไม่ให้ผ่านเข้าไปอุดตันความชื้นที่เอ็กซ์แพนชันวาล์ว และตำแหน่งที่ติดตั้งฟิลเตอร์ดรายเออร์นี้จะต้องอยู่ในบริเวณที่เย็น และไม่ถูกปะทะด้วยลมร้อน เนื่องจากสารดูดความชื้นในฟิลเตอร์ดรายเออร์ จะดูดซับความชื้นได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ถ้าไปอยู่ในที่ร้อน เปอร์เซ็นต์การดูดซับความชื้นของฟิลเตอร์ดรายเออร์จะลดลง ทำให้ความชื้นในระบบที่ดูดซับไว้ถูกคลายออกมาบางส่วน และไปอุดตันที่เอ็กซ์แพนชันวาล์ว



ภาพที่ 284 ท่อพักสารทำความเย็นเหลว (receiver tank) หรือฟิลเตอร์ดรายเออร์ (filter drier)

5.4 ลิ้นลดแรงดัน (Expansion Valve) เอ็กซ์แพนชันวาล์ว

ตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็นมีความสำคัญและจำเป็นกับเครื่องทำความเย็น จึงมีการพัฒนาตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น (Liquid control de-ice – Lcd) เป็นรูปแบบต่างๆ 7 แบบ คือ

- 5.4.1 ควบคุมโดยใช้มือปรับ (hand expansion – al-e – heV)
- 5.4.2 ควบคุมโดยอัตโนมัติ (automatic expansion – al-e – aeV)
- 5.4.3 ควบคุมโดยระดับความร้อน (t hermostatic expansion – al-e – t eV)
- 5.4.4 ควบคุมโดยลูกลอยแรงดันต่ำ (Low – pressure side float - LsF)
- 5.4.5 ควบคุมโดยลูกลอยด้านแรงดันสูง (high – pressure side float – hsF)
- 5.4.6 ควบคุมโดยท่อรูเข็ม (capillary tube - cap. t ube)
- 5.4.7 ควบคุมโดยไฟฟ้า (t hermal – electric expansion – al-e – t heXV)

ในคู่มือผู้รับการฝึกฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ ควบคุมโดยท่อรูเข็ม (Capillary tube MCap. t ube) ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ควบคุมโดยท่อรูเข็ม (Capillary tube – Cap t ube) การควบคุมปริมาณสารทำความเย็นโดยท่อรูเข็ม (cap. t ube) นับเป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ง่ายที่สุด เพียงแต่กำหนดขนาดและความยาวของท่อรูเข็มแล้วติดตั้งระหว่างคอนเดนเซอร์กับอีวาพอเรเตอร์ ด้วยความเล็กของท่อรูเข็มทำให้มีความต้านทานทางด้านการไหลของสารทำความเย็นซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวของท่อ ความดันแตกต่างกันระหว่างด้านความดันสูงคือคอนเดนเซอร์กับด้านความดันต่ำคืออีวาพอเรเตอร์มีผลต่อปริมาณการไหลของสารทำความเย็นด้วย



ภาพที่ 285 ลิ้นลดแรงดัน (Expansion Valve) แบบควบคุมโดยท่อรูเข็ม (Capillary tube – Cap t ube)

5.5 อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)

อีวาพอเรเตอร์หรือคอยล์เย็น (e-aporator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนจากบริเวณ ที่ต้องการปรับอากาศ กับสารทำความเย็น โดยสารทำความเย็นเหลวซึ่งมีความดัน และอุณหภูมิต่ำจะรับความร้อนเข้ามามีผลทำให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอ



ภาพที่ 286 แสดงอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ของเครื่องปรับอากาศ

6. สารทำความเย็น

6.1 สารทำความเย็น

“สารทำความเย็น” คืออะไร หรือที่รู้จักกันดีในชื่อ “น้ำยาแอร์” คือสารเคมีที่มีคุณสมบัติไม่พิษ ไม่มีกลิ่น จุดเดือดต่ำกว่าสารทั่วไป เมื่อผ่านกระบวนการอัดสารทำความเย็นให้เป็นไอ ไหลเวียนภายในระบบเครื่องปรับอากาศและสร้างความเย็นสบาย ปัจจุบันสารทำความเย็นที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศสำหรับที่อยู่อาศัย มีอยู่ 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ R 22, R 410a และ R 32 ซึ่ง R 32 นี้ เริ่มพัฒนาและนำมาใช้ไปทั่วโลก

ในคู่มือผู้รับการฝึกฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ สารทำความเย็นที่สามารถใช้ได้ในปัจจุบัน สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

6.2 เปรียบเทียบข้อแตกต่างของน้ำยา R 22 , R 410A และ R 32

6.2.1 น้ำยา R 22

- เป็นน้ำยารุ่นเก่าที่สุด
- มีค่า ODP 0.05 ซึ่งสามารถทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศโลกได้
- ในเวลาที่น้ำยาแอร์ขาด สามารถเติมน้ำยาแอร์เข้าไปได้เลย
- รัฐบาลกำลังสั่งให้เลิกใช้น้ำยาตัวนี้ในอนาคต แต่สำหรับแอร์ที่ยังใช้น้ำยา R 22 อยู่ยังสามารถใช้ได้เหมือนเดิม จนกระทั่งเป็นศูนย์ในปี พ.ศ. 2573 ตามที่ไทยได้ลงนามสนธิสัญญาตามพิธีสารมอนทรีออล ที่กำหนดให้ประเทศสมาชิกต้องยกเลิกใช้สารดังกล่าว

6.2.2 น้ำยา R 410a

- หลังจากพบว่าน้ำยา R 22 มีผลต่อการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ ทั่วโลกจึงเปลี่ยนมาใช้น้ำยา R 410a ที่ค่า ODP เป็น 0 หรือไม่ทำลายโอโซนเลย
- แม้ว่าค่า $ODP = 0$ แต่ค่า GWP ที่บ่งบอกถึงการเกิดภาวะโลกร้อนของน้ำยา R 410a นี้กลับสูงกว่า R 22 หมายความว่า น้ำยา R 410a ไม่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ แต่ยังทำให้เกิดภาวะโลกร้อนอยู่
- เวลาเติมน้ำยาจะต้องเอาน้ำยาเก่าออกให้หมดก่อน แล้วจึงเติมเข้าไปใหม่ทั้งหมด

6.2.3 น้ำยา R 32

- เป็นน้ำยารุ่นใหม่ล่าสุด
- น้ำยา R 32 นี้ไม่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศโลกและก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนน้อยกว่า R 410a ถึง 3 เท่า
- ให้ประสิทธิภาพทำความเย็นสูงกว่า R 22 และ R 410a ทำให้แอร์เย็นเร็วกว่าและประหยัดกว่า
- ราคาน้ำยาแอร์ R 32 ถูกกว่า R 410a
- ในเวลาที่น้ำยาแอร์ขาด สามารถเติมน้ำยาแอร์เข้าไปได้เลย ไม่ต้องเอาของเก่าออก
- มีข้อเสียที่ติดไฟได้เล็กน้อย ต่างจากน้ำยาตัวอื่นๆ ที่ไม่ติดไฟ
- นำมาใช้ในแอร์ขนาดเล็กที่ต่ำกว่า 24,000 บีทียู

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 7 : หลักการทำความเย็นและการปรับอากาศ



ภาพที่ 287 แสดงคุณสมบัติของ R22 , R410A และ R32

ตารางที่ 61 แสดงคุณสมบัติของ R22 , R410A และ R32

	R32	R410A	R22
สูตร	CH_2F_2	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CHF}_2\text{CF}_3$	CHClF_2
ส่วนประกอบ (สัดส่วนการผสม: พ.ย)	—	R32/R125 (50/50 พ.ย)	—
จุดเดือด (°C)	-51.7	-51.5	-40.8
แรงดัน (คุณสมบัติทางกายภาพ)*1	3.14	3.07	1.94
ความสามารถในการทำความเย็น (คุณสมบัติทางกายภาพ)*2	160	141	100
COP (อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน) (คุณสมบัติทางกายภาพ)*3	95	91	100
ค่าศักยภาพในการทำลายโอโซน (ODP)	0	0	0.055
ค่าศักยภาพในการกักเก็บภาวะโลกร้อน (GWP)*4	675	2090	1810

6.3 ข้อสรุปของน้ำยา r 32 เมื่อเทียบกับ r 410A และ r 22

6.3.1 เรื่องการทำลายชั้นโอโซนและการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก r 32 ไม่มีค่าการทำลายโอโซนเหมือน r 410a และมีค่าที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกน้อยที่สุดส่วน r 410a มากสุด เมื่อเทียบ 3 ชนิดน้ำยา

6.3.2 เรื่องราคาน้ำยา แพงสุดคือ r 410a ประมาณ กก. ละ 700-800 บาท ส่วน r 22 กับ r 32 ใกล้เคียงกันประมาณ 300-400 บาท (ราคาอาจมีการเปลี่ยนแปลง)

6.3.3 กรณีน้ำยารั่วในระบบเครื่องปรับอากาศ r-410a ต้องถ่ายทิ้งให้เป็นศูนย์ แล้วเติมเข้าไปใหม่อีกรอบเติมเพิ่มไม่ได้ เพราะสัดส่วนน้ำยา 50%r 32 + 50%r 125 อาจจะไม่เท่านี้แล้ว ส่วน r 22 และ r 32 เหมือนกันคือเติมเพิ่มได้เลย เนื่องจากเป็นสารเชิงเดี่ยว ไม่ได้เป็นสารผสม

6.3.4 กรณีช่าง ต้องเติมน้ำยาในสถานะของเหลวเพียงอย่างเดียว โดยการคว่ำถังน้ำยา r 410a แต่ r 32 และ r 22 เติมได้ทั้งในสถานะของเหลว หรือ แก๊สก็ได้

6.3.5 ความดันของน้ำยา r 32 กับ r 410a ใกล้เคียงกัน เครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งหรือบริการใช้ร่วมกันแทนกันได้ ส่วน r 22 เป็นน้ำยาแรงดันต่ำใช้ร่วมกับ r 410a และ r 32 ไม่ได้

6.3.6 จุดเดือดน้ำยาของ r 32 ต่ำที่สุด ดังนั้นคอมเพรสเซอร์ทำงานเบาสุด ส่งผลให้ได้ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นดีกว่า และประดี้นเย็นเร็วกว่า r 410a และ r 22

6.3.7 สรุปเครื่องมือซ่อมบำรุงสำหรับ r 32

[กรณีเปลี่ยนจาก r 22] r 32 มีแรงดันสูงกว่า r 22 (ประมาณ 1.6 เท่า) และน้ำมันคอมเพรสเซอร์ที่ใช้กับ r 32 จะเป็นน้ำมันสังเคราะห์ (ether oil) แทนน้ำมัน suNiso ที่ใช้กับ r 22 หากผสมน้ำมันชนิดที่ไม่เหมาะสมกับสารทำความเย็น อาจทำให้เกิดตะกอนและปัญหาอื่นๆ ตามมา ดังนั้นเครื่องมือซ่อมบำรุงที่ใช้กับระบบ r 22 เช่น มานิโฟลด์เกจ (gauge manifold) และสายชาร์จสารทำความเย็นจึงไม่สามารถใช้ร่วมกับ r 32 ได้ ให้ใช้เครื่องมือที่กำหนดไว้สำหรับ r 32 เสมอ

[กรณีเปลี่ยนจาก r 410a] เนื่องจาก r 32 มีแรงดันเท่ากับ r 410a และใช้น้ำมันคอมเพรสเซอร์ประเภทที่เป็นน้ำมันสังเคราะห์ (ether oil) เหมือนกัน ทั้งนี้สารทำความเย็นทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เครื่องมือที่ใช้กับระบบ r 410a จึงสามารถใช้ร่วมกับระบบ r 32 ได้



ภาพที่ 288 ตัวอย่างถังสารทำความเย็นชนิดต่างๆ

6.4 รหัสสีสารทำความเย็น

เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปฏิบัติงานของช่างซ่อมและบริการใช้สารทำความเย็นสำหรับเครื่องทำความเย็นผิดพลาด จึงกำหนดเป็นรหัสสีถึงบรรจุมารทำความเย็นแต่ละชนิดไว้ การนำถังไปบรรจุมารทำความเย็นใหม่ต้องให้ตรงตามรหัสสีถึงที่กำหนด ดังแสดงไว้ในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 62 แสดงรหัสสีสารทำความเย็น

ANSI/ASHRAE designation	Safety* classification	Empirical formula	Molecular formula	Components/weight percentages Chemical name	Cylinder color
R-11	A1	CFC	CCl_3F	Trichlorofluoromethane	Orange
R-12	A1	CFC	CCl_2F_2	Dichlorodifluoromethane	White
R-13	A1	CFC	CClF_3	Chlorotrifluoromethane	Light Blue
R-14	A1	PFC	CF_4	Tetrafluoromethane	Mustard
R-22	A1	HCFC	CHClF_2	Chlorodifluoromethane	Light Green
R-23	A1	HFC	CHF_3	Trifluoromethane	Light Grey-Blue
R-32	A2	HFC	CH_2F_2	Difluoromethane	White/Red Stripe
R-113	A1	CFC	$\text{CCl}_2\text{F}-\text{CClF}_2$	1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	Dark Purple (Violet)
R-114	A1	CFC	$\text{CClF}_2-\text{CClF}_2$	1,2-Dichloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane	Dark Blue (Navy)
R-115	A1	CFC	$\text{CClF}_2-\text{CF}_3$	Chloropentafluoroethane	White/Red Stripe
R-116	A1	PFC	CF_3-CF_3	Hexafluoroethane	Dark Grey (BattleShip)
R-123	B1	HCFC	$\text{CHCl}_2-\text{CF}_3$	2,2-Dichloro-1,1,1-trifluoroethane	Light Grey-Blue
R-124	A1	HCFC	$\text{CHClF}-\text{CF}_3$	2-Chloro-1,1,1,2-tetrafluoroethane	Dark Green
R-125	A1	HFC	CHF_2-CF_3	Pentafluoroethane	Medium Brown (Tan)
R-134a	A1	HFC	$\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	1,1,1,2-Tetrafluoroethane	Light Sky Blue
R-143a	A2	HFC	CH_3-CF_3	1,1,1-Trifluoroethane	White/Red Stripe
R-152a	A2	HFC	CH_3-CHF_2	1,1-Difluoroethane	White/Red Stripe
R-290	A3	HC	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Propane	White
R-500	A1	CFC	$\text{CCl}_2\text{F}_2/\text{CH}_3-\text{CHF}_2$	R-12/R-152a 73.8/26.2	Yellow
R-502	A1	CFC	$\text{CHClF}_2/\text{CClF}_2-\text{CF}_3$	R-22/R-115 48.8/51.2	Light Purple (Lavender)
R-503	A1	CFC	$\text{CHF}_3/\text{CClF}_3$	R-23/R-13 40.1/59.9	Blue-Green (Aqua)
R-507	A1/A1	HFC	$\text{CHF}_2-\text{CF}_3/\text{CH}_3-\text{CF}_3$	R-125/R-143a 50/50	Blue-Green (Teal)
R-717	B2		NH_3	Ammonia	Silver
R-401A	A1/A1	HCFC	$\text{CHClF}_2/\text{CH}_3-\text{CHF}_2/\text{CHClF}-\text{CF}_3$	R-22/R-152a/R-124 53/13/34	Coral Red
R-401B	A1/A1	HCFC	$\text{CHClF}_2/\text{CH}_3-\text{CHF}_2/\text{CHClF}-\text{CF}_3$	R-22/R-152a/R-124 61/11/28	Yellow-Brown (Mustard)
R-401C	A1/A1	HCFC	$\text{CHClF}_2/\text{CH}_3-\text{CHF}_2/\text{CHClF}-\text{CF}_3$	R-22/R-152a/R-124 33/15/52	Blue-Green (Aqua)
R-402A	A1/A1	HCFC	$\text{CHF}_2-\text{CF}_3/\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3/\text{CHClF}_2$	R-125/R-290/R-22 60/02/38	Light Brown (Sand)
R-402B	A1/A1	HCFC	$\text{CHF}_2-\text{CF}_3/\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3/\text{CHClF}_2$	R-125/R-290/R-22 38/02/60	Green-Brown (Olive)
R-403A	A1/A1	HCFC	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3/\text{CHClF}_2/\text{CF}_3-\text{CF}_2-\text{CF}_3$	R-290/R-22/R-218 05/75/20	Light Purple
R-404A	A1/A1	HFC	$\text{CHF}_2-\text{CF}_3/\text{CH}_3-\text{CF}_3/\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	R-125/R-143a/R-134a 44/52/04	Orange
R-406A	A1/A2	HCFC	$\text{CHClF}_2/\text{CH}(\text{CH}_3)_2/\text{CH}_3-\text{CClF}_2$	R-22/R-600a/R-142b 55/04/41	Light Grey-Green
R-407A	A1/A1	HFC	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CHF}_2-\text{CF}_3/\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	R-32/R-125/R-134a 20/40/40	Bright Green
R-407B	A1/A1	HFC	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CHF}_2-\text{CF}_3/\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	R-32/R-125/R-134a 10/70/20	Cream
R-407C	A1/A1	HFC	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CHF}_2-\text{CF}_3/\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	R-32/R-125/R-134a 23/25/52	Medium Brown
R-408A	A1/A1	HCFC	$\text{CHF}_2-\text{CF}_3/\text{CH}_3-\text{CF}_3/\text{CHClF}_2$	R-125/R-143a/R-22 07/46/47	Medium Purple
R-409A	A1/A1	HCFC	$\text{CHClF}_2/\text{CHClF}-\text{CF}_3/\text{CH}_3-\text{CClF}_2$	R-22/R-124/R-142b 60/25/15	Mustard Brown (Tan)
R-410A	A1/A1	HFC	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CHF}_2-\text{CF}_3$	R-32/R-125 50/50	Rose

7.2 หลักการปรับอากาศเบื้องต้น

1. การปรับอากาศ

ตามปกติเมื่อได้ยินคำว่า “การปรับอากาศ” สิ่งแรกที่ทุกคนเข้าใจก็คือ การทำอากาศให้เย็นเท่านั้น แต่ในความหมายที่แท้จริงของคำว่าปรับอากาศแล้ว ต้องมีความหมายรวมถึงการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศให้พอเหมาะ เพื่อให้คนที่อยู่ข้างในมีความรู้สึกสบายโดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่เป็นผลพลอยได้คือ การจัดสิ่งรบกวนต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง ควันทันควัน กลิ่น และเสียงให้ลดน้อยลง ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1.1 ปรับและควบคุมอุณหภูมิ

การปรับอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศให้อยู่ในช่วงที่คนเรากำลังรู้สึกสบายเป็นสิ่งสำคัญมาก โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศร้อน มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 29 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่คนกำลังสบายควรอยู่ระหว่าง 24 – 26 องศาเซลเซียส

1.2 ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อความสบายของมนุษย์เรามากพอๆ กับอุณหภูมิ เช่น ในช่วงฤดูหนาวบางวันก็มีอุณหภูมิสูงเท่าๆ กับในฤดูร้อน (29 องศาเซลเซียส) เราก็กินรู้สึกว่าในฤดูหนาวเย็นสบายกว่าในฤดูร้อน เหงื่อก็แห้งง่ายไม่เหนียวตัว เพราะในฤดูหนาวอากาศแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เหงื่อที่ผิวหนังระเหยได้ง่ายกว่าในฤดูร้อนซึ่งมีอากาศชื้น ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูง จะทำให้เหงื่อที่ผิวหนังระเหยตัวได้ยาก หรือในฤดูหนาวบางวันซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่คนเรากำลังสบาย (24 – 26 องศาเซลเซียส) แต่เป็นวันที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมาก การระเหยตัวของน้ำในร่างกายที่ผิวหนังหรือที่ริมฝีปากมากเกินไป จะทำให้ผิวหนังแห้งหรือริมฝีปากแตกได้ จึงรู้สึกไม่สบายตัว

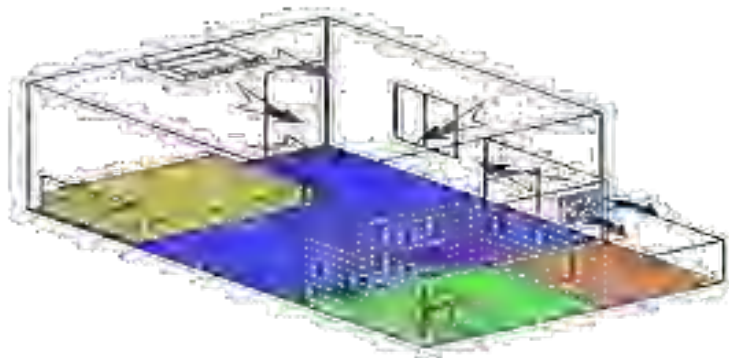
โดยทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมสำหรับมนุษย์ให้ที่อยู่ได้สบายควรมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ r h (relative humidity หมายถึงความชื้นสัมพัทธ์)



ภาพที่ 289 การปรับอากาศที่ดีต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้รู้สึกสุขสบาย

1.3 ระบายอากาศเสียทิ้ง

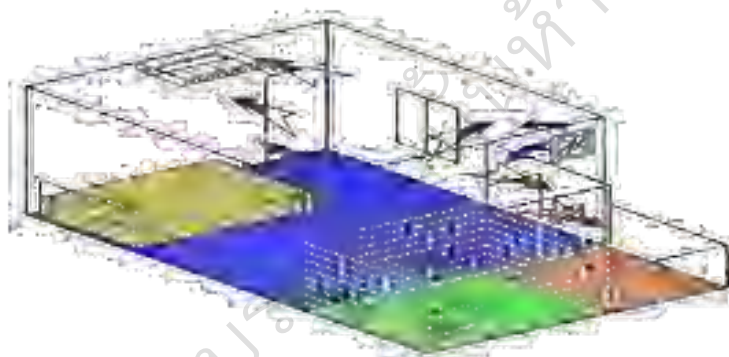
แม้ว่าในห้องปรับอากาศจะมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงที่พอเหมาะ แต่ถ้าอากาศภายในห้องอับทึบและไม่บริสุทธิ์ ย่อมทำให้ผู้อยู่อาศัยอยู่ข้างในรู้สึกอึดอัดและไม่สบายตัว ดังนั้นการปรับอากาศจึงต้องคำนึงถึงการระบายอากาศเสียทิ้งด้วย



ภาพที่ 290 ตัวอย่างระบบการระบายอากาศเสียทิ้ง

1.4 การหมุนเวียนของอากาศบริสุทธิ์

ภายในห้องปรับอากาศต้องคำนึงถึงความเร็วของลมด้วย เพราะถึงแม้ว่าจะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้พอเหมาะแล้ว แต่ถ้าลมส่งที่พัดหมุนเวียนแรงเกินไปและปะทะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายโดยตรงตลอดเวลา ก็จะทำให้ผู้อยู่ในห้องรู้สึกไม่สบายตัวได้



ภาพที่ 291 ตัวอย่างระบบการหมุนเวียนของอากาศบริสุทธิ์

1.5 การกำจัดฝุ่นละออง

ควันบุหรี่ กลิ่น และเสียง เนื่องจากห้องปรับอากาศเป็นห้องที่ปิดมิดชิด มีการปรับอากาศและระบายอากาศที่ดีซึ่งสามารถจัดสิ่งรบกวนต่างๆ ได้ เช่น ควัน กลิ่น และเสียงอีกทีก็จากภายนอกให้ลดน้อยลงได้



ภาพที่ 292 แผ่นกรองกำจัดฝุ่นละอองเครื่องปรับอากาศ

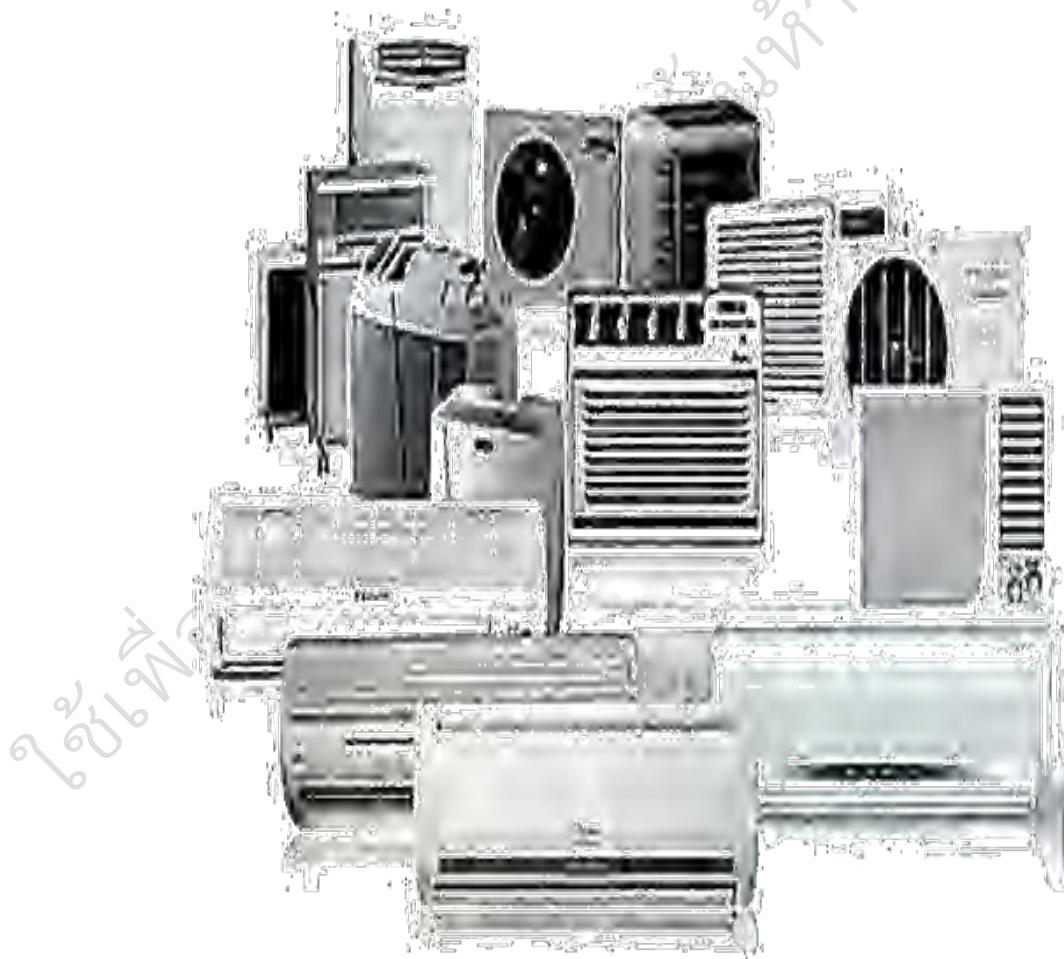
2. เครื่องปรับอากาศ

แต่ก่อนเครื่องปรับอากาศทำหน้าที่เป็นเครื่องที่ทำให้อุณหภูมิลดลงแต่ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศได้ถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถในด้านอื่นๆ อีกหลายด้านเช่น ปรับอุณหภูมิตามความต้องการหรือมีการกรองอากาศ การป้องกันเชื้อราในห้อง แล้วยังมีระบบประหยัดไฟฟ้ามีระบบอื่นๆ ที่สนองความต้องการของผู้บริโภคอีกมากมาย ซึ่งทำให้เครื่องปรับอากาศในสมัยนี้มีคุณสมบัติต่างจากเครื่องปรับอากาศสมัยก่อนมาก

2.1 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศทั่วไปที่ใช้ตามบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงานเล็ก ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดแบ่งได้เป็น 6 ประเภทใหญ่ดังนี้

- 1) แบบติดผนัง (wall type)
- 2) แบบตั้ง/แขวน (ceiling/floor type)
- 3) แบบตู้ตั้ง (package type)
- 4) แบบฝังเพดาน (built-in type)
- 5) แบบหน้าต่าง (window type)
- 6) แบบเคลื่อนที่ (Mo-able type)



ภาพที่ 293 เครื่องปรับอากาศที่ใช้ตามบ้านพักอาศัย

2.2 ลักษณะการใช้งาน ข้อดีและข้อเสีย ของเครื่องปรับอากาศแต่ละประเภท

2.2.1 แบบติดผนัง (wall type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีรูปแบบเล็กกะทัดรัด เหมาะสำหรับห้องที่มีพื้นที่น้อย เช่น ห้องนอน ห้องรับแขกขนาดเล็ก เป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ด้วยรูปลักษณะที่ดูทันสมัยและประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง เหมาะสำหรับติดตั้งในห้องนอน หรือห้องนั่งเล่นที่มีพื้นที่ไม่มากนัก เพราะแอร์ประเภทนี้ bt u ยั้่น้อยอยู่ที่ 9,000bt u – 30,000bt u เท่านั้น

➤ ข้อดี

- รูปแบบทันสมัย และมีให้เลือกหลากหลาย
- เงียบ
- ติดตั้งง่าย

➤ ข้อเสีย

- ไม่เหมาะกับงานหนัก เนื่องจากคอยล์เย็นมีขนาดเล็กส่งผลให้คอยล์สกปรก และอุดตันง่ายกว่าคอยล์ที่มีขนาดใหญ่กว่า



ภาพที่ 294 เครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall type)

2.2.2 แบบตั้ง/แขวน (ceiling/floor type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องที่มีพื้นที่ตั้งแต่เล็ก เช่น ห้องนอน ไปจนถึงห้องที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น สำนักงาน ร้านอาหาร ห้องประชุม แอร์ประเภทนี้ได้รับความนิยมจากอดีตจนถึงปัจจุบันก็ยังเป็นที่นิยมอยู่ ด้วยคุณลักษณะที่สามารถติดตั้งได้ทั้งแขวนใต้เพดาน หรือตั้งที่พื้นก็ได้ ราคาที่ไม่แพงมากนักก็ให้เลือกหลายยี่ห้อ หลายรุ่น แล้วแต่งบประมาณที่ท่านมีอยู่ แอร์ประเภทนี้มีขนาดตั้งแต่ 9,000bt u – 60,000bt u ติดตั้งได้ทุกพื้นที่ที่เราต้องการไม่ว่าจะเป็นห้องนอน ห้องนั่งเล่น ฯลฯ แต่ข้อเสียก็มีบ้างก็คือเรื่องเสียงดังก็ต้องยอมรับว่าเสียงค่อนข้างดังเพราะมีพัดลมส่งลมเย็นที่ใหญ่ขึ้นกว่าแบบติดผนังมากพอสมควร

➤ ข้อดี

- สามารถเลือกการติดตั้งได้ทั้งตั้งพื้น หรือแขวนเพดาน
- สามารถใช้งานได้หลากหลาย เข้าได้กับทุกสถานที่
- การระบายลมดี

➤ ข้อเสีย

- ไม่มีรูปแบบให้เลือกมากนัก



ภาพที่ 295 เครื่องปรับอากาศแบบตั้ง/แขวน (Ceiling/Floor type)

2.2.3 แบบตู้ตั้ง (package type) เป็นเครื่องปรับอากาศ ที่มีลักษณะคล้ายตู้ มีขนาดสูง และมีกำลังลมที่แรง เหมาะกับบริเวณที่มีคนเข้าออกอยู่ตลอดเวลา เช่น ร้านค้า ร้านอาหาร

➤ ข้อดี

- ติดตั้งง่าย โดยสามารถตั้งกับพื้นได้เลย ไม่ต้องทำการยึด
- ทำความเย็นได้เร็วเนื่องจากมีเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดลมที่ใหญ่ ซึ่งให้กำลังลมที่แรงกว่า

➤ ข้อเสีย

- เสียพื้นที่ใช้สอย



ภาพที่ 296 เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง (Package type)

2.2.4 แบบฝังเพดาน (cassette type) / (built-in type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่เน้นความสวยงามโดยการซ่อน หรือฝังอยู่ใต้ฝ้าหรือเพดานห้อง เหมาะกับห้องที่ต้องการเน้นความสวยงาม โดยที่ต้องการให้เห็นเครื่องปรับอากาศน้อยที่สุด

➤ ข้อดี

- สวยงาม โดยสามารถทำตู้ซ่อน หรือ ฝังเรียบไว้บนเพดานห้อง

➤ ข้อเสีย

- ติดตั้งยาก เนื่องจากต้องทำการฝังเข้าตู้ หรือเพดานห้อง
- การดูแลรักษาทำได้ไม่ค่อยสะดวก



ภาพที่ 297 เครื่องปรับอากาศแบบฝังเพดาน (Cassette type) O(built-in type)

2.2.5 แบบหน้าต่าง (window type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่รวมทั้ง คอนเดนซิ่ง ยูนิต และ แฟนคอยล์ ยูนิต อยู่ในเครื่องเดียว ซึ่งสามารถติดตั้งโดยการฝังที่กำแพงห้องได้เลย โดยที่ไม่ต้องเดินท่อน้ำยา ดังนั้นการติดตั้งจึงต้องติดตั้งบริเวณช่องหน้าต่างหรือเจาะช่องที่ผนังแข็งแรง แอร์ประเภทนี้ไม่รวมอยู่ในแอร์ประเภทแยกส่วน (split type) เพราะคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นรวมอยู่ในก้อนเดียวกันไม่ได้แยกจากกันเหมือนสามประเภทแรก ไม่ได้เป็นที่นิยมในปัจจุบันแล้ว เพราะเสียงดัง

➤ ข้อดี

- ประหยัดพื้นที่เนื่องจากไม่ต้องใช้พื้นที่ติดตั้งคอนเดนซิ่ง ยูนิต
- ติดตั้งง่ายเพราะไม่ต้องเดินท่อน้ำยา
- ประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจากการเดินท่อน้ำยา ทำให้ไม่มีความร้อนแทรกซึมตามท่อน้ำยา

➤ ข้อเสีย

- มีเสียงดังจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนของตัวเครื่องและผนัง
- ถ้าเครื่องมีขนาดใหญ่เกินไปจะมีปัญหาในการติดตั้ง เพราะบริเวณช่องหน้าต่างไม่สามารถรับน้ำหนักมากได้



ภาพที่ 298 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window type)

2.2.6 แบบเคลื่อนที่ (Mo-able type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่ไม่ต้องทำการติดตั้ง และสามารถ
เข็นไปใช้ได้ทุกพื้นที่ พุดง่าย ๆ ก็คือสามารถเสียบปลั๊กใช้ได้เลย

➤ ข้อดี

- ขนาดกะทัดรัด
- ไม่ต้องติดตั้ง
- สามารถเข็นไปได้ใช้ได้ทุกพื้นที่ ทั้งในห้อง และกลางแจ้ง

➤ ข้อเสีย

- ใช้ได้กับห้องที่มีขนาดใหญ่ไม่มาก
- ประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำกว่า เนื่องจากเป็นระบบเปิดเมื่อนำไปใช้กลางแจ้ง



ภาพที่ 299 เครื่องปรับอากาศแบบเคลื่อนที่ (Movable type)

3. ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ

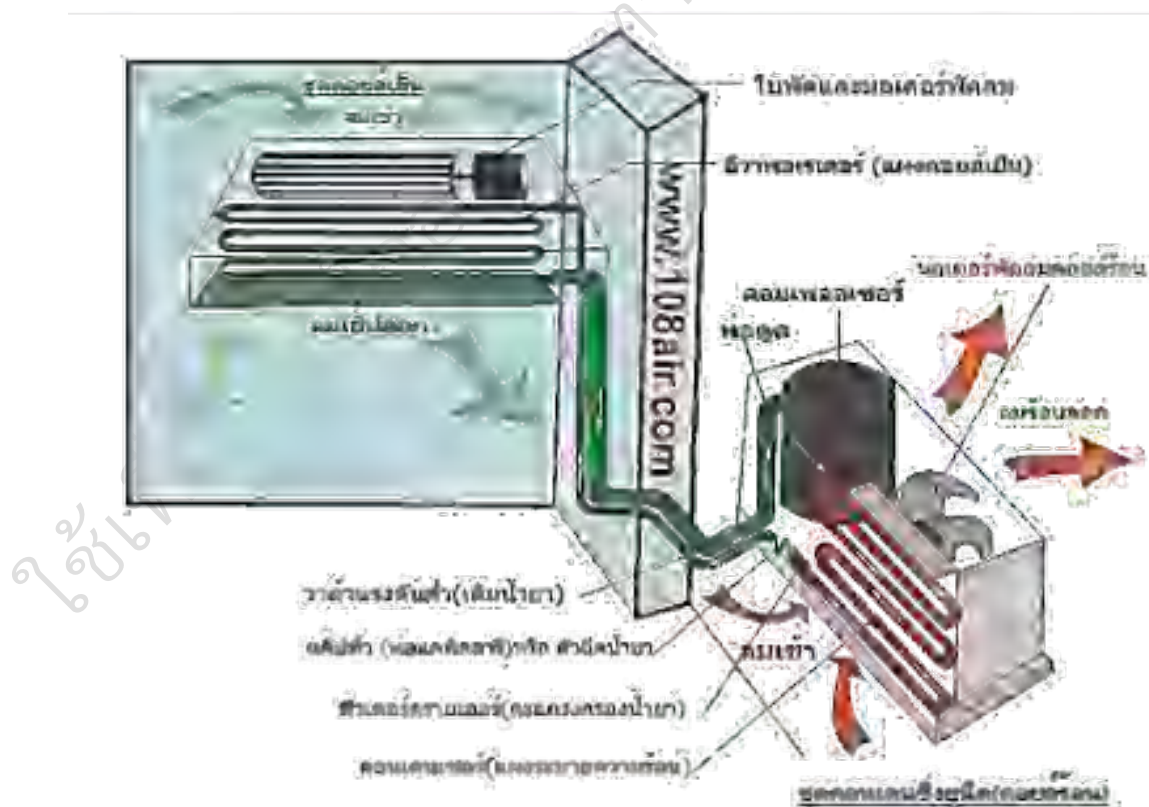
1. คอยล์เย็น (e-aporator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ กับสารทำความเย็น โดยสารทำความเย็นเหลวซึ่งมีความดัน และอุณหภูมิต่ำจะรับความร้อนเข้ามามีผลทำให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอ

2. คอยล์ร้อน (condenser) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ให้ไอสารทำความเย็นควบแน่นกลับเป็นสารทำความเย็น ในสถานะของเหลว โดยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเมื่อไอน้ำยาสูญเสียความร้อนถึงจุดหนึ่งจะควบแน่นเป็นของเหลว ความร้อนที่ถูกดึงออกจะเท่ากับปริมาณความร้อนที่สารทำความเย็นดูดกลืนจากคอยล์เย็นบวกกับความร้อนที่ได้รับจากการทำงานโดยการอัดของคอมเพรสเซอร์

3. คอมเพรสเซอร์ (compressor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความดันของสารทำความเย็น โดยการดูดและอัด มีผลให้ ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้สารทำความเย็นเกิดการไหลเวียนใน ระบบอีกด้วย โดยปกติคอมเพรสเซอร์จะเป็นอุปกรณ์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้ทำการดูดและอัด น้ำยาโดยเฉพาะ และ น้ำยาหรือสารทำความเย็นที่จะผ่านคอมเพรสเซอร์จะต้องมีสภาพเป็นไอ น้ำยา (สารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นก๊าซ) เท่านั้น ดังนั้นถ้าเมื่อใดก็ตามที่มีน้ำยาสภาพเป็นของเหลวไหลผ่านเข้ามาจะเกิดผลเสียหายกับ คอมเพรสเซอร์อย่างแน่นอน

4. อุปกรณ์ลดความดัน (expansion Val-e) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นและควบคุมปริมาณการไหลของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอยล์เย็นให้มีปริมาณพอเหมาะ

เครื่องปรับอากาศมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนประกอบภายนอกเครื่อง คือ ส่วนที่เรามองเห็น โดยที่ไม่ได้ถอดชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศและ ส่วนประกอบภายในเครื่อง คือ ส่วนที่จะเห็นเมื่อถอดชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศออก



ภาพที่ 300 การแบ่งส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในบ้าน

3.1 ส่วนประกอบภายในของเครื่องปรับอากาศภายในบ้าน / แพนคอยล์ ยูนิต (Fan coil unit)

ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจะแตกต่างกันตามแบบและรุ่นของเครื่องปรับอากาศนั้นๆ ในคู่มือผู้รับการฝึกนี้จะอธิบายเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง ดังนี้

1. ฝาครอบเครื่องปรับอากาศมีลักษณะเป็นตะแกรงเพื่อให้อากาศที่ดูดจากใบพัดส่งลมเย็นไหลผ่าน
2. แผงกรองอากาศติดตั้งอยู่ด้านหลังฝาครอบเครื่องปรับอากาศ ใช้เพื่อกรองฝุ่น ละอองที่ปะปนอยู่ในอากาศ เครื่องปรับอากาศบางรุ่นจะมีสารฟอกอากาศอยู่ที่แผงกรองอากาศนี้
3. แผ่นเกล็ดกระจายลมเป็นอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศที่สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางลม ขึ้น ลง ด้านซ้าย และด้านขวาได้ เพื่อกำหนดทิศทางของลมเย็นที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศ
4. สวิตช์เปิดและปิดส่วนใหญ่เครื่องปรับอากาศจะเปิดสวิตช์นี้ค้างไว้เพื่อรับคำสั่งการเปิดและปิดจากรีโมทคอนโทรล ดังนั้นสวิตช์เปิดและปิดจึงมักติดตั้งอยู่หลังฝาครอบเครื่องปรับอากาศ
5. ตัวรับสัญญาณรีโมทคอนโทรลเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในปัจจุบันส่งงานด้วยสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน ตัวรับสัญญาณรีโมทคอนโทรลจึงเป็นอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศที่สำคัญชิ้นหนึ่ง
6. ไฟแสดงการทำงาน ลักษณะไฟจะแตกต่างกันไปตามประเภทและรุ่นของเครื่องปรับอากาศ ปกติแล้วจะมี 3 ดวง คือไฟสีแดงแสดงสถานะเครื่องทำงาน (power) ไฟสีส้มแสดงสถานะในเวลาที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศไม่ทำงานแต่ใบพัดส่งลมเย็นทำงานอยู่ (sleep) และไฟสีเหลืองแสดงสถานะการตั้งเวลาของเครื่องปรับอากาศ (time)
7. ช่องอากาศออก มีลักษณะเป็นตะแกรงอยู่ที่เครื่องปรับอากาศภายนอกอาคารเป็นช่องระบายอากาศที่ถูกพัดลมดูดอากาศจากอีกด้านหนึ่งพัดผ่านแผงท่อระบายความร้อนออกมา
8. ท่อระบายน้ำทิ้งเมื่อเครื่องปรับอากาศดูดอากาศและความชื้นภายในห้องเข้ามาความชื้นเหล่านั้นจะกลั่นตัวจนกลายเป็นหยดน้ำและถูกระบายออกทางท่อระบายน้ำทิ้ง
9. ท่อนำสารทำความเย็น (refrigerant pipe) แบ่งออกเป็น 2 ท่อ ทำหน้าที่ ส่งสารทำความเย็นเข้าสู่แผงทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศส่วนที่อยู่ภายในอาคาร และนำสารทำความเย็นจากแผงทำความเย็นไปยังคอมเพรสเซอร์ที่อยู่ภายนอกอาคาร
10. แผงท่อทำความเย็น (cooling coil) มีลักษณะเป็นตะแกรงติดตั้งอยู่ด้านหน้าของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ภายในแผงท่อทำความเย็นจะมีสารทำความเย็นไหลเวียนอยู่เพื่อรับลมจากใบพัดส่งลมเย็นและส่งไปยังแผ่นเกล็ดกระจายลม
11. มอเตอร์ (Motor) มีหน้าที่หมุนใบพัดส่งลมเย็นเพื่อให้เกิดแรงลม
12. ใบพัดส่งลมเย็น (blower) ต่อเชื่อมกับมอเตอร์สำหรับพัดส่งลมเย็นไปยังแผงท่อทำความเย็น

3.2 ส่วนประกอบภายนอกของเครื่องปรับอากาศภายในบ้าน / คอนเดนซิ่ง ยูนิต (condensing unit)

ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจะแตกต่างกันตามแบบและรุ่นของเครื่องปรับอากาศนั้นๆ ในคู่มือผู้รับการฝึกนี้จะอธิบายเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง ดังนี้

1. ท่อนำสารทำความเย็น (refrigerant pipe) แบ่งออกเป็น 2 ท่อ ทำหน้าที่ ส่งสารทำความเย็นเข้าสู่แผงทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศส่วนที่อยู่ภายในอาคาร และนำสารทำความเย็นจากแผงทำความเย็นไปยังคอมเพรสเซอร์ที่อยู่ภายนอกอาคาร

2. คอมเพรสเซอร์ (compressor) ติดตั้งอยู่ที่เครื่องปรับอากาศภายนอกอาคารทำหน้าที่รับสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาพเป็นไอจากเครื่องปรับอากาศภายในอาคารและอัดไอจากสารทำความเย็นไปยังแผงท่อระบายความร้อนต่อไป

3. แผงท่อระบายความร้อน (condensing coil) ต่อเชื่อมกับคอมเพรสเซอร์มีลักษณะเป็นท่อตะแกรง ภายในมีสารทำความเย็นที่ส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ไหลเวียนอยู่

4. พัดลมระบายความร้อน (condensing fan) อยู่ด้านหลังแผงท่อระบายความร้อนทำหน้าที่ดูดอากาศภายนอกอาคารเข้ามาผ่านผ่านแผงท่อระบายความร้อนเพื่อให้สารทำความเย็นเย็นลงและกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง

5. ชุดสตาร์ทมอเตอร์พัดลมระบายความร้อน (condensing fan) และชุดสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ (compressor) อยู่ด้านในคอนเดนซิ่ง ยูนิต (condensing unit) ผังคอมเพรสเซอร์ (compressor) เพื่อควบคุมการทำงานของ คอนเดนซิ่ง ยูนิต (condensing unit) ทั้งหมด

4. การประเมินภาระแหล่งความร้อน

การประมาณค่าความร้อน ของเครื่องปรับอากาศ แหล่งที่มาของ ความร้อน แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. แหล่งความร้อนจากภายนอก (outdoor heat sources) คือ แหล่งความร้อนจากภายนอกอาคาร

ก. ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

- ทิศทางที่ได้รับแสงอาทิตย์
- พื้นที่หรือเนื้อที่รับแสงอาทิตย์
- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำกระจก, โครงสร้าง
- ความหนาของวัสดุที่ใช้
- ผิวและสี

ข. ความร้อนที่ผ่านเข้าไปภายในห้องโดยการนำและการพา ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

- ความแตกต่างของ temp. ภายในและภายนอกห้อง
- พื้นที่รับความร้อน

ค. ความร้อนจากอากาศที่รั่วหรือไหลเข้าไปภายในห้อง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

- จำนวนครั้งในการเปิด - ปิดประตู
- ความเร็วลม



ภาพที่ 301 แหล่งความร้อนจากภายนอกอาคาร

2. แหล่งความร้อนจากภายในห้อง (indoor heat sources) หมายถึง แหล่งความร้อนภายในอาคาร ได้แก่ คน, แสงสว่าง, เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ, موتور แหล่งความร้อนภายในที่คายออกจากตัวคนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

ก. ระดับอุณหภูมิของสิ่งต่างๆ ภายในอากาศหรือภายในห้องที่ต้องการปรับอากาศ

- ห้องที่ต้องการปรับอากาศอยู่ชั้นไหนของอาคาร
- ตำแหน่งของห้องตั้งอยู่ทางทิศใด
- ช่วงเวลาที่จะใช้เครื่องปรับอากาศ
- เพดานได้รับความร้อนโดยตรงหรือไม่
- จำนวนคนที่อยู่ในห้องปรับอากาศ
- ดวงไฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในห้อง
- มีพัดลมดูดอากาศเพื่อการระบายอากาศหรือไม่
- ขนาดของพื้นที่ห้องที่ต้องการปรับอากาศ

ข. ลักษณะการใช้งานห้องที่ต้องการปรับอากาศ

- ห้องนอน โดนแดดหรือไม่โดนแดด
- ห้องรับแขกและห้องนั่งเล่น โดนแดดหรือไม่โดนแดด
- ห้องทำงานและห้องประชุม โดนแดดหรือไม่โดนแดด



ภาพที่ 302 แหล่งความร้อนจากภายในอาคาร

3. การคำนวณภาระแหล่งความร้อนอย่างง่ายสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเชิงพาณิชย์

- 600 เป็นตัวคูณประเภท ห้องนอน,ห้องนั่งเล่น $3 \times 4 / 4 \times 4 / 4 \times 5 / 5 \times 5(M2)$ กรณีห้องโดนแสงแดดมาก $\times 650$
- 700 เป็นตัวคูณประเภท ห้องรับแขก,ห้องเรียน $5 \times 6 / 6 \times 6 / 6 \times 7 / 7 \times 7(M2)$ กรณีห้องโดนแสงแดดมาก $\times 750$
- 800 เป็นตัวคูณประเภท ห้องประชุม,ห้องโถง $7 \times 8 / 8 \times 8 / 8 \times 9 / 9 \times 9(M2)$ กรณีห้องโดนแสงแดดมาก $\times 850$
- 900 เป็นตัวคูณในกรณี ห้องที่มีขนาดความสูงเกิน 3 เมตร

ตัวอย่างการคำนวณ

ข้อมูล

1. ต้องการติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน /แบบติดผนัง
2. พื้นที่ห้อง “กว้าง (4 เมตร) ,ยาว (5 เมตร) ,สูงไม่เกิน 3 เมตร”
3. ประเภทห้องทำงานส่วนตัว
 - $(4 \times 5) = 20$ ตารางเมตร
 - $(20 \times 700) = 14,000$ bt u.

ให้เลือกขนาดเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน/แบบติดผนัง ตามมาตรฐานการผลิต
(ตั้งแต่ ขนาด 12,500 bt u. ถึง ขนาด 13,800 bt u.)

ตารางที่ 63 ตารางเทียบขนาดห้องกับจำนวน บีทียู/ชั่วโมง ตามลักษณะห้อง

ขนาดเครื่อง บีทียู-ชม.	ขนาดห้อง (ตารางเมตร)					
	ห้องนอน	ห้องนอน โดนแดด	ห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น	ห้องรับแขกและ ห้องนั่งเล่นโดนแดด	ห้องทำงาน	ห้องทำงาน โดนแดด
12,000	16 - 22	14 - 20	16 - 20	14 - 18	14 - 18	12 - 16
16,000	20 - 28	20 - 26	20 - 26	18 - 23	18 - 23	15 - 20
18,000	24 - 33	21 - 30	24 - 30	21 - 27	21 - 27	18 - 24
20,000	28 - 38	24 - 35	28 - 35	24 - 31	24 - 31	21 - 28
22,800	30 - 42	27 - 38	30 - 38	27 - 34	27 - 34	23 - 30
28,000	36 - 50	32 - 45	36 - 45	32 - 41	32 - 41	27 - 36
34,000	44 - 60	38 - 55	44 - 55	38 - 49	38 - 49	33 - 44
38,000	51 - 70	44 - 63	51 - 63	44 - 57	44 - 57	38 - 51
55,000	71 - 97	62 - 88	71 - 88	62 - 80	62 - 80	53 - 71
64,000	86 - 118	75 - 107	86 - 107	75 - 97	75 - 97	64 - 86

5. ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ Energy Effective ratio (EEr)

eer หมายถึงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (energy efficiency ratio, eer)
คือ ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น (btu/hr.)/w หรือคืออัตราส่วนของปริมาณความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้ (output) กับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศ ใช้ในการทำความเย็น (input) ซึ่งค่า eer เป็นเกณฑ์ในการตัดสินฉลากพลังงาน โดยสรุปแล้ว ค่า eer นั้นคือค่าอัตราส่วนของความเย็นที่แอร์ทำได้จริง ต่อ กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ โดยมีสมการดังนี้

ตารางที่ 64 การคำนวณค่า EEr

ความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้ (output)	= บีทียู / ชั่วโมง
กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศต้องใช้ในการทำความเย็น	= กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์
การคำนวณ eer	= บีทียู / ชั่วโมง
output	บีทียู / ชั่วโมง
input	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

ตารางที่ 65 การกำหนดค่าฉลากประหยัดไฟ

ระดับประสิทธิภาพ	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EEr)
เบอร์ 5	มากกว่าหรือเท่ากับ 11.0
เบอร์ 4	มากกว่าหรือเท่ากับ 10.6 - น้อยกว่า 11.0
เบอร์ 3	มากกว่าหรือเท่ากับ 9.6 - น้อยกว่า 10.6

หมายเหตุ ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 กำหนดใช้เฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น การผลิตเครื่องปรับอากาศไปจำหน่ายต่างประเทศนั้น จะไม่ใช่ eer เนื่องจากต่างประเทศจะไม่รู้จัก

Coefficient of Performance (CoP)

cop หมายถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ หาได้จาก

$$COP = \frac{\text{Cooling Capacity (kW)}}{\text{Power Input}} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 7.6}$$

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 7 : หลักการทำความเย็นและการปรับอากาศ

ค่า cooling capacity จะถูกกำหนดมาจากโรงงานซึ่งจะสามารถหาดูได้ที่ป้ายประจำเครื่องหรือ Name plate

Name	Air cooled liquid chiller	Model	YEAJ99MW9
Cooling Capacity	779kW	Input Power	223.4kW
Refrigerant	R22	Charge	66+73kg
Power Supply	AC380V-3PH-50HZ	Control Supply	AC110V-1PH-50HZ
Water Pressure	10.3 Bar	DIMENSION	5845X2310X2480mm
Operating Weight	8250kg	MFG.Date	09/30/04

ภาพที่ 303 แสดงname plate ประจำเครื่อง

ตัวอย่าง เครื่องปรับอากาศเครื่องหนึ่งขนาด 18,500 bt u มีค่า power input ประมาณ 1.52 kw
เครื่องปรับอากาศเครื่องนี้จะมีค่า cop เท่าไร

$$COP = \frac{5.15 \text{ kW}}{1.52 \text{ kW}}$$

$$COP = 3.39$$

หากเราต้องการทำให้เป็น eer ก็จะต้องนำค่า 3.412 ไปคูณค่า cop ที่ต้องใช้ค่า 3.412 นั้นเพราะว่า
1 watt จะมีค่าเท่ากับ 3.412 bt u

$$eer = cop \times 3.412 \text{ bt u}$$

$$eer = 3.39 \times 3.412 \text{ bt u}$$

$$eer = 11.57$$

ตรงกับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ซึ่งกำหนดได้มีค่า eer ไม่น้อยกว่า 11.0



ภาพที่ 304 ตัวอย่างฉลากไฟฟ้าเบอร์ 5

6. ความแตกต่างค่า EER และค่า SEER

ฉลากสำหรับเครื่องปรับอากาศ มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ

- เครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed speed (ทดสอบแบบ eer)
- เครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable speed (ทดสอบแบบ seer)

ฉลากเบอร์ 5 สำหรับเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกัน ดังนี้

ปีเกณฑ์พลังงาน เครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed speed จะต้องมีค่าตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานปี 2011 (พ.ศ.2554)

สำหรับเครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable speed มีค่าตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานปี 2015 (พ.ศ.2558)

ค่าประสิทธิภาพ

เครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed speed ระบุเป็น ระดับประสิทธิภาพ : eer

เครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable speed ระบุเป็น ระดับประสิทธิภาพ : seer โดยเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ จะมีการทดสอบเพิ่มเติมซึ่งจะใช้ข้อมูลของเครื่องปรับอากาศในอุณหภูมิภายนอกเพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพที่สะท้อนต่อการทำงานจริง

ฉลากเบอร์ 5 ในเครื่องปรับอากาศ ทั้ง 2 ประเภท ต่างกันอย่างไร?

การทดสอบแบบ EER

35°C อุณหภูมิภายนอกคงที่

เครื่องปรับอากาศทั่วไป (Fixed Speed) ซึ่งคอมเพรสเซอร์ทำงานที่ความเร็วคงที่ จะทดสอบประสิทธิภาพแบบ "EER" (Energy Efficiency Ratio) ที่วัดอัตราส่วนของความเย็นที่ทำความเย็นให้กับพื้นที่ภายในต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งขณะทดสอบทุกหน่วยความเย็นที่ผลิตจะถูกถ่ายเทให้คืน

การทดสอบแบบ SEER

27-35°C อุณหภูมิภายนอกไม่คงที่

เนื่องจากเทคโนโลยี Inverter ในเครื่องปรับอากาศสามารถปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ได้ตามภาระโหลดที่ใช้ภายในห้องและภาระการสูญเสียความร้อนจากห้องภายนอก ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าแบบธรรมดา การทดสอบประสิทธิภาพแบบ SEER หรือ ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (Seasonal Energy Efficiency Ratio)

SEER คือการวัดค่าเฉลี่ยเพื่อการใช้งานจริง

สำหรับเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ที่ผ่านการทดสอบแบบ EER หรือ SEER ตัวเลขยิ่งสูง ยิ่งประหยัดไฟ

ภาพที่ 305 ความแตกต่างค่า EER และค่า SEER

บทนำ

เนื้อหาวิชา : งานท่อสารทำความเย็น

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับการใช้งานท่อทองแดงในงานเครื่องปรับอากาศ และสามารถเชื่อมต่อท่อทองแดงในเครื่องปรับอากาศได้

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับชนิดและหลักการเดินท่อทองแดง การคลี่ การตัด การรีมปากท่อ การบาน การขยาย การตัด การทำความสะอาด การเชื่อมท่อด้วย เครื่องเชื่อมแก๊ส การเชื่อมผ่านก๊าซไนโตรเจน ชนิดลวดเชื่อม การเก็บรักษา และการบำรุงรักษา ความปลอดภัยในการเชื่อม การปรับแต่งแรงดัน การปรับแต่งขึ้นงานก่อนการเชื่อม การเชื่อมแก๊สในลักษณะต่างๆ การเชื่อมในชิ้นงานต่างชนิดกัน การทำความสะอาดแนวเชื่อม และวิธีการทดสอบแนวเชื่อม

ฝึกปฏิบัติการปรับตั้งค่าความดันของอุปกรณ์ควบคุมความดัน ตัดท่อ ตัดท่อ ขยายท่อ บานแฟร์ ขึ้นต่อท่อ การเชื่อมแก๊สด้วยลวดเชื่อมเงิน และลวดเชื่อมทองเหลือง การทดสอบแนวเชื่อม และการบำรุงรักษาชุดเชื่อมแก๊ส

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

8. งานท่อสารทำความเย็น

(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 7 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 19 ชั่วโมง)

(หน้าที่)

8.1 ชนิดและขนาดของท่อสารทำความเย็น

(314 – 319)

8.2 งานท่อทองแดง

(320 – 328)

งานท่อสารทำความเย็น

8.1 ชนิดและขนาดของท่อสารทำความเย็น

1. ชนิดของท่อสารทำความเย็น

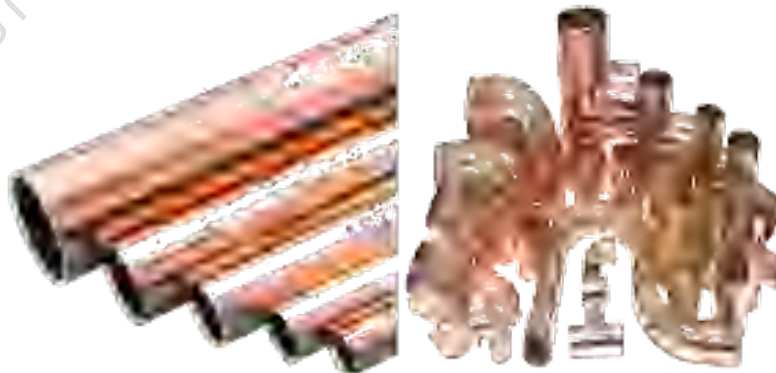
ท่อสารทำความเย็นสำหรับงานเครื่องปรับอากาศ โดยปกติแล้วท่อสารทำความเย็นไม่ได้สัมผัสเฉพาะสารทำความเย็นอย่างเดียว แต่ท่อดังกล่าวยังต้องสัมผัสกับสารหล่อลื่นที่ไหลปนมากับสารทำความเย็นอีกด้วย วัสดุที่ใช้ทำเป็นท่อทางเดินสารทำความเย็นจะต้องมีความเหมาะสมที่นำมาใช้กับสารทำความเย็นและน้ำมันหล่อลื่นในระบบทำความเย็นของงานเครื่องปรับอากาศ ห้ามใช้วัสดุที่อาจเสื่อมสภาพเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีของสารทำความเย็นและน้ำมันหล่อลื่นท่อสารทำความเย็น ดังนั้นโดยปกติจะเป็นท่อทองแดงแบบไม่มีตะเข็บ แนะนำให้เลือกใช้ท่อทองแดงตามมาตรฐาน ast M b280 (acr , air conditioning and r efrigeration Field ser-ice) เพราะถูกกำหนดมาเพื่อใช้สำหรับงานระบบปรับอากาศและทำความเย็นโดยเฉพาะและมีการทำความสะอาดพื้นผิวภายในท่อและปิดผนึกปลายท่ออย่างมิดชิดมาจากโรงงาน ท่อตามมาตรฐาน ast M b280 มาตรฐานนี้จะแบ่งท่อเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ท่อชนิดแข็ง และท่อชนิดอ่อน



ภาพที่ 306 ตัวอย่างสินแร่ทองแดง

1.1 ท่อชนิดแข็ง

ท่อทองแดงชนิดแข็งแนะนำให้ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดทำความเย็นมากกว่า 60,000 btu/h ขึ้นไป (5 ตันความเย็นขึ้นไป) เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทานต่อการกระแทกแตกได้มากกว่าและเหมาะกับการใช้งานภายนอกอาคาร ท่อชนิดแข็งมีขนาดต่างๆ กันตามขนาดที่วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก แต่มักผลิตความยาวไม่เกิน 6 เมตร



ภาพที่ 307 แสดงท่อทองแดงชนิดแข็ง และอุปกรณ์ต่อท่อ

1.2 ท่อชนิดอ่อน

ท่อชนิดอ่อน อาจจะเป็นท่ออะลูมิเนียม ท่อทองแดงหรือท่อที่ทำจากสารอัลลอยด์ชนิดพิเศษ แนะนำ ให้ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดทำความเย็นไม่เกิน 60,000 btu/h (ไม่เกิน 5 ตันความเย็น) หรือ ลักษณะงานที่เดินท่อไม่ไกลมากนักเนื่องจากเป็นท่อที่เกิดรอยพับหรือยุบตัวจาก การกดทับหรือกระแทกได้ง่ายซึ่ง อาจทำให้เกิดการรั่วได้

ท่อชนิดอ่อน โดยทั่วไปจำหน่ายเป็นขดมีความยาว 25 ฟุต หรือ 50 ฟุต มีขนาดต่างๆ กันตาม ขนาดที่วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (outside diameter หรือ od) เช่นขนาด 1/4 นิ้ว od, 1/2 นิ้ว od การคลี่ท่อออกจากขดเพื่อใช้งานควรวางท่อนบนพื้นราบๆ กดปลายท่อกับพื้นแล้วหมุนขดท่อกลี่ยอก โดยวิธีนี้จะทำให้ท่อที่ตรงเพราะถ้าดึงท่อออกจากขดข้างๆ จะทำให้ท่อบิด ไม่สามารถนำไปบานหรือตัดได้



ภาพที่ 308 แสดงท่อทองแดงชนิดอ่อนแบบม้วน และแบบท่อสำเร็จพร้อมฉนวน



ภาพที่ 309 แสดงท่ออะลูมิเนียมชนิดอ่อน

1.3 การจำแนกลักษณะท่อทองแดงตามการใช้งาน

ท่อทองแดงทั้ง 2 ชนิด คือแบบท่อแข็ง และแบบท่ออ่อน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ มักจะใช้กับระบบสารทำความเย็นหรือน้ำยาแอร์ ซึ่งท่อทองแดงที่ใช้กันทั่วไปนั้นสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ตามความหนาของท่อทั้งท่อแข็งและท่ออ่อน ได้แก่

ท่อทองแดงแบบ k หรือ type k สามารถใช้กับงานทำความเย็นปรับอากาศ ระบบน้ำยาได้ เพราะมีความหนาในบรรดาท่อทั้งหมด

ท่อทองแดงแบบ L หรือ type L เป็นท่อที่หนาปานกลาง คุณสมบัติคล้ายแบบ k ซึ่งใช้ในการทำความเย็นได้เหมือนกัน

ท่อทองแดงแบบ M หรือ type M เป็นท่อทองแดงแบบบาง นิยมใช้ในงานเดินท่อนอกภายนอกปรับอากาศ

ซึ่งการจำแนกชนิดความหนาของท่อแต่ละประเภท แต่ละคุณสมบัติ นั้น จะดูจากตารางความหนาด้านล่าง

ตารางที่ 66 แสดงชนิดความหนาของท่อทองแดงแต่ละประเภท

COPPER TUBE TABLE

O.D. - เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (OUTSIDE DIAMETER)

O.D.		ความหนาผนังท่อ (WALL THICKNESS)				น้ำหนัก	
		แบบ (TYPE) K		แบบ (TYPE) L		ปอนด์/ฟุต	กรัม/เมตร
นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.		
		0.049	1.2			0.269	356.2
1/2"	12.7			0.035	0.9	0.198	269.7
		0.049	1.2			0.344	467.7
5/8"	15.9			0.040	1.0	0.285	387.7
		0.049	1.2			0.418	569.2
3/4"	19.1			0.042	1.1	0.362	492.7
		0.065	1.7			0.641	872.4
7/8"	22.2			0.045	1.1	0.452	614.8
		0.065	1.7			0.839	1141.6
1-1/8"	28.6			0.050	1.3	0.655	890.6
		0.065	1.7			1.037	1411.1
1-3/8"	34.9			0.055	1.4	0.884	1202.9
		0.072	1.8			1.362	1853.3
1-5/8"	41.3			0.060	1.5	1.143	1555.3
		0.083	2.1			2.064	2808.5
2-1/8"	54.0			0.070	1.8	1.752	2384.0

Star One International Co., Ltd.

1.4 การเลือกใช้และการจัดเก็บท่อทองแดง

การเลือกใช้ท่อทางเดินสารทำความเย็น หรือท่อทองแดงนั้น มีข้อควรคำนึงถึง ดังนี้

- ชนิดของระบบทำความเย็นว่าเป็นแบบใด และใช้สารทำความเย็นชนิดใด เพราะสารความเย็นบางชนิดจะทำปฏิกิริยากับท่อ เช่น หากเราใช้สารทำความเย็นที่เป็นแอมโมเนียจะทำให้เกิดการกัดกร่อนท่อทองแดง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ท่อเหล็กหรือท่ออะลูมิเนียม

- ราคาของท่อสารทำความเย็น
- วิธีการต่อท่อที่เลือกใช้
- ควรจัดเก็บท่อโดยการปิดปลายท่อ เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและความชื้นจากอากาศ
- จัดเก็บหรือทำการคลี่ท่อด้วยความระมัดระวัง อาจจะทำให้ท่อบุบเสียหายได้
- จัดเก็บแยกออกจากวัสดุอื่นๆ
- จัดเก็บท่อให้ไกลจากสารเคมีหรือสิ่งที่เป็นกรด



ภาพที่ 310 แสดงความเสียหายต่อท่อทองแดงเนื่องจากจัดเก็บไม่ถูกต้อง



ภาพที่ 311 แสดงการจัดเก็บท่อทองแดง

2. ขนาดและราคาท่อทองแดงทั้ง ชนิดท่อแข็งหรือท่อแบบเส้น และ ชนิดท่ออ่อนหรือท่อแบบม้วน
(แหล่งข้อมูลจาก : <http://www.Lowtechworld.com/Type-CopperTubeOnline> วันที่ 20/08/2561)
ตารางที่ 67 ขนาดและราคาท่อทองแดงชนิดท่อแข็งหรือแบบเส้น

ท่อทองแดงแบบเส้น TYPE M

Size (inch) OD	Wall thickness (mm.)	ราคา/เส้น	
3/8" (1/4" ID)	0.55 mm.	400.-	
1/2" (3/8" ID)	0.64 mm.	570.-	
5/8" (1/2" ID)	0.71 mm.	630.-	
3/4" (5/8" ID)	0.76 mm.	1,085.-	
7/8" (3/4" ID)	0.81 mm.	1,315.-	

ท่อทองแดงแบบเส้น TYPE L

Size (inch) OD	Wall thickness (mm.)	ราคา (บาท)	
3/8" (1/4" ID)	0.76 mm.	630.-	
1/2" (3/8" ID)	0.89 mm.	1,000.-	
5/8" (1/2" ID)	1.02 mm.	1,435.-	
3/4" (5/8" ID)	1.07 mm.	1,770.-	
7/8" (3/4" ID)	1.14 mm.	2,315.-	

ท่อทองแดงแบบเส้น TYPE L

Size (inch) OD	Wall thickness (mm.)	ราคา (บาท)	
3/8" (1/4" ID)	0.76 mm.	630.-	
1/2" (3/8" ID)	0.89 mm.	1,000.-	
5/8" (1/2" ID)	1.02 mm.	1,435.-	
3/4" (5/8" ID)	1.07 mm.	1,770.-	
7/8" (3/4" ID)	1.14 mm.	2,315.-	

(แหล่งข้อมูลจาก : <http://www.lowtechworld.com/Type/CopperTubeOnline> วันที่ 20/08/2561)

ตารางที่ 68 ขนาดและราคาท่อทองแดงชนิดท่ออ่อนหรือแบบม้วน

ท่อทองแดงม้วน แบบบาง			
ขนาด (นิ้ว)	ขนาด (มิลลิเมตร)	ราคา/ม้วน	
1/4" เบอร์ 27	6.35 มิลลิเมตร	550.-	
3/8" เบอร์ 26	9.52 มิลลิเมตร	740.-	
1/2" เบอร์ 25.5	12.70 มิลลิเมตร	1,150.-	
5/8" เบอร์ 24	15.88 มิลลิเมตร	1,450.-	
3/4" เบอร์ 23	19.05 มิลลิเมตร	1,750.-	

ท่อทองแดงม้วน แบบหนา			
ขนาด (นิ้ว)	ขนาด (มิลลิเมตร)	ราคา/ม้วน	
1/4" เบอร์ 22	6.35 มิลลิเมตร	750.-	
3/8" เบอร์ 22	9.52 มิลลิเมตร	1,020.-	
1/2" เบอร์ 22	12.70 มิลลิเมตร	1,400.-	
5/8" เบอร์ 22	15.88 มิลลิเมตร	1,790.-	
3/4" เบอร์ 22	19.05 มิลลิเมตร	2,000.-	

ท่อทองแดงม้วน แบบหนาพิเศษ			
ขนาด (นิ้ว)	ขนาด (มิลลิเมตร)	ราคา (บาท)	
1/4" เบอร์ 18	6.35 มิลลิเมตร	1,750.-	
5/16" เบอร์ 18	7.93 มิลลิเมตร	2,250.-	
3/8" เบอร์ 18	9.52 มิลลิเมตร	2,770.-	
1/2" เบอร์ 18	12.70 มิลลิเมตร	3,850.-	
5/8" เบอร์ 18	15.88 มิลลิเมตร	4,890.-	

8.2 งานท่อทองแดง

1. การตัดท่อทองแดง

วิธีที่ดีที่สุดในการตัดท่อทองแดงอ่อนก็คือใช้คัตเตอร์ (tube cutter) ท่อบางประเภทก็ตัดด้วยเลื่อยมือ เช่น ท่อแอสแตนเลสที่มีผนังท่อหนาและขนาดผ่านศูนย์กลางโต หลังจากการตัดท่อแล้วทุกครั้งจะต้อง ทำการรีมท่อที่ตัดแล้วด้วยรีมเมอร์ท่อ หรือด้วยรีมเมอร์ที่ติดอยู่กับคัตเตอร์ด้วย

1. การตัดท่อโดยใช้คัตเตอร์ ท่อที่สามารถตัดด้วยคัตเตอร์ได้นั้นส่วนมากจะเป็นท่อชนิดอ่อนและเป็นท่อที่มีความหนาไม่มากนัก

2. การตัดท่อโดยใช้เลื่อย ท่อที่จะต้องอาศัยการตัดโดยการใช้เลื่อยนั้นส่วนใหญ่แล้วจะเป็นท่อที่มีความแข็งและมีขนาดที่โตเกินกว่าการตัดด้วยคัตเตอร์ได้

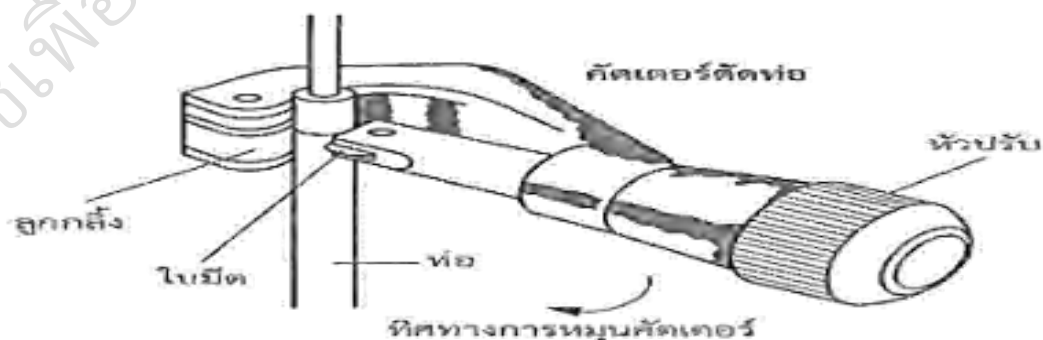
ในคู่มือผู้รับการฝึกฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ การตัดท่อโดยใช้คัตเตอร์ท่อทองแดง เท่านั้น ซึ่งเป็นที่นิยมมากกว่าสำหรับงานเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ขั้นตอนการตัดท่อโดยใช้คัตเตอร์ท่อทองแดง

1. วางท่อลงระหว่างโรลเลอร์หรือลูกกลิ้งและใบมีดของคัตเตอร์
2. หมุนหัวปรับตั้งระยะใบมีดให้ฝังลงเนื้อท่อเล็กน้อย
3. หมุนตัวคัตเตอร์ช้าๆ รอบท่อ จะทำให้ใบมีดหมุนฝังเนื้อท่อโดยรอบ
4. หมุนหัวปรับระยะใบมีดลงในเนื้อท่ออีก แล้วหมุนตัวคัตเตอร์ช้าๆ รอบท่อ ทำซ้ำๆ จนท่อขาด
5. แล้วทำการลบคมท่อด้วยเครื่องมือรีมเมอร์ลบคมท่อ



ภาพที่ 312 ตัวอย่างคัตเตอร์ตัดท่อทองแดง และรีมเมอร์ลบคมท่อ



ภาพที่ 313 แสดงการตัดท่อทองแดงด้วยคัตเตอร์

2. การบานแฟร์ท่อทองแดง

การบานแฟร์ หมายถึงการทำให้ปลายท่อทองแดงผายออกเพื่อจะนำมาเป็นท่อทางเดินของสารทำความเย็นเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆ ด้วยวิธีแฟร์นั้สามารถทำได้ 2 แบบ คือ แบบแฟร์ชั้นเดียวและแบบสองชั้น

1. การบานแฟร์ท่อชั้นเดียว (single thickness Flare) เหมาะสำหรับท่อที่มีขนาดเล็ก การเริ่มทำบานแฟร์ ต้องแน่ใจว่าปลายท่อได้รับการคว้านเรียบด้วยริมเมอร์ (reamer) เสียก่อน ชุดบานแฟร์ท่อสำหรับบานแฟร์ท่อชั้นเดียวของท่อทางเดินสารทำความเย็น ประกอบด้วยตัวจับท่อและตัวบานแฟร์ ตัวจับท่อสามารถแยกออกได้ง่ายๆ ด้วยการคลายนอตหางปลา (wing Nut) เพื่อใส่และยึดท่อตามขนาดที่ได้เลือกไว้

2. การบานแฟร์ท่อ 2 ชั้น (double thickness Flare) เป็นการแฟร์เพื่อให้เกิดความแข็งแรงมากกว่า การบานแฟร์แบบ 2 ชั้น มักจะทำกับท่อขนาดใหญ่เท่านั้น คือท่อขนาดตั้งแต่ 5/16 นิ้วขึ้นไป เพราะการบานแฟร์ท่อ 2 ชั้นกับท่อขนาดเล็กกว่านี้ลงมาจะทำได้ยาก และต้องทำกับท่อบางๆ

ในคู่มือผู้รับการฝึกฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ การบานแฟร์ท่อทองแดงชั้นเดียว เท่านั้น ซึ่งเป็นที่นิยมมากกว่า สำหรับงานเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ขั้นตอนการบานแฟร์ท่อทองแดงชั้นเดียว

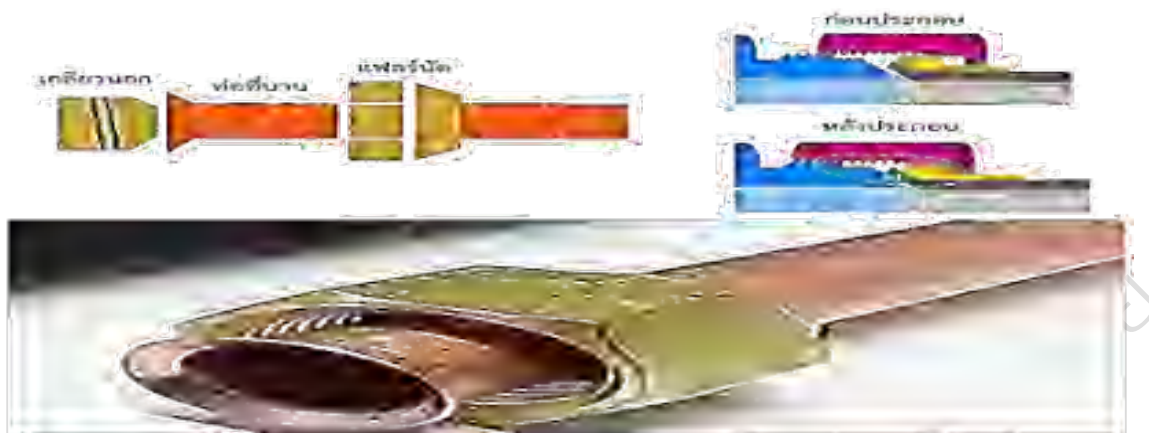
1. ใส่ท่อที่ตัดและลบคมปลายท่อไว้เรียบร้อยแล้วเข้าไปในตัวจับท่อ ให้ขนาดของท่อและขนาดของรูเท่ากัน ปลายท่อสูงกว่าระดับของตัวจับเล็กน้อยประมาณ 3/16 นิ้ว
2. ขันยึดตัวจับให้แน่น
3. สวมตัวบานแฟร์เข้าไปในตัวจับท่อ
4. ค่อยๆ หมุนให้หัวบานทอลงบนปลายท่อ
5. เมื่อบานแฟร์ท่อเรียบร้อยแล้ว ให้คลายเกลียวหัวบานออก และถอดตัวบานแฟร์ท่อออกจากตัวจับท่อ
6. คลายตัวจับท่อ ถอดเอาท่อที่บานแฟร์เรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 314 ตัวอย่างเครื่องมือบานแฟร์ท่อทองแดง



ภาพที่ 315 แสดงขั้นตอนการบานแฟร์ท่อทองแดงชั้นเดียว



ภาพที่ 316 ตัวอย่างท่อทองแดงที่ผ่านการบานแฟลนชั้นเดียวมาแล้ว

3. การขยายท่อทองแดง

การขยายท่อในภาษาช่างมักเรียกการขยายท่อว่า “การตอกขยายหรือเบ่งท่อ” การต่อท่อทางเดินสารทำความเย็นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันนั้นเป็นเรื่องที่ยากลำบากมากหากเราไม่ได้ใช้ข้อต่อ แต่สำหรับบางลักษณะงานก็ไม่สามารถเลือกวิธีใช้ข้อต่อมาใช้ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการขยายปลายท่อด้านใดด้านหนึ่งให้โตขึ้น เพื่อจะได้สวมเข้ากับปลายท่ออีกด้านได้ ซึ่งในปัจจุบันจะมีวิธีการขยายท่อทองแดงได้ 2 แบบ คือ การตอกขยายท่อ และการเบ่งท่อ

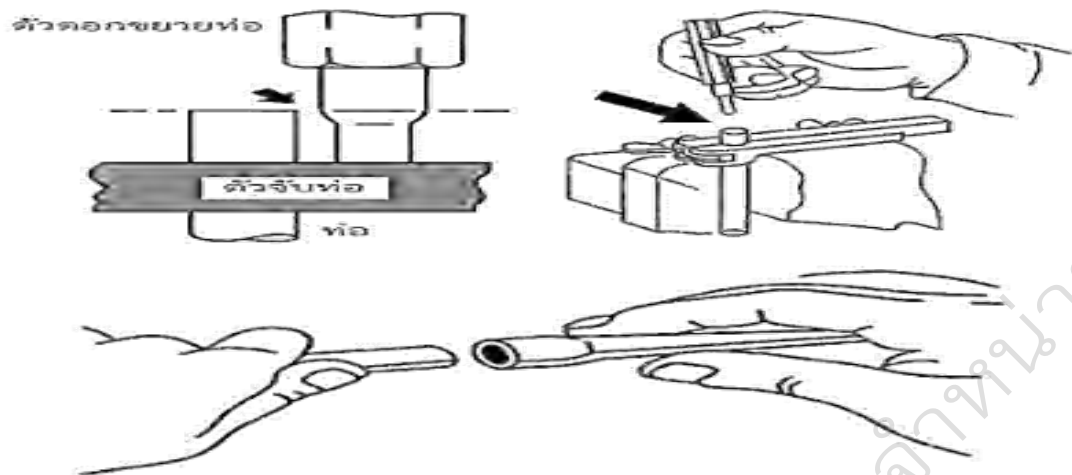
ในคู่มือผู้รับการฝึกฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ การตอกขยายท่อทองแดง เท่านั้น ซึ่งเป็นที่นิยมมากกว่า สำหรับงานเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ขั้นตอนการตอกขยายท่อทองแดง

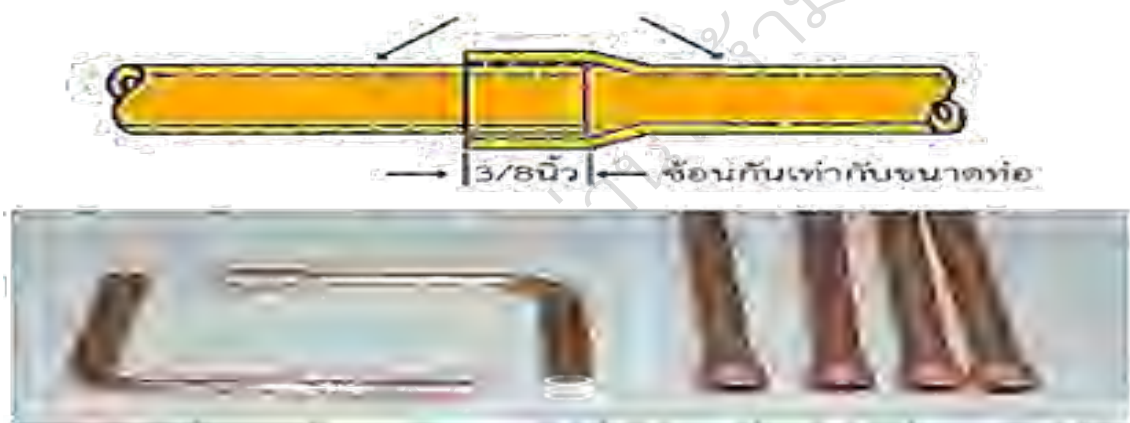
1. ใส่ท่อที่ตัดและลบคมปลายท่อไว้เรียบร้อยแล้วในตัวจับท่อ ให้ขนาดของท่อและขนาดของรูเท่ากัน ปลายท่อสูงกว่าระดับของตัวจับท่อประมาณ เท่ากับช่วงบนของตัวตอกขยาย
2. ชันยึดตัวจับให้แน่น
3. ใส่ตัวตอกขยายท่อลงในท่อจับให้ตรง
4. ใช้ค้อนค่อยๆ ตอกตัวตอกขยายท่อเข้าไปในท่อจนสุด
5. เมื่อบานท่อเรียบร้อยแล้ว ให้ถอนตัวตอกขยายท่อออก
6. คลายตัวจับท่อ ถอดเอาท่อที่ตอกขยายเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 317 ตัวอย่างเครื่องมือขยายท่อทองแดง และเบ่งท่อทองแดง



ภาพที่ 318 แสดงขั้นตอนการตอกขยายท่อทองแดง



ภาพที่ 319 ตัวอย่างท่อทองแดงที่ผ่านการตอกขยาย

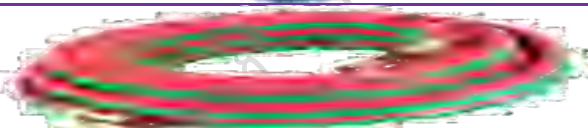
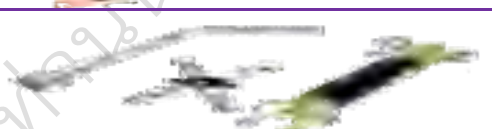
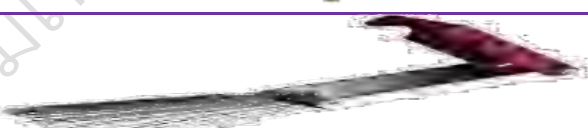
4. การเชื่อมท่อทองแดง

ในการต่อท่อทางเดินสารทำความเย็น นอกจากจะต่อโดยใช้แฟรน์ทและข้อต่อแล้ว ยังสามารถต่อได้โดยการเชื่อมต่อกันด้วย ในการเชื่อมต่อนี้ถ้าเป็นท่อชนิดแข็งการบานท่อจะทำได้ เพราะท่อจะแตกฉะนั้นจึงใช้ข้อต่อสำเร็จรูปหากเป็นท่อทองแดงชนิดอ่อนที่มีขนาดเท่ากันการเชื่อมต่อก็จำเป็นต้องขยายท่อโดยทั่วไปการเชื่อมต่อก็เป็นการต่อท่อทองแดงเข้าด้วยกันแล้วมักจะเชื่อมลวดเชื่อมที่ช่างทั่วไปเรียกกันว่า “ลวดเชื่อมเงิน” ในความเป็นจริงที่ช่างนิยมใช้กันจะมีส่วนผสมของโลหะเงิน 5% และ 10 % แต่ถ้าเป็นการต่อระหว่างท่อทองแดงกับเหล็กแล้ว ควรใช้ลวดเชื่อมทองเหลืองหรืออาจจะใช้ลวดเชื่อมเงินที่มีส่วนผสมของเงินมากขึ้น เช่น 15%, หรือ 35% เป็นต้น แต่ไม่ค่อยจะได้รับความนิยมเนื่องจาก มีราคาแพง

เครื่องมือและอุปกรณ์เชื่อมท่อทองแดง

การเชื่อมท่อทองแดงอาจจะใช้เชื้อเพลิงที่เป็นแก๊สอะเซทิลีนหรือแก๊สหุงต้มและออกซิเจนก็ได้ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมใช้แก๊สหุงต้มกับออกซิเจน เนื่องจากหาง่ายและสะดวก น้ำหนักน้อย ง่ายต่อการขนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต่างๆ

ตารางที่ 69 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์เชื่อมต่อทองแดง

ชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์	ข้อมูลและภาพประกอบ
ท่อบรรจุแก๊ส LPg	
ท่อบรรจุก๊าซ ออกซิเจน	
มาตรวัดความดันแก๊ส LPg	
มาตรวัดความดันก๊าซ ออกซิเจน	
สายเชื่อมและข้อต่อ	
ชุดทอร์ค เชื่อมและหัวทิพ	
ชุดทำความสะอาดหัวทิพ	
อุปกรณ์จุดเปลวไฟ	
แว่นตาเชื่อมแก๊ส	
อุปกรณ์กันไฟกลับและชุดกันไฟกลับ	
ลวดเชื่อมท่อทองแดง	
ฟลักซ์ลวดเชื่อมท่อทองแดง	

ขั้นตอนการเชื่อมต่อท่อทองแดง

1. เตรียมชุดเชื่อมแก๊ส พร้อมอุปกรณ์และอุปกรณ์ความปลอดภัย
2. ตัดท่อตามความยาวที่ต้องการทำริมนเมอร์ให้เรียบร้อย
3. ทำความสะอาดผิวนอกท่อด้วยด้ายดัดด้วยแปรง (wire brush) กระจาดทรายหรือผ้าทราย
4. ตรวจสอบความห่างของชิ้นงานท่อทองแดงที่จะทำการเชื่อม (ช่องว่างที่เหมาะสมไม่ควรห่างเกิน 0.07 มิลลิเมตร และจะต้องไม่น้อยกว่า 0.025 มิลลิเมตร)
5. จุดไฟและปรับเปลวไฟให้ได้เปลว carburizing flame
6. เผาอุ่นชิ้นงานให้ร้อนโดยให้ปลายของหัวเชื่อมห่างจากชิ้นงานประมาณ 45-50 มิลลิเมตร
7. ในกรณีที่ทำการเชื่อมท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 นิ้ว เปลวไฟและลวดจะต้องทำมุมฉากกับชิ้นงาน
8. ใช้หัวเชื่อมแก๊สเป่าให้ความร้อนจนชิ้นงานจนแดง แล้วนำไปแตะลวดเชื่อม สังเกตดูการวิ่งของเนื้อลวดเติมพร้อมทั้งคอยดึงเปลวไฟเข้า-ออก สังเกตการจับของลวดเติมโดยรอบ
9. สังเกตชิ้นงานเริ่มเป็นสีดำแดงจึงเติมลวดเชื่อมลงไปโดยให้ลวดเชื่อมและหัวเชื่อมทำมุมฉากซึ่งกันและกัน
10. เติมลวดเชื่อม 2-3 จุดที่ชิ้นงานจนลวดเติมถูกเติมจนเต็มรอยต่อซึ่งจะต้องระวังไม่ให้เปลวไฟหลุดออกจากชิ้นงานจนกว่าจะเชื่อมเสร็จ



ภาพที่ 320 แสดงขั้นตอนการเชื่อมต่อท่อทองแดง



ภาพที่ 321 ตัวอย่างชุดเชื่อมต่อท่อทองแดงสำหรับงานเครื่องปรับอากาศ

5. การตัดต่อทองแดง

การตัดต่อทองแดง เครื่องมือที่ใช้ในการตัดต่อเพื่อใช้เป็นท่อทางเดินสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ นิยมทำกัน 2 วิธี คือ การใช้สปริง และการใช้เครื่องมือตัดต่อ

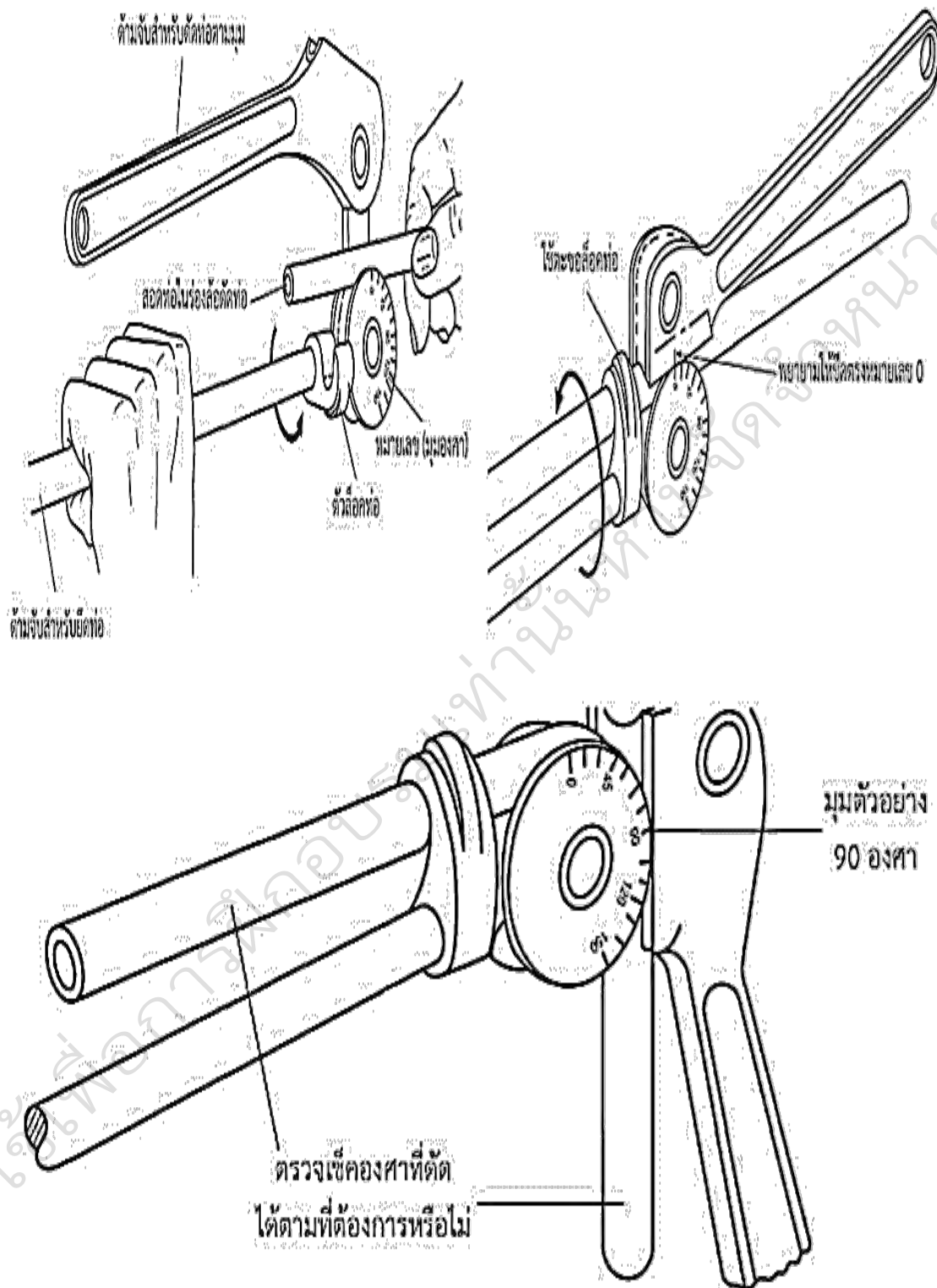
1. สปริงตัดต่อ (tube bending spring) เป็นเครื่องช่วยตัดต่อที่เหมาะสมกับท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ไม่โตมากนัก อีกทั้งยังสามารถตัดได้ทั้งสวมภายในและภายนอกท่อ

2. การใช้เครื่องมือตัดต่อ (tube bender) เบนเดอร์ตัดต่อทองแดง คือ เครื่องมือตัดต่อมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ ่องศาของการตัด ด้ามหมุนตัดต่อ ด้ามยึดท่อที่ตัด

ในคู่มือผู้รับการฝึกฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ การใช้เครื่องมือตัดต่อ (tube bender) เท่านั้น ซึ่งเป็นที่นิยมมากกว่าสำหรับงานเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ขั้นตอนการตัดต่อทองแดง

1. ยกด้ามจับสำหรับตัดตามมุมขึ้น
2. นำท่อที่ต้องการตัด สอดเข้าไปในร่องของล้อตัด
3. เตรียมใช้จับตะขอยึดท่อ (กรณีที่มีตัวล็อก) ให้คร่อมท่อไว้ ร่วมกับด้ามจับสำหรับยึดท่อ
4. ล็อกตำแหน่งท่อ ยึดท่อให้แน่น
5. กำหนดขีดด้ามสำหรับหมุนท่อให้ตรงกับตำแหน่งหมายเลข 0 ทุกครั้งที่ตัดต่อ
6. ตัดท่อที่ด้ามจับสำหรับตัดตามมุม ไปตามมุมองศาที่ต้องการ (ตัวอย่าง 90 องศา)
7. ตรวจสอบด้วยสายตาว่าได้มุมที่ต้องการตัดหรือไม่ ก่อนคลายเบนเดอร์ออก



ภาพที่ 322 แสดงขั้นตอนการตัดท่อทองแดง

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 8 : งานท่อสารทำความเย็น



ภาพที่ 323 ตัวอย่างเครื่องมือตัดต่อทองแดง



ภาพที่ 324 ตัวอย่างขนาดของเบนเดอร์ตัดต่อทองแดง

บทนำ

เนื้อหาวิชา : วงจรไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรกำลัง วงจรควบคุมของเครื่องปรับอากาศ และการตรวจสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับชนิด โครงสร้าง หลักการทำงานของอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เช่น คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลม รีเลย์ คาปาซิเตอร์ โอเวอร์โวลต์ ชัตควบคุมทางไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันกระแสนเกิน (เซอร์กิตเบรกเกอร์) อุปกรณ์ป้องกันความดัน อุปกรณ์ป้องกันน้ำมัน เป็นต้น และการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า ในระบบ 1 และ 3 เฟส

ฝึกปฏิบัติการประกอบอุปกรณ์ การต่อวงจรไฟฟ้า การตรวจสอบอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้า

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

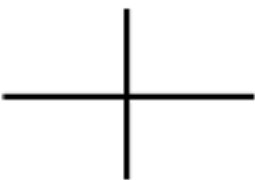
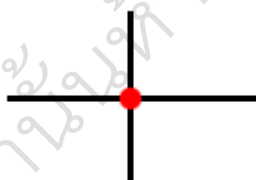
- | | |
|---|-------------|
| 9. วงจรไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก | |
| (ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 4 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 14 ชั่วโมง) | (หน้าที่) |
| 9.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก | (330 – 332) |
| 9.2 การตรวจสอบอุปกรณ์สำคัญในวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก | (333 – 341) |
| 9.3 วงจรไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก | (342 – 345) |

วงจรไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

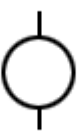
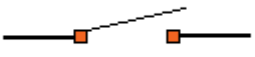
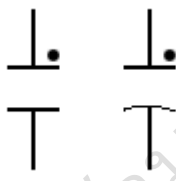
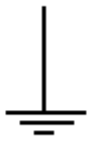
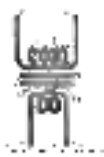
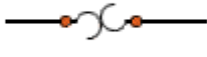
9.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

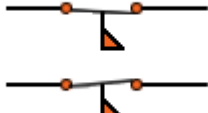
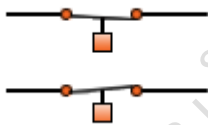
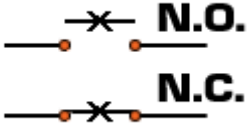
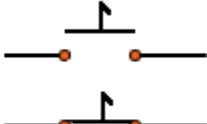
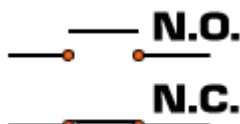
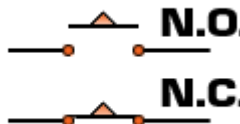
ในการศึกษาการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั่วไปจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบกลไกหรือระบบน้ำยา (Mechanical system) และระบบไฟฟ้า (electrical system) โดยในส่วนของระบบไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็นส่วนย่อย 2 ส่วน คือ ส่วนของวงจรกำลัง (control circuit) และวงจรควบคุม (power circuit) ซึ่งมีรายละเอียดทั่วไปในการอ่านแผนผังทางไฟฟ้าส่วนสำคัญที่สุดคือ การเข้าใจความหมายของสัญลักษณ์ต่างๆที่ใช้

ตารางที่ 70 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวอุปกรณ์วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ

สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
	ตัวนำไฟฟ้า (ติดตั้งจากโรงงาน)		ตัวนำไฟฟ้า (เดินสายขณะติดตั้ง)
	สายไฟฟ้าพาดผ่านกัน		สายไฟฟ้าเชื่อมต่อกัน
	สายไฟฟ้าเชื่อมต่อกัน		ปลายสาย
	อุปกรณ์อยู่ในชุดเดียวกัน		อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกัน
	มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ 3 เฟส		มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ 1 เฟส
	มอเตอร์พัดลม 3 เฟส		มอเตอร์พัดลม 1 เฟส

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 9 : วงจรไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

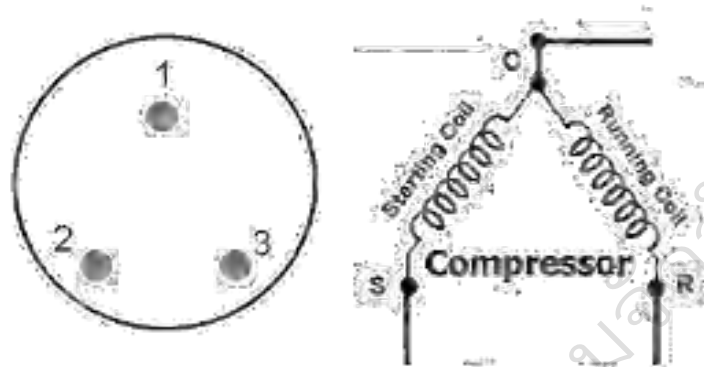
สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
	หลอดไฟ		ขดลวด
	โซลีนอยด์		ฟิวส์
	สวิตช์		คาปาซิเตอร์ * ขั้วที่อยู่ใกล้เปลือกนอก
	ตัวต้านทาน		ไดโอด
	ต่อลงกราวด์		หม้อแปลงไฟฟ้า
	อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน		สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ
	สวิตช์แบบ 1 ขั้ว 1 ทาง		สวิตช์แบบ 1 ขั้ว 2 ทาง
	สวิตช์แบบ 2 ขั้ว 2 ทาง		สวิตช์แบบ 2 ขั้ว 2 ทาง

สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
	ขดลวดความร้อนอุ่น น้ำมันหล่อลื่น		สวิตช์ควบคุมความดัน
	สวิตช์ควบคุมอุณหภูมิ		สวิตช์ควบคุมอัตราการไหล
	สวิตช์ควบคุมระดับของเหลว		สวิตช์ควบคุมความชื้น
	หน้าสัมผัสชนิด manual reset		หน้าสัมผัสชนิดปกติเปิด หน้าสัมผัสชนิดปกติปิด
	สวิตซ์ชนิด manual reset		สวิตซ์ชนิด auto reset
	หน้าสัมผัสหน่วงเวลาชนิด delay reset		หน้าสัมผัสหน่วงเวลาชนิด time delay

9.2 การตรวจสอบอุปกรณ์สำคัญในวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ระบบเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นอุปกรณ์สำคัญในวงจรไฟฟ้า ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นชุด condensing unit และส่วนที่เป็น Fan coil unit เป็นส่วนทำงานหลัก ทั้งนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่คอยช่วยเหลือให้ส่วนประกอบหลักสามารถทำงานได้ เช่น คอมเพรสเซอร์ รีเลย์ช่วยสตาร์ท คาปาซิเตอร์ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นสิ่งสำคัญทั้งสิ้น

1. การตรวจวัดคอมเพรสเซอร์



ภาพที่ 325 แสดงจำลองขั้วของคอมเพรสเซอร์อย่างง่ายในเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ

ในภาพด้านบนเป็นการจำลองขั้วของคอมเพรสเซอร์ต่างๆ ไป จะประกอบด้วยขั้ว c คือ common ซึ่งหมายถึงขั้วที่จะมีปลายด้านหนึ่งของขดลวดสตาร์ท และปลายอีกด้านของขดลวดของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ต่อเข้าด้วยกันหรือต่อร่วมกัน อีก 2 ขั้วคือ ขั้ว s หมายถึงขั้วที่เป็นขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ และขั้ว r หมายถึงขั้วที่เป็นขดลวดรันของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

หากไม่มีสัญลักษณ์ประจำขั้วหรือมีแต่เลื่อนหายไป ก็ไม่ใช่เรื่องยากที่เราจะทราบว่าขั้วไหนเป็นอะไรซึ่งวิธีการตรวจสอบจะต้องใช้มัลติมิเตอร์ในการวัด โดยสมมติให้ขั้วบนมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เป็นไปตามรูปด้านบนซ้ายมือ โดยปฏิบัติตามทีละขั้นตอน ดังนี้

1. นำมัลติมิเตอร์ปรับฟังก์ชันการวัดให้เป็นการวัดค่าความต้านทาน
2. วัดความต้านทานระหว่างขั้ว 1 และ 2 บันทึกค่าที่วัดได้เอาไว้
3. วัดความต้านทานระหว่างขั้ว 1 และ 3 บันทึกค่าที่วัดได้เอาไว้
4. วัดความต้านทานระหว่างขั้ว 2 และ 3 บันทึกค่าที่วัดได้เอาไว้
5. นำค่าที่วัดได้ทั้ง 3 ครั้งมาวิเคราะห์หาคูใดเป็นขดลวดสตาร์ท และคูใดเป็นขดลวด รัน ของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

สมมติว่าเราวัดค่าความต้านทานของขั้วมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ได้ตามตารางข้างล่าง จากการวัดค่าที่เราทราบว่าขั้วใดเป็นขั้วใด ค่าที่ได้จากการวัดจะทำให้เราทราบได้ว่า คูใดเป็น ขดลวดสตาร์ท คูใดเป็นขดลวด รัน และขั้วใดเป็นขั้วร่วม (c: common) ของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

ตารางที่ 71 แสดงค่าที่วัดได้จากขั้วบนคอมเพรสเซอร์

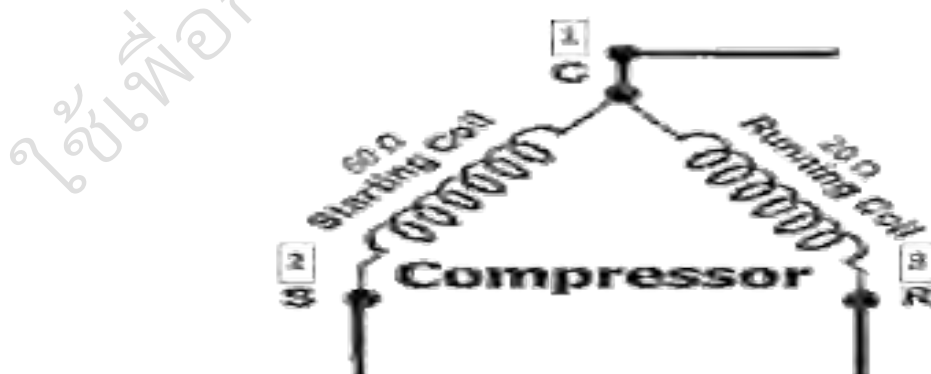
1 M2	1 MB	2 MB
ค่าที่วัดได้ = 60 Ω	ค่าที่วัดได้ = 20 Ω	ค่าที่วัดได้ = 80 Ω

จากค่าที่วัดได้ในตารางที่ 71 เปรียบเทียบกับภาพจำลองขดลวด สรุปได้ดังนี้

- ค่าที่วัดได้ระหว่างขั้ว 2 – 3 มีค่าความต้านทานมากที่สุด คือ 80 โอห์ม เพราะเป็นจุดที่มีขดลวดความต้านทาน 2 ขดต่อกันเป็นผลให้ค่าความต้านทานมากที่สุด จึงเป็นจุดเดียวกันกับขั้ว s และ r ในภาพจำลองขั้วของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ที่ให้ไว้ในตารางที่ 71
- ค่าที่วัดได้ระหว่างขั้วที่ 1 – 2 ได้ค่าความต้านทานซึ่งมีค่ามากกว่า 2 – 3 คือ วัดได้ 60 โอห์ม
- ค่าที่วัดได้ระหว่างขั้วที่ 1 – 3 วัดค่าความต้านทานได้น้อยที่สุดคือ 20 โอห์ม
- จากค่าความต้านทานที่วัดได้และจากข้อสรุปในข้อที่ 1 ทำให้เรานั้นใจได้ว่าขั้ว 1 คือ ขั้ว c ที่เป็นเช่นนั้นก็ เพราะว่า เป็นจุดที่รวมเอาขดลวดสตาร์ทและขดลวดรันมารวมเข้าด้วยกันทำให้เมื่อวัดค่าความต้านทานที่ 2 – 3 จึงทำให้มีค่าความต้านทานสูงสุด (80 โอห์ม)
- ค่าที่วัดระหว่าง 1 -2 ค่าความต้านทานมากกว่า 1 – 3 จึงทำให้เราทราบว่า 1 – 2 คือขดลวดสตาร์ท หรือ s ในภาพจำลองขั้วของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เนื่องจากความต้านทานของขดลวดสตาร์ทจะมากกว่าขดลวดรันเสมอ ทำให้เราทราบว่า 1 – 3 คือ r หรือขดลวดรันของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ในภาพจำลองขั้วของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์



ภาพที่ 326 แสดงการวัดขั้วของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์โดยใช้ มัลติมิเตอร์



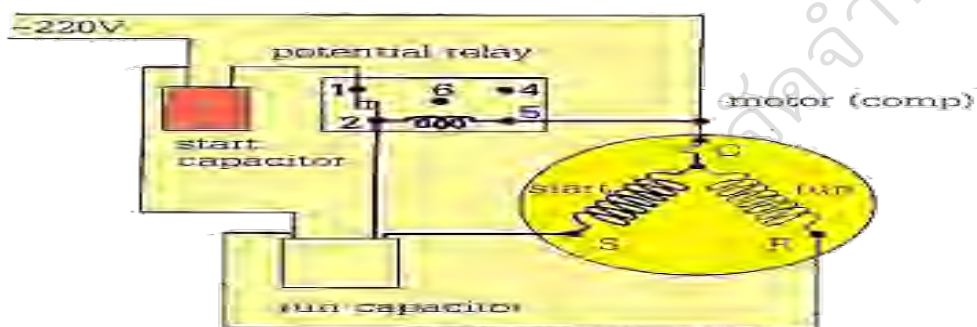
ภาพที่ 327 แสดงภาพจำลองขดลวดและขั้วภายในมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

2. การตรวจสอบสภาพและหาข้อผิดพลาด

โพเทนเชียลรีเลย์หรือรีเลย์ขดลวดแรงดัน (Voltage coil relay) ใช้กับมอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ท และมอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์รัน รีเลย์ชนิดนี้แตกต่างจากเคอร์เรนตรีเลย์ตรงที่ขดลวดของโพเทนเชียลรีเลย์เส้นเล็กและมีจำนวนรอบมากกว่าเคอร์เรนตรีเลย์ตามปกติหน้าสัมผัสจะต่อกันอยู่ตลอดเวลาและต่อเนื่องกับคาปาซิเตอร์สตาร์ท



ภาพที่ 328 แสดง Potential relay หรือ รีเลย์ช่วยสตาร์ท



ภาพที่ 329 แสดงการติดตั้งรีเลย์ช่วยสตาร์ท

การทำงานของ Potential relay

1. หน้าสัมผัส (1-2) จะเป็นแบบปกติปิด (Nc)
2. ขดลวด (2-5) รับแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะเปลี่ยนค่าตามความเร็วรอบของมอเตอร์
3. ในช่วงเริ่มต้น หน้าสัมผัส 1-2 จะต่อให้สตาร์ทคาปาซิเตอร์ครบวงจร ทำให้ มอเตอร์เริ่มสตาร์ทได้ และเมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วรอบปกติซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-3 วินาที ในช่วงนี้ ขดลวดสตาร์ทจะสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้า (pick up -oltage) ให้ขดลวด 2-5 ของรีเลย์ตัดหน้าสัมผัส 1-2 ทำให้ สตาร์ทสตาร์ทคาปาซิเตอร์ถูกตัดออกจากวงจร
4. การติดตั้งใช้งานจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามที่ผู้ผลิตกำหนด เพราะจะมีผลต่อการตัดต่อหน้าสัมผัส (1-2)
5. การตรวจเช็คทำได้โดยใช้โอห์มมิเตอร์วัดขั้ว 1-2 จะได้ค่าความต้านทานของหน้าสัมผัส โอห์มและวัดขั้ว 2-5 จะได้ค่าความต้านทานของขดลวดรีเลย์

การเลือกpotential relay ใช้งานมีข้อกำหนด ดังนี้

- ขดลวด 2-5 จะต้องสามารถรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า(continuous -oltage) ที่เกิดจากการทำงานของขดลวดสตาร์ทในมอเตอร์ตลอดเวลาที่รีเลย์ทำงาน
- ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดหน้าสัมผัส 1-2 (pick up -oltage) คือ ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อมอเตอร์มีความเร็วรอบประมาณ 75% ของความเร็วรอบปกติ
- ต้องติดตั้งใช้งานรีเลย์ในตำแหน่งที่ถูกต้อง (mounting position)

การเลือก Potential relay ใช้งานมีข้อกำหนด ดังนี้

1. ขดลวด 2-5 จะต้องสามารถรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า(continuous -oltage) ที่เกิดจากการทำงานของขดลวดสตาร์ทในมอเตอร์ตลอดเวลาที่รีเลย์ทำงาน
2. ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดหน้าสัมผัส 1-2 (pick up -oltage) คือ ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อมอเตอร์มีความเร็วรอบประมาณ 75% ของความเร็วรอบปกติ
3. ต้องติดตั้งใช้งานรีเลย์ในตำแหน่งที่ถูกต้อง (mounting position)

ตารางที่ 72 แสดงตัวอย่างรายละเอียดที่เป็นข้อกำหนดสำคัญของรีเลย์จากบริษัทผู้ผลิต

Explanation of G.E. Potential Relay Code	
3ARR3 - = Potential Relay Type Example : 3ARR3-A5C3	
1st digit after - = Letter indicating number of term. + bracket.	
A = 5 screw terminal "L" Bracket.	
B = 5 screw terminal Flat Bracket.	
C = 3 screw terminal "L" Bracket.	
D = 3 screw terminal Flat Bracket.	
U = 5 quick connect term. "L" Bracket.	
2nd digit = Number designating Coil Group	
2 = 168 Continuous volts.	6 = 420 continuous volts.
3 = 332 Continuous volts.	7 = 130 continuous volts.
4 = 502 Continuous volts.	8 = 214 continuous volts.
5 = 253 Continuous volts.	10 = 375 continuous volts.
3rd digit = Letter indicating calibration (Hot Pick Up)	
A = 260 - 280	H = 365 - 395
B = 280 - 300	J = 120 - 130
C = 300 - 320	K = 130 - 140
D = 320 - 340	L = 140 - 150
E = 340 - 360	M = 150 - 160
F = 350 - 370	N = 160 - 170
G = 360 - 380	P = 170 - 180
R = 180 - 190	
S = 190 - 200	
T = 200 - 220	
U = 220 - 240	
V = 240 - 260	
W = 210 - 230	
Room Temperature calibration is 5 to 7% lower than these values.	
4th digit = Number indicating Mounting Position (See note, end of section)	
1 = Face Down	
2 = Face Up	
3 = Face Out - Numbers Horizontal	
4 = Face Out - Rotated 90° clockwise from number 3 position.	
5 = Face Out - Numbers upside down - Horizontal.	
6 = Face Out - Rotated 90° counterclockwise from number 3 position.	
	
Pos.1	Pos.2
	
Pos.3	Pos.4
	
Pos.5	Pos.6

ตัวอย่างรีเลย์ g.E รุ่น 3Arr 3-A3A3 มีความหมายดังนี้

3arr 3 = potential relay

a = รีเลย์ที่มีขั้วต่อใช้งานเป็นแบบสกรู 5 ขั้ว แป้นยึดตัวรีเลย์เป็นลักษณะตัว L

3 = ขดลวดของรีเลย์ (2-5) ออกแบบสำหรับรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าถึง 332 V

a = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตัดหน้าสัมผัส (1-2) ของรีเลย์คือ 260-280 V (pick up -olts)

3 = การใช้งานให้ติดตั้งรีเลย์โดยตัวเลขบอกข้อั้วอยู่ด้านหน้า วางในแนวตั้งฉากกับพื้น

รีเลย์ช่วยสตาร์ทชนิดทำงานด้วยกระแส (current relay)

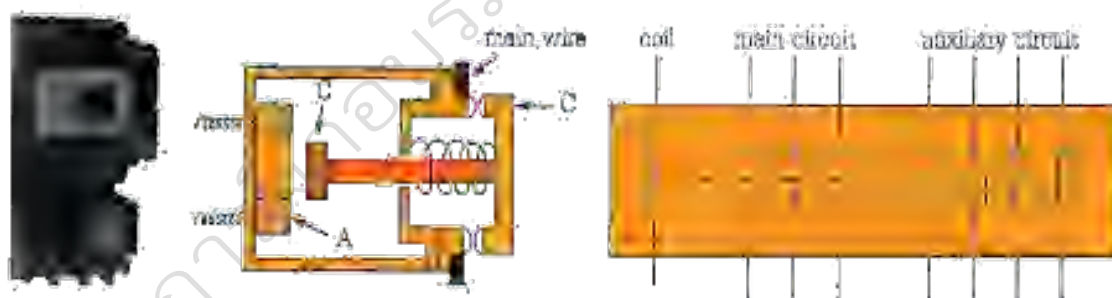
รีเลย์ช่วยสตาร์ทชนิดทำงานด้วยกระแสใช้ในวงจรที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ต่อแบบ rsir และ csir ทำหน้าที่คล้ายเป็นสวิตช์อัตโนมัติสำหรับต่อและตัดวงจรไฟฟ้าของขดลวดสตาร์ทในมอเตอร์ การทำงานจะใช้กระแสที่ผ่านขดลวดรันเป็นตัวควบคุม จึงเรียกรีเลย์ชนิดนี้ว่า current relay



ภาพที่ 330 รีเลย์ช่วยสตาร์ทชนิดทำงานด้วยกระแส (current relay)

หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic contactor)

หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้ติดต่อเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในวงจรไฟฟ้า เช่น มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลม มอเตอร์ปั้มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ช่วยลดกระแสที่จะผ่านหน้าสัมผัสของอุปกรณ์ควบคุมต่างๆได้แก่สวิตช์ควบคุม เทอร์โมสตัท สวิตช์ควบคุมความดัน



ภาพที่ 331 หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic contactor)

การเลือกใช้ Magnetic contactor มีข้อกำหนดต่างๆดังนี้

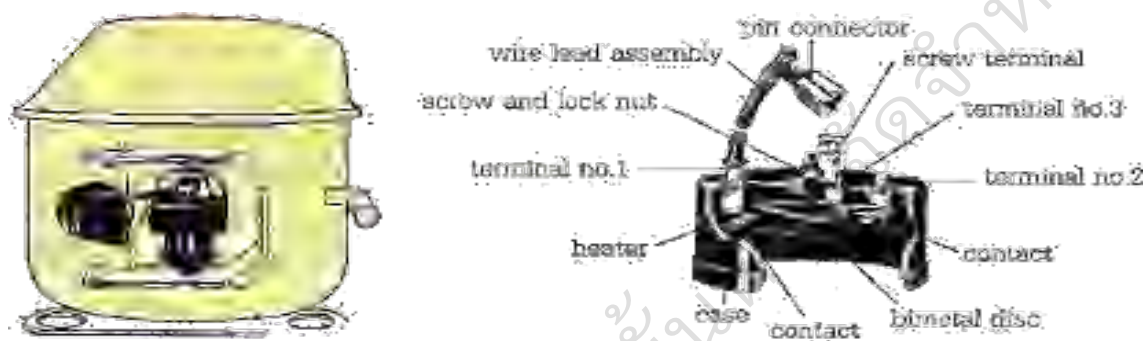
1. ขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก (coil) เช่น 24V , 220V ,380V
2. ความสามารถในการรับกระแสของหน้าสัมผัสหลัก (main contact) เช่น 20a , 30a , 60a
3. ความต้องการในการใช้งานของหน้าสัมผัสช่วย (auxiliary contact)
4. จำนวนขั้วของหน้าสัมผัสหลักที่ต้องการใช้งาน เช่น 2 ขั้ว สำหรับระบบไฟฟ้า 220V หรือ 3 ขั้ว สำหรับระบบไฟ 380 V

อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานเกินพิกัด (overload protector)

อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานเกินพิกัดทำหน้าที่ป้องกันขดลวดภายในมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ไม่ให้เสียหายเมื่อกระแสผ่านขดลวดมากเกินไป (o-erload) หรือเมื่อขดลวดร้อนจัด (o-erheat) ที่ใช้สำหรับคอมเพรสเซอร์ทั่วไปมี 2 ชนิด คือ

1. ชนิดติดตั้งภายนอก (external line-break o-erloads)

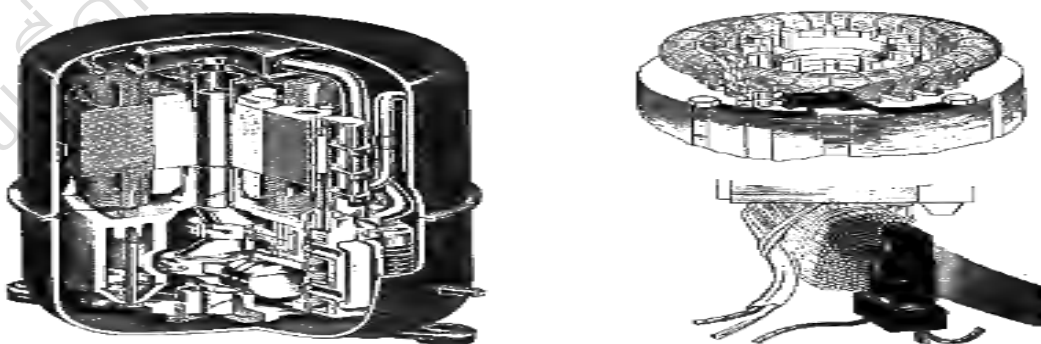
ตัวอุปกรณ์ป้องกันติดตั้งอยู่ภายนอกตัวคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ตัดวงจรเมื่อกระแสผ่านขดลวดในมอเตอร์มากเกินไป และบางชนิดจะติดตั้งโดยแนบตัวอุปกรณ์ป้องกันชิดกับเปลือกนอกของคอมเพรสเซอร์ ดังรูป เพื่อตัดวงจรเมื่อคอมเพรสเซอร์ร้อนจัดจนอาจทำให้ขดลวดภายในเสียหายได้ การเลือกขนาดของอุปกรณ์ป้องกันจะต้องมีความสัมพันธ์กับขนาดกำลังม้าของคอมเพรสเซอร์



ภาพที่ 332 อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ชนิดติดตั้งภายนอก

2. ชนิดติดตั้งภายใน (internal line-break o-erloads)

ตัวอุปกรณ์ป้องกันจะติดตั้งภายในคอมเพรสเซอร์ โดยแนบตัวอุปกรณ์ป้องกันสัมผัสกับขดลวดของมอเตอร์ จึงสามารถทำหน้าที่ตัดวงจรได้ทั้งเมื่อกระแสผ่านขดลวดมากเกินไป และเมื่อขดลวดร้อนจัดซึ่งสาเหตุหลักจะเกิดขึ้นเมื่อสารทำความเย็นภายในระบบน้อยเกินไป และเนื่องจากติดตั้งอยู่ภายใน เมื่อระบบทำงานผิดปกติจนอุปกรณ์ป้องกันตัดวงจร จะต้องใช้เวลานานนับชั่วโมง หน้าสัมผัสภายในอุปกรณ์ป้องกันจึงจะกลับไปต่อวงจรเพื่อให้มอเตอร์ทำงานใหม่



ภาพที่ 333 อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ชนิดติดตั้งภายใน

3. การตรวจสอบและการชั่วคราวคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์แบบรัน (run Capacitors)

1. คาปาซิเตอร์แบบรัน ใช้ในวงจรที่ต่อมอเตอร์แบบ psc และcsr โดยการต่อวงจรจะต่อคาปาซิเตอร์อนุกรมกับขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์ และจะทำงานตลอดเวลาทั้งช่วงเริ่มต้นและช่วงทำงานปกติโดยไม่มีรีเลย์ตัดคาปาซิเตอร์ ออกจากวงจร ขนาดจะบอกความจุเป็นไมโครฟารัด (MFD) การเลือกใช้จะต้องมีความจุไม่เกิน 10% ของค่าที่กำหนด เพราะถ้ามีความจุมากเกินไปจะทำให้กระแสผ่านมอเตอร์มากและเกิดความร้อนในขดลวดสูง การตรวจเช็คคาปาซิเตอร์ทำได้โดยใช้โอห์มมิเตอร์

2. คาปาซิเตอร์แบบรันนอกจากจะใช้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แล้วยังใช้กับมอเตอร์พัดลมที่ต่อวงจรแบบ ด้วย ขั้วต่อใช้งานของคาปาซิเตอร์ปกติจะมีขนาดความจุ 2 ค่าอยู่ในคาปาซิเตอร์ตัวเดียวกัน คาปาซิเตอร์แบบนี้จะมีขั้วต่อ 3 ขั้วหลักดังภาพที่ 334 การต่อใช้งานต้องพิจารณาที่แผ่นบอกรายละเอียด (Name plate) เช่น คาปาซิเตอร์ตัวหนึ่งบอกขนาดความจุ 20/5MFD การใช้งานต่อคาปาซิเตอร์ความจุ 20 MFD สำหรับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์และความจุ 5 MFD สำหรับมอเตอร์พัดลม



ภาพที่ 334 แสดงตัวอย่างคาปาซิเตอร์แบบรันชนิด 2 ขั้ว และ 3 ขั้ว

คาปาซิเตอร์แบบสตาร์ท (Start Capacitors)

คาปาซิเตอร์แบบสตาร์ท ใช้ในวงจรที่ต่อมอเตอร์แบบ csir เช่นที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กไม่เกิน 3 / 4 แรงม้า และ แบบ csr ที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ถึง 5 แรงม้า ออกแบบมาสำหรับการใช้งานเพียงช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 1-3 วินาที จึงต้องต่อผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์เพื่อตัดคาปาซิเตอร์ออกจากวงจรหลังจากมอเตอร์สตาร์ท และมีความเร็วสูงถึงประมาณ 75% ของความเร็วรอบปกติ เนื่องจากต่ออนุกรมกับหน้าสัมผัสของรีเลย์ ขณะทำงานจึงมีโอกาสเกิดประกายไฟที่หน้าสัมผัสทำให้เกิดการเสียหายที่หน้าสัมผัสของรีเลย์ จึงมักจะต่อตัวต้านทาน (resistor) ขนาด 15,000 โอห์ม -18,000 โอห์ม 2 วัตต์ คร่อมระหว่างขั้วทั้งสองของคาปาซิเตอร์ การเลือกใช้คาปาซิเตอร์แบบสตาร์ทจะต้องเลือกค่าความจุตามที่กำหนดให้เหมาะสมกับขนาดของคอมเพรสเซอร์



ภาพที่ 335 แสดงตัวอย่างคาปาซิเตอร์แบบสตาร์ท

การตรวจสอบสภาพของคาปาซิเตอร์ว่ายังสามารถใช้งานได้หรือไม่ ทำได้โดยการใช้มัลติมิเตอร์วัดซึ่งมีขั้นตอนง่ายๆ ดังนี้

1. ต่อสายวัดมัลติมิเตอร์โดยให้สายมีแดงต่อเข้ากับขั้วบวก สายสีดำต่อเข้ากับขั้วลบของมัลติมิเตอร์
2. ตั้งค่าการวัดไปที่การวัดค่าความต้านทาน ตั้งย่านวัดไปที่ $r \times 1$
3. ใช้สายวัดสีแดงแตะกับขั้วใดขั้วหนึ่งของคาปาซิเตอร์ค้างไว้
4. ใช้สายวัดสีดำแตะกับขั้วที่เหลือของคาปาซิเตอร์
5. ยกสายวัดออกจากออกจากขั้วทั้งสองของคาปาซิเตอร์
6. ใช้สายวัดสีดำแตะที่ขั้วของคาปาซิเตอร์ที่เคยแตะด้วยสายสีแดง แล้วค้างเอาไว้
7. ใช้สายสีแดงแตะที่ขั้วของคาปาซิเตอร์ที่เหลือค้างเอาไว้
8. สังเกตที่หน้าปัดของมัลติมิเตอร์ เข็มมัลติมิเตอร์จะต้องตีสขึ้นสูงแล้วค่อยๆ ลดลงจนต่ำสุด
9. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 3-8 จะต้องได้ผลเช่นเดิม หมายความว่าคาปาซิเตอร์ยังมีสภาพดีใช้งานได้
10. ถ้าวัดแล้วเข็มมิเตอร์ไม่ตีสขึ้น หรือตีสขึ้นแต่ไม่ลดต่ำลง หมายความว่าคาปาซิเตอร์ตัวนั้นเสีย



ภาพที่ 336 แสดงคาปาซิเตอร์รีน และ คาปาซิเตอร์สตาร์ท



ภาพที่ 337 แสดงคาปาซิเตอร์ซึ่งติดตั้งในชุดคอนเดนซิ่งยูนิต

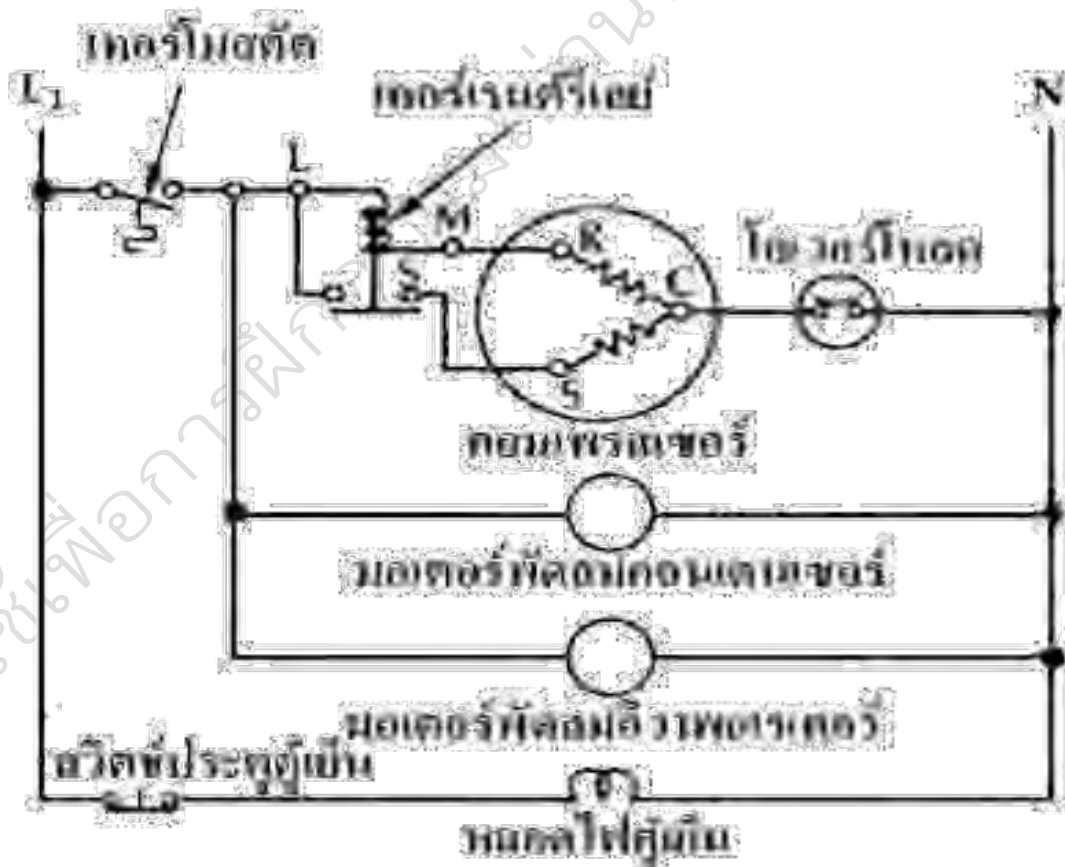


ภาพที่ 338 แสดงวิธีวัดสภาพและขั้วคาปาซิเตอร์รีน และ คาปาซิเตอร์สตาร์ทด้วย มัลติมิเตอร์วิธีการต่อ

9.3 วงจรไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

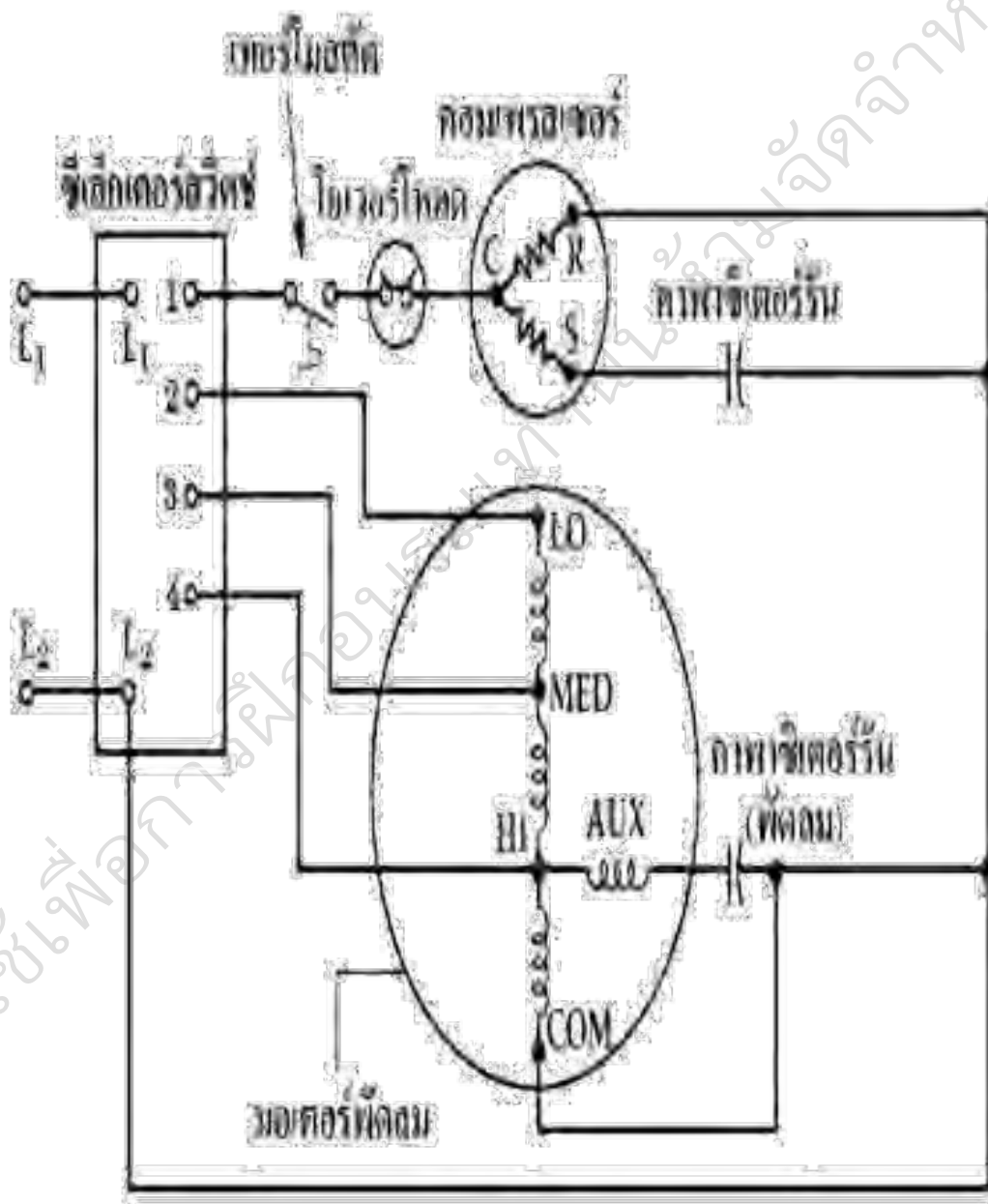
วงจรไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นแบบธรรมดา

วงจรไฟฟ้าเบื้องต้นที่ควรเข้าใจก่อนคือวงจรไฟฟ้าในเครื่องทำความเย็น เพราะมีอุปกรณ์สำคัญๆ หลายชิ้นที่มีความคล้ายคลึงกันมาก พื้นฐานแสดงถึงวงจรทางไฟฟ้าอย่างง่าย ๆ ที่สามารถใช้ได้กับเครื่องทำความเย็นแบบธรรมดา ไฟฟ้าจาก L1 จะผ่านเข้าเทอร์โมสตัท ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของเครื่อง (cold control) จากนั้นต่อเข้ายังมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลมคอยล์ร้อน และมอเตอร์พัดลมคอยล์เย็นซึ่งต่อกันแบบขนาน เมื่อเทอร์โมสตัทตัดและต่อการทำงาน อุปกรณ์เหล่านี้จะหยุด และเริ่มการทำงานพร้อมกัน รีเลย์ช่วยสตาร์ทของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะเป็นชนิดรีเลย์กระแสและมีโอเวอร์โหลดคอยตัดวงจรไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์เมื่อมอเตอร์เกินกระแสสูงเกินเกณฑ์ ป้องกันไม่ให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ไหม้โดยโอเวอร์โหลดจะต่อเป็นอนุกรมอยู่กับขั้ว c ของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ดังนั้น ถ้าหน้าสัมผัสของโอเวอร์โหลดทำงาน จึงตัดเฉพาะไฟฟ้าที่เข้าเลี้ยงมอเตอร์คอมเพรสเซอร์เท่านั้น ส่วนมอเตอร์พัดลมของทั้งคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นจะยังคงทำงานตามปกติไฟจาก L1 อีกเส้นหนึ่งจะต่อเข้าสวิตช์ประตูเครื่องทำความเย็นควบคุมการทำงานของหลอดไฟในเครื่องทำความเย็น ในขณะที่เปิดประตูเครื่องทำความเย็น สวิตช์จะต่อวงจรทำให้หลอดไฟติด และเมื่อปิดประตูเครื่องทำความเย็นก็จะดันให้สวิตช์ตัดวงจรทำให้หลอดไฟดับ ในวงจรไฟฟ้าที่ต่อเข้ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์บางครั้งจะไม่แสดงถึงขดลวดภายในมอเตอร์และรีเลย์ช่วยสตาร์ท ซึ่งจะต้องเข้าใจว่ามีรีเลย์ช่วยสตาร์ทและโอเวอร์โหลดครบอยู่ในวงจร



ภาพที่ 339 แสดงวงจรไฟฟ้าสำหรับเครื่องทำความเย็นแบบธรรมดา

เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างรุ่นใหม่ ๆ มักใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบคาปาซิเตอร์มอเตอร์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีรีเลย์ช่วยสตาร์ท แต่ขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์ยังคงอยู่ในวงจร จึงไม่จำเป็นต้องมีคาปาซิเตอร์สตาร์ท จะมีเพียงคาปาซิเตอร์รันต่อคร่อมอยู่ระหว่างขั้วหลักสตาร์ทและขั้วหลักรันของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เท่านั้นจากรูป ไฟจาก L1 จะผ่านเข้าซีเล็คเตอร์สวิตช์ (selector switch) ที่ขั้วหลัก L1 และออกจากขั้วหลักที่ 1 ของซีเล็คเตอร์สวิตช์ ผ่านเข้าเทอร์โมสตัท โอเวอร์โหนด และขั้ว c ของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะเป็นวงจรการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์



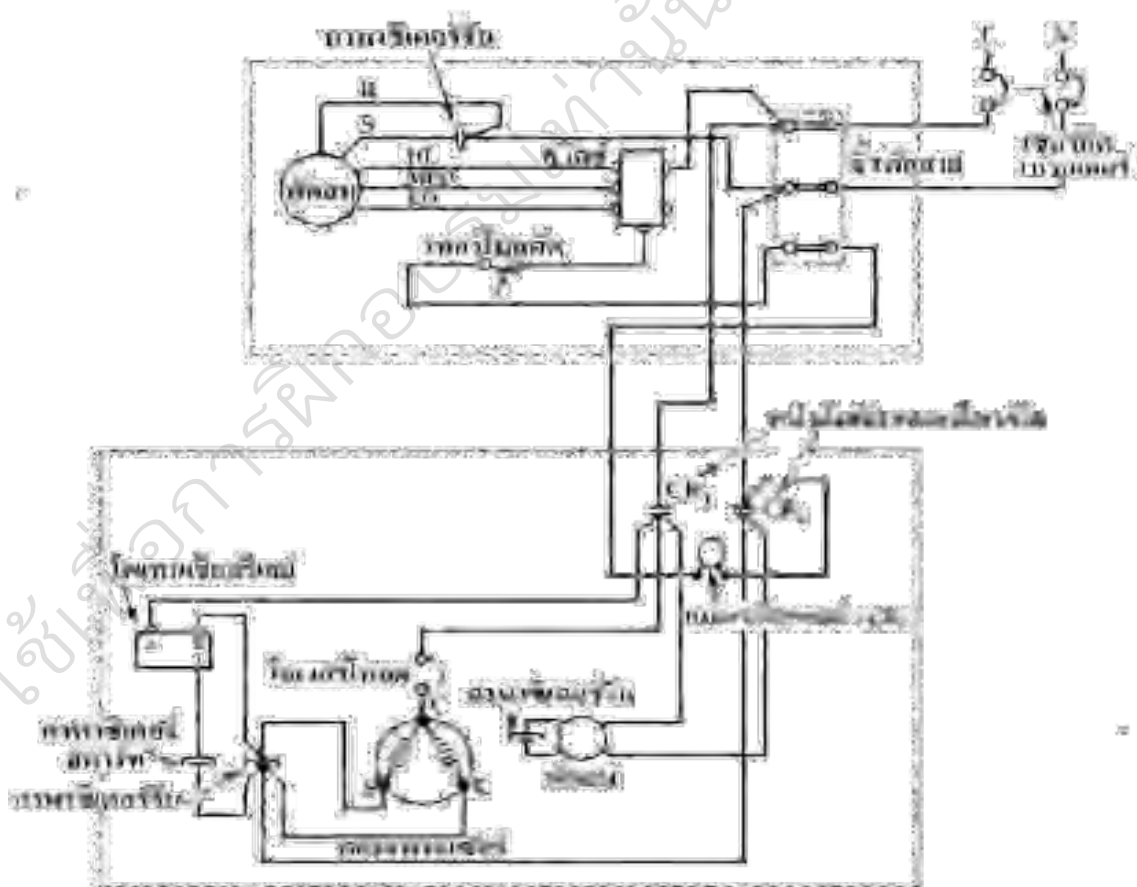
ฝ่ายพัฒนาฝีมือแรงงาน สำนักงานพัฒนาฝีมือแรงงานเพชรบุรี กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน
เบอร์โทร 0 3247 0391-3 <http://www.dsd.go.th/phetchaburi>

วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

สำหรับวงจรไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีลักษณะใกล้เคียงกับวงจรไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง แต่จะแยกวงจรไฟออกเป็น 2 ส่วนคือ

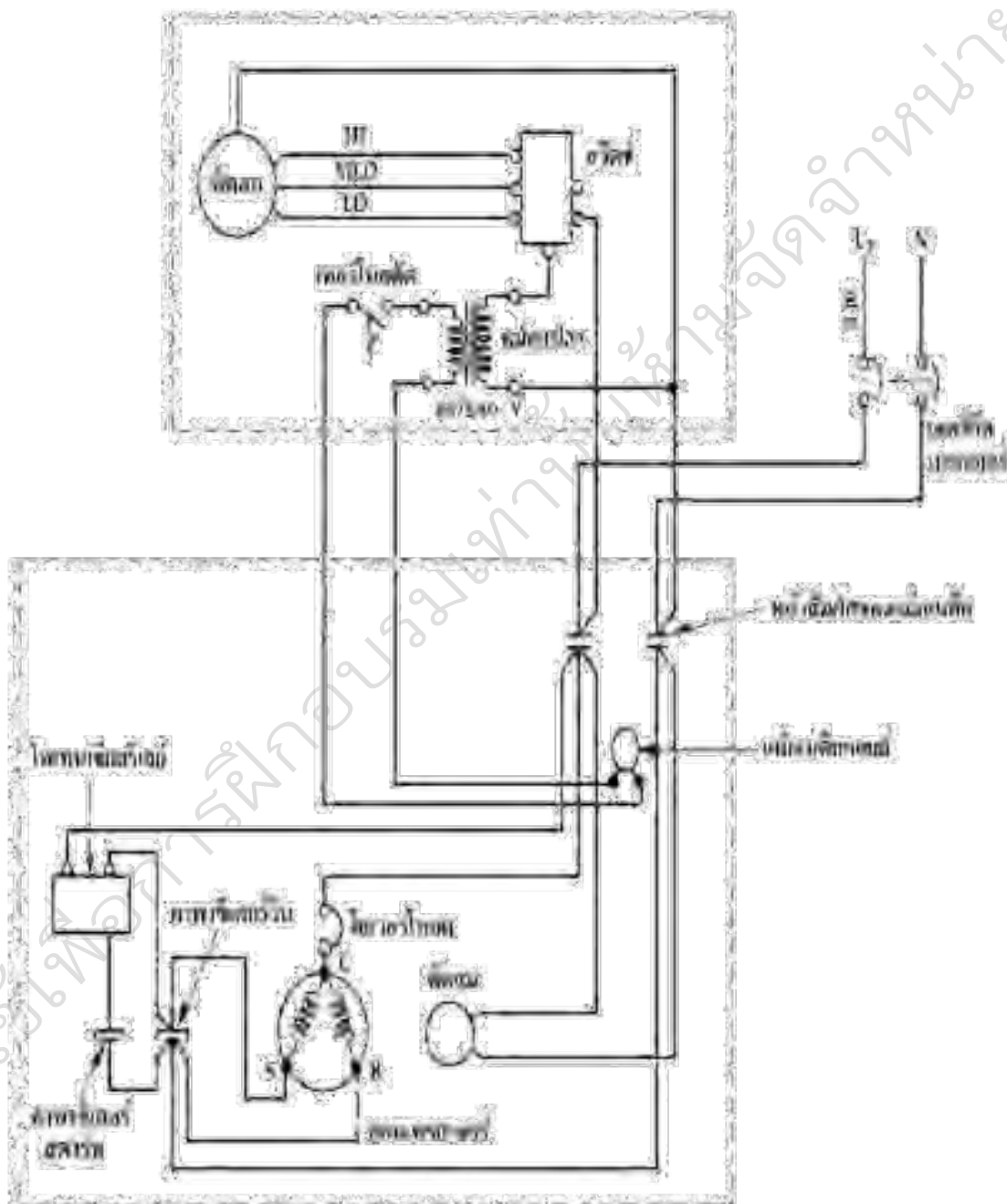
ชุดคอยล์เย็น และส่วนวงจรไฟของชุดคอยล์ร้อน ซึ่งจะต้องมีมอเตอร์พัดลมระบายคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว ในส่วนของวงจรไฟฟ้าชุดคอยล์เย็น จะประกอบด้วยขั้วพักสาย (terminal) และซีลิกเตอร์สวิตช์ ซึ่งจะต่อเข้ากับมอเตอร์พัดลมที่ความเร็วรอบช้า ปานกลาง และความเร็วสูง มอเตอร์พัดลมนี้อาจทำหน้าที่ดูดเป่าอากาศจากภายในห้อง ผ่านคอยล์เย็น และมีเทอร์โมสตัทที่จะคอยควบคุมการทำงานของชุดคอยล์ร้อนอีกทีหนึ่ง

ชุดคอยล์ร้อน ประกอบด้วยแม็กเนติกคอนแทกเตอร์ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์และมอเตอร์พัดลมระบายความร้อนของคอยล์ร้อน วงจรไฟควบคุมจากเทอร์โมสตัท จะผ่านเข้าเลี้ยงคอยล์ของแม็กเนติกคอนแทกเตอร์ทำหน้าที่หน้าสัมผัสต่อ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์และมอเตอร์พัดลมระบายคอยล์ร้อนจะทำงานพร้อมกัน และเมื่ออุณหภูมิของอากาศภายในห้องลดลงถึงจุดที่ตั้งไว้ หน้าสัมผัสของเทอร์โมสตัทจะจาก ตัดไฟที่มาเลี้ยงคอยล์ของแม็กเนติกคอนแทกเตอร์ ทำให้หน้าสัมผัสจาก หยุดการทำงานของอุปกรณ์ทางชุดคอยล์ร้อนทั้งหมด แต่ในขณะเดียวกัน มอเตอร์พัดลมของชุดคอยล์เย็นจะยังคงทำงานตามปกติอยู่จนกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้องสูงขึ้น จนทำให้หน้าสัมผัสของเทอร์โมสตัทต่ออีกครั้งหนึ่ง ก็จะมีไฟเข้าเลี้ยงคอยล์ของแม็กเนติกคอนแทกเตอร์ อุปกรณ์ทางชุดคอยล์ร้อนก็จะเริ่มทำงานใหม่



ภาพที่ 341 แสดงวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

กรณีที่แม็กเนติกคอนแทกเตอร์เป็นชนิดที่ต้องการไฟเข้าเลี้ยงคอยล์เพียง 24 โวลต์ แล้วที่ชุดคอยล์ร้อนจะต้องมีหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) ลดแรงดันไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เหลือ 24 โวลต์ วงจรไฟควบคุมจากเทอร์โมสตัทที่ชุดคอยล์เย็นซึ่งเป็นไฟ 220 โวลต์ จะผ่านเข้าหม้อแปลงลดแรงดันลงเหลือ 24 โวลต์ เข้าเลี้ยงคอยล์แม็กเนติกคอนแทกเตอร์ ทำให้หน้าสัมผัสของแม็กเนติกคอนแทกเตอร์ต่อไฟกำลัง 220 โวลต์ จะผ่านเข้ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์ และมอเตอร์พัดลมที่ชุดคอยล์ร้อนทำงาน



ภาพที่ 342 แสดงวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบแม็กเนติกมีไฟเลี้ยงคอยล์ 24 V.

บทนำ

เนื้อหาวิชา : วงจรสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรสารทำความเย็น ระบบหล่อลื่น ชนิดและคุณสมบัติของสารทำความเย็นและน้ำมันหล่อลื่น การตรวจสอบหารอยรั่ว และการบรรจุสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์และวงจรสารทำความเย็นเครื่องทำความเย็น เช่น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ เอ็กแพนชันวาล์ว แคปทิว อีแวปอเรเตอร์ เป็นต้น ระบบการหล่อลื่น ชนิดและคุณสมบัติของสารทำความเย็นและน้ำมันหล่อลื่น การตรวจสอบหารอยรั่ว การทำสุญญากาศ การบรรจุสารทำความเย็น การดูดเก็บและฟื้นฟูสารทำความเย็น

ฝึกปฏิบัติการประกอบอุปกรณ์และวงจรสารทำความเย็น การเติมน้ำมันหล่อลื่น การตรวจหารอยรั่ว การทำสุญญากาศ การบรรจุสารทำความเย็นด้วยน้ำหนักและความดัน

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

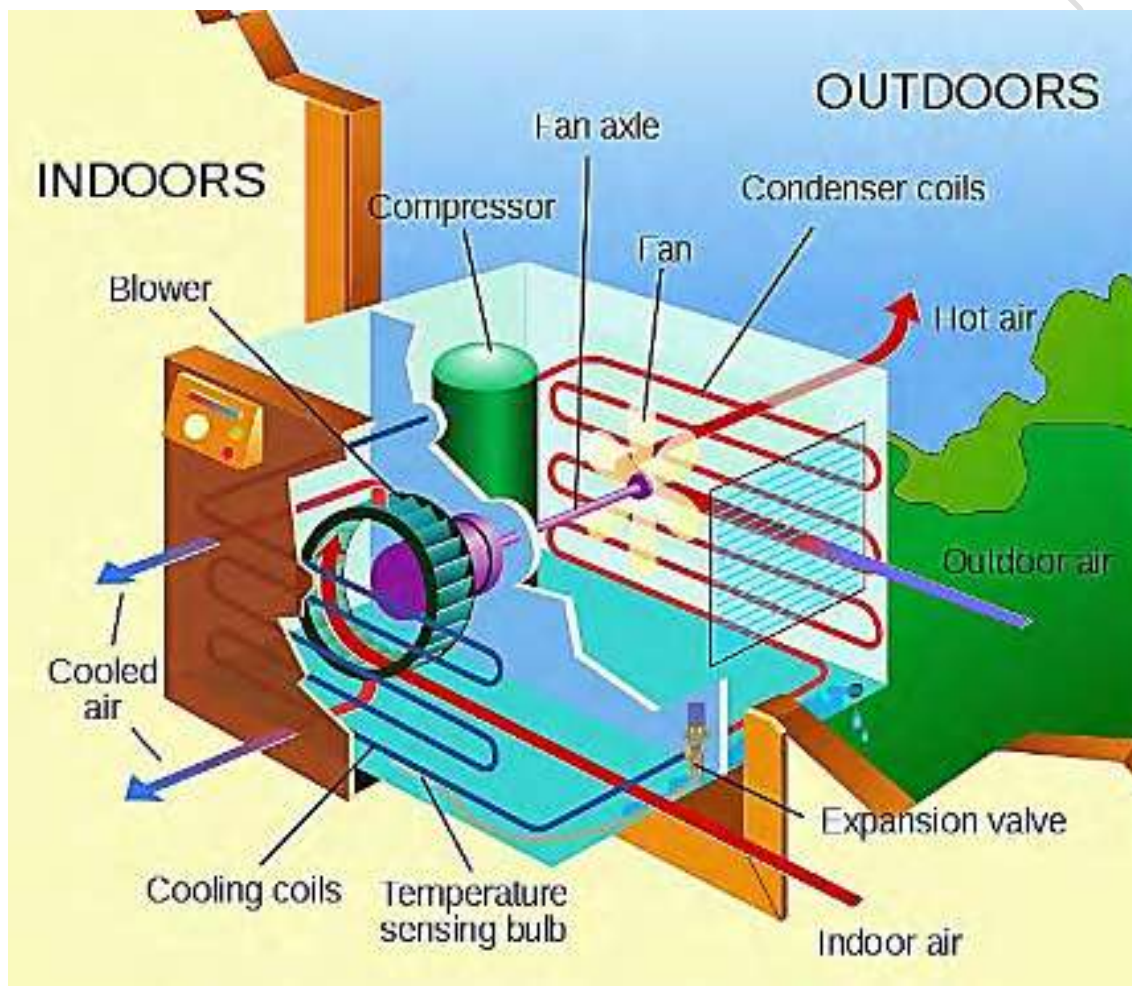
10. วงจรสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 3 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 14 ชั่วโมง)	(หน้าที่)
10.1 อุปกรณ์ในวงจรสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	(347 – 348)
10.2 สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน	(349 – 350)
10.3 การตรวจสอบหารอยรั่ว	(351 – 354)
10.4 การทำสุญญากาศ	(355 – 357)
10.5 การบรรจุสารทำความเย็น	(358 – 362)
10.6 การดูดเก็บและฟื้นฟูสารทำความเย็น	(363 – 365)

วงจรสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

10.1 อุปกรณ์ในวงจรสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

เครื่องปรับอากาศ หรือ แอร์ ที่เรารู้จักกันดี มีหลักการทำงาน โดยใช้สารทำความเย็นหรือน้ำยาแอร์เป็นตัวกลางในการดูดซับความร้อนภายในห้อง แล้วส่งความร้อนออกไปภายนอกห้อง โดยอาศัยกระบวนการเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็น(น้ำยา) ให้เป็นไอ(ก๊าซ) เพื่อการดูดซับความร้อนภายในบ้านของคุณ และเปลี่ยนสถานะกลับเข้าสู่ของเหลวเพื่อคายความร้อนออกไปยังภายนอกบ้าน หลักการนี้จึงทำให้บ้านหรือห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเย็นสบายในสภาพอากาศที่ร้อน

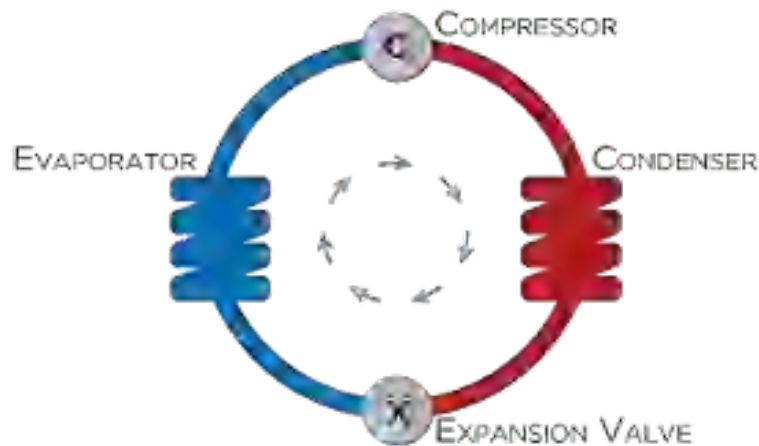


ภาพที่ 343 อุปกรณ์ที่สำคัญในระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ส่วนประกอบระบบปรับอากาศ

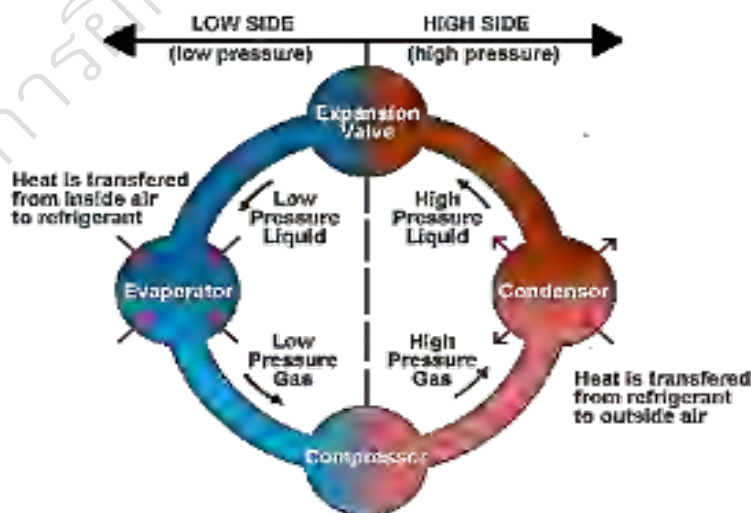
ระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

1. คอมเพรสเซอร์ (compressor)
2. คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (condenser)
3. อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น (expansion Valve)
4. อีวาพอเรเตอร์หรือคอยล์เย็น (evaporator)



ภาพที่ 344 ส่วนประกอบสำคัญในระบบวงจรสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ

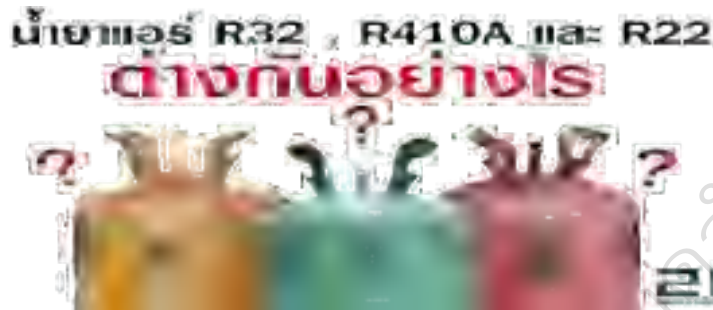
1. คอมเพรสเซอร์ (compressor) ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็น (น้ำยาแอร์) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและแรงดันให้สูงขึ้น และทำการส่งสารทำความเย็น ไหลผ่านไปยัง
2. คอนเดนเซอร์ (condenser) หรือคอยล์ร้อน จากนั้นสารทำความเย็นจะไหลผ่านแผงคอยล์ร้อน โดยมีพัดลมช่วยระบายความร้อน จะส่งผลให้สารทำความเย็น ที่ไหลผ่านจากคอนเดนเซอร์ (condenser) หรือคอยล์ร้อน มีอุณหภูมิลดลง แต่ความดันยังคงที่ตามเดิม และจะถูกส่งไปยัง
3. อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น (expansion Valve) เมื่อสารทำความเย็น ไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น (expansion Valve) จะทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็น และความดันลดลง แล้วไหลเข้าไปสู่
4. อีวาพอเรเตอร์ (e-aporator) หรือคอยล์เย็น โดยเมื่อสารทำความเย็น จะไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์ (e-aporator) หรือคอยล์เย็น จะมีพัดลมคอยเป่า เพื่อให้เกิดการดูดซับความร้อนภายในห้อง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง โดยสารทำความเย็นหรือน้ำที่ไหลผ่านไปในนั้นจะนำพาความร้อนที่ดูดซับได้ ออกไปในความดันคงที่ และไหลกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ เพื่อกระบวนการเดิมต่อไป



ภาพที่ 345 วงจรการทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ

10.2 สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน

สารทำความเย็น (refrigerant) หรือ เรียกอีกอย่างว่า “น้ำยาแอร์” เป็นสารเคมีที่อยู่ในแอร์ ซึ่งมีไว้ใช้สร้างความเย็นให้กับแอร์ โดยน้ำยาแอร์ปัจจุบันที่ใช้น้อยในประเทศไทยจะมีอยู่ 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ r 22, r 410a และ r 32 ซึ่งน้ำยาแอร์แต่ละชนิดนั้นก็จะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป โดยการเลือกใช้จะต้องคำนึงถึงค่า odp (ดัชนีวัดการทำลายโอโซน), gwp (ดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน), cooling capacity (ประสิทธิภาพการทำความเย็น) ซึ่งแต่ละค่ามีผลต่อการทำความเย็นและสภาพแวดล้อม ซึ่งแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 346 ตัวอย่างถังน้ำยาแอร์ r 32, r 22 และ r 410A

1. สารทำความเย็น r 22

หลายท่านคงคุ้นเคย เป็นอย่างดี เนื่องจากน้ำยาแอร์ r 22 เป็นน้ำยารุ่นที่เก่าที่สุด และถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน นิยมนำมาใช้กับแอร์ตามบ้านเรือนทั่วไป ซึ่งมีค่า odp = 0.05 ค่า gwp = 1810 และมีค่า cooling capacity = 100

ข้อดีของสารทำความเย็น r 22

- สาร r 22 ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น จึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์
- สาร r 22 ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม a1 คือ เป็นสารที่ไม่ติดไฟ จึงมีความปลอดภัยในการใช้งาน

ข้อเสียของสารทำความเย็น r 22

- สาร r 22 มีค่า odp สูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อทำลายชั้นโอโซนสูง
- สาร r 22 มีค่าที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก
- สาร r 22 หากรั่วออกมาสู่อากาศจำนวนมากจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

2. สารทำความเย็น r 410A

เป็นสารที่มีส่วนประกอบของ fluorocarbon คือ สารทำความเย็นที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทดแทนสารทำความเย็นชนิด r 22 และราคาค่อนข้างสูงกว่า โดยมีค่า odp = 0 มีค่า gwp = 2090 และมีค่า cooling capacity = 141

ข้อดีของสารทำความเย็น r 410A

- เป็นสารทำความเย็นที่ไม่ติดไฟ
- สาร r 410a มีค่า odp ไม่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

ข้อเสียของสารทำความเย็น r 410A

- มีค่า gwp สูง ซึ่งเป็นตัวทำลายชั้นโอโซนและการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก
- กรณีที่น้ำยาเกิดรั่วในระบบเครื่องปรับอากาศ r-410a ต้องถ่ายทิ้งให้เป็นศูนย์ แล้วจึงเติมเข้าไปใหม่อีกรอบ ไม่สามารถเติมเพิ่มจากเดิมเข้าไปได้

3. สารทำความเย็น r 32

เป็นสารทำความเย็น รุ่นใหม่ล่าสุด ซึ่งถูกผลิตขึ้นมาเพื่อช่วยประหยัดพลังงาน และช่วยลดการปล่อยสาร cFc ที่ทำลายชั้นบรรยากาศ r 32 มีแรงดันเท่ากับ r 410a แต่สูงกว่า r 22 ประมาณ 1.6 เท่า มีค่า $odp = 0$ มีค่า $gwp = 675$ และมีค่า cooling capacity = 160

ข้อดีของสารทำความเย็น r 32

- สาร r 32 ใช้สารทำความเย็นน้อยกว่าสารรุ่นเดียวกัน
- จุดเดือดของน้ำยา r 32 มีค่าต่ำ ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานเบาสุด ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการทำ ความเย็นดีและเร็วกว่า r 22 และ r 410a
- ประหยัดพลังงานมากที่สุด
- ราคาถูก และมีค่า gwp ที่ต่ำกว่าสาร r 410a

ข้อเสียของสารทำความเย็น r 32

- สาร r 32 จัดอยู่ในกลุ่ม a2 ซึ่งมีคุณสมบัติติดไฟได้เล็กน้อย ต่างจากสารชนิดอื่นที่อยู่ในกลุ่ม a1 แต่การที่สาร r 32 จะติดไฟได้นั้น ต้องอาศัยความเข้มข้นของน้ำยาพอสมควร หากน้ำยา มีความเข้มข้นน้อยก็จะติดไฟได้น้อย หากเข้มข้นมากก็จะติดไฟได้มาก จึงให้นำมาใช้ในแอร์ขนาดเล็กที่ต่ำกว่า 24000 บีทียู

ในปัจจุบันรัฐบาลณรงค์ให้หันมาใช้ น้ำยาแอร์ชนิด R32 มากขึ้น และเลิกใช้น้ำยา R22 ในอนาคต ซึ่งเป็นไปตามนโยบายของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการให้ยกเลิกการใช้สาร R22 อีกทั้งสารทำความเย็น R32 ยังส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนน้อยกว่าสารทำความเย็นในปัจจุบัน อย่างสาร R410a ถึง 3 เท่า และยังมีประสิทธิภาพทำความเย็นมากกว่า R22 ถึง 60% แต่สำหรับแอร์ที่ยังใช้น้ำยา R22 อยู่ ก็ยังสามารถใช้ได้เหมือนเดิม

ตารางที่ 73 แสดงตัวอย่างการเลือกใช้เครื่องมือสำหรับน้ำยา r 32 , r 410a และ r 22

เครื่องมือ	R32	R410A	R22
manifold (Gauge manifold)	ใช้ร่วมกับได้		
สายชาร์จสารทำความเย็น (Charge hose)	ใช้ร่วมกับได้		
เครื่องชั่ง (Weighing instrument)	ใช้ร่วมกับได้		
เครื่องคัตท่อ (Pipe bender)	ใช้ร่วมกับได้		
เครื่องตัดท่อ (Pipe cutter)	ใช้ร่วมกับได้		
เครื่องมือบานท่อ (Flaring tool)	ใช้ร่วมกับได้		
ประแจวัดแรงบิด (Torque wrench)	ใช้ร่วมกับได้		
ฝาปิดถังบรรจุสารทำความเย็น (Cylinder cap)	ใช้ร่วมกับได้		
ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)	ใช้ร่วมกับได้		
เครื่องดูดกลับสารทำความเย็น (Refrigerant recovery system)	ใช้ร่วมกับได้		
ถังบรรจุสารทำความเย็นเมื่อกลับ (Refrigerant recovery cylinder)	ใช้ร่วมกับได้		
เครื่องตรวจจับก๊าซรั่วด้วยไฟฟ้า (Electric gas leak detector)	ใช้ร่วมกับได้		

10.3 การตรวจสอบหารอยรั่ว

หลังจากการติดตั้งหรือถอดประกอบชิ้นส่วนใดๆ ของระบบเครื่องทำความเย็นแล้ว จะต้องตรวจรั่วตามจุดต่อต่างๆ เพื่อให้แน่ใจว่าจุดต่อเหล่านั้นไม่รั่ว ก่อนที่จะทำสุญญากาศและชาร์จสารทำความเย็นเข้าในระบบต่อไป วิธีการตรวจรั่วอาจแตกต่างกันไปตามชนิดของสารทำความเย็นที่อัดเข้าในระบบเพื่อใช้ในการตรวจรั่ว ซึ่งการตรวจรั่วมีหลัก 2 ประการ คือ ทำสุญญากาศระบบเพื่อการตรวจรั่ว และเพิ่มความดันเข้าในระบบเพื่อการตรวจรั่ว

1. ทำสุญญากาศระบบเพื่อการตรวจรั่ว

ทำโดยเมื่อทำสุญญากาศระบบแล้วประมาณ 15 – 20 นาที ให้ปิดวาล์วเกจแมนิโฟลด์ทิ้งไว้ประมาณ 5 – 10 นาที แล้วดูว่าเข็มของเกจสูงขึ้นหรือไม่

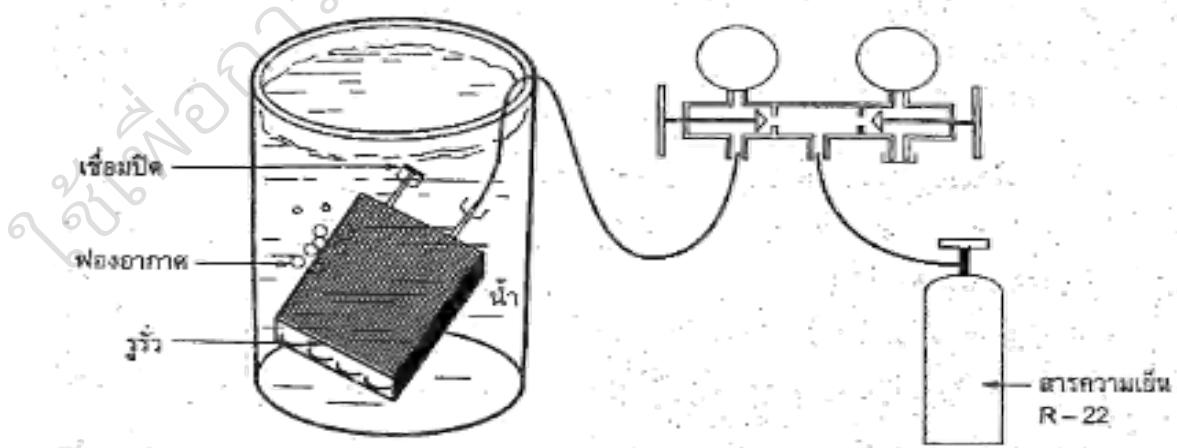
- ถ้าเข็มเกจสูงขึ้น แสดงว่าระบบรั่ว จำเป็นต้องหาจุดที่รั่วและแก้ไขใหม่
- ถ้าเข็มเกจไม่สูงขึ้น แสดงว่าระบบไม่รั่ว สามารถชาร์จสารทำความเย็นเข้าในระบบต่อไปได้

2. เพิ่มความดันเข้าในระบบเพื่อการตรวจรั่ว

ในการอัดก๊าซเพิ่มความดันเข้าในระบบนั้น อาจใช้ก๊าซไนโตรเจน หรือสารทำความเย็นชนิดเดียวกันที่ใช้ในระบบนั้นๆ อัดเข้าไปก็ได้ “วิธีนี้อาจสิ้นเปลืองน้ำยาแอร์” **แต่ห้ามใช้ก๊าซออกซิเจนที่ใช้สำหรับงานเชื่อมท่อตรวจรั่วเป็นอันตรายเพราะจะทำให้เกิดการระเบิดได้** การอัดก๊าซเข้าในระบบเพื่อการตรวจรั่ว กระทำเป็น 3 ขั้นตอน

1. อัดก๊าซเข้าในระบบประมาณ 20 – 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) เป็นการตรวจรั่วครั้งที่ 1
 2. อัดก๊าซเพิ่มเข้าในระบบจนถึง 70 -100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) เป็นการตรวจรั่วครั้งที่ 2
 3. ถ้าพบว่าไม่มีการรั่วทั้ง 2 ครั้ง ให้อัดก๊าซเพิ่มเข้าอีกจนถึง 200 – 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) และเป็นการตรวจสอบครั้งสุดท้าย (ถ้าใช้ไนโตรเจนต้องผ่านเรกูเลเตอร์)
- การที่ต้องค่อยๆ เพิ่มความดันในระบบถึง 3 ครั้ง ก็เพื่อความปลอดภัย เพราะถ้าอัดความดันเข้าในระบบมากๆ ถึง 200 – 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ที่เดียวเลย อาจทำให้ระบบท่อระเบิดแตกและเกิดอันตรายได้

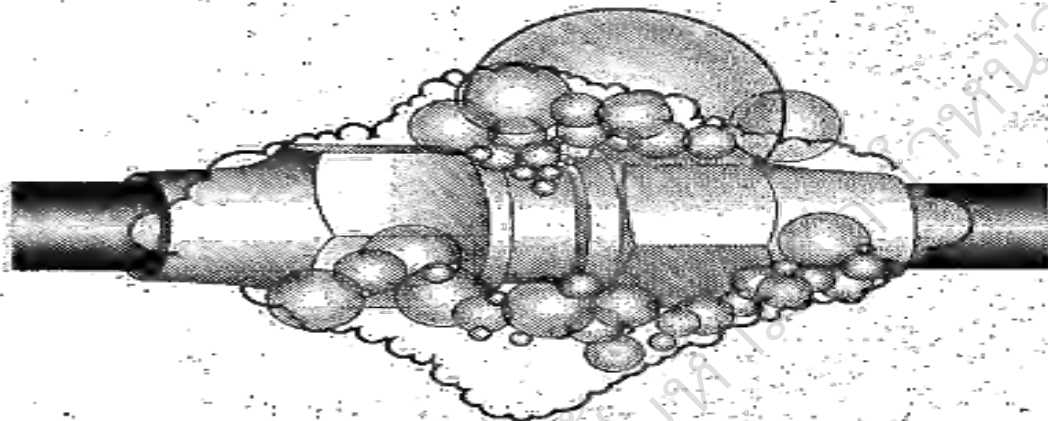
หลังจากการเพิ่มแรงดันเข้าในระบบนี้ ยังสามารถแบ่งวิธีการตรวจรั่วออกได้อีกหลายวิธีและทุกๆ วิธีจะต้องทำการอัดก๊าซเข้าในระบบโดยกระทำเป็น 3 ขั้นตอนดังข้อที่ 2 ส่วนวิธีการที่ใช้ในการตรวจรั่วระบบเพื่อหารอยรั่ว สามารถทำได้ดังนี้



ภาพที่ 347 การตรวจรั่วโดยแช่ลงในน้ำ

2.1 แคล่งในน้ำ นับว่าเป็นวิธีตรวจรั่วที่ให้ผลดีที่สุด โดยอัดก๊าซไนโตรเจน หรือสารทำความเย็นชนิดเดียวกันที่ใช้ในระบบนั้นๆ อัดเข้าไป ประมาณ 20 – 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) แล้วแคล่งในน้ำเพื่อตรวจรั่ว ดังแสดงในภาพที่ 347

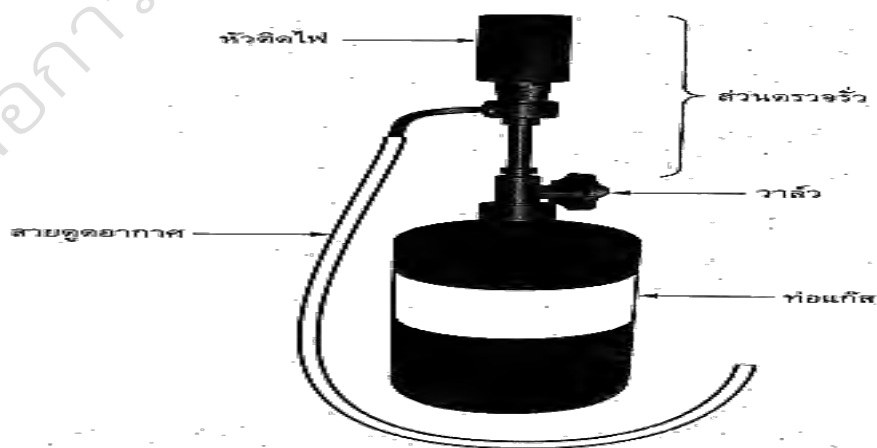
- จากภาพที่ 347 ถ้าไม่มีฟองอากาศรั่วจากระบบ ให้เพิ่มความดันเข้าในระบบจนถึง 70 หรือ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) สังเกตฟองอากาศอีกครั้งหนึ่ง หากไม่พบรอยรั่ว ให้อัดความดันเข้าไปอีกจนถึง 200 – 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ตรวจสอบครั้งสุดท้าย หากระบบทนได้ที่ความดันขนาดนี้ โดยไม่รั่วก็เป็นอันใช้ได้



ภาพที่ 348 การตรวจรั่วโดยใช้ฟองสบู่

2.2 ใช้ฟองสบู่ การตรวจรั่วโดยวิธีนี้ใช้อัดแก๊สเข้าไปเช่นเดียวกับวิธีแรก แต่แทนที่จะจุ่มลงในน้ำ ก็ใช้ฟองสบู่ตรวจหารอยรั่วแทน

- หลังจากอัดก๊าซเข้าในระบบดังกล่าวแล้ว ให้ใช้ฟองสบู่ตรวจรั่วตามข้อต่อต่างๆ ของท่อทางเดินสารทำความเย็น หากมีการรั่ว ฟองสบู่จะไปออกจนแตก สำหรับระบบที่ทำงานอยู่แล้วถ้าเกิดรอยรั่วที่จุดใดๆ จะสังเกตเห็นคราบน้ำมันจับอยู่รอบๆ ทั้งนี้เพราะขณะที่สารทำความเย็นรั่วออกมา จะพาเอาน้ำมันในระบบติดออกมาด้วย แล้วสารทำความเย็นจะระเหยตัวไป ส่วนน้ำมันจะจับเป็นคราบติดอยู่



ภาพที่ 349 ตะเกียงตรวจรั่ว

2.3 ใช้ตะเกียง การตรวจรั่วโดยวิธีนี้อาศัยหลักคุณสมบัติของสารทำความเย็น r 12 ,r 22 นั่นคือ เมื่อถูกเผาไหม้จะเปลี่ยนสีเปลวไฟ จากสีเหลืองส้มเป็นสีเขียวตองอ่อน

- การตรวจรั่วโดยวิธีนี้ควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เปิดวาล์วให้ก๊าซในท่อออกมา
 2. จุดไฟที่หัวจุดไฟ (burner)
 3. นำปลายสายยางสำหรับดูดอากาศเข้า ไปจ่อตามจุดข้อต่อต่างๆ ของท่อทางเดินสารทำความเย็นที่สงสัยว่าจะรั่ว
 4. สังเกตสีเปลวไฟ หากจุดใดของระบบเกิดรอยรั่ว สารทำความเย็น r 12 ,r 22 จะถูกดูดเข้าไปผสมกับแก๊สจุดไฟ เปลี่ยนสีของเปลวไฟเป็นสีเขียวตองอ่อน
- ตะเกียงตรวจรั่วนั้น นอกจากจะใช้แก๊สสำหรับจุดไฟแล้ว บางครั้งก็พบว่าใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงในการจุดเปลวไฟแทนได้ด้วย



ภาพที่ 350 เครื่องตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์

2.4 ใช้เครื่องตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์ การตรวจรั่วโดยวิธีนี้ใช้ตรวจระบบที่ใช้สารทำความเย็น แต่ละชนิดต้องตรงกับขีดความสามารถของเครื่องตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์แต่ละรุ่นต้องตรงกัน

- เครื่องตรวจรั่วนี้อาจมีลักษณะเป็นแบบปืนหรือแบบกล่อง ทุกแบบมีหลักการทำงานเช่นเดียวกันคือ จะมีปลายรับสัมผัสแก๊สที่ไวมาก ซึ่งถ้าพบว่าสารทำความเย็นรั่วจะทำให้เกิดเสียงดังเพื่อเป็นสัญญาณให้รู้

การเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งในการตรวจรั่วดังกล่าวไปแล้วข้างต้น ย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซที่ใช้อัดเข้าในระบบเพื่อการตรวจรั่วและสถานการณ์ หรือโอกาสที่จะอำนวยให้ใช้วิธีใดได้

3. ข้อควรระวังในการตรวจรั่ว

การตรวจรั่วโดยหลักอัดความดันเข้าในระบบนั้น มีข้อควรระวังดังนี้

1. ห้ามใช้ก๊าซออกซิเจนอัดเข้าระบบเพื่อการตรวจรั่ว เพราะออกซิเจนเป็นก๊าซที่ช่วยให้ไฟติดและติดไฟ อาจเกิดการระเบิดขึ้นได้ง่าย เนื่องจากความดันในถังสูงมาก
2. การใช้ก๊าซไม่ว่าจะเป็นไนโตรเจนอัดเข้าในระบบ ต้องมีเกจเรกูเลเตอร์ (gauge regulator) เพื่อควบคุมแรงอัดไม่ให้อัดเข้าระบบโดยตรงมากเกินไปจนเกินขีดอันตราย (250 ถึง 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดระเบิดเป็นอันตรายได้ (สำหรับตู้เย็นไม่ควรเกิน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)

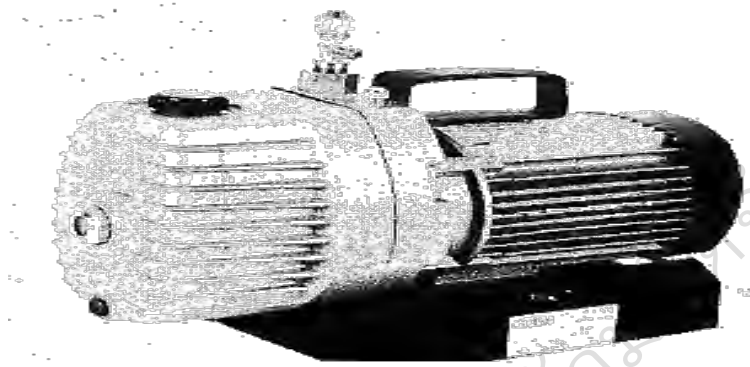
4. ข้อเสนอแนะในการตรวจรั่ว

ในการตรวจรั่วระบบมีข้อควรปฏิบัติดังนี้

1. ตรวจสอบด้วยสายตาว่าที่จุดต่อต่างๆ ของระบบมีคราบน้ำมันจับอยู่ที่ใดบ้าง
2. ต่อชุดเกจแมนิโฟลด์เข้ากับระบบ (ในกรณีที่มิวาล์วบริการ)
3. ถ้าอ่านค่าของเกจได้ถึง 60 – 80 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ให้ตรวจหาจุดรั่วด้วยเครื่องตรวจรั่ว (Leak detector) ได้
4. ถ้าเกจแสดงให้เห็นว่าไม่มีความดันในระบบ หรืออ่านค่าได้ต่ำมาก ให้เติมสารทำความเย็นเข้าไปอีก 1 ปอนด์ ในขณะที่หยุดระบบ ตามลำดับดังนี้
 - ต่อสายชาร์จสารทำความเย็นจากท่อสารทำความเย็นเข้ากับรูกลางของเกจแมนิโฟลด์
 - เปิดวาล์วด้านเกจวัดความดันทางสูงและวาล์วของท่อสารทำความเย็น
 - สังเกตดูว่าสารทำความเย็นไหลเข้าในระบบ เกจจะแสดงค่าความดันที่เพิ่มขึ้น
 - ถ้าจำเป็น ควรจุ่มท่อสารทำความเย็นลงในน้ำอุ่น เพื่อช่วยให้สารทำความเย็นไหลเข้าในระบบได้เร็วขึ้น
 - ปิดวาล์วด้านเกจวัดความดันทางสูงและวาล์วของท่อสารทำความเย็น
5. ใช้เครื่องตรวจรั่ว ตรวจสอบตามจุดต่อต่างๆ ของท่อทางเดินสารทำความเย็นในระบบทุกจุด และที่คอนเดนเซอร์ คอมเพรสเซอร์ ท่อพักสารทำความเย็นเหลว และอีวาพอเรเตอร์
6. ในการตรวจอีวาพอเรเตอร์ ให้เดินพัดลมโบล์เออร์ด้วยความเร็วต่ำที่สุด และสังเกตที่ความเย็นของลมส่ง ถ้าเย็นน้อยก็เป็นข้อยืนยันว่าสารทำความเย็นในระบบรั่ว
7. ถ้าจุดต่อต่างๆ รั่ว ให้ขันให้แน่น ถ้าต้องเชื่อมต่อใหม่ให้ปล่อยสารทำความเย็นในระบบทิ้งก่อน แล้วจึงเชื่อมต่อใหม่ และทำการตรวจรั่วซ้ำอีกครั้งหนึ่ง
8. เมื่อต้องซ่อมชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ จำเป็นต้องปล่อยสารทำความเย็นในระบบทิ้งก่อนที่จะถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้นๆ ออกซ่อม
9. ถ้าพบว่าจุดรั่วของระบบพาด้านน้ำมันในระบบออกมามาก จะต้องตรวจระดับน้ำมันคอมเพรสเซอร์ หากน้อยเกินเกณฑ์ให้เติมน้ำมันเข้าไปอีก

10.4 การทำสุญญากาศ

การทำสุญญากาศระบบ (e-acuating the system) หรือที่เรียกว่า “การทำแวกคัม” จะกระทำภายหลังจากการตรวจรั่วระบบ แต่ต้องทำก่อนที่จะชาร์จสารทำความเย็นเข้าในระบบ การทำสุญญากาศเป็นการใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) ดูดเอาอากาศและความชื้นภายในระบบออกให้หมด ถ้าเป็นระบบเก๋าก็รวมถึงการจัดเอาสารทำความเย็นที่เสื่อมคุณภาพแล้วออกจากระบบ เพื่อให้แน่ใจว่าภายในระบบเป็นสุญญากาศอย่างแท้จริง



ภาพที่ 351 เครื่องปั๊มสุญญากาศที่ใช้ในการทำสุญญากาศระบบ

เครื่องมือและเครื่องวัดที่จำเป็นต้องใช้ในการทำสุญญากาศระบบประกอบด้วย เครื่องปั๊มสุญญากาศและเครื่องวัดสุญญากาศที่เที่ยงตรง *ไม่ควรใช้คอนเพรสเซอร์เป็นเครื่องปั๊มสุญญากาศหรือใช้คอมเพรสเซอร์ของระบบทำสุญญากาศด้วยตัวเอง* เพราะถ้าทำสุญญากาศได้ไม่ถึงระดับแล้ว จะเกิดปัญหาต่อระบบเครื่องทำความเย็นขึ้นภายหลัง

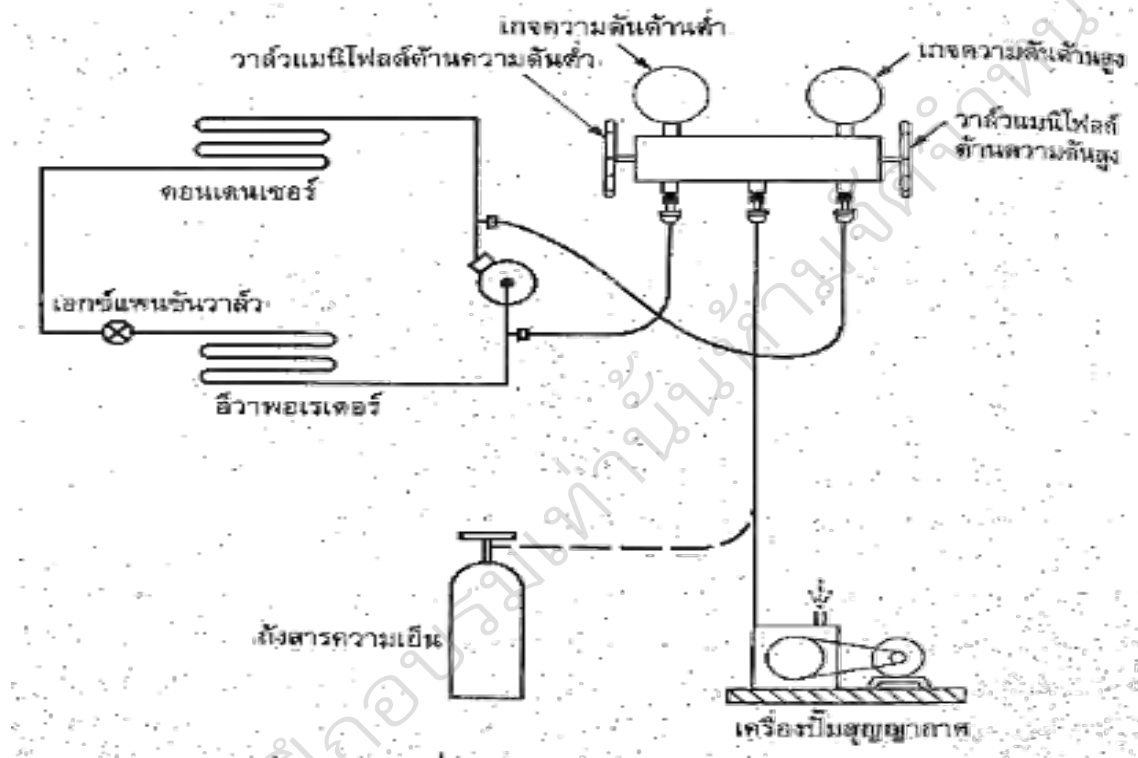
ในขณะที่กำลังทำสุญญากาศระบบ ค่าความดันของเกจวัดความดันต่ำจะอ่านค่าได้ต่ำกว่า 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) เกจจะแสดงค่าให้ทราบว่าในระบบเป็นสุญญากาศ ซึ่งเข้าใจได้อย่างง่ายๆ ว่าความดันในระบบขณะนี้ต้องน้อยกว่าค่าความดันบรรยากาศ

เห็นได้อย่างชัดเจนว่าในการทำสุญญากาศนั้น อากาศถูกดูดออกจากระบบ แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดของการทำสุญญากาศก็คือ ต้องดูเอาความชื้นออกจากในระบบให้หมดเช่นกัน ดังได้กล่าวแล้วว่า การลดความดันที่ผิวหน้าของของเหลว จะทำให้จุดเดือดของของเหลวนั้นลดต่ำลงด้วยกรณีของเหลว เช่น น้ำ เมื่อถูกลดความดันที่ผิวหน้าจุดเดือดของน้ำจะลดต่ำลง ฉะนั้นแม้ว่าจะมีความชื้นอยู่ในระบบเครื่องทำความเย็น เมื่อระบบถูกทำสุญญากาศ ความดันในระบบจะลดต่ำลงความชื้นที่เหลืออยู่ในระบบจะถูกเปลี่ยนสถานะง่ายเข้า

ขณะที่ระบบใกล้สุญญากาศหรือที่ความสูงของปรอทใกล้ 29 นิ้วปรอท น้ำจะมีจุดเดือดที่ -17.77 องศาเซลเซียส นี่เป็นข้อยืนยันอย่างแน่นหนาว่า ในการทำสุญญากาศระบบ ถ้าใช้เวลาเพียงพอและเครื่องปั๊มสุญญากาศมีขีดความสามารถดีพอแล้ว ความชื้นในระบบจะถูกดูดปนออกมาหมดด้วย

ถ้าเครื่องปั๊มสุญญากาศมีขีดความสามารถดีพอ ทำสุญญากาศได้ถึง 29 นิ้วปรอทแล้ว การทำสุญญากาศของระบบสามารถใช้เวลาน้อยลงได้ แต่ถ้าเครื่องปั๊มสุญญากาศมีขีดความสามารถน้อยกว่า ก็จำเป็นต้องใช้เวลาในการทำสุญญากาศนานหน่อย อย่างไรก็ตาม เครื่องปั๊มสุญญากาศต้องทำสุญญากาศได้ถึง 28 นิ้วปรอทเป็นอย่างน้อย จึงจะสามารถทำให้ภายในระบบไม่มีความชื้นหลงเหลืออยู่เลย

ในระหว่างการทำสุญญากาศนี้ สามารถตรวจรู้ระบบได้ด้วยโดยการปิดวาล์วทั้งสองของเกจแมนิโฟลด์ ซึ่งขณะนี้เครื่องปั๊มสุญญากาศจะถูกตัดออกจากระบบ ให้สังเกตค่าความดันที่อ่านได้บนเกจวัดความดันด้านต่ำ ที่ไว้ประมาณ 5 นาที ถ้าค่าความดันสูงขึ้นกว่าเดิมเกินกว่า 1 นิ้วปรอท แสดงว่าจะต้องมีการรั่วที่ใดที่หนึ่งของระบบ ถ้าค่าความดันเกจคงอยู่ที่เดิม แสดงว่าระบบไม่รั่วให้เปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์อีกครั้งหนึ่ง และเดินเครื่องปั๊มสุญญากาศต่อ เมื่อระบบทำสุญญากาศเรียบร้อยแล้ว ก็พร้อมที่จะชาร์จสารทำความเย็นเข้าในระบบต่อไป ในการหยุดการทำสุญญากาศ ต้องปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์ให้อยู่ในตำแหน่งปิด ก่อนหยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศ แล้วจึงปลดสายสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ที่ติดอยู่กับเครื่องปั๊มสุญญากาศออกอีกทีหนึ่ง



ภาพที่ 352 การทำสุญญากาศระบบ

ขั้นตอนการทำสุญญากาศระบบ

ขั้นตอนการทำสุญญากาศระบบ ควรกระทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อชุดเกจแมนิโฟลด์เข้ากับวาล์วบริการ
2. เปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์ (ทวนเข็มนาฬิกา)
3. ต่อสายท่อกลางของเกจแมนิโฟลด์เข้ากับปั๊มสุญญากาศ
4. เดินเครื่องปั๊มสุญญากาศ
5. เข็มความดันของเกจวัดความดันด้านต่ำเริ่มลดต่ำกว่าตำแหน่ง 0 (ส่วนเกจวัดความดันสูงจะไม่สามารถอ่านค่าได้)
6. เมื่อเข็มของเกจวัดความดันด้านต่ำอ่านค่าถึง -29.92 นิ้วปรอท ให้เดินเครื่องปั๊มสุญญากาศต่อไปอีกอย่างน้อย 20 นาที

7. ถ้าเข็มของเกจวัดความดันต่ำไม่สามารถลดลงถึง -29.92 นิ้วปรอท ให้ทำการตรวจข้อต่อต่างๆ ใหม่ทั้งหมด
8. ถ้าค่าเกจ ทางสุญญากาศที่อ่านได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ให้หมุนวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์อยู่ในตำแหน่งปิด ถ้าค่าความดันสูงขึ้น (แต่ยังต่ำกว่า 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) แสดงว่าระบบรั่ว ให้หยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศ แล้วค้นหาที่รั่วและซ่อมใหม่
9. ถ้าค่าเกจ ทางสุญญากาศคงที่อยู๋ ในขณะที่วาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์อยู่ในตำแหน่งปิด แสดงว่าปั๊มสุญญากาศไม่ดีพอ
10. ภายหลังจากเดินเครื่องปั๊มสุญญากาศ 20 – 30 นาทีแล้ว ปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์
11. หยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศ
12. ขณะนี้ระบบทำสุญญากาศเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะชาร์จสารทำความเย็นเข้าในระบบต่อไป

ในการทำสุญญากาศระบบ ควรทำตามลำดับขั้นตอนที่ให้ไว้ เพราะถ้าปฏิบัติสลับหรือข้ามขั้นแล้วอาจก่อให้เกิดผลเสียได้ เช่น ถ้าหยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศ (ข้อที่ 11) ก่อนปิดวาล์ว a และวาล์ว b ของเกจแมนิโฟลด์ (ข้อที่ 10) แล้ว ความดันของอากาศภายนอกจะดันย้อนกลับเข้าในระบบ โดยเข้าทางลิ้นของเครื่องปั๊มสุญญากาศ ทำให้ภายในระบบไม่เป็นสุญญากาศอย่างแท้จริง

ในทางปฏิบัตินั้น ถ้าจะให้ดีและใช้เวลาน้อยกว่าควรใช้วิธีอัดสารทำความเย็นในสถานะที่เป็นก๊าซอัดปน – ดูดออก (dilution Method) โดยให้ปฏิบัติตามข้อที่ 1 – 4 แล้วปิดวาล์ว a และวาล์ว b ของเกจแมนิโฟลด์ หยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศแล้วปลดปลายสายกลางของเกจแมนิโฟลด์จากเครื่องปั๊มสุญญากาศไปต่อเข้ากับท่อสารทำความเย็น เปิดวาล์วท่อสารทำความเย็น ไล่อากาศในสายโดยคลายหัวสายกลางทางด้านเกจแมนิโฟลด์เล็กน้อย ปล่อยให้สารทำความเย็นในท่อไล่อากาศในสายทิ้งแล้วจึงขันให้แน่นดังเดิม เปิดวาล์ว a อัดสารทำความเย็นเข้าในระบบเล็กน้อย ปิดวาล์ว a และวาล์วท่อสารทำความเย็น เริ่มการทำสุญญากาศระบบใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยวิธีนี้จะช่วยให้ความชื้นที่หลงเหลืออยู่ในระบบถูกสารทำความเย็นดูดซับไว้ และถูกเครื่องปั๊มสุญญากาศดูดออกอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำสุญญากาศระบบได้

10.5 การบรรจุสารทำความเย็น

การบรรจุสารทำความเย็นหรือการชาร์จสารทำความเย็นเข้าในระบบ (charging the system) เป็นการปฏิบัติต่อจากการทำสุญญากาศระบบ สายกลางของเกจแมนิโฟลด์ที่ปลดออกจากปั๊มสุญญากาศหลังจากหยุดการทำสุญญากาศระบบแล้ว จะถูกต่อเข้ากับท่อบรรจุสารทำความเย็น

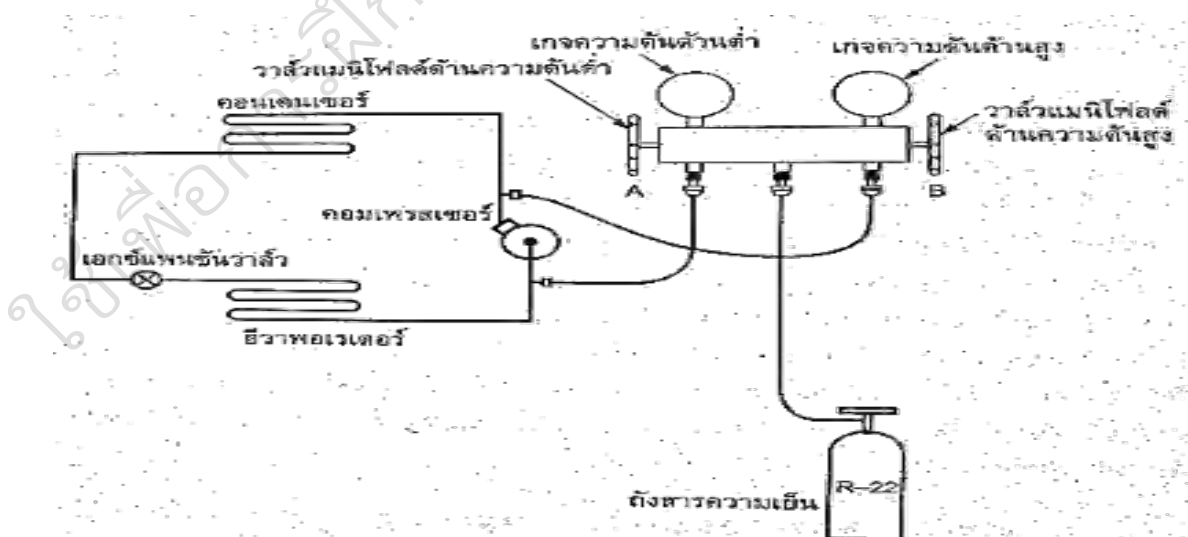
เมื่อต่อสายกลางของเกจแมนิโฟลด์เข้ากับท่อสารทำความเย็นแล้ว จะต้องทำการไล่อากาศในสายกลางนี้เสียก่อน โดยคลายสายกลางด้านติดกับเกจแมนิโฟลด์เล็กน้อย เปิดวาล์วท่อสารทำความเย็น ความดันของสารทำความเย็นในท่อจะดันออกเป็นการไล่อากาศในสาย แล้วจึงขันหัวต่อสายกลางให้แน่นตามเดิม ซึ่งขณะนี้สารทำความเย็นพร้อมที่จะบรรจุเข้าในระบบได้ การบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบทำได้ 2 วิธี คือ การบรรจุสารทำความเย็นในสถานะก๊าซ และการบรรจุสารทำความเย็นในสถานะของเหลว

1. การบรรจุสารทำความเย็นในสถานะก๊าซ

เป็นการบรรจุสารทำความเย็นที่เป็นก๊าซเข้าในระบบทางด้านความดันต่ำ โดยเดินมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ดูดสารทำความเย็นเข้าในระบบการเติมสารทำความเย็น การเติมสารทำความเย็นเข้าในระบบโดยวิธีนี้จะใช้เวลาเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย แต่เป็นวิธีที่ธรรมดาๆ และปลอดภัยในการปฏิบัติ

ในขณะที่หยุดระบบเครื่องปรับอากาศ ให้เปิดวาล์วด้านเกจวัดความดันสูง ปลอ่ยให้สารทำความเย็นในท่อสารทำความเย็นผ่านเข้าทางด้านความดันสูงของระบบ และคอยควบคุมให้เกจ ด้านความดันสูงมีความดันประมาณ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเกิดชำรุดจากการเพิ่มความดันอย่างรวดเร็ว ขณะนี้สารทำความเย็นได้ถูกบรรจุเข้าในระบบทางด้านความดันสูงให้เพิ่มสารทำความเย็นเข้าในระบบจนกระทั่งไม่สามารถบรรจุเพิ่มเข้าได้อีก เนื่องจากความดันของก๊าซในระบบเท่ากับความดันของสารทำความเย็นภายในท่อ ตามปกติการบรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบจะกระทำไม่ได้ ถ้าไม่เดินเครื่องปรับอากาศและปิดวาล์วด้านความดันสูงของเกจแมนิโฟลด์และการบรรจุสารทำความเย็นจะกระทำต่อไปได้โดยการเดินระบบเครื่องปรับอากาศ แล้วค่อยๆ เปิดวาล์วเกจ ด้านความดันต่ำ

เมื่อเริ่มเดินเครื่องและบรรจุสารทำความเย็นในสถานะก๊าซเข้าในระบบทางด้านความดันต่ำ ให้สังเกตความดันด้านเกจวัดความดันสูงของระบบประกอบการบรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบด้วย



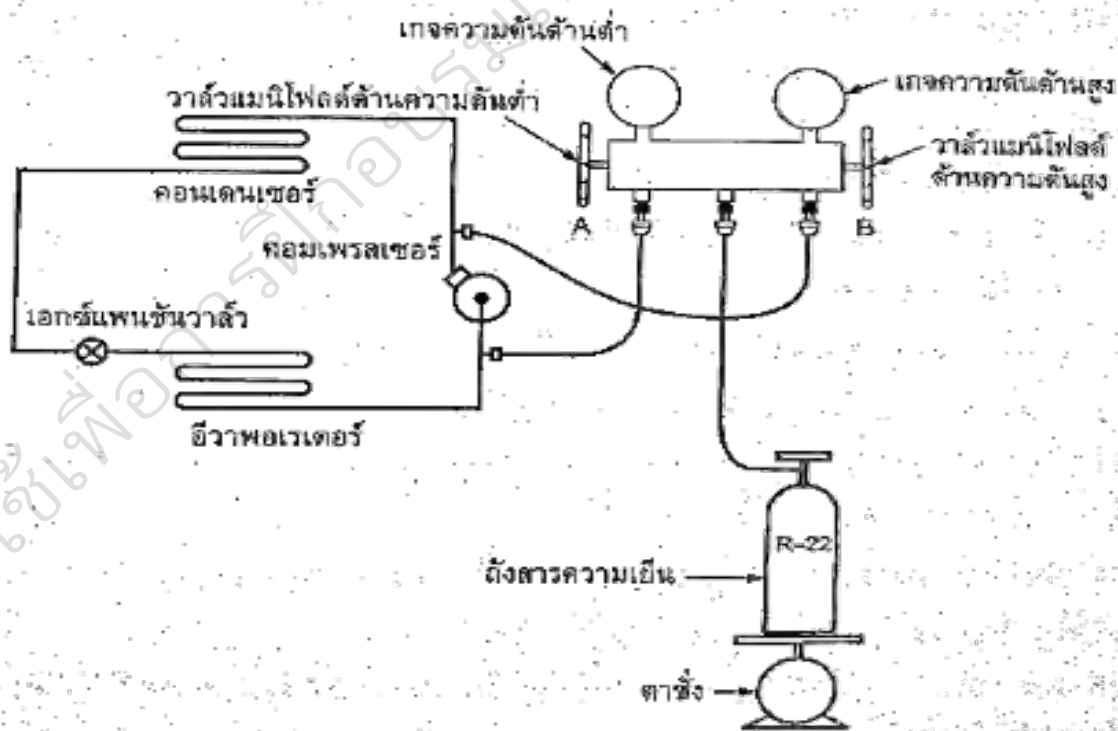
ภาพที่ 353 การบรรจุสารทำความเย็นในสถานะแก๊สเข้าในระบบทางด้านความดันต่ำ

ลำดับขั้นตอนการบรรจุสารทำความเย็นในสถานะก๊าซเข้าในระบบ มีดังนี้

1. ถอดปลายสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ออกจากเครื่องปั๊มสุญญากาศ แล้วต่อเข้ากับท่อสารทำความเย็น ดังแสดงจากภาพที่ 353
2. เปิดวาล์วท่อสารทำความเย็น (สถานะก๊าซ)
3. ใช้สารทำความเย็นในท่อ ไล่อากาศที่ค้างอยู่ในสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ โดยคลายปลายสายด้านติดกับเกจแมนิโฟลด์เล็กน้อย ปลดปล่อยสารทำความเย็นจากในท่อไล่อากาศออกทิ้ง ชนปลายสายกลับเข้าให้แน่นตามเดิม
4. เปิดวาล์ว a บรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบเล็กน้อย ดูที่ความดันเกจประมาณ 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) แล้วปิดวาล์ว a อีกครั้งหนึ่ง
5. เดินมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของระบบเครื่องปรับอากาศ
6. ค่อยๆ เปิดวาล์ว a ควบคุมให้สารทำความเย็นในสถานะก๊าซบรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบ สังเกตดูเข็มของเกจแมนิโฟลด์ทั้งด้านความดันสูงและความดันต่ำ ให้ความดันตามเกณฑ์
7. ปิดวาล์ว a เมื่อความดันในระบบ ทั้งด้านความดันสูงและความดันต่ำได้ตามเกณฑ์ พอดีแล้ว
8. ทดลองเดินเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่ยังติดตั้งเกจแมนิโฟลด์อยู่กับระบบ อย่างน้อยที่สุดประมาณ 1-2 ชั่วโมง หรือรอให้น้ำทิ้งไหลออกจากท่อระบายน้ำทิ้ง

2. การบรรจุสารทำความเย็นในสถานะของเหลว

การบรรจุสารทำความเย็นในสถานะสารทำความเย็นเหลวเข้าระบบ ในขณะที่ยกุดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ วิธีนี้ใช้กับการบรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบของบริษัทผู้ผลิตมากกว่าช่างซ่อมและบริการ



ภาพที่ 354 การบรรจุสารทำความเย็นในสถานะของเหลวเข้าในระบบโดยการชั่งน้ำหนัก

ลำดับขั้นตอนการบรรจุสารทำความเย็นในสถานะของเหลวเข้าในระบบ มีดังนี้

1. ถอดปลายสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ออกจากเครื่องปั๊มสุญญากาศ แล้วต่อเข้ากับท่อสารทำความเย็น ดังแสดงจากภาพที่ 354
2. เปิดวาล์วท่อสารทำความเย็น (สถานะก๊าซ)
3. ใช้สารทำความเย็นในท่อ โล่อากาศที่ค้างอยู่ในสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ โดยคลายปลายสายด้านติดกับเกจแมนิโฟลด์เล็กน้อย ปลดปล่อยสารทำความเย็นจากในท่อโล่อากาศออกทิ้ง ชนปลายสายกลับเข้าให้แน่นตามเดิม
4. ปิดวาล์วท่อสารทำความเย็นในสถานะก๊าซ แล้วเปิดวาล์วท่อสารทำความเย็นในสถานะของเหลวแทน
5. เปิดวาล์ว b ให้สารทำความเย็นเหลวไหลเข้าในระบบ สังเกตดูน้ำหนักของสารทำความเย็นในท่อที่ลดลงให้ได้ตามเกณฑ์ แล้วคอยควบคุมวาล์ว b ให้ดี
6. ถ้าสารทำความเย็นจากในท่อไม่สามารถอัดเข้าในระบบได้อีก เนื่องจากความดันในระบบเท่ากับ ความดันของสารทำความเย็นในท่อ ให้ใช้น้ำแข็งลูบโดยรอบท่อพักสารทำความเย็นของระบบ จะทำให้ความดันของสารทำความเย็นในระบบลดลง สามารถอัดสารทำความเย็นเข้าในระบบได้อีก
7. เมื่อน้ำหนักของสารทำความเย็นในท่อสารทำความเย็นลดลงตามเกณฑ์แล้ว ให้ปิดวาล์ว b
8. ทดลองเดินระบบเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่ยังติดเกจแมนิโฟลด์อยู่ อย่างน้อยที่สุดประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง

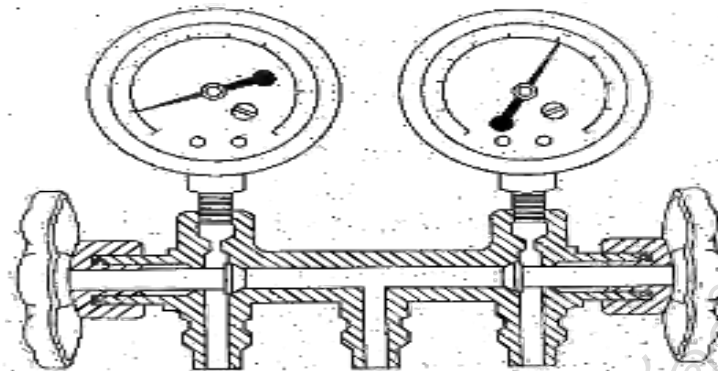
ในการบรรจุสารทำความเย็นในสถานะของเหลวเข้าในระบบ มีข้อควรระวังดังนี้

1. ห้ามเดินระบบเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่กำลังบรรจุสารทำความเย็นเหลวเข้าในระบบทางด้านความดันสูง เพราะความดันในระบบจะถูกอัดกลับเข้าท่อสารทำความเย็น
2. ในการบรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบในสถานะก๊าซทางด้านความดันต่ำ ระวังอย่าเปิดเปิดวาล์วท่อสารทำความเย็นผิด โดยปล่อยเอาสารทำความเย็นเหลวเข้าไปเป็นอันตราย เพราะจะทำให้ลิ้นคอมเพรสเซอร์ชำรุดได้

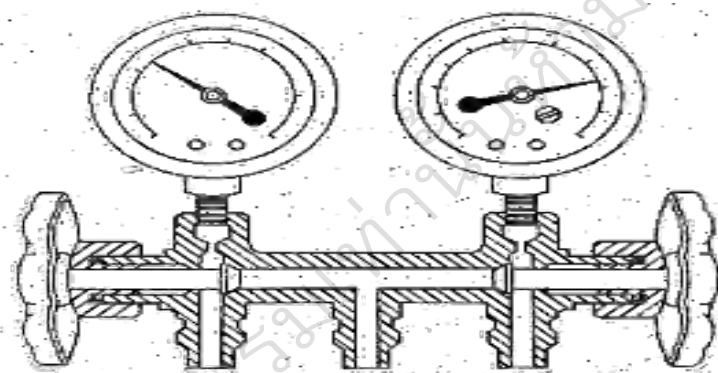
3. หลักการบรรจุสารทำความเย็นให้เต็มระบบ มีหลักสังเกตดังนี้

1. **ดูค่าความดันเกจ ของระบบ** ในขณะที่ควบคุมวาล์วของเกจแมนิโฟลด์ เพื่อบรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบเครื่องปรับอากาศ ต้องคอยสังเกตค่าความดันเกจ ของระบบทางด้านความดันต่ำ และคอยคุมให้ได้ค่าความดันตามเกณฑ์ ถ้าระบบเครื่องปรับอากาศมีวาล์วบริการทางด้านความดันสูงสามารถอ่านค่าความดันเกจ ทางด้านความดันสูงของระบบได้ด้วยยิ่งดี อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่สามารถวัดค่าความดันทางด้านความดันสูงของระบบได้โดยตรง ก็ให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิที่แผงคอนเดนเซอร์ แล้วนำค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ไปปิดตารางเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นในระบบอีกทีหนึ่ง
 - สำหรับตู้เย็นที่ใช้ในครัวเรือน โดยทั่วไปใช้สารทำความเย็น R 12 บรรจุเข้าในระบบเครื่องทำความเย็น ค่าความดันภายในระบบควรมีค่าโดยประมาณ ดังนี้
 - ก. ด้านความดันต่ำ 8 – 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)
 - ข. ด้านความดันสูง 160 – 170 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)

- สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กจะใช้สารทำความเย็น R 22 บรรจุอยู่ในระบบเครื่องปรับอากาศ ค่าความดันภายในระบบควรมีค่าโดยประมาณ ดังนี้
 - ก. ด้านความดันต่ำ 68 – 75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)
 - ข. ด้านความดันสูง 250 – 270 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)



ภาพที่ 355 แสดงค่าความดันในระบบของตู้เย็นที่ใช้สารทำความเย็น R 12



ภาพที่ 356 แสดงค่าความดันในระบบของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R 22

2. ดูค่าการกินกระแสของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ในขณะที่กำลังเดินระบบเครื่องปรับอากาศเพื่อการบรรจุสารทำความเย็นทุกครั้ง ต้องใช้คลิป์แอมป์จับดูการกินกระแสของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ด้วยเสมอ เพื่อควบคุมการบรรจุสารทำความเย็นอย่าให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์กินกระแสเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ถ้าพบว่าเมื่อบรรจุสารทำความเย็นเข้าไปในระบบและสังเกตได้ว่ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์กินกระแสได้ตามเกณฑ์แล้ว แต่ค่าความดันเกจทั้งทางด้านความดันต่ำและด้านความดันสูงยังไม่ได้รวม ทั้งผลความดันของระบบก็ยังไม่ดีพอ แสดงว่าระบบเกิดการขัดข้องอย่างพยายามบรรจุสารทำความเย็นเพิ่มเข้าอีก ต้องตรวจหาขัดข้อง และทำการแก้ไขใหม่เสียก่อน
3. สังเกตดูสารทำความเย็นเหลวที่กระจกมองสารทำความเย็น ตามปกติแล้วกระจกมองสารทำความเย็นมักจะติดตั้งอยู่ในช่วงท่อลิควิด ฉะนั้นสารทำความเย็นในระบบที่ผ่านตรงกระจกมองสารทำความเย็นนี้ ถ้าบรรจุสารทำความเย็นเข้าไปในระบบพอดีแล้ว จะเห็นสารทำความเย็นเหลว (ใส) ไหลผ่านโดยไม่มีฟองแก๊สวิ่งผ่านให้เห็นเลย



ภาพที่ 357 กระจกมองสารทำความเย็น

4. สังเกตดูการจับตัวของหยดน้ำโดยรอบนอกท่อทางดูด ในการบรรจุงาสทำความเย็นเข้าในระบบ นอกจากจะสังเกตดูค่าความดันภายในระบบ ซึ่งอ่านได้จากเกจแมนิโฟลด์ และค่าการกินกระแสของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ซึ่งอ่านค่าได้จากคลิป์แอมป์แล้ว จะต้องสังเกตดูการจับตัวของหยดน้ำโดยรอบภายนอกท่อทางดูดของระบบประกอบด้วย ต้องระวังอย่าบรรจุงาสทำความเย็นเข้าในระบบมากเกินไปจนเกิดน้ำแข็งจับรอบท่อทางดูดเลยเข้าไปถึงหัวคอมเพรสเซอร์ ซึ่งแสดงว่าสารทำความเย็นเหลวท่วมเลยเข้ามาเดือดเปลี่ยนสถานะดูดรับปริมาณความร้อนถึงบริเวณนี้ อาจทำให้เกิดอันตรายแก่ลิ้นของคอมเพรสเซอร์ได้
5. สังเกตดูค่าผลความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ ถ้าทุกอย่างที่กล่าวมาแล้วได้ตามเกณฑ์และลมส่งที่อีวาพอเรเตอร์เย็นดีแล้ว การบรรจุงาสทำความเย็นเข้าในระบบก็ใช้ได้

10.6 การดูดเก็บและฟื้นฟูสารทำความเย็น

การดูดเก็บและฟื้นฟูสารทำความเย็น หรือการปั๊มดาวนระบบการทำความเย็นเป็นการถ่ายเทสารทำความเย็นไปเก็บไว้ที่คอนเดนเซอร์ หรือถังพักสารทำความเย็น (receiver tank) หรือคอนเดนซิ่งยูนิต (condensing unit) เพื่อแยกระบบออก สำหรับการเคลื่อนย้ายสถานที่ติดตั้ง หรือการนำไปซ่อมแซมส่วนประกอบ

การปั๊มดาวนนี้สามารถเก็บสารทำความเย็นไว้ได้ส่วนหนึ่ง ไม่ต้องปล่อยทิ้งทั้งหมดและเมื่อนำระบบกลับมาติดตั้งแล้ว จะปล่อยสารทำความเย็นออกไปสู่ส่วนอื่นๆ ต่อไปดังนั้นระบบที่จะทำการปั๊มดาวนได้นั้นจะต้องมีวาล์วบริการแบบแบรกเกวาล์ว หรือวาล์วบริการที่สามารถปิดและเปิดท่อภายในได้

ลำดับขั้นตอนการปั๊มดาวนสารทำความเย็นเข้าคอนเดนซิ่งยูนิต มีดังนี้

1. ต่อเกจแมนิโฟลด์เพื่อวัดความดันระบบ และปรับตำแหน่งแบรกเกวาล์วไปที่ตำแหน่งกลาง ขณะนี้เกจจะอ่านค่าความดันของระบบ ดังแสดงจากภาพที่ 358

2. เตรียมการวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ไว้ เพื่อตรวจการทำงานของคอมเพรสเซอร์

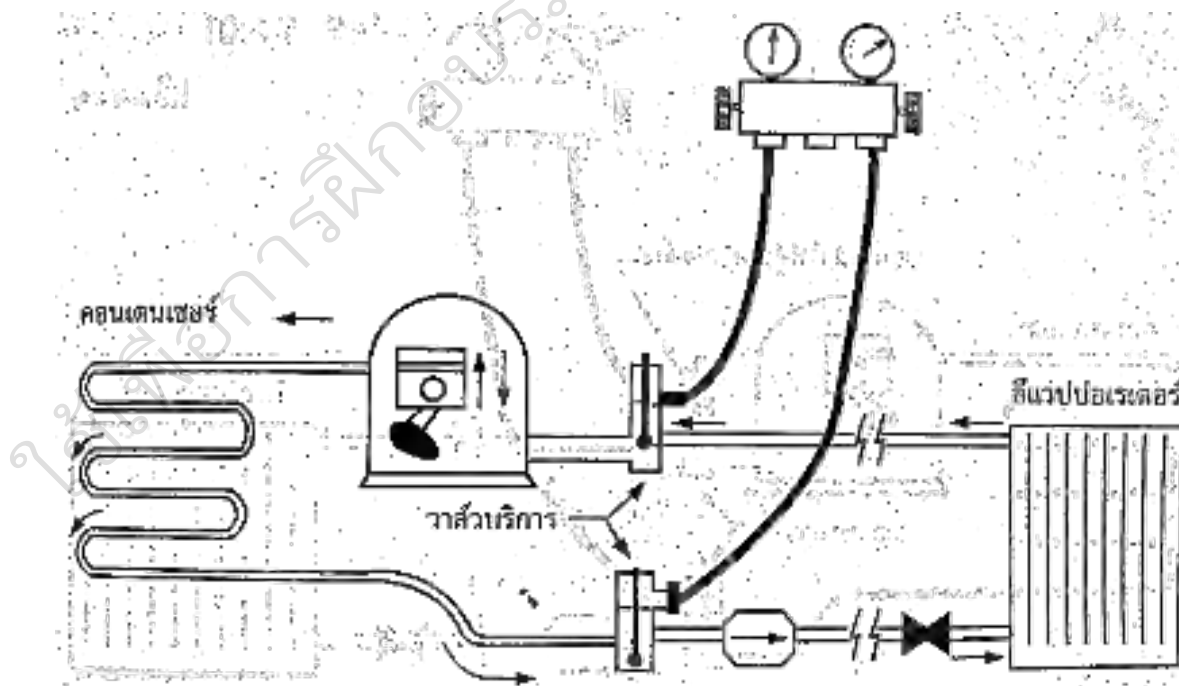
3. ต่อตรงหน้าสัมผัสสวิตช์ความดันต่ำ เพื่อไม่ให้คอมเพรสเซอร์หยุด เมื่อความดันด้านต่ำลดลง

4. เดินระบบประมาณ 2 – 3 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าระบบทำงานปกติ

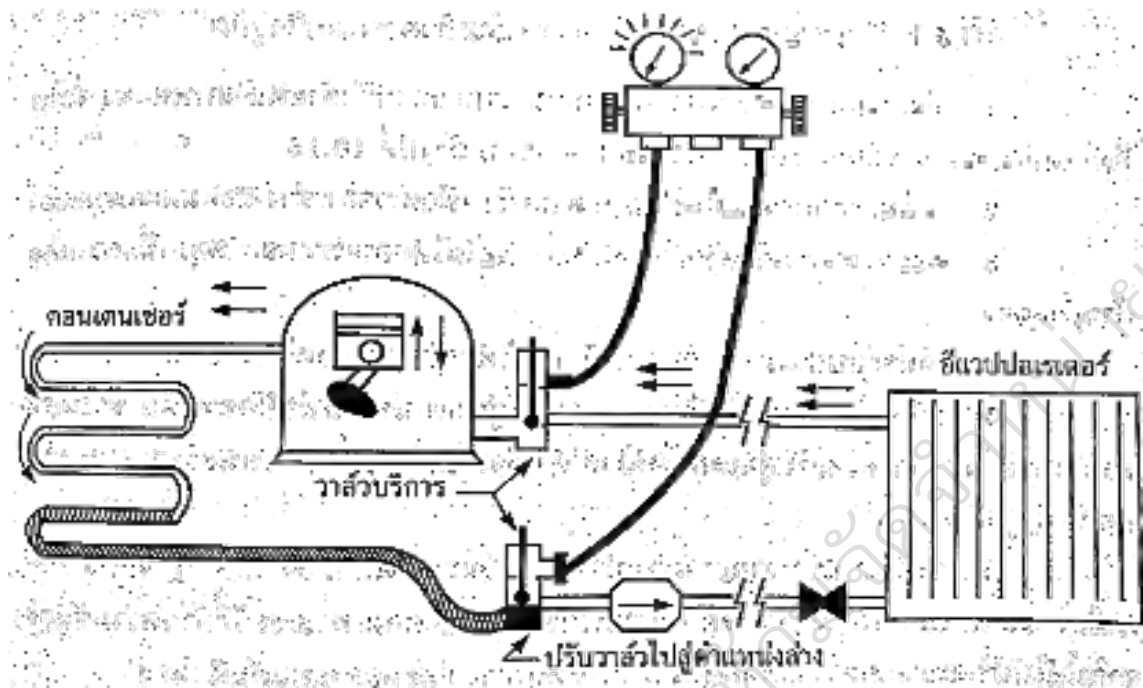
5. ปรับแบรกเกวาล์วที่ท่อของเหลวไปสู่ตำแหน่งล่างเพื่อปิดทางเดิน ทำให้สารทำความเย็นไม่สามารถไหลไปสู่มอเตอร์รีจิด์ไวซ์ได้ แต่จะถูกกักอยู่ที่ท่อของเหลวและคอนเดนเซอร์ ดังแสดงจากภาพที่ 359

6. จะสังเกตเห็นจากเกจคอมปานด์ได้ว่าความดันลดลงเรื่อยๆ จนความดันเหลือประมาณ 10 – 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเกจ (psig) (ป้องกันการโอเวอร์โหลดของคอมเพรสเซอร์ที่ด้านความดันสูง) จากนั้นให้ปรับแบรกเกวาล์วที่ท่อดูดไปยังตำแหน่งล่าง และหยุดระบบทันที

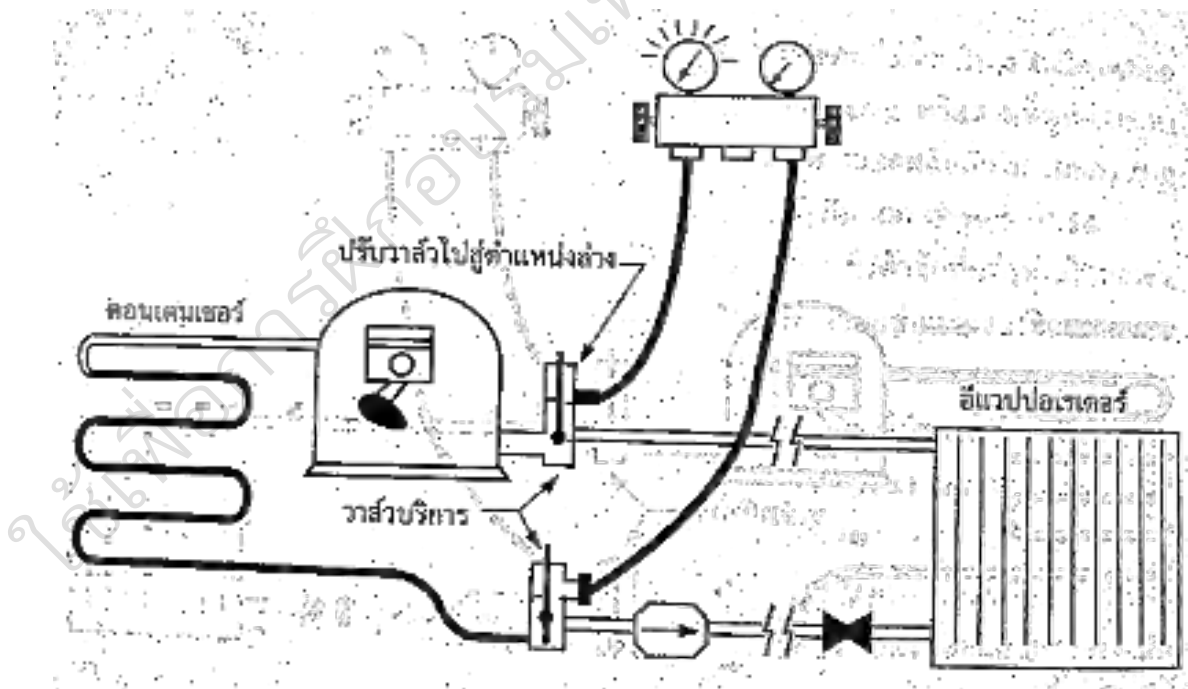
ในช่วงนี้สารทำความเย็นส่วนใหญ่ได้ถูกเก็บไปอยู่ที่คอนเดนซิ่งแล้ว ดังแสดงจากภาพที่ 360 แสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะแยกระบบโดยปลดท่อออกจากแบรกเกวาล์วทั้งสองได้



ภาพที่ 358 การเตรียมทำปั๊มดาวนโดยต่อเกจแมนิโฟลด์เพื่ออ่านความดันของระบบ



ภาพที่ 359 สารทำความเย็นถูกกักอยู่ที่ท่อของเหลว และคอมเดนเซอร์



ภาพที่ 360 ความดันที่เกจคอมปานดจะลดลงใกล้ศูนย์ไปเรื่อยๆ

การดูดเก็บและฟื้นฟูสารทำความเย็นที่เกี่ยวกับการทำความเย็นและการปรับอากาศ ในการที่จะนำสารทำความเย็นชนิดต่างๆ นำกลับมาใช้งานใหม่อีกครั้งนั้น ต้องขึ้นอยู่กับคุณสมบัติสารทำความเย็นแต่ละชนิดหรือประเภทของงานที่ต้องการใช้ แต่เมื่อระบบเครื่องทำความเย็นที่ใช้อยู่กันเกิดมีปัญหา แล้วต้องทำการซ่อมแซม อาจจะต้องมีการถ่ายสารทำความเย็นเดิมทิ้งออกจากระบบก่อน เพื่อที่จะทำการซ่อมแซม เมื่อทำการซ่อมแซมจนเสร็จแล้วจะต้องทำการเติมสารทำความเย็นเข้าไปในระบบใหม่ การปล่อยสารทำความเย็นเดิมทิ้งจะเป็นการสิ้นเปลืองอย่างมาก การไม่ปล่อยสารทำความเย็นทิ้งไปในบรรยากาศก็เป็นการช่วยลดมลภาวะทางอากาศโลกได้อีกทาง และสามารถนำสารทำความเย็นกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในปัจจุบัน “เครื่องดูดเก็บและปรับสภาพสารทำความเย็นชนิดต่างๆ ได้มีการผลิตมาขายให้ใช้งานอยู่บ้างแล้ว แต่ช่างมักไม่นิยมใช้งาน เนื่องจากยังมีราคาเครื่องที่สูงพอสมควร และไม่แน่ใจในเรื่องทางเทคนิคการใช้งาน หรือความจำเป็นของงานนั้นๆ



ภาพที่ 361 ตัวอย่างเครื่องดูดเก็บสารทำความเย็น

บทนำ

เนื้อหาวิชา : หลักการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการคำนวณหาขนาดของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม ชนิด โครงสร้าง ส่วนประกอบ และการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศ วิธีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก การทดสอบการทำงานและการบันทึกค่า

ฝึกปฏิบัติการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก การทดสอบการทำงานและการบันทึกค่า

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

11. หลักการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 7 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 28 ชั่วโมง)	(หน้าที่)
11.1 การหาขนาดและชนิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	(367 – 373)
11.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน	(374 – 376)
11.3 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบท่อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและอุปกรณ์เสริมอื่นๆ	(377 – 397)
11.4 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและอุปกรณ์เสริมอื่นๆ	(398 – 438)
11.5 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง	(439 – 452)
11.6 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น	(453 – 455)
11.7 การทดสอบการทำงานและการบันทึกค่าต่างๆ	(456 – 457)

หลักการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

11.1 การหาขนาดและชนิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

การหาขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับขนาดห้องมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะการเลือกเครื่องปรับอากาศ ที่มีขนาดเล็กไปจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลา ไม่มีการหยุดพักการทำงาน แต่ถ้าเลือกเครื่องปรับอากาศใหญ่เกินไปก็จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ทั้งราคาเครื่องและราคาค่าติดตั้ง รวมทั้งค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการใช้เครื่องปรับอากาศในแต่ละเดือน ดังนั้นการหาขนาดที่เหมาะสมจะเป็นประโยชน์ในการใช้พลังงานได้อย่างมาก การหาขนาดเครื่องปรับอากาศมักนิยมใช้คำว่า “การหาขนาดบีทียู”

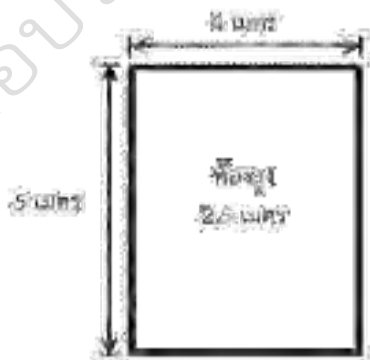
บีทียู (btu : british thermal unit) คือ หน่วยที่ใช้วัดปริมาณความร้อนหน่วยหนึ่ง สามารถเทียบได้กับหน่วยแคลอรี (calorie) หรือหน่วยจูล (Joule) ในระบบสากล โดยที่

ความร้อน 1 บีทียู คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ ใช้สำหรับวัดกำลังความเย็นหรือความสามารถในการดึงความร้อน (ถ่ายเทความร้อน) ออกจากห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 บีทียู/ชั่วโมง หมายความว่า เครื่องปรับอากาศเครื่องดังกล่าวนี้ มีความสามารถในการดึงความร้อนออกจากห้องปรับอากาศ 12,000 บีทียู ภายในเวลา 1 ชั่วโมง หรือใช้คำว่าบีทียูต่อชั่วโมง

ตัวอย่างการหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

การหาขนาดเครื่องปรับอากาศ (แอร์) ที่ใช้ตามบ้านทั่วๆ ไปก็คือ

วิธีที่ 1 คำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศโดยคิดที่พื้นที่ของห้องที่จะปรับอากาศ ที่มีระดับความสูงไม่เกิน 3 เมตร ให้คิดโดยเอาพื้นที่ (ห้อง) กว้าง x ยาว ซึ่งจะได้พื้นที่เป็นตารางเมตร และหารด้วยสูตร (ตัวเลข) 15 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตัวบอกถึงขนาดแอร์ที่ควรจะใช้ในห้องนั้นๆ หน่วยเป็นตันความเย็น (อย่ากทราบว่าขนาดบีทียูก็คือคูณด้วย 12,000) หมายเหตุตัวเลข 15 ไม่ใช่ตัวเลขตายตัว เป็นตัวเลขที่สามารถปรับลดหรือเพิ่มขึ้น เพื่อพิจารณาหาขนาดของแอร์ให้เหมาะกับห้องที่มีโหลดความร้อนมากหรือน้อยนั่นเอง



ภาพที่ 362 ขนาดห้องตัวอย่าง

การคำนวณวิธีที่ 1

ห้องมีความกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4 \times 5}{15} \approx 1.333 \\
 &= 1.333 \times 12,000 \\
 &= 15,996 \text{ บีทียูต่อชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

กรณี มีห้องอยู่ 2 ห้อง ในอาคาร 2 ชั้น ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร เช่นกัน ให้ห้องหนึ่งอยู่ชั้นบนสุด ได้รับความร้อนจากแสงแดดทั้งเพดานและผนังด้านตะวันตก ส่วนอีกห้องหนึ่งอยู่ชั้นล่างไม่ได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรง

$$\text{การคิดห้องบน} = \frac{20}{15} = 1.33 \text{ ตัน} \times 12,000 = 16,000 \text{ (Btu/hr.)}$$

ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วอาจจะเล็กไป อาจจะต้องใช้ 11 หรือ 12 (ตารางเมตรต่อตันความเย็น) ไปหาร ซึ่งขนาดของ btu/hr. ก็จะเปลี่ยนไปเป็น 20,000 btu/hr.

ส่วนชั้นล่างเมื่อคำนวณตามสูตรก็จะได้ 16,000 btu/hr. หรือ อาจจะใช้ 17 – 18 ตารางก็ได้ประมาณ 13,000 – 14,000 btu/hr. เพราะโอกาสที่จะได้รับความร้อนนั้นน้อยกว่า

วิธีที่ 2 คำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศโดยคิดพื้นที่ของห้องที่จะปรับอากาศเช่นกัน ให้คิดโดยเอาพื้นที่ (ห้อง) กว้าง x ยาว ซึ่งจะได้พื้นที่เป็นตารางเมตร แต่นำคูณด้วยสูตร (ตัวเลข) 800 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตัวบอกถึงขนาดของแอร์ที่ควรจะใช้ในห้องนั้นๆ หน่วยเป็นบีทียู หมายถึงตัวเลข 800 มาจาก 1 ตารางเมตร ต่อ 800 บีทียูต่อชั่วโมง และไม่ใช้ตัวเลขตายตัวเช่นกัน ถ้าเป็นห้องที่มีความร้อนมากๆ อาจกำหนดเป็น 900 หรือ 1,000 บีทียูต่อชั่วโมง ตัวเลขที่ 800 บีทียูต่อชั่วโมง สามารถปรับลดหรือเพิ่มขึ้น ตามความเหมาะสมกับห้องที่มีโหลดความร้อนมากหรือน้อย เช่นเดียวกับ วิธีที่ 1

การคำนวณวิธีที่ 2

ห้องมีความกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร

$$= 4 \times 5 \times 800$$

$$= 20 \text{ ตารางเมตร} \times 800 \text{ บีทียูต่อชั่วโมง}$$

$$= 16,000 \text{ บีทียูต่อชม.}$$

วิธีที่ 3 เลือกจากตารางที่เหมาะสมกับตำแหน่งห้องที่ติดตั้ง เพื่อหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 74 ตารางหาขนาด bt u ต่อขนาดห้อง (ตารางเมตร)

ตารางหาขนาด BTU ต่อขนาดห้อง (ตารางเมตร)						
ขนาดห้อง (ตร.ม.)	ทิศใต้	ทิศใต้-ตะวันออก	ทิศใต้-ตะวันตก	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศเหนือ
12,000	16-22	14-20	16-20	14-18	14-18	14-16
15,300	20-28	18-26	20-26	18-23	18-23	15-20
18,000	24-33	21-30	24-30	21-27	21-27	18-24
20,800	28-38	24-35	28-35	24-31	24-31	21-28
22,800	30-42	27-38	30-38	27-34	27-34	23-30
27,200	36-50	32-45	36-45	32-41	32-41	27-36
32,800	44-60	38-55	44-55	38-49	38-49	33-44
38,000	51-70	44-63	51-63	44-57	44-57	38-51
53,000	71-97	62-88	71-88	62-80	62-80	53-71
64,000	86-118	75-107	86-107	75-97	75-97	64-86

การคำนวณตัวอย่างที่ 1 : ห้องมีความกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร เป็นห้องนอนอยู่ชั้นที่ 2 พื้นที่ด้านข้างมีต้นไม้ปกคลุมร่มรื่น

วิธีเลือก พื้นที่ห้องกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร เท่ากับ 20 ตารางเมตร เป็นห้องนอน (ปกติ) จึงเลือกเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ห้องนอน 16 – 22 ตารางเมตร

การคำนวณตัวอย่างที่ 2 : ห้องมีความกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร เป็นห้องนอนอยู่ชั้นที่ 2 พื้นที่ด้านข้างโดนแดดส่องเวลากลางวัน

วิธีเลือก พื้นที่ห้องกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร เท่ากับ 20 ตารางเมตร เป็นห้องนอน (โดนแดด) จึงเลือกเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ห้องนอน 14 – 20 ตารางเมตร

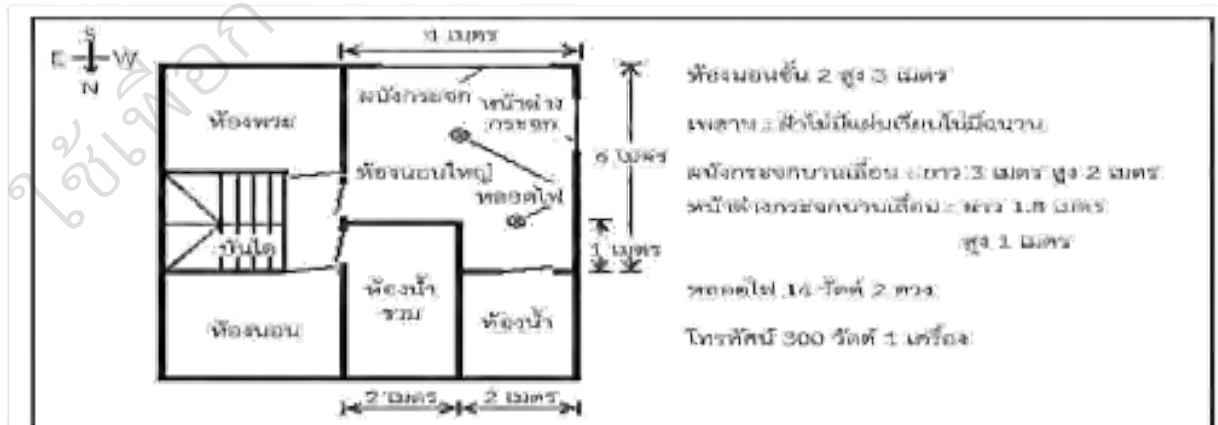
วิธีที่ 4 คำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศโดยคิดอย่างละเอียดที่

1. ความร้อนจากผนัง
2. ความร้อนจากเพดาน
3. ความร้อนจากกระจก
4. ความร้อนจากคน
5. ความร้อนจากอากาศถ่ายเท (อากาศบริสุทธิ์)
6. ความร้อนอื่นๆ เช่น หลอดไฟ และเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น



ภาพที่ 363 ความร้อนที่เกิดขึ้น

ตัวอย่างการคำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศโดยคิดอย่างละเอียด



ภาพที่ 364 โจทย์ตัวอย่าง วิธีที่ 4

1. ความร้อนจากผนัง

พื้นที่ผนังทิศเหนือ

เป็นผนังภายใน $(4 \times 3 \text{ ตารางเมตร}) \times 54 = 648$ บีทียูต่อชั่วโมง

พื้นที่ผนังทิศใต้ $(4 \times 3 \text{ ตารางเมตร หักลบ ผนังกระจก } 3 \times 2 \text{ ตารางเมตร})$

ดังนั้นพื้นที่ผนังทิศใต้ $(6 \text{ ตารางเมตร}) \times 250 = 1,500$ บีทียูต่อชั่วโมง

พื้นที่ผนังทิศตะวันตก $(6 \times 3 \text{ ตารางเมตร หักลบ ผนังกระจก } 1.8 \times 1 \text{ ตารางเมตร})$

ดังนั้นพื้นที่ผนังตะวันตก $(16.2 \text{ ตารางเมตร}) \times 250 = 4,050$ บีทียูต่อชั่วโมง

พื้นที่ผนังทิศตะวันออก

เป็นผนังภายใน $(5 \times 3 \text{ ตารางเมตร}) \times 54 = 810$ บีทียูต่อชั่วโมง

รวมความร้อนจากผนัง $648 + 1,500 + 4,050 + 810 = 7,008$ บีทียูต่อชั่วโมง

2. ความร้อนจากเพดาน

แต่ถ้าเป็นเพดานชั้นบนไม่มีฉนวน $(4 \times 6 \text{ ตารางเมตร หักลบ } 1 \times 2 \text{ ตารางเมตร})$

$(22 \text{ ตารางเมตร}) \times 400 = 8,800$ บีทียูต่อชั่วโมง

รวมความร้อนจากเพดาน $= 8,800$ บีทียูต่อชั่วโมง

3. ความร้อนจากกระจก

กระจกทิศเหนือทิศใต้ $(3 \times 2 \text{ ตารางเมตร}) \times 360 = 2,160$ บีทียูต่อชั่วโมง

กระจกทิศตะวันตก $(1.8 \times 1 \text{ ตารางเมตร}) \times 2100 = 3,780$ บีทียูต่อชั่วโมง

รวมความร้อนจากกระจก $2,160 + 3,780 = 5,940$ บีทียูต่อชั่วโมง

4. ความร้อนจากคน

จำนวนคน $(3 \text{ คน}) \times 450 = 1,350$ บีทียูต่อชั่วโมง

5. ความร้อนจากอากาศถ่ายเท (อากาศบริสุทธิ์) ไม่มี

6. ความร้อนอื่นๆ

- หลอดไฟ/อุปกรณ์อื่นๆ $(14 \text{ วัตต์} \times 2 \text{ ดวง}) \times 37 = 1,036$ บีทียูต่อชั่วโมง

7. รวมทั้งหมด $7,008 + 8,800 + 5,940 + 1,350 + 1,036$

จะได้ขนาดของเครื่องปรับอากาศ $= 24,134$ บีทียูต่อชั่วโมง

ตารางที่ 75 ตารางแบบฟอร์มการคำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศอย่างละเอียด

รายการ	จำนวน	แฟกเตอร์ (ตัวคูณ) อุณหภูมิห้อง °C					btu/h (จำนวน x แฟกเตอร์)	Kcal/h
		32	35	38	41	43		
1. พื้นที่ห้อง	m^2	24	32	52	76	100		
2. ปริมาตรห้อง	m^3	20						
3. หน้าต่างที่ แสงแดดส่อง (เลือกเฉพาะ ด้านที่ได้รับ ความร้อนสูงสุด เพียงด้านเดียว)	เหนือ	ใต้						
	ใต้/ออก	เหนือ/ ออก	m^2	460	480	540	600	660
	ตกเฉียง ใต้	ตกเฉียง เหนือ	m^3	840	880	920	980	1,040
	ตก	ตก	m^2	1,140	1,200	1,260	1,320	1,380
	ตกเฉียง เหนือ	ออกเฉียง เหนือ	m^2	620	660	700	760	820
4. หน้าต่างทุกบานไม่รวมในข้อที่ 3	m^2	120	160	220	280	340		
5. ผนังภายนอกห้องด้านที่ถูกแสงแดดส่อง	m^2	120	144	180	200	228		
6. ผนังด้านนอกทั้งหมดไม่รวมในข้อที่ 5	m^2	68	100	148	180	220		
7. ผนังด้านในติดกับห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ	m^2	32	44	68	84	100		
8. ฝ้าเพดาน หรือหลังคา (ใช้ บรรทัดเดียว)		m^2	24	32	52	76	100	
	ไม่มีฉนวน	m^2	88	108	140	160	180	
	เพดาน ฉนวน 2 ชั้น/มากกว่า	m^2	32	32	44	44	56	
	หลังคาไม่มีฉนวน	m^2	184	212	236	264	288	
9. จำนวนคนที่อยู่ในห้อง	คน	600						
10. หลอดไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้อง	วัตต์	3						
ความร้อนทั้งหมด	btu/h	btu/h					Kcal/h	

(ดังนั้นการคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศสามารถทำได้ไม่ยาก เพียงแต่เลือกตามความเหมาะสมหรือแต่ละวิธี ขึ้นอยู่กับโหลดความร้อนเป็นหลัก)

ส่วนเมื่อคำนวณได้ขนาดเครื่องปรับอากาศ เป็นปียูแล้ว ต้องไปหาขนาดตามยี่ห้อที่ผู้ซื้อต้องการ เช่น คำนวณห้องได้ขนาดเครื่องปรับอากาศ 15,000 ปียูต่อชั่วโมง ถ้าเลือกยี่ห้อแล้ว ผู้ขายจะมีขนาดที่กำหนดหรือไม่ ตอนเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เลือกจากขนาดที่มีมากกว่าที่คำนวณได้ เช่น คำนวณห้องได้ขนาด 15,000 ปียูต่อชั่วโมง ถ้าเลือกยี่ห้อตามตัวอย่างจะต้องเลือกรุ่น

ตัวอย่าง : การเลือกเครื่องปรับอากาศ ตามยี่ห้อและรุ่น ที่ผู้ผลิตมีขายตามท้องตลาด

ถ้าเลือกยี่ห้อที่ 1



ยี่ห้อ		ขนาด ปียู	แรงดันไฟ โวลต์	เบอร์ EER
Family II	Compressor			
CFW-I09	CCS-I09	9,600	220	10.00
CFW-I13	CCS-I13	13,000	220	10.44
CFW-I18	CCS-I18	18,000	220	10.00
CFW-I24	CCS-I24	24,000	220	9.64

จะต้องเลือกรุ่น cFw-i18, ccs-i18

ขนาด 18,000 ปียูต่อชั่วโมง

ถ้าเลือกยี่ห้อที่ 2



ยี่ห้อ		ขนาด ปียู	แรงดันไฟ โวลต์	เบอร์ EER
Family II	Compressor			
MS-SGG09VC	MU-SGG09VC	9,000	220	5
MS-SGG13VC	MU-SGG13VC	13,000	220	5
MS-SGF18VC	MU-SGF18VC	18,000	220	5
MS-SGF24VC	MU-SGF24VC	24,000	220	5

จะต้องเลือกรุ่น Ms-sg F18Vc, Mu-sg F18Vc

ขนาด 18,000 ปียูต่อชั่วโมง

ถ้าเลือกยี่ห้อที่ 3



MODEL		ขนาด ปียู	แรงดันไฟ โวลต์	เบอร์ EER
Family II	Compressor			
42TSR007	38TSR007	6,554	220V	11.2
42TSR010	38TSR010	8,738	220V	11.6
42TSR012	38TSR012	13,090	220V	11.2
42TSR018	38TSR018	17,536	220V	12.2
42TSR024	38TSR024	21,837	220V	10.2
42TSR025	38TSR025	22,954	220V	11.8

จะต้องเลือกรุ่น 42t sr 018, 38t sr 018

ขนาด 18,000 ปียูต่อชั่วโมง

เมื่อได้ขนาดเครื่องปรับอากาศตามยี่ห้อตัวอย่างที่ต้องการแล้ว ก่อนเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศควรจะต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นรวมกันในการเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศดังนี้

1. ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศหรือแอร์บ้าน แบ่งออกเป็นประเภทตามลักษณะความต้องการใช้งานซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจซื้อ ซึ่งแตกต่างกันไป ทั้งฟังก์ชันการทำงาน ขนาดของพื้นที่ รูปลักษณะภายนอกที่เหมาะสมกับสถานที่ติดตั้งเป็นไปตามความต้องการของผู้ซื้อ ก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการตัดสินใจในการซื้อ เพื่อสนองตอบความต้องการของผู้ซื้อ (ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของเครื่องปรับอากาศ ทางผู้จัดทำเอกสารฉบับนี้ได้กล่าวไว้แล้วใน หัวข้อวิชาที่ 7 หน้า 300 – 304)

2. ขนาดความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (แอร์บ้าน)

เป็นความสำคัญอันดับแรกๆ ในการเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ คือต้องเลือกขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศให้พอเหมาะกับห้องและลักษณะการใช้งานห้องที่ทำความเย็น (ซึ่งรายละเอียดเรื่องนี้ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อก่อนหน้า)

3. มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และค่า eer หรือ seer

เป็นสินค้าที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 จากหน่วยงานไฟฟ้า จะได้รับรองเรื่องของการประหยัดไฟเบอร์ 5 รวมทั้งได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) และค่า eer หรือ seer คือค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ โดยเครื่องปรับอากาศ ชนิด FiXed speed (ทดสอบแบบ eer) และ เครื่องปรับอากาศ ชนิด Var ieabLe speed (ทดสอบแบบ seer) สรุปค่า eer หรือ seer ยิ่งมีตัวเลขมากยิ่งมีประสิทธิภาพสูง (ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และค่า eer หรือ Seer ทางผู้จัดทำเอกสารฉบับนี้ได้กล่าวไว้แล้วใน หัวข้อวิชาที่ 7 หน้า 310 – 312)

4. คุณสมบัติพิเศษต่างๆ และการดีไซน์

คุณสมบัติพิเศษต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ เช่น พิลเตอร์กรองอากาศ การกำหนดความเร็ว ความแรงของมอเตอร์ การปรับทิศทางการออกแบบเพื่อความสวยงามของห้อง

5. การติดตั้งและการบำรุงรักษา

การติดตั้งต้องทำโดยช่างผู้ชำนาญเท่านั้น และการใช้เครื่องปรับอากาศให้เต็มประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงแผนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องอีกด้วย

11.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (split type) จะประกอบด้วยตัวเครื่องอยู่ 2 ชุด คือ ชุดที่อยู่ในห้องปรับอากาศ (indoor unit) เรียกว่า “เครื่องเป่าลมเย็น (Fan coil unit)” และชุดที่อยู่นอกห้องปรับอากาศ (outdoor unit) หรือที่เรียกว่า “เครื่องระบายความร้อน (condensing unit)” ซึ่งการติดตั้งเครื่องนั้นจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่ช่างหรือผู้ติดตั้งจะต้องติดตั้งให้ได้ตามหลักวิธีการทางเทคนิคที่ถูกต้อง หากทำการติดตั้งผิดวิธีก็จะเป็นสาเหตุให้เครื่องทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ หรืออาจเกิดปัญหาข้อขัดข้องต่างๆ ขึ้นได้ การติดตั้งที่ถูกต้องจึงเป็นหัวใจสำคัญที่จะทำให้เครื่องปรับอากาศมีอายุการใช้งานที่ยาวนานไม่มีปัญหาข้อขัดข้องบ่อยๆ และเครื่องสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ



ภาพที่ 365 เครื่องปรับอากาศแยกส่วน

1. การเตรียมการก่อนการติดตั้ง

เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่ผลิตในประเทศไทย ถือได้ว่ามีคุณภาพและได้มาตรฐานการผลิตที่ดีมาก แต่ปัญหาจะอยู่ที่การติดตั้งและการบริการหลังการขาย เพื่อให้การติดตั้งเครื่องปรับอากาศดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรมีการวางแผนเพื่อเตรียมการก่อนการติดตั้ง

การเตรียมการก่อนการติดตั้งเป็นขั้นตอนแรกที่จะต้องทำก่อน มีขั้นตอนดังนี้

- 1.1 ตรวจสอบรายละเอียดจากแบบติดตั้ง
- 1.2 เตรียมเครื่องปรับอากาศตามรุ่น แบบ และโมเดลของเครื่อง
- 1.3 เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้ง และเครื่องมือเสริมแล้วแต่กรณี เช่น นักรื้อ รอก เครน ฯลฯ
- 1.4 เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการติดตั้ง เช่น สารทำความเย็นชนิดเดียวกับเครื่องปรับอากาศนั้นๆ , ท่อทางเดินสารทำความเย็น , ฉนวนหุ้มท่อ , ท่อน้ำทิ้ง , ข้อต่อต่างๆ , และสายไฟฟ้า เป็นต้น
- 1.5 กำหนดนัดหมาย วัน เวลา สถานที่ โดยแจ้งผู้ประกอบการ และจัดเบอร์โทรศัพท์
- 1.6 เตรียมเอกสารสำคัญของช่างผู้ติดตั้ง สัญญาจ้าง และแบบติดตั้ง (ดูได้จากคู่มือติดตั้งเครื่องปรับอากาศของแต่ละยี่ห้อและรุ่น)
- 1.7 คู่มือการติดตั้ง และเอกสารส่งมอบงาน (ตัวอย่างเอกสารอยู่ที่ภาคผนวก)

2. ตรวจสอบสถานที่

- 2.1 ตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงานติดตั้งจากพื้นที่จริง ดูความแข็งแรงของผนัง พื้น และฝ้าเพดานในจุดที่กำหนดตามแบบ
- 2.2 สำรวจขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าและโหลดเซ็นเตอร์ว่าสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าเพียงพอกับเครื่องปรับอากาศหรือไม่ เมื่อรวมโหลดอื่นๆ จากของเดิม
- 2.3 กำหนดตำแหน่งสวิตช์ตัดตอน (circuit breaker) ให้กับวงจรเครื่องปรับอากาศ สวิตช์ตัดตอนให้ใช้ขนาดตามคู่มือการติดตั้งของบริษัทผู้ผลิต
- 2.4 สวิตช์ตัดตอนต้องมีขนาดต่ำกว่ากระแสสูงสุดที่สายไฟฟ้าทนได้
- 2.5 เลือกขนาดสายไฟฟ้า และวิธีปฏิบัติการเกี่ยวกับสายไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้อย่างปลอดภัย

3. เลือกสถานที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

สถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศนับว่าเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เพราะการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ถูกหลักการ จะช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงานและความเย็นของระบบเครื่องปรับอากาศดีขึ้น และลดปัญหาการเกิดความเสียหายได้ด้วย

ในการเลือกสถานที่สำหรับติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ควรตัดสินใจเลือกสถานที่ร่วมกับลูกค้า โดยมีข้อควรคำนึงดังนี้

- 3.1 เลือกสถานที่ซึ่งสามารถรองรับน้ำหนักของเครื่องปรับอากาศภายในและภายนอกได้ดีแล้วจึงติดตั้ง เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องล้มหรือตกหล่นลงมาได้
- 3.2 ติดตั้งแล้วไม่ทำให้เกิดเสียงดังมาก
- 3.3 ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทางระบายลมร้อนของคอนเดนเซอร์
- 3.4 สถานที่ติดตั้งคอยล์เย็น ต้องดูแลเป่าลมเย็นให้หมุนเวียนในห้องปรับอากาศได้ดี
- 3.5 ท่อทางเดินสารทำความเย็นที่ต่อระหว่างชุดคอยล์เย็นและชุดคอยล์ร้อน ไม่ควรยาวเกินที่กำหนด
- 3.6 ท่อน้ำทิ้งจากชุดคอยล์เย็น ควรถ่ายเทได้สะดวก
- 3.7 ไม่ควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศในบริเวณที่มีน้ำมันเครื่อง ซึ่งอาจกระเด็นถูกตัวเครื่องปรับอากาศได้ เช่น ในบริเวณโรงงานซ่อมเครื่องยนต์ เป็นต้น
- 3.8 ไม่ควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศในบริเวณที่มีการรั่วของก๊าซติดไฟได้หรือสารเคมีบางชนิด ซึ่งอาจทำให้เครื่องเสียหายและมีอายุการใช้งานน้อยลง
- 3.9 ไม่ควรติดตั้งใกล้แหล่งทำความร้อน
- 3.10 สถานที่ติดตั้งทั้งชุดคอยล์เย็นและคอยล์ร้อน ควรมีพื้นที่สำหรับการซ่อมและบำรุงรักษาได้อย่างสะดวก

4. เตรียมการป้องกัน

- 4.1 วัสดุป้องกันพื้น โดยเฉพาะพื้นไม้หรือปาร์เกต์
- 4.2 ป้องกันผนัง
- 4.3 ป้องกันฝุ่นหรือเศษปูนจากงานเจาะรูผนัง
- 4.4 จัดเตรียมเครื่องป้องกันภัยส่วนตัว และเครื่องป้องกันจากสภาพแวดล้อมที่เป็นอุปสรรคในการทำงาน เช่น ที่สูง ,ที่มืด ,ที่แคบหรือที่อับอากาศ เป็นต้น

5. หลักทั่วไปในการเลือกตำแหน่งติดตั้งชุดคอยล์เย็น

- 5.1 ตั้งในตำแหน่งที่สามารถกระจายลมเย็นได้ทั่วห้อง
- 5.2 ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทางลมส่งและลมกลับ
- 5.3 ติดตั้งบนฐานหรือผนังที่แข็งแรง สามารถรับน้ำหนักเครื่องได้
- 5.4 ยึดติดกับผนังหรือฝ้าเพดานให้มั่นคงแข็งแรง
- 5.5 การติดตั้งท่อทางเดินสารทำความเย็น ควรสั้นและง่าย
- 5.6 สามารถต่อระบบท่อน้ำทิ้งได้สะดวก
- 5.7 ไม่ควรติดตั้งชุดคอยล์เย็นใกล้กับประตู หน้าต่าง หรือพัดลมดูดอากาศ
- 5.8 ให้มีพื้นที่รอบตัวเครื่องเพื่อการบริการและตรวจสอบได้สะดวก
- 5.9 การติดตั้งชุดคอยล์เย็น ควรให้ห่างจากคอยล์ร้อนน้อยที่สุด หรือประมาณ 4 เมตร เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของระบบดีที่สุด



ภาพที่ 366 ตัวอย่างตำแหน่งที่เหมาะสมติดตั้งชุดคอยล์เย็น

6. หลักทั่วไปในการเลือกตำแหน่งติดตั้งชุดคอยล์ร้อน

- 6.1 ตั้งในตำแหน่งที่สามารถระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ได้อย่างดี
- 6.2 ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทางระบายลมร้อน
- 6.3 หากตั้งบนพื้นต้องมีขาตั้ง สูงอย่างน้อย 30 เซนติเมตร หรือตั้งบนอิฐหรือฐานปูนที่แข็งแรง สามารถรับน้ำหนักเครื่องได้ หากตั้งแขวนผนังนอกอาคาร ต้องให้มั่นคงแข็งแรง
- 6.4 หลีกเลี่ยงการถูกแดดและฝนให้มากที่สุด
- 6.5 ตำแหน่งที่ติดตั้งคอยล์ร้อนต้องระวังเรื่องเสียงที่จะรบกวนเพื่อนบ้าน
- 6.6 ระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ติดตั้งคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นต้องให้มีระยะทางท่อเดินสารทำความเย็น โดยประมาณ 4 เมตร หรือตามคู่มือของผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศนั้นๆ
- 6.7 ไม่ควรติดตั้งเครื่องเป่าร้อนหรือคอยล์ร้อนผ่านทางเดิน
- 6.8 สถานที่ติดตั้งชุดคอยล์ร้อนต้องมีพื้นที่สะดวกต่อการซ่อมและบริการ



ภาพที่ 367 ตัวอย่างระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งชุดคอยล์ร้อน

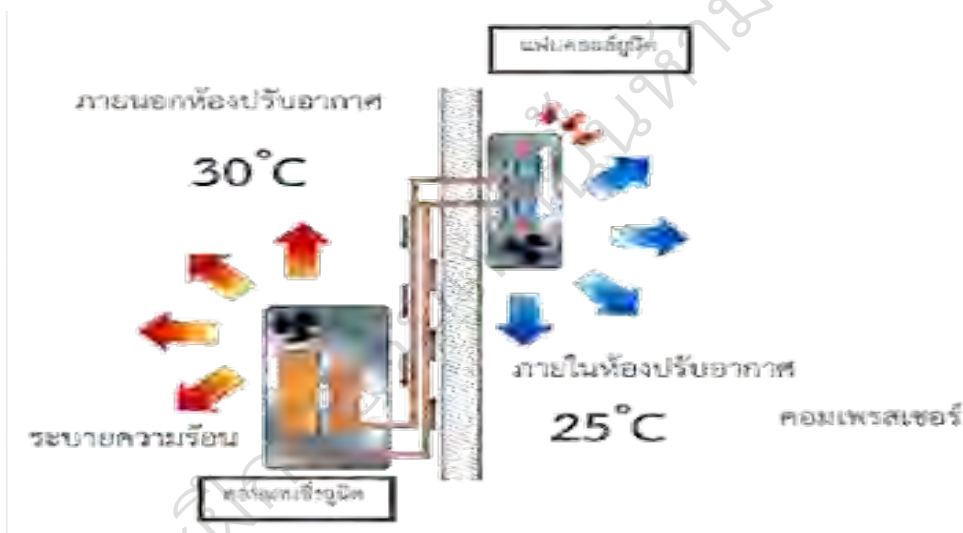
11.3 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบท่อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและอุปกรณ์เสริมอื่นๆ

1. การแบ่งส่วนการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

การแบ่งส่วนการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จะแยกอุปกรณ์ในระบบการทำงาน ความเย็นโดยใช้คอมเพรสเซอร์อัดไอ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. คอยล์เย็น (Fan coil unit)
2. คอยล์ร้อน (condensing unit)

คอยล์เย็น : หรือแฟนคอยล์ยูนิต เป็นส่วนของการทำความเย็นเรียกว่า “ชุดเป่าลมเย็น” ทำหน้าที่ดูด รับปริมาณความร้อนจากบริเวณภายในห้องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิห้องลดลงและระบายความร้อน ภายนอกห้องปรับอากาศ ซึ่งจะประกอบไปด้วยอีแวปอเรเตอร์ พัดลมพร้อมมอเตอร์และเอ็กซ์แพนชันวาล์ว หรือเลือกเป็นท่อแคปิลารี แฟนคอยล์ยูนิตที่มีท่อแคปิลารีติดอยู่กับตัวเครื่อง เวลา เครื่องทำงานจะได้ยินเสียงดังของการฉีกของน้ำยา ยิ่งเวลาหยุดเครื่องจะได้ยินเสียงน้ำยากำลังปรับ แรงดันทั้งสองข้างให้เท่ากัน เรียกว่า “Balance Pressure” ในส่วนการติดตั้งของท่อแคปิลารีนี้ เครื่องปรับอากาศที่มีความต้องการควบคุมเสียงมักจะติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวไว้ที่คอยล์ร้อนแทน

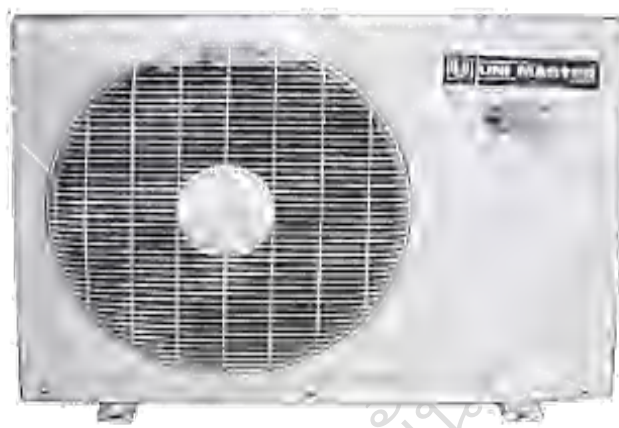


ภาพที่ 368 การแยกส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 369 คอยล์เย็น (fan coil unit)

คอยล์ร้อน : หรือคอนเดนซิงยูนิตเป็นส่วนของการระบายความร้อน นิยมเรียกว่า “ชุดเป่าลมร้อน” ซึ่งจะทำหน้าที่ระบายความร้อนที่คอยล์เย็นดูดซับปริมาณความร้อนเข้ามา โดยการพาความร้อนจากน้ำยาในสถานะที่เป็นไอ มาระบายความร้อนที่บริเวณนี้ ในส่วนนี้บางครั้งเรียกว่า คอมเพรสเซอร์ หรืออาจเรียกว่า คอนเดนเซอร์ แต่ความจริงแล้วต้องเรียกว่า “คอนเดนซิงยูนิต” เนื่องจากชุดระบายความร้อนนั้น จะประกอบไปด้วย คอมเพรสเซอร์ ,มอเตอร์พัดลมระบายความร้อน ซึ่งใช้เป็น ส่วนประกอบหลัก คอนเดนซิงยูนิตจะอาศัยอากาศรอบๆ เครื่องทำการระบายความร้อน ถ้าอากาศรอบๆ ไม่มีอุณหภูมิสูงมากนัก ก็จะถ่ายเทความร้อนได้เหมือนกัน



ภาพที่ 370 คอยล์ร้อน (Condensing unit)

2. การติดตั้งระบบท่อสารทำความเย็น

2.1 การติดตั้งระบบท่อสารทำความเย็นโดยป้องกันความเสียหายที่คอมเพรสเซอร์

การเดินระบบท่อสารทำความเย็น จะต้องพิจารณาลักษณะการเดินท่อโดยคำนึงถึงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับคอมเพรสเซอร์เป็นหลัก โอกาสจากการเดินท่อที่จะส่งผลให้คอมเพรสเซอร์เสีย จะมีอยู่ 3 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 ไม่มีน้ำมันหล่อลื่นไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์

กรณีที่ 2 มีสารทำความเย็นเหลวไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์

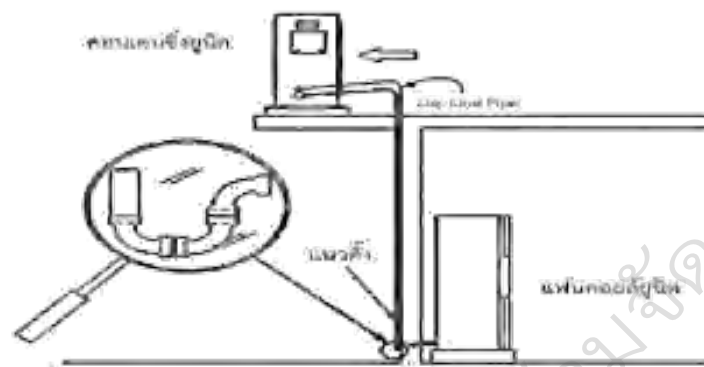
กรณีที่ 3 ป้องกันความดันลดของท่อสารทำความเย็นเหลวความดันสูง

จากปัญหาดังกล่าว ในทางเทคนิคในการติดตั้งระบบท่อสารทำความเย็น จะมีวิธีป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับคอมเพรสเซอร์ โดยแยกตามกรณี

2.2 การดักน้ำมันหล่อลื่นไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ โดยการทำท่อ oil trap

การทำท่อ oil trap ดักน้ำมันในระบบเครื่องปรับอากาศ ที่ต้องติดตั้งในกรณีคอยล์ร้อนสูงกว่าคอยล์เย็น ซึ่งบางครั้งอาจจะสังเกตเห็นว่าทำไมระบบท่อสารทำความเย็น จะดัดเป็นรูปคอก่าน หรือที่เรียกกันว่าการทำ oil trap หรือ trap การต่อท่อ t trap ดักน้ำมัน ทำในกรณีที่วางตำแหน่งคอยล์ร้อนสูงเหนือคอยล์เย็น เมื่อน้ำมันคอมเพรสเซอร์ที่ไหลอยู่ในระบบ ถูกแรงดูดจากคอมเพรสเซอร์ดูดให้ไหลกลับเข้ามาในคอมเพรสเซอร์ ซึ่งถูกดูดเข้ามาโดยตรงได้เพียงบางส่วน ในส่วนที่กำลังไหลจะไหลมาตกค้างในท่อ t trap ดักน้ำมันที่ทำไว้ เมื่อน้ำมันที่ไหลมาตกค้างในท่อตก

มีปริมาณเต็มตรงส่วนล่างสุดของท่อดักน้ำมัน ซึ่งน้ำมันจะเต็มอยู่ในท่อดักน้ำมันทั้งสองด้าน ในระดับที่เท่าๆ กันจะเกิดแรงกดอากาศในน้ำมันที่ตกลงบริเวณท่อดัก ทำให้แรงดูดของคอมเพรสเซอร์และแรงดันน้ำยาที่ตามมาดันน้ำมันให้ไหลกลับในปริมาณเต็มที่ คอมเพรสเซอร์สามารถดูดน้ำมันกลับเข้าภายในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วงในขณะที่คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงานน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลมาตกค้างอยู่ในท่อ oil trap จะถูกดูดกลับขึ้นไปทำหน้าที่หล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ เมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มการทำงานใหม่ ได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 371 การทำท่อ oil trap จะทำที่ท่อชักชั้นในแนวตั้ง (แนวตั้ง)

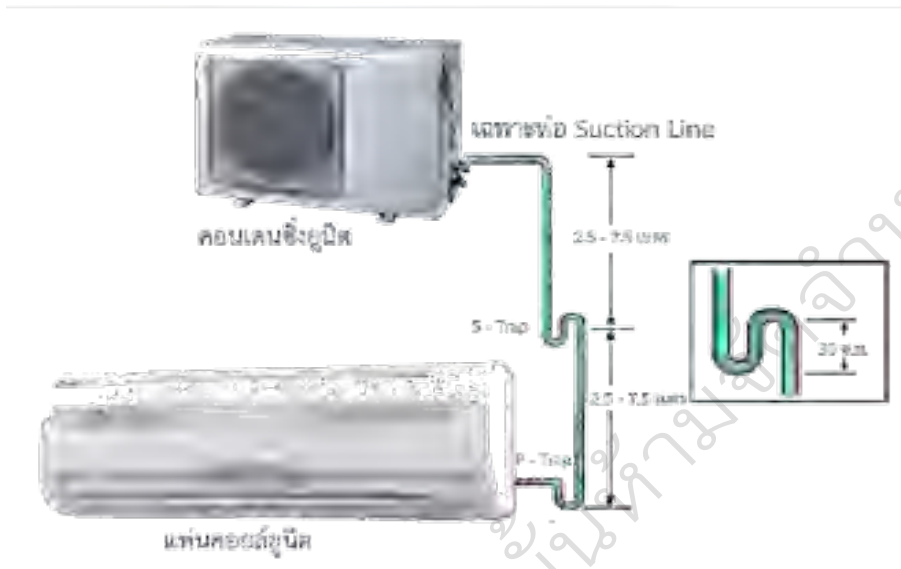
กรณีที่ไม่มีน้ำมันหล่อลื่นไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์

กรณีที่ไม่มีน้ำมันหล่อลื่นไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ หรือชุดคอยล์ร้อนติดตั้งอยู่สูงกว่าชุดคอยล์เย็น ระหว่าง 2.5 – 7.5 เมตรจะต้องติดตั้งท่อกักเก็บน้ำมันหล่อลื่น (oil trap) ชนิด p-trap ไว้ที่ด้านล่างของท่อที่อยู่ในแนวตั้ง เพื่อทำหน้าที่กักเก็บน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลตกลงมาด้านล่างของท่อในแนวตั้ง ขณะที่คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน และเมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มการทำงานใหม่ น้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ใน p-trap จะถูกดูดกลับขึ้นไปทำหน้าที่หล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 372 การติดตั้งท่อ PMtrap

กรณีที่ต้องติดตั้งชุดคอยล์ร้อนอยู่สูงกว่าชุดคอยล์เย็นมากกว่า 2.5 – 7.5 เมตร จะต้องติดตั้งท่อกักเก็บน้ำมันหล่อลื่น ชนิด s-trap ไว้ที่ด้านล่างของท่อที่อยู่ในแนวตั้งทุกๆ 2.5 – 7.5 เมตร เพื่อทำหน้าที่แยกน้ำมันหล่อลื่นที่เคลือบอยู่ตามผนังท่อให้ตกลงมาค้างอยู่ในท่อกักเก็บน้ำมันแต่ละตัว ขณะที่คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงานและเมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มต้นการทำงานใหม่ น้ำมันหล่อลื่นที่ค้างอยู่ใน s-trap ตัวล่างจะถูกดูดกลับขึ้นไปช่วยให้มีน้ำมันหล่อลื่นกลับไปใช้งานที่คอมเพรสเซอร์ โดยสม่ำเสมอ



ภาพที่ 373 การติดตั้งท่อ PMtrap และ ท่อ SMtrap

กรณีที่มีสารทำความเย็นเหลวไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์

กรณีที่มีสารทำความเย็นเหลวไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ชุดคอยล์เย็นติดตั้งอยู่สูงกว่าชุดคอยล์ร้อน จะต้องติดตั้งท่อกักเก็บน้ำมันชนิด in-vert-trap (Loop) ไว้ที่ท่อทางออกของชุดคอยล์เย็น เพื่อป้องกันสารทำความเย็นเหลวไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ขณะหยุดทำงาน ซึ่งอาจทำให้คอมเพรสเซอร์เสียหายเนื่องจากการอัดของเหลว หรือสารทำความเย็นเหลวไปรวมตัวกับน้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ ทำให้คุณสมบัติในการหล่อลื่นเสียไปขณะคอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานใหม่ มีผลให้อายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์สั้นลง



ภาพที่ 374 การติดตั้งท่อ InvertMtrap

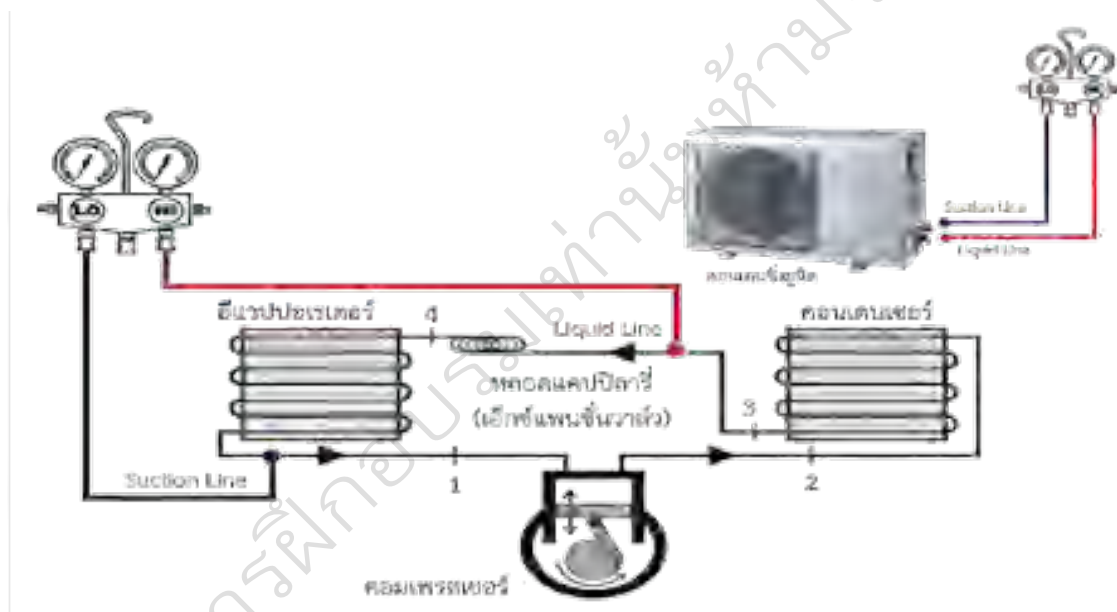
กรณีที่ป้องกันความดันลดของท่อสารทำความเย็นเหลวความดันสูง

กรณีที่ป้องกันความดันลดของท่อสารทำความเย็นเหลวความดันสูง (Liquid Line) ห้ามติดตั้งชุดคอยล์เย็นสูงกว่าชุดคอยล์ร้อนเกินกว่า 6 เมตร เพื่อป้องกันความดันลดในท่อที่เกิดขึ้นเนื่องจากความสูงของของเหลว (static pressure drop) ซึ่งจะทำให้สารทำความเย็นภายในท่อส่วนหนึ่งเดือดเป็นไอ ทำให้ความสามารถในการทำ ความเย็นของเครื่องทำความเย็นลดลง

เมื่อประกอบและติดตั้งระบบท่อสารทำความเย็นแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือขั้นตอนการตรวจสอบระบบท่อ สารทำความเย็นก่อนการเดินเครื่องปรับอากาศ ที่ควรต้องทำดังนี้

3. การต่อสายเมนโฟลด์เกจเข้าระบบ

วิธีการต่อสายเมนโฟลด์เกจเข้าระบบ เริ่มจากการต่อสายสีน้ำเงินจากเกจสีน้ำเงินที่มีสเกลความดันต่ำกว่าสีแดง การต่อสายเกจสีน้ำเงินให้ต่อที่วาล์วบริการระหว่างอีแวปอเรเตอร์กับคอมเพรสเซอร์ (suction Line) หรือต่อที่วาล์วบริการที่คอมเพรสเซอร์ก็ได้



ภาพที่ 375 การต่อสายเกจสีน้ำเงินเข้าด้านความดันต่ำและต่อสายเกจสีแดงเข้าด้านความดันสูง

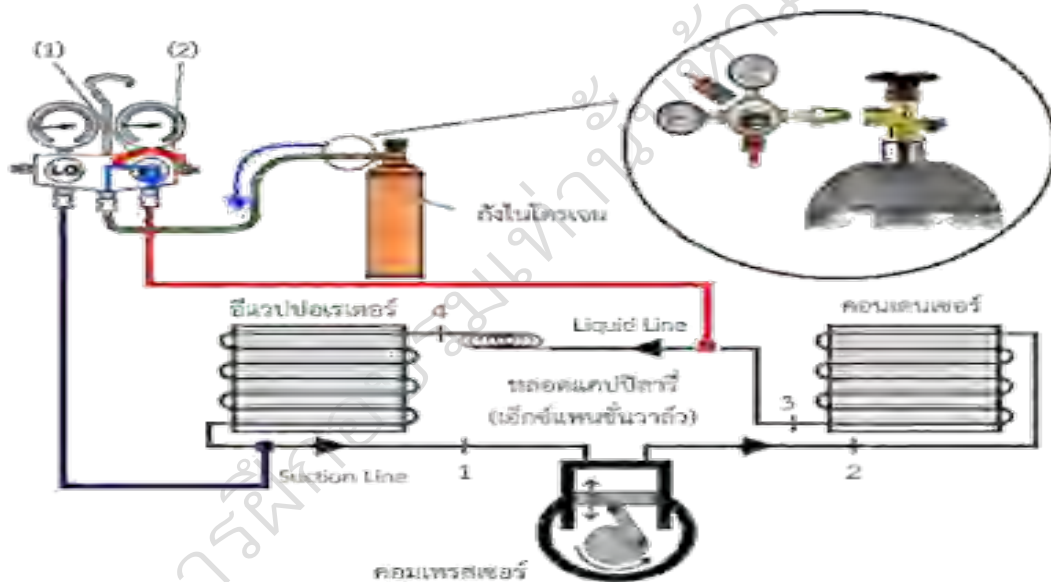
การต่อสายเกจด้านความดันต่ำ ตำแหน่งนี้จะอยู่ในช่วงท่อทางออกอีแวปอเรเตอร์กับท่อทางเข้าของคอมเพรสเซอร์ บริเวณนี้สถานะของสารทำความเย็นจะเป็นไปหรือก๊าซความดันต่ำ ส่วนการต่อสายเกจด้านความดันสูง ตำแหน่งนี้จะอยู่ในช่วงท่อทางออกคอนเดนเซอร์กับท่อทางเข้าเอ็กซ์แพนชันวาล์วหรือท่อแคปิลารี

4. การตรวจรอยรั่วของระบบท่อสารทำความเย็น

เมื่อต่อสายเกจด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำแล้ว จุดต่อตรงกลางที่เหลือของเกจใช้สำหรับต่อเข้าอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะให้บริการในระบบที่ผ่านเกจวัดความดัน เช่น ต่อเข้าเพื่อทดสอบรอยรั่ว, ต่อเข้าเพื่อทำสุญญากาศและต่อเข้าเพื่อเติมสารทำความเย็น เป็นต้น

การตรวจรอยรั่วโดยทำให้ในระบบท่อนั้นมีแรงดันมากกว่าภายนอก เพื่อตรวจสอบว่างแรงดันที่ใส่ไปในระบบสามารถรั่วไหลออกมาได้ ที่เกิดรอยต่อการเชื่อมหรือรอยต่อจากการขันในระบบ การใช้แรงดันเข้าไปในระบบนั้น จำเป็นต้องคิดถึงความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญ **ห้าม** ใช้ลมที่เกิดจากแรงดันของเครื่องปั๊มลม เพราะจะนำน้ำหรือความชื้นติดเข้ามาในระบบด้วย หรือ**ห้าม** ใช้ลมที่นำมาจากถังที่ใช้ทำการเชื่อมต่อ หรือที่เรียกว่า “ลมจากท่อออกซิเจน” จะเป็นอันตรายอย่างมาก แก๊ซหรือออกซิเจนที่ใช้ในงานเชื่อมต่อ หรือใช้สำหรับช่วยผู้ป่วยหายใจด้วย แก๊ซออกซิเจนนั้นมีคุณสมบัติช่วยให้ไฟติดได้เป็นอย่างดี การนำเอาลมออกซิเจนไปตรวจรั่ว โดยนำใส่เข้าระบบที่มีน้ำมันหล่อลื่นของคอมเพรสเซอร์ น้ำมันเปรียบเสมือนเชื้อเพลิงอย่างดี ออกซิเจนจะช่วยให้เกิดแรงอัด ก่อให้เกิดการสันดาปภายในระบบหรือการระเบิดได้ จึงควรใช้แก๊ซที่มีแรงดันสูงๆ แต่ไม่ติดไฟหรือเกิดการระเบิดได้

แก๊ซที่ใช้ในการทดสอบตรวจหารอยรั่ว ควรใช้ “ไนโตรเจน” เพราะแก๊ซไนโตรเจนที่เกิดจากการแยกแก๊ซออกจากแก๊ซโดยรวมจากบรรยากาศในอากาศเทียบที่ 100% จะมีแก๊ซไนโตรเจน 78% แก๊ซออกซิเจน 21% ที่เหลือเป็นแก๊ซอื่นๆ 1% การนำไนโตรเจนมาทดสอบรอยรั่วจะไม่มีออกซิเจน ที่มีน้ำหรือความชื้นปะปน จึงนิยมนำมาเติมล้อรถยนต์ การใช้ไนโตรเจนควรใช้ผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดัน “ห้ามต่อตรง” เพราะในถังมีความดันสูงมากกว่า 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

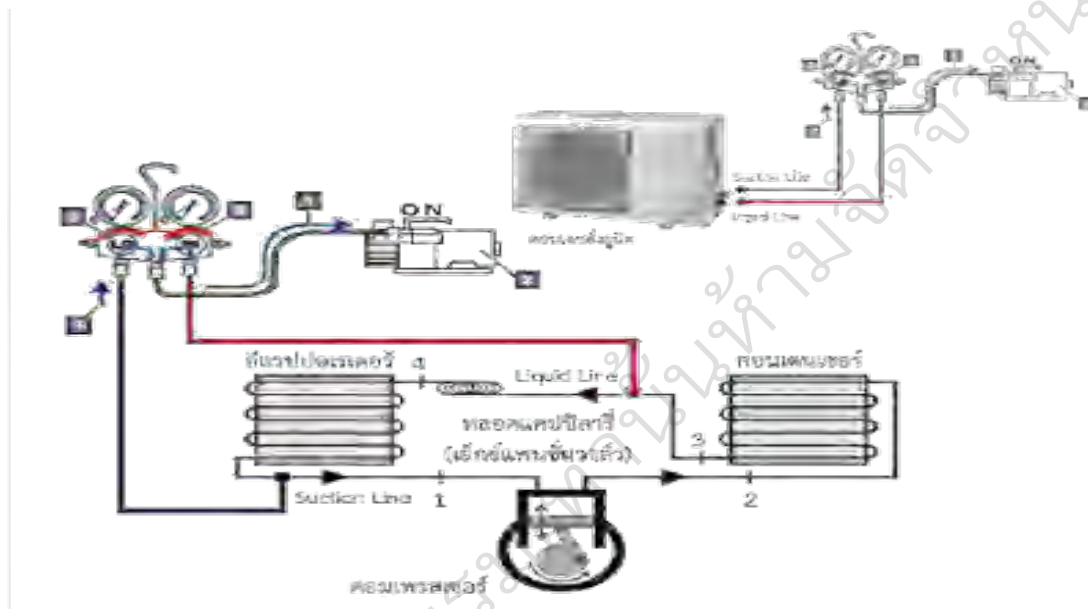


ภาพที่ 376 การต่อสายเกจตรงกลางของเกจเข้ากับถังไนโตรเจน

การใช้แก๊ซไนโตรเจนเข้าในระบบ โดยต่อสายตรงกลางเพื่อทดสอบรอยรั่ว ควรเติมด้านความดันสูงของเกจเป็นหลัก โดยอัดให้มีความดันไม่น้อยกว่า 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผ่านอุปกรณ์ควบคุมแรงดัน การเปิดให้แก๊ซไนโตรเจนผ่านแมนิโฟลด์เกจ ควรค่อยๆ หมุนเปิดวาล์ว (1) ค่อยๆ หมุนปิดวาล์ว (2) การเปิดแรงดันที่ละมามากจะทำให้เกจค้างหรือเกิดการเสียหายได้ จากนั้นทดสอบท่อสารทำความเย็น โดยใช้ น้ำผสมฟองสบู่ลูบตามท่อที่เชื่อมหรือข้อต่อต่างๆ ถ้ามีฟองผุดขึ้น แสดงว่าจุดนั้นมีรอยรั่วหรือสังเกตจากแรงดันจากที่ใส่ 100 ปอนด์ว่าลดลงหรือไม่ การทดสอบควรทิ้งระยะเวลาทดสอบไม่น้อยกว่า 30 นาทีหรือมากกว่าก็ยังดี

5. การทำสุญญากาศระบบท่อสารทำความเย็น

เมื่อทำการตรวจรอยรั่วเรียบร้อยแล้ว จะเป็นขั้นตอนการทำสุญญากาศในระบบ การทำสุญญากาศทำเพื่อป้องกันความชื้นภายในระบบก่อนที่จะทำการเติมสารทำความเย็น ภายในท่อสารทำความเย็น จะต้องไม่มีความชื้นและฝุ่นละอองอยู่ในระบบ ความชื้นนั้นเกิดจากอากาศที่มีออกซิเจนปะปนอยู่ด้วย ถ้าอยู่ในระบบจะเกิดเป็นคราบเช่นเดียวกับสนิม แล้วจะตกตะกอนเป็นเศษฝุ่นได้ อากาศที่มีความชื้นถ้ารวมตัวกับสารทำความเย็นในทางเคมีจะทำให้มีสารทำความเย็นสภาพเป็นกรดเกลือกัดกร่อนชิ้นส่วนภายในระบบเป็นเกล็ดน้ำแข็งขวางทางเดินของสารทำความเย็นเมื่อระบบทำงานเกิดการอุดตันความดันขณะทำงานจะสูงผิดปกติจนอาจก่อให้เกิดผลเสียหายต่ออุปกรณ์ของระบบ



ภาพที่ 377 การต่อสายเกจตรงกลางของเกจเข้ากับปั๊มสุญญากาศ

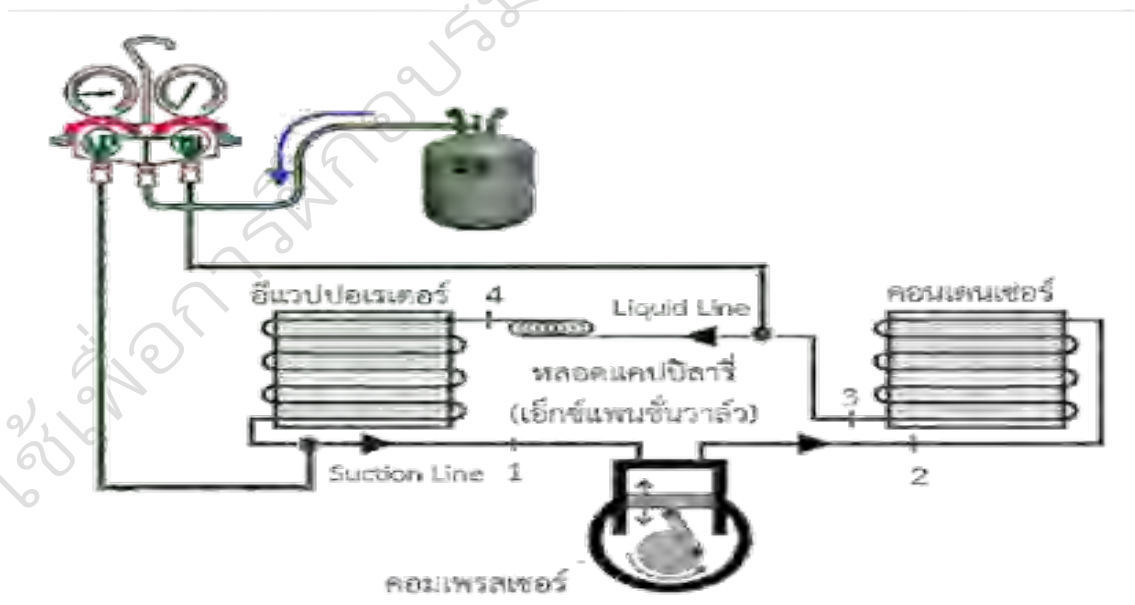
วิธีการดึงความชื้นออกมาจากระบบ ที่เรียกว่า การทำสุญญากาศหรือการทำแว็ก (Vacuum) ซึ่งเป็นการทำให้ภายในระบบมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติให้มากที่สุด ซึ่ง ณ ความดันที่เป็นสุญญากาศ ความชื้นจะแปรสภาพเป็นแก๊สและถูกดึงออกมาจากระบบได้ง่าย การดูดอากาศและความชื้นออกจากระบบโดยปั๊มสุญญากาศเรียกว่า การทำสุญญากาศหรือการทำแวคคัม ระบบปั๊มสุญญากาศถูกใช้สำหรับลดแรงดันในระบบและอัดทิ้งสู่อากาศ ภายนอกสายท่อกลางของแมนิโฟลด์เกจจะถูกต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศทางด้านดูดวาล์วทั้งคู่ของเกจ จะอยู่ในตำแหน่งเปิดเต็มที่เดินปั๊มสุญญากาศให้ความดันติดลบถึง -30 นิ้วปรอท โดยใช้เวลาในการดูดความชื้นอย่างน้อย 20 นาที แต่ถ้าสามารถทำสุญญากาศระบบได้นานกว่านี้ก็จะเป็นการดี การใช้เวลาในการทำสุญญากาศระบบได้นานกว่านี้ยิ่งนานเท่าไร จะยิ่งทำให้การดูดอากาศและความชื้นออกจากระบบดีขึ้นเท่านั้น ในขณะที่กำลังทำสุญญากาศในระบบค่าความดันของเกจทางด้านความดันต่ำจะอ่านค่าได้ ต่ำกว่า 0 ปอนด์/ตารางนิ้ว แสดงว่า ความดันในระบบน้อยกว่าความดันบรรยากาศ ซึ่งจะทำให้จุดเดือดของสารทำความเย็นต่ำลง เป็นผลทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะและดูดความร้อนแฝงที่อยู่รอบๆ ท่ออีแวปพอเรเตอร์ได้ในขณะที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำทำความเย็นสูงขึ้น



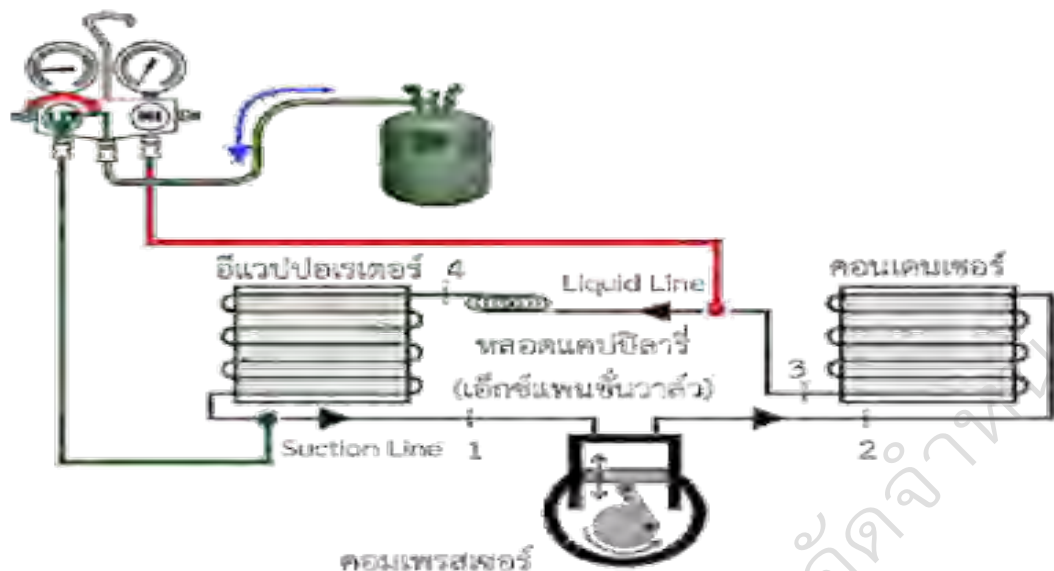
ภาพที่ 378 ตำแหน่งสุญญากาศ

6. การเติมสารทำความเย็น

เทคนิคการเติมสารทำความเย็นสามารถเติมได้หลายวิธี เช่น การเติมสารทำความเย็นก่อนเดินเครื่องปรับอากาศ โดยวิธีเติมสารทำความเย็นผ่านเกจทั้งสองด้าน กรรมวิธีนี้ใช้เติมสารทำความเย็นหลังที่ทำสุญญากาศเสร็จ แล้วต้องการเติมสารทำความเย็นไว้ทางด้านความดันต่ำพร้อมกับด้านความดันสูง โดยจะต้องไล่อากาศออกจากสายน้ำยา ซึ่งสามารถทำได้ในขณะก่อนเดินเครื่องปรับอากาศ เพราะถ้าเดินเครื่องแรงดันด้านความดันสูงเมื่อเครื่องเดินอาจจะมีความดันในถัง จะดันสารทำความเย็นที่มีน้ำมันหล่อลื่นกลับเข้าถังได้



ภาพที่ 379 การเติมสารทำความเย็นก่อนเดินเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 380 การเติมสารทำความเย็นเมื่อเดินเครื่องปรับอากาศ

การเติมสารทำความเย็นเมื่อเดินเครื่องปรับอากาศ โดยเติมสารทำความเย็นผ่านเกจเฉพาะทางด้านความดันต่ำ โดยให้สังเกตเกจวัดความดันที่ใช้กันว่าใช้กับสารทำความเย็นชนิดใดบ้าง ช่างโดยมากจะใช้เกจเติมสารทำความเย็นโดยดูที่ความดันต่ำเท่านั้น กรณีทำสุญญากาศสามารถเติมสารทำความเย็นที่ตำแหน่ง 30 นิ้วปรอท เบอร์สารทำความเย็นของเกจจะแบ่งไปตามชนิดที่สามารถใช้สารหล่อลื่นร่วมกันได้ กลุ่มของสารทำความเย็น R 22, R 401a และ R 32 จะใช้สารหล่อลื่นต่างชนิดกันออกไป

ตารางที่ 76 ตารางข้อมูลการตรวจสอบและการวัดค่าต่างๆขณะเดินเครื่องปรับอากาศ

รายการตรวจวัดระบบทำความเย็น	ค่ามาตรฐาน (ความยาวท่อสารทำความเย็น 4 - 5 เมตร)
1.อุณหภูมิลมกลับ	27 °C (โดยเฉลี่ย)
2.อุณหภูมิลมจ่าย	12 °C (โดยเฉลี่ย)
3.ความแตกต่างอุณหภูมิลมกลับ-ลมจ่าย (โดยเฉลี่ย)	15 °C (โดยเฉลี่ย)
4.อุณหภูมิสภาพแวดล้อม	35 (โดยเฉลี่ย)
5.ความดันสารทำความเย็นด้านดูด หรือความดันต่ำ (psi, ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	R 22 = 60 – 90 psi R 410a = 120 – 140 psi R 32 = 150 – 180 psi
6.กระแสคอมเพรสเซอร์ (amp., แอมป์)	± 5 % จากสเปคเครื่องปรับอากาศ
7.แรงดันไฟฟ้า (Vol., โวลต์)	198 – 242 Vac

หมายเหตุ การทดสอบเครื่องปรับอากาศหลังการติดตั้ง

1. ตั้งค่ารีโมทที่ 25 องศาเซลเซียส โหมดการทำงานเลือกโหมด cooling (ทำความเย็น) สัญลักษณ์ คือ ❄
2. Fan speed (ความเร็วลม) เลือก hi
3. ตรวจสอบเช็คค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความดันสารทำความเย็น และค่าอุณหภูมิจุดต่างๆ ตามตารางที่ 76

การเติมสารทำความเย็นจะเติมทางด้านความดันต่ำ โดยกำหนดให้อุณหภูมิท่อบริเวณคอยล์เย็นหรืออีแวปอเรเตอร์ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส หรือ 41 องศาฟาเรนไฮต์



ภาพที่ 381 ตำแหน่งสเกลเติมน้ำยา ด้านความดันต่ำ

กรณีที่ระบบทำความเย็นเป็น r 22 จากภาพที่ 380 เข็มสีแดงต้องชี้ไปที่สเกลเฉพาะ r 22 (เกจอุณหภูมิเป็นองศาฟาเรนไฮต์) จะต้องเติมสารทำความเย็นประมาณเท่ากับ 68.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว การเติมสารทำความเย็นมากเกินไป จะทำให้อุณหภูมิท่อบริเวณคอยล์เย็นเพิ่มขึ้นด้วย และเช่นเดียวกับการเติมสารทำความเย็นน้อยไป ก็จะทำให้อุณหภูมิท่อบริเวณคอยล์เย็นลดลงด้วยจะมีสภาพเป็นเกล็ดน้ำแข็งแต่ไม่มีความเย็น เพราะปริมาณสารทำความเย็นน้อยกว่าที่จะสามารถดูดความร้อนได้

การเติมสารทำความเย็น โดยกำหนดให้อุณหภูมิท่อบริเวณคอยล์เย็นหรืออีแวปอเรเตอร์ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส หรือ 41 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถใช้ได้เช่นเดียวกันกับสารทำความเย็นอื่นๆ ขึ้นอยู่กับสเกลความดันจะไปตรงหรือทับสเกลอุณหภูมิของสารทำความเย็นนั้น



ภาพที่ 382 การเติมสารทำความเย็น r 22 ให้กับเครื่องปรับอากาศ

ส่วนทางการระบายความร้อน จะต้องกำหนดให้อุณหภูมิที่อบบริเวณคอยล์ร้อนหรือคอนเดนเซอร์ ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส หรือ 113 องศาฟาเรนไฮต์

โดยต้องสังเกตการณ์เติมสารทำความเย็นจะต้องประมาณเท่ากับ 240 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว การเติมสารทำความเย็นมากเกินไป จะทำให้ความดันด้านต่ำสูงด้วย แต่ไม่ควรให้มากเกินไปหรืออยู่ในช่วงระหว่าง 275 ถึง 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

นอกจากนี้ การใช้คลิป์แอมป์ ช่วยในการวัดการกินกระแสไฟฟ้าในขณะที่เครื่องทำงาน ก็สามารถนำมาควบคุมปริมาณของสารทำความเย็นที่เติมเข้าไป ที่จะมีผลต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ได้



ภาพที่ 383 ตำแหน่งสเกลเติมน้ำยา ด้านความดันสูง

7. การติดตั้งอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ในระบบท่อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

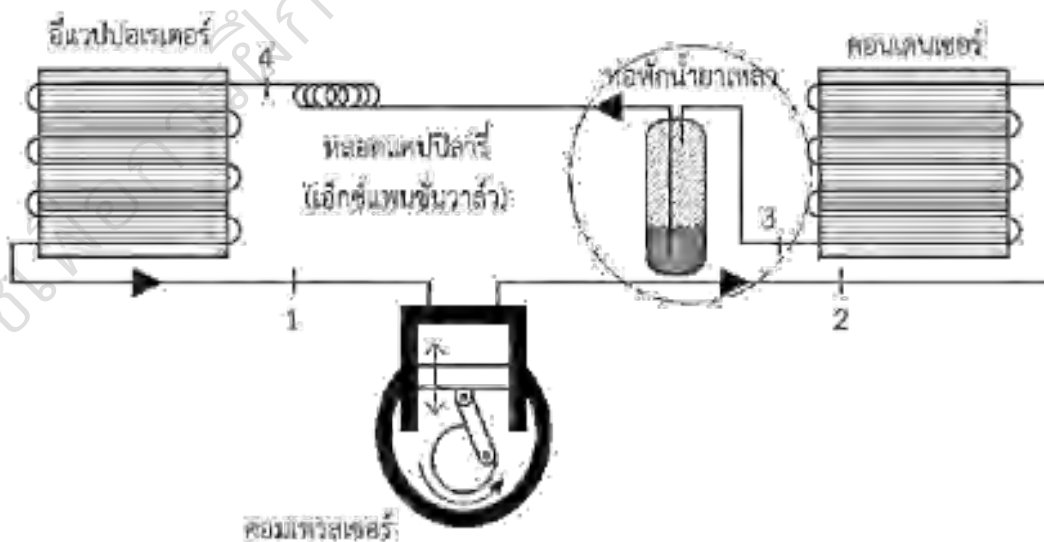
นอกจากอุปกรณ์หลักๆ ของระบบทำความเย็นโดยคอมเพรสเซอร์อัดไอ ระบบทำความเย็นยังมีอุปกรณ์เสริมที่สำคัญๆ เพิ่มเติมในระบบทำความเย็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเป็นอุปกรณ์ป้องกันให้กับระบบตามความจำเป็น ได้แก่ ท่อพักน้ำยาเหลว, ตัวกรองและดูดความชื้น, กระจกงมม่น้ำยา, อุปกรณ์ดักน้ำยาเหลว, อุปกรณ์แยกน้ำมัน, เพรสเซอร์คอนโทรล, โซลินอยด์วาล์ว เป็นต้น

7.1 ท่อพักน้ำยาเหลว (Liquid receiver tank)

ท่อหรือถังพักน้ำยาเหลว จะอยู่ระหว่างคอนเดนเซอร์และเอ็กซ์แพนชันวาล์ว จะทำหน้าที่กักเก็บน้ำยาในสถานะของเหลวที่มีความดันและอุณหภูมิสูงจากทางออกคอนเดนเซอร์ ก่อนส่งไปยังเอ็กซ์แพนชันวาล์ว ความจำเป็นของการมีท่อพักน้ำยาเหลวไว้ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลด หรือความร้อนที่ไม่แน่นอน ทั้งที่เกิดขึ้นกับอีแวปอเรเตอร์ และเอ็กซ์แพนชันวาล์ว รวมทั้งใช้ป้องกันในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่จะส่งผลต่อปริมาณน้ำยาเหลว ที่จำเป็นจะต้องให้น้ำยาเพียงพอกับระบบ



ภาพที่ 384 ท่อพักน้ำยาเหลว



ภาพที่ 385 ตำแหน่งที่ติดตั้งท่อพักน้ำยาเหลว

7.2 ตัวกรองและดูดความชื้น (filter F drier)

จะติดตั้งอยู่ระหว่างคอนเดนเซอร์และเอ็กซ์แพนชันวาล์วเหมือนๆ ท่อพักน้ำยาเหลว แต่ถ้ามีท่อพักน้ำยาเหลว จะทำการติดตั้งถัดมาจากท่อพักน้ำยาเหลว ซึ่งทำหน้าที่กรองผงสกปรกและดูดความชื้นที่มีในระบบ ป้องกันการอุดตันของระบบ ก่อนถึง เอ็กซ์แพนชันวาล์ว

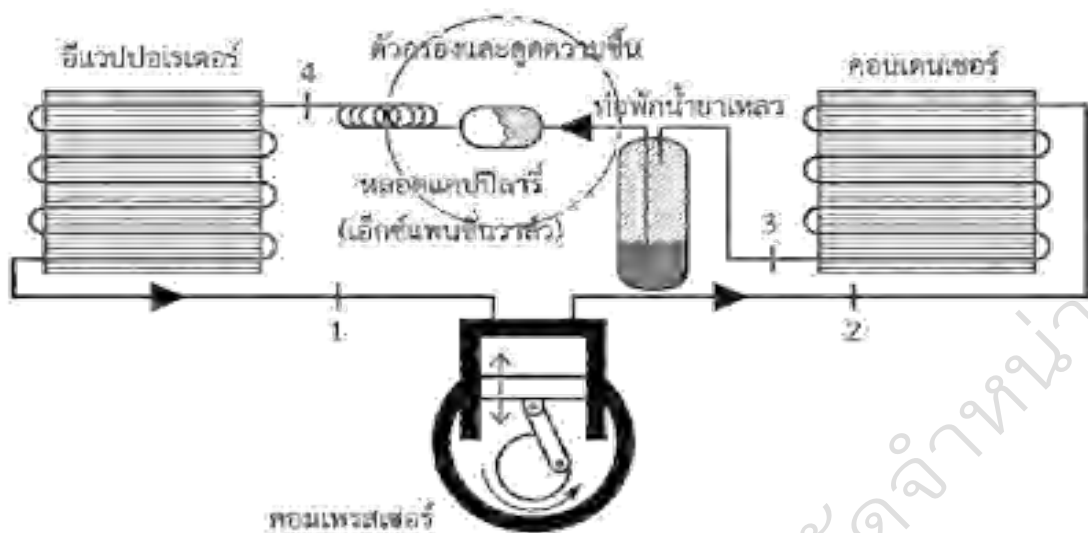


ภาพที่ 386 ตัวกรองและดูดความชื้น

ตัวกรองและดูดความชื้น หรือที่นิยมเรียกว่า “ไดเออร์” นอกจากมีหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและที่สำคัญคือเป็นตัวดูดจับความชื้นในขณะที่น้ำยาแอร์มีการเปลี่ยนสถานะ ดังนั้นทุกๆ ครั้ง เมื่อมีการถอดอุปกรณ์ในระบบเพื่อบริการต่างๆ หรือถอดชุดคอยล์เย็นออกมาล้าง ทำให้อากาศหรือความชื้นจากภายนอกจะวิ่งเข้าไปในระบบ จนสารดูดความชื้นมีโอกาที่จะเกิดการอิ่มตัวมากขึ้น ดังนั้นในกรณีที่ใช้ไดเออร์ตัวเดิมโดยไม่ทำการเปลี่ยนไดเออร์ใหม่เมื่อมีการเปิดระบบ ไดเออร์ดังกล่าวจะทำหน้าที่อย่างเดียวก็คือเป็นตัวกรองสิ่งสกปรกเท่านั้น ส่วนความชื้นไม่สามารถดูดจับได้เนื่องจากมันอิ่มตัวแล้ว



ภาพที่ 387 ภายในตัวกรองและดูดความชื้น



ภาพที่ 388 ตำแหน่งที่ติดตั้งถ้วยกระจกและดูความชื้น

7.3 กระจกมองน้ำยา (Sight glass)

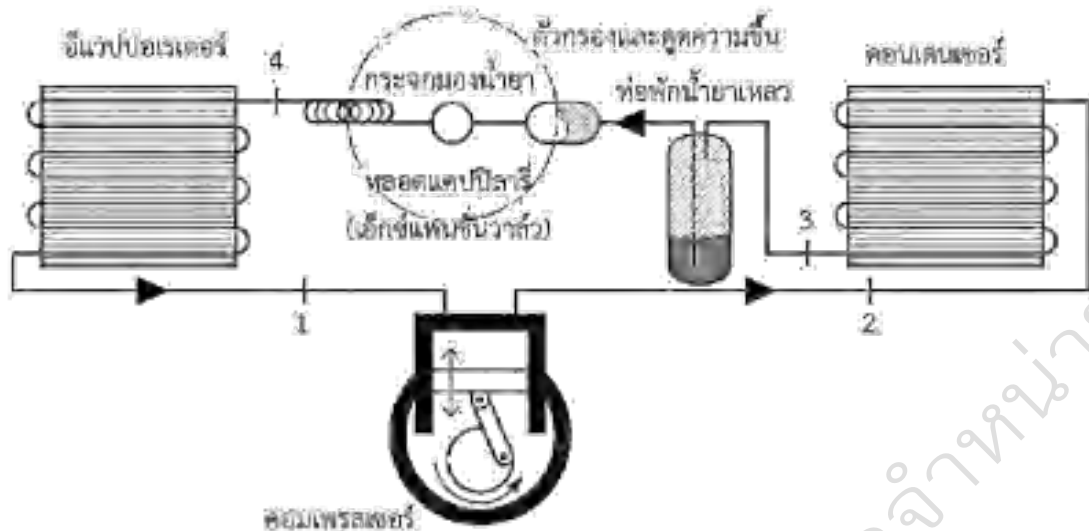
มักจะติดตั้งระหว่างคอนเดนเซอร์และเอ็กซ์แพนชันวาล์วติดตั้งถัดออกมาจากถ้วยกระจกและดูความชื้น ใช้สำหรับมองดูน้ำยาภายในระบบของเครื่องทำความเย็นว่ามีน้ำยาเพียงพอหรือไม่ รวมทั้งสามารถตรวจดูความชื้นที่เกิดขึ้นในระบบได้ ถ้าในระบบมีน้ำยาน้อยแล้วจะเห็นน้ำยาเหลวเป็นฟองสามารถวิ่งผ่านกระจกมองน้ำยา โดยปกติกระจกมองน้ำยามีทั้งแบบแฟลร์นัตและแบบเชื่อมต่อ ถ้าเป็นแบบเชื่อมต่อจะต้องถอดกระจกออกก่อนเชื่อมต่อทุกครั้งแล้วอย่าทำการจุ่มน้ำทันทีหลังจากที่เชื่อมต่อเสร็จเพราะจะทำให้โครงสร้างของกระจกมองน้ำยาเปลี่ยนไป ซึ่งมีผลทำให้ชั้นไม่เข้าและเกิดรอยรั่วบริเวณนี้อีกด้วย



ภาพที่ 389 กระจกมองน้ำยา



ภาพที่ 390 กระจกมองน้ำยา แบบเชื่อมต่อ (บน) แบบแฟลร์นัต (ล่าง)



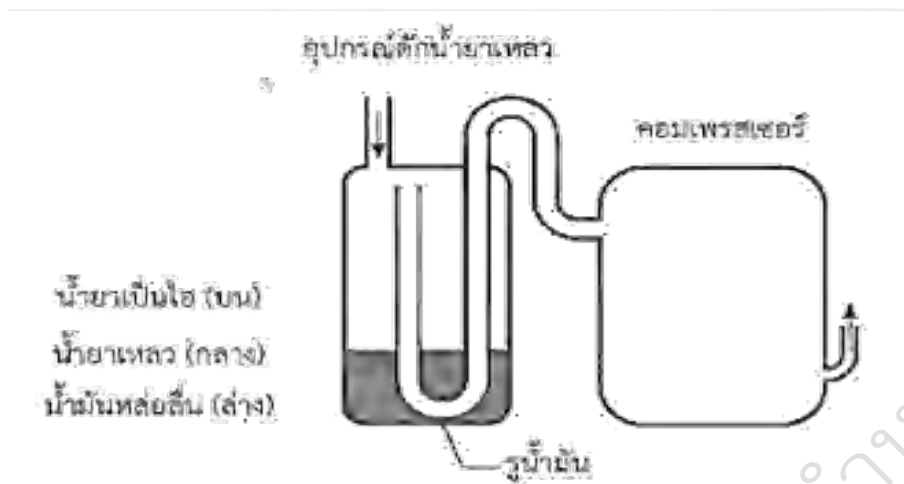
ภาพที่ 391 ตำแหน่งที่ติดตั้งกระจกมองน้ำยา

7.4 อุปกรณ์ดักน้ำยาเหลว (Accumulator)

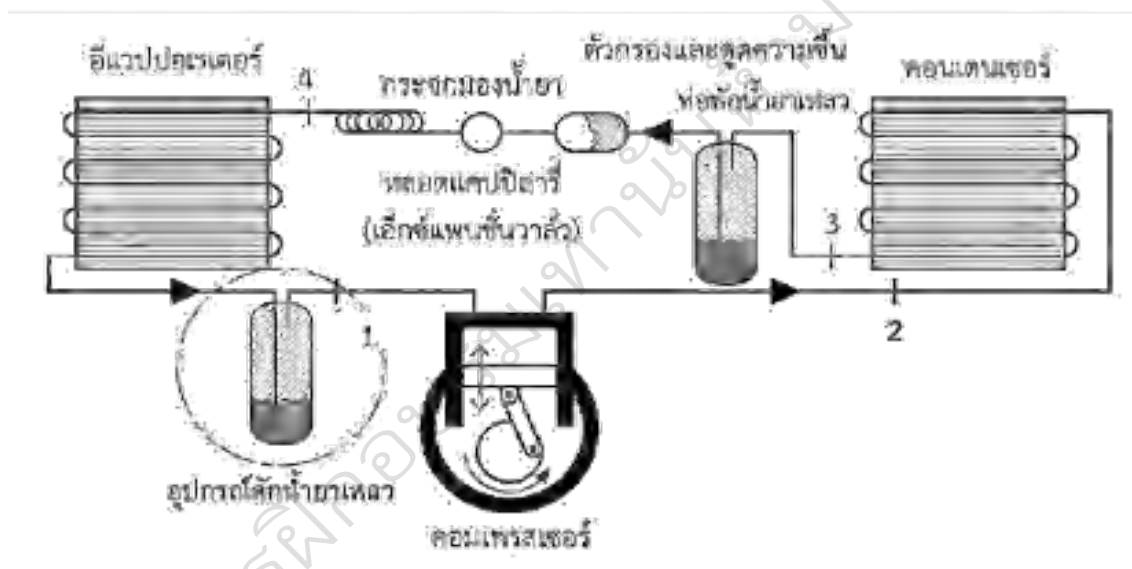
จะติดตั้งระหว่างอีวาพอเรเตอร์และคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่คล้ายๆ กับท่อพักน้ำยาเหลวซึ่งท่อพักน้ำยาเหลวจะแยกก๊าซออกจากเฉพาะของเหลวเท่านั้นเข้าระบบ ส่วนอุปกรณ์ดักน้ำยาเหลวจะแยกของเหลวเอาเฉพาะก๊าซเท่านั้นกลับเข้าระบบหรือคอมเพรสเซอร์ โดยสามารถดึงน้ำมันหล่อลื่นที่มีอยู่ในระบบกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ได้ ส่วนคอมเพรสเซอร์โรตารี จะมีอุปกรณ์ดักน้ำยาเหลวที่ติดมากับตัวของคอมเพรสเซอร์ เนื่องจากทางดูดของคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ ชูดวาล์วหรือเพลตที่ใช้อัดน้ำยาเฉพาะที่เป็นไอจะรับเข้ามาโดยตรง ถ้ารับน้ำยาที่เป็นของเหลวมากๆ จะทำความเสียหายให้กับชูดวาล์วหรือเพลตได้



ภาพที่ 392 อุปกรณ์ดักน้ำยาเหลว



ภาพที่ 393 หลักการทำงานของอุปกรณ์เติมน้ำยาเหลว



ภาพที่ 394 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์เติมน้ำยาเหลว

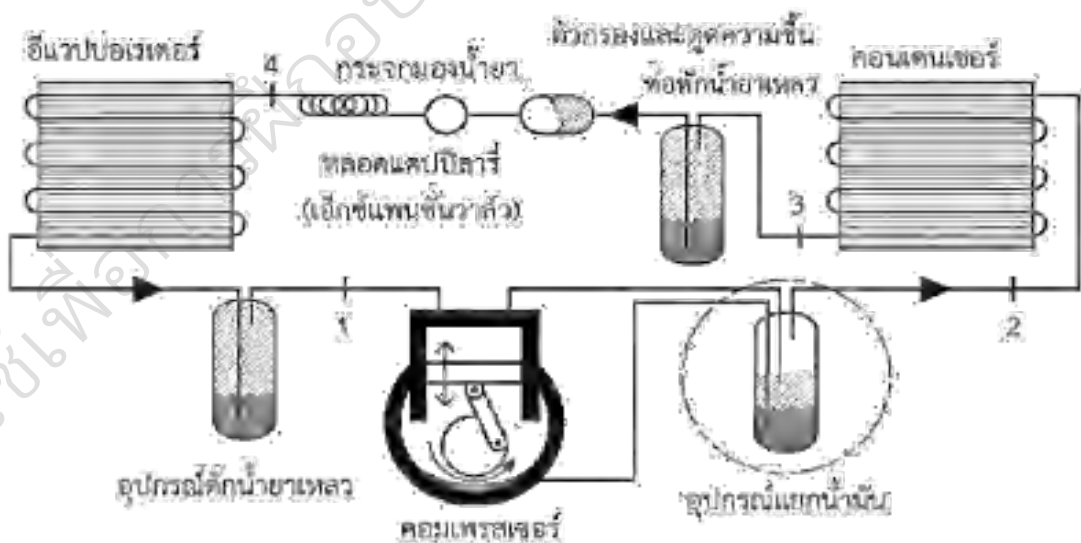
7.5 อุปกรณ์แยกน้ำมัน (oil Separator)

จะติดตั้งอยู่ระหว่างคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่แยกน้ำมันของคอมเพรสเซอร์กับน้ำยาในสถานะไอ โดยแยกให้น้ำมันคอนเดนเซอร์ตกอยู่ก้นถัง โดยปกติเมื่อซื้ออุปกรณ์แยกน้ำมันก่อนติดตั้งจะต้องเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์ให้พอดีกับขนาดของอุปกรณ์แยกน้ำมันซึ่งจะต่างกับกับคอมเพรสเซอร์ที่มีการเติมน้ำมันมาให้กับคอมเพรสเซอร์แล้ว ถ้าไม่เติมเมื่อเครื่องเดินไปสักพักจะดึงเอาน้ำมันคอมเพรสเซอร์มาอยู่ที่อุปกรณ์แยกน้ำมัน ทำให้น้ำมันในคอมเพรสเซอร์ขาดหรือน้อยลงคอมเพรสเซอร์ทำงานอาจเกิดการน็อกหรือติดขัดได้



ภาพที่ 395 อุปกรณ์แยกน้ำมัน

การทำงานของอุปกรณ์แยกน้ำมัน เมื่อแยกหรือกันน้ำมันคอมเพรสเซอร์ไม่ให้เข้าระบบแต่จะให้ดูดซับเข้าคอมเพรสเซอร์เลย ซึ่งทำโดยเมื่อระดับน้ำมันที่อุปกรณ์แยกน้ำมันสูงขึ้นก็จะยกลูกลอยทำให้ลูกลอยเปิด น้ำมันจะถูกอัดกลับเข้ายังห้องเพลลาข้อเหวี่ยงของคอมเพรสเซอร์โดยตรง



ภาพที่ 396 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์แยกน้ำมัน

7.6 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันน้ำยา

ที่ใช้กันมากในงานมี 2 ชนิด คือ อุปกรณ์ควบคุมแรงดันด้านต่ำ (Low pressure control) และ อุปกรณ์ควบคุมแรงดันด้านสูง (high pressure control)

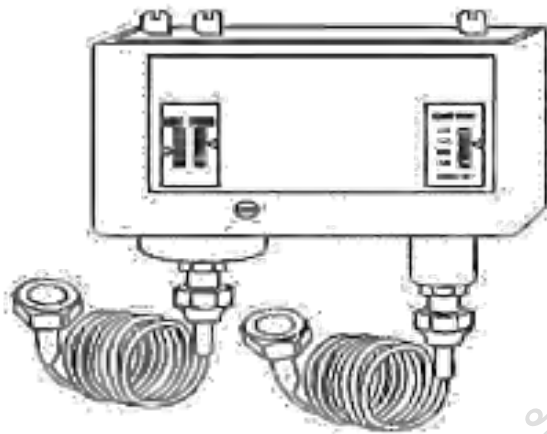
- 1) ไฮเพรสเชอร์คอนโทรล (high pressure control) จะต่อเข้ากับท่อทางอัดของ คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายไม่ให้เกิดขึ้นกับระบบของเครื่องทำความเย็น เมื่อ ความดันในระบบด้านอัดสูงเกินกว่าปกติ ไฮเพรสเชอร์คอนโทรลจะตัดวงจรไฟฟ้าที่เข้า คอมเพรสเซอร์ หยุดการทำงานของระบบ เมื่อความดันลดลงสู่ความดันปกติ ก็จะต้องวงจรไฟฟ้าให้ทำงานใหม่ ไฮเพรสเชอร์บางรุ่นจะมี ชุดล็อก (Lock out) กันไม่ให้ไฮเพรสเชอร์ต่อวงจรไฟฟ้าสตาร์ทเครื่องใหม่ได้เอง แต่จะต้อง หาสาเหตุขัดข้องที่ทำให้ความดันของระบบสูงเกินกว่าปกติ เพื่อทำการแก้ไขและจะต้องกด ปุ่มรีเซ็ต (reset) เพื่อให้เครื่องทำงานใหม่ได้
- การติดตั้ง – ต่อ ของไฮเพรสเชอร์คอนโทรลนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยาที่ใช้ในระบบ ทั้งนี้เพราะระบบที่ใช้น้ำยาต่างกัน การติดตั้ง – ต่อจะต้องต่างกันด้วย



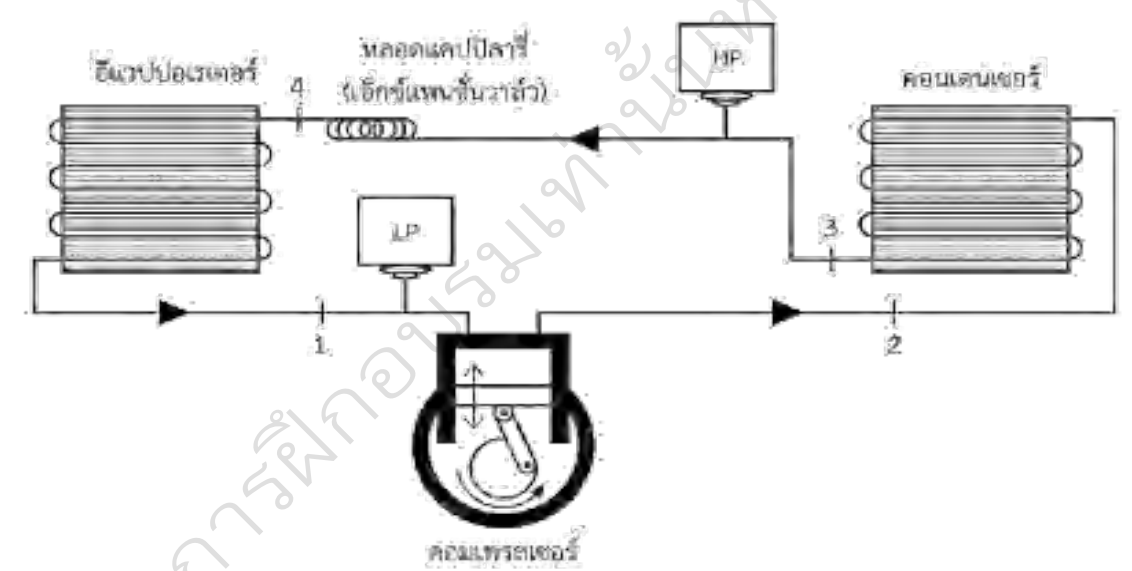
ภาพที่ 397 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันน้ำยา (Pressure Control)

- 2) โลเพรสเชอร์คอนโทรล (Low pressure control) จะต่อเข้ากับท่อทางดูดของ คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ 2 ประการ คือ ป้องกันอันตรายในระบบเครื่องทำความเย็นเมื่อ ความดันด้านต่ำนั้นต่ำกว่าปกติ โลเพรสเชอร์คอนโทรลจะทำการตัดวงจรไฟฟ้าที่เข้า คอมเพรสเซอร์ เพื่อหยุดการทำงานของระบบ และเมื่อความดันสูงขึ้นสู่ความดันที่ตั้งไว้ โล เพรสเชอร์คอนโทรลจะต่อวงจรไฟฟ้าและสตาร์ทเครื่องใหม่ ระบบเครื่องทำความเย็นควร ต้องมีชุดล็อก เพื่อกันไม่ให้โลเพรสเชอร์คอนโทรลต่อวงจรไฟฟ้าสตาร์ทเครื่องใหม่เอง
- หน้าที่อีกประการของโลเพรสเชอร์คอนโทรลก็คือ ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิระบบ เช่นเดียวกับเทอร์โมสแตทแบบกระเปาะ แต่อาศัยผลของความดันน้ำยาในระบบด้านต่ำกระทำต่อเบลโล เพื่อตัดต่อหน้าสัมผัสแทนความดันของน้ำยาจากในกระเปาะ

- 3) คูอัลเพรสเซอร์คอนโทรล (dual pressure control) เป็นอุปกรณ์ควบคุมความดันที่รวมเอาทั้งโลเพรสเซอร์และไฮเพรสเซอร์คอนโทรลเข้าไว้ในตัวเดียวกัน ใช้หน้าสัมผัสชุดเดียวกัน แต่มีเบิ้ลโลแยกออกเป็น 2 ชุด



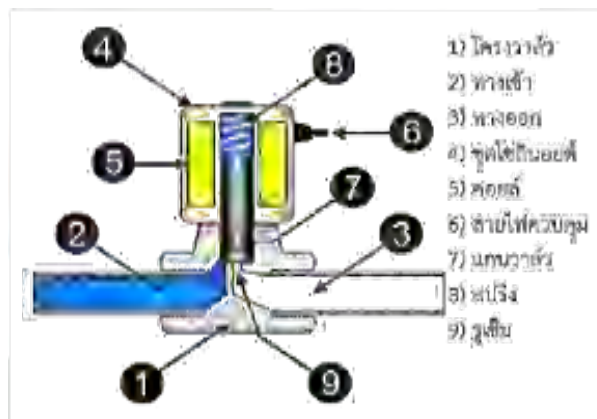
ภาพที่ 398 คูอัลเพรสเซอร์คอนโทรล (dual Pressure Control)



ภาพที่ 399 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันน้ำยา (Pressure Control)

7.7 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

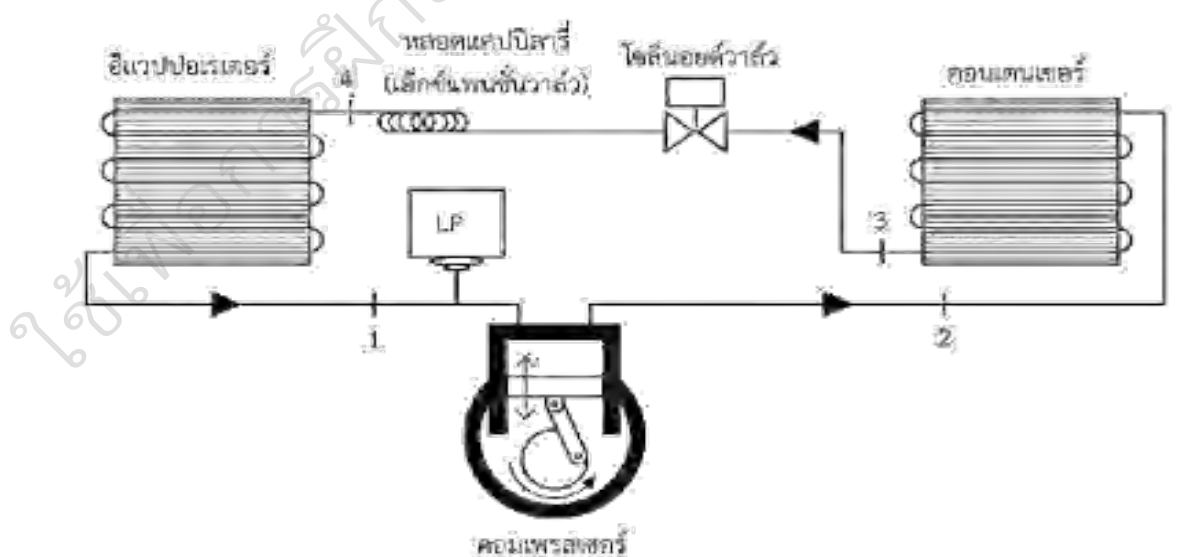
โซลินอยด์วาล์ว ประกอบด้วยขดลวดโซลินอยด์ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด จะเกิดอำนาจสนามแม่เหล็กที่มีคุณสมบัติดูดหน้าสัมผัสได้ ถ้านำแกนวาล์วไว้ตรงกลางขดลวดเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด แกนวาล์วจะถูกดูดให้เคลื่อนที่ได้ และถ้าให้แกนวาล์วนี้เป็นก้านลื่นที่ปิดเปิดการไหลของน้ำยาในระบบแล้ว ก็จะควบคุมการปิดเปิดวาล์วได้โดยการควบคุมปิดเปิดไฟที่ป้อนเข้าไปในขดลวด



ภาพที่ 400 โครงสร้างโซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์วแบบปกติเปิดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดโซลินอยด์แล้วลื่นของโซลินอยด์วาล์วจะเปิด และเมื่อตัดไฟที่ป้อนเข้าขดลวดโซลินอยด์วาล์วก็จะปิดตามเดิม ส่วนโซลินอยด์แบบปกติปิด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าป้อนเข้าขดลวดโซลินอยด์แล้ว ลื่นของโซลินอยด์วาล์วก็จะปิด และเมื่อตัดไฟที่ป้อนเข้าขดลวดโซลินอยด์ ลื่นของโซลินอยด์วาล์วจะเปิดตามเดิม

ดูจากรูปร่างภายนอกของโซลินอยด์วาล์วจะไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิดหรือปกติเปิด จำเป็นต้องดูจากสเปคของโซลินอยด์วาล์ว การเลือกใช้ใช้งานต้องเลือกให้ถูกต้องกับระบบทำความเย็น ตัวโซลินอยด์วาล์วจะติดตั้งอยู่ระหว่างท่อพักน้ำยาเหลวและชุดปรับอัตราการไหลของน้ำยาซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดโซลินอยด์จะมีเทอร์มิสแตทเป็นตัวควบคุม ขณะที่ระบบเครื่องทำความเย็นทำงานปกติ จะมีไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดอยู่ตลอดเวลา ซึ่งโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดโซลินอยด์จะมีเทอร์มิสแตทเป็นตัวควบคุม ขณะที่ระบบเครื่องทำความเย็นทำงานเป็นปกติ จะมีไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดอยู่ตลอดเวลาซึ่งโซลินอยด์วาล์วจะเปิดให้น้ำยาในระบบไหลผ่านได้



ภาพที่ 401 ตำแหน่งที่ติดตั้งโซลินอยด์วาล์วร่วมกับโลเพรสเซอร์คอนโทรลในวงจรปั๊มดาวน

เมื่ออุณหภูมิภายในห้องทำความเย็นลดต่ำลงจนถึงเกณฑ์ เทอร์โมสแตทจะตัดไฟที่เข้าไปเลี้ยงโซลินอยด์วาล์ว ลิ้นของโซลินอยด์จะปิดไม่ให้น้ำยาไหลในระบบไหลผ่าน ขณะที่คอมเพรสเซอร์ยังคงทำงาน ทำให้ความดันของน้ำยาทางด้านความดันต่ำของระบบลดต่ำลง น้ำยาจะถูกอัดเข้าไปกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวทางด้านความดันสูงของระบบ และเมื่อความดันทางด้านความดันต่ำลดลงจนถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ระบบก็จะหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลง

เมื่อระบบหยุดการทำงาน เทอร์โมสแตทจะต่อไฟเข้าไปเลี้ยงโซลินอยด์วาล์ว ทำให้ลิ้นของโซลินอยด์วาล์วเปิด น้ำยาเหลวจะผ่านเข้าไปยังชุดควบคุมการไหลของน้ำยา เพื่อทำความเย็นในอีแวปอเรเตอร์ต่อไป ส่งผลให้ความดันทางด้านความดันต่ำของระบบสูงขึ้น โลเพรสเซอร์คอนโทรล จะเริ่มทำงานอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะเรียกว่า “วงจรบีบดาวน”



ภาพที่ 402 ตัวอย่างโซลินอยด์วาล์ว

สรุปการทำงานของวงจรบีบดาวน จะใช้โซลินอยด์เป็นการหยุดการทำงานโดยใช้เทอร์โมสแตทสั่งตัดโซลินอยด์ปิด ทำให้ความดันลดลงถึงจุดที่ตั้งไว้จึงตัดการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เมื่อเทอร์โมสแตทสั่งต่อโซลินอยด์เปิดทำให้ความดันเพิ่มขึ้นถึงจุดที่ตั้งไว้ จึงต่อการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์เพื่อประโยชน์ในการสตาร์ทตัวของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ที่ไม่ใช้ความดันปกติซึ่งจะใช้ความดันที่ต่ำกว่าปกติ

การใช้โซลินอยด์เพื่อควบคุมการไหลหรือปิดกั้นการไหลของน้ำยา สามารถควบคุมได้ทั้งสถานะที่เป็นของเหลวและสถานะที่เป็นไอ ในส่วนของวงจรบีบจะติดโซลินอยด์ไว้ที่ทางออกของคอมเดนเซอร์ จึงใช้ในสถานะที่เป็นวาล์วของเหลว ส่วนอีกวงจรหนึ่งจะใช้โซลินอยด์ในสถานะที่เป็นไอ โดยติดตั้งที่ทางออกจากคอมเพรสเซอร์แยกจากท่อจะไปที่คอนเดนเซอร์ ส่วนทางออกของโซลินอยด์วาล์วจะไปต่อก่อนเข้าอีแวปอเรเตอร์ หรือทางออกจากเอ็กซ์แพนชันวาล์ว เพื่อประโยชน์ในการควบคุมระบบทำความเย็น ในกรณีป้องกันน้ำแข็งเกาะ โดยใช้สถานะที่เป็นไอร้อนละลายน้ำแข็ง โดยใช้ไทมเมอร์หรือเวลาเป็นการควบคุมระบบทำความเย็น ซึ่งจะเรียกว่า “วงจรฮอตแก๊ส” หรือวงจรละลายน้ำแข็ง

11.4 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและอุปกรณ์เสริมอื่นๆ

เครื่องปรับอากาศ หรือ แอร์ ที่เรารู้จักกันดี มีหลักการทำงาน โดยใช้สารทำความเย็นหรือน้ำยาแอร์เป็นตัวกลางในการดูดซับความร้อนภายในห้อง แล้วส่งความร้อนออกไปภายนอกห้อง โดยอาศัยกระบวนการเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็น(น้ำยา) ให้เป็นไอ(ก๊าซ) เพื่อการดูดซับความร้อนภายในบ้านของคุณ และเปลี่ยนสถานะกลับเข้าสู่ของเหลวเพื่อคายความร้อนออกไปยังภายนอกบ้าน หลักการนี้จึงทำให้บ้านหรือห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเย็นสบายในสภาพอากาศที่ร้อน

1. มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

มอเตอร์ (Motor) คือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานทางไฟฟ้าเป็นพลังงานทางกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในงานเครื่องปรับอากาศไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ หรือมอเตอร์พัดลมส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าเดี่ยว (single Motor) และก็จะมียุคที่ใช้กับไฟฟ้า 3 เฟส เช่นกัน



ภาพที่ 403 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ชนิดของมอเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้า 1 เฟส จะแบ่งตามลักษณะการเริ่มหมุนของมอเตอร์ได้ด้วยอีก 5 แบบ ดังนี้

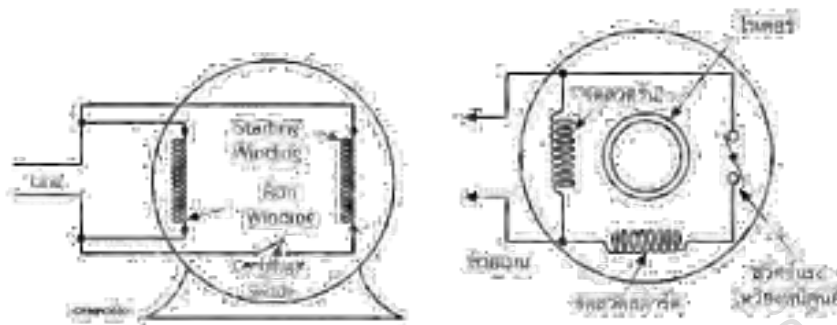
1.1 สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motor)

มอเตอร์ชนิดนี้ จะมีขดลวดพ่วงอยู่บนสเตเตอร์ 2 ชุด ได้แก่ ขดลวดรันและขดลวดสตาร์ท ถ้าสังเกตให้ดีจะเห็นว่าขดลวดรันจะเป็นขดลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าขดลวดสตาร์ท



ภาพที่ 404 สปลิตเฟสมอเตอร์

ในลักษณะของการทำงาน เมื่อมีกระแสไหลในขดลวดจะเหนี่ยวนำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์จนมีความเร็วรอบประมาณ 75% ของความเร็วสูงสุด ขดลวดสตาร์ทจะถูกตัดออกจากวงจรด้วยสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เหลือขดลวดที่ทำให้มอเตอร์หมุนได้ มอเตอร์สปลิตเฟสนี้จะให้แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่จะกินกระแสตอนเริ่มหมุนสูง



ภาพที่ 405 ลักษณะการทำงานสปลิตเฟสมอเตอร์

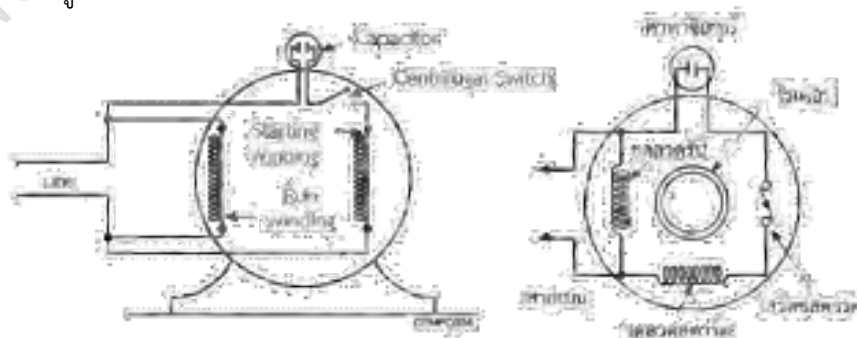
1.2 คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor Start Motor)

มอเตอร์ชนิดนี้ จะมีโครงสร้างคล้ายกับสปลิตเฟสมอเตอร์ แต่จะมีคาปาซิเตอร์สตาร์ทเพิ่มเข้ามาช่วยในขณะที่ยังมอเตอร์เริ่มหมุน โดยจะต่อเป็นอนุกรมกับขดลวดสตาร์ท



ภาพที่ 406 มอเตอร์สตาร์ทด้วยคาปาซิเตอร์สตาร์ท

ในช่วงเริ่มสตาร์ท คาปาซิเตอร์สตาร์ทจะช่วยเพิ่มแรงบิด ทำให้กระแสสตาร์ทสูง คาปาซิเตอร์สตาร์ทจะถูกตัดออกจากวงจรพร้อมขดลวดสตาร์ท เมื่อความเร็วรอบได้ 75% และความเร็วรอบสูงสุด เหมาะสำหรับคอมเพรสเซอร์ตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านตั้งแต่ขนาด 1/2 ถึง 1 แรงม้า



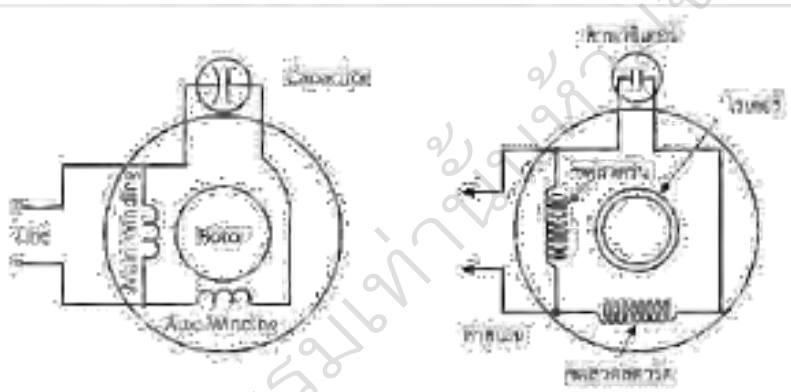
ภาพที่ 407 ลักษณะการทำงานคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

1.3 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ (Capacitor run Motor)

มอเตอร์ชนิดนี้ จะมีคาปาซิเตอร์รันต่อเนื่องเป็นอนุกรมกับขดลวดสตาร์ท จะมีไฟเข้าเลี้ยงอยู่ตลอดเวลาที่มอเตอร์ทำงาน จึงต้องใช้คาปาซิเตอร์รันที่สามารถทนต่อกระแสไฟไหลผ่านได้เป็นเวลานาน การทำงานเช่นเดียวกับคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ ต่างกันโดยชนิดนี้ คาปาซิเตอร์รันไม่ต้องถูกตัดออก ทำให้มอเตอร์แบบนี้ให้แรงบิดตอนสตาร์ทไม่ค่อนสูงนัก



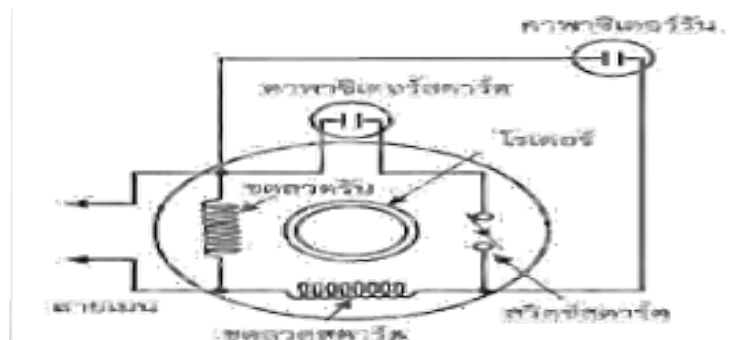
ภาพที่ 408 มอเตอร์สตาร์ทด้วยคาปาซิเตอร์รัน



ภาพที่ 409 ลักษณะการทำงานคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์

1.4 คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน มอเตอร์ (Capacitor Start and run Motor)

มอเตอร์ชนิดนี้ เป็นการนำเอาคาปาซิเตอร์สตาร์ทมาต่อ เพื่อเพิ่มความจุแก่คาปาซิเตอร์รันในวงจรให้สูงขึ้นและคาปาซิเตอร์สตาร์ทนี้ จะถูกตัดออกจากวงจร เมื่อมอเตอร์หมุนไปจนมีความเร็วรอบได้ 75% ของความเร็วรอบสูงสุด การเพิ่มคาปาซิเตอร์จะช่วยให้เกิดแรงบิดตอนสตาร์ทสูงขึ้น ใช้กับคอมเพรสเซอร์ 1 – 5 แรงม้า



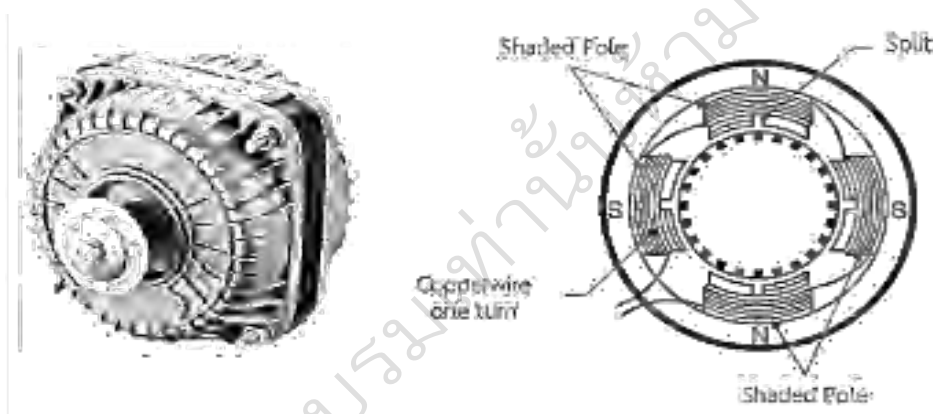
ภาพที่ 410 ลักษณะการทำงานคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน มอเตอร์



ภาพที่ 411 ตัวอย่างคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน มอเตอร์

1.5 เซดเทโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motor)

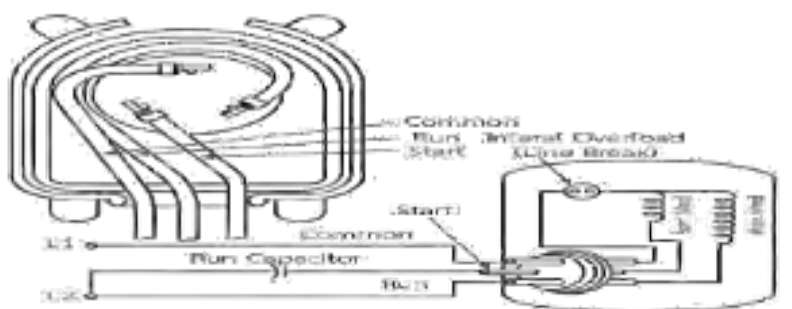
มอเตอร์ชนิดนี้ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดรันเพียงขดเดียวแต่จะมีวงแหวนทองแดงทำหน้าที่แทนขดลวดสตาร์ท ซึ่งวงแหวนไม่ต้องต่อกันเป็นวงจร เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดมอเตอร์ ขดลวดหลักจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่วงแหวนทองแดง ทำให้โรเตอร์หมุนตัวและจะค่อยๆ หมุนเร็วขึ้น จนกระทั่งมีความเร็วรอบสูงสุด มอเตอร์แบบนี้จะให้แรงบิดตอนสตาร์ทต่ำ มีขนาดตั้งแต่ 1/1,000 ถึง 1/8 แรงม้า



ภาพที่ 412 ตัวอย่างเซดเทโพลมอเตอร์

จากทั้ง 5 แบบจะเป็นมอเตอร์ที่ใช้ไฟ 220 โวลต์ ซึ่งลักษณะมอเตอร์ที่ใช้เป็นคอมเพรสเซอร์ได้แก่ แบบสปลิตเฟสมอเตอร์, แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์, แบบคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ และแบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท – รัน มอเตอร์

ส่วนมอเตอร์ที่ใช้เป็นพัดลม ได้แก่ แบบสปลิตเฟสมอเตอร์, แบบคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ และแบบเซดเทโพลมอเตอร์



ภาพที่ 413 ลักษณะการทำงานของมอเตอร์ที่ใช้เป็นคอมเพรสเซอร์

2. อุปกรณ์ช่วยสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

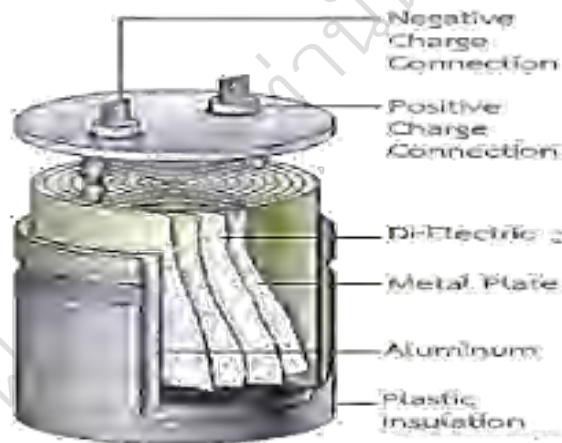
อุปกรณ์ช่วยสตาร์ท ใช้สำหรับเป็นอุปกรณ์ที่ต่อเพิ่มเติม เพื่อช่วยในการออกตัวให้กับ มอเตอร์พัดลม และคอมเพรสเซอร์ โดยมากจะนิยมใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กไม่เกิน 48,000 บีทียูต่อชั่วโมง ซึ่งจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลายชนิด ดังนี้



ภาพที่ 414 ตัวอย่างอุปกรณ์ช่วยสตาร์ทมอเตอร์

2.1 คาปาซิเตอร์ (Capacitor)

คาปาซิเตอร์ ประกอบด้วยเพลตของตัวนำไฟฟ้าสองเพลตอยู่ใกล้ๆ กัน โดยมีฉนวนไฟฟ้ากั้นอยู่ระหว่างเพลตทั้งสอง เมื่อป้อนกระแสเข้ายังคาปาซิเตอร์ อิเล็กตรอนจะรวมตัวที่เพลตใดเพลตหนึ่งซึ่งเป็นการชาร์จประจุเข้าในคาปาซิเตอร์ ในขณะเดียวกัน อิเล็กตรอนจะถูกผลักออกจากอีกเพลตหนึ่งที่อยู่ตรงข้าม



ภาพที่ 415 โครงสร้างคาปาซิเตอร์

เมื่อนำคาปาซิเตอร์ไปใช้ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ในครึ่งไซเคิลแรก อิเล็กตรอนที่ถูกผลักจะรวมตัวกันที่เพลตใดเพลตหนึ่งดังกล่าวแล้ว พอครึ่งไซเคิลหลัง อิเล็กตรอนจะเข้าชาร์จในเพลตตรงข้ามและผลักอิเล็กตรอนที่ประจุไว้ในเพลตตอนแรกออก สลับกันไปมาทุกๆ ครึ่งไซเคิล อันเป็นการเพิ่ม ค่าโวลต์ในขณะที่ดีชาร์จประจุออกจากคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์ที่ใช้ในงานเครื่องปรับอากาศ มี 2 ชนิด คือ

- 1) คาปาซิเตอร์สตาร์ท โดยทั่วไปแล้วคาปาซิเตอร์สตาร์ท (สีดำ) จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลมและออกแบบมา เพื่อใช้ช่วยในการออกตัวของมอเตอร์ โดยการทำให้ค่าของโวลต์สูงขึ้นในช่วง 2 – 3 วินาทีของการสตาร์ทมอเตอร์เท่านั้น หลังจากนั้นแล้วคาปาซิเตอร์สตาร์ทจะถูกตัดออกจากวงจร



ภาพที่ 416 คาปาซิเตอร์สตาร์ท

- 2) คาปาซิเตอร์รัน จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกรี และออกแบบมาเพื่อช่วยแก้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของมอเตอร์ ดังนั้นคาปาซิเตอร์รันจึงต้องต่ออยู่กับมอเตอร์ตลอดเวลา

ค่าความจุของคาปาซิเตอร์จะมีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) ซึ่งเป็นหน่วยใหญ่ และไมโครฟารัด (Micro Farad) ซึ่งเป็นหน่วยเล็ก และเขียนย่อเป็น μF โดยปกติค่าไมโครฟารัดของคาปาซิเตอร์รันจะมีค่าต่ำกว่าค่าไมโครฟารัดของคาปาซิเตอร์สตาร์ท

ค่าไมโครฟารัดของคาปาซิเตอร์รัน จะมีค่าตั้งแต่ 2 – 40 ไมโครฟารัด ส่วนของคาปาซิเตอร์สตาร์ทจะมีค่าเป็นร้อยๆ ไมโครฟารัด ในกรณีที่คาปาซิเตอร์ที่ใช้ในวงจรเครื่องปรับอากาศเกิดชำรุดต้องเปลี่ยนใหม่แล้ว จะต้องให้มีค่าความจุจำนวนไมโครฟารัดเท่าเดิมเสมอ



ภาพที่ 417 คาปาซิเตอร์รัน

ค่าความจุของคาปาซิเตอร์จะมีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) ซึ่งเป็นหน่วยใหญ่ และไมโครฟารัด (Micro Farad) ซึ่งเป็นหน่วยเล็ก และเขียนย่อเป็น μF โดยปกติค่าไมโครฟารัดของคาปาซิเตอร์รันจะมีค่าต่ำกว่าไมโครฟารัดของคาปาซิเตอร์สตาร์ท

ค่าไมโครฟารัดของคาปาซิเตอร์รัน จะมีค่าตั้งแต่ 2 – 40 ไมโครฟารัด ส่วนของคาปาซิเตอร์สตาร์ทจะมีค่าเป็นร้อยๆ ไมโครฟารัด ในกรณีที่คาปาซิเตอร์ที่ใช้ในวงจรเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศเกิดชำรุดต้องเปลี่ยนใหม่แล้ว จะต้องให้มีค่าความจุจำนวนไมโครฟารัดเท่าเดิมเสมอ

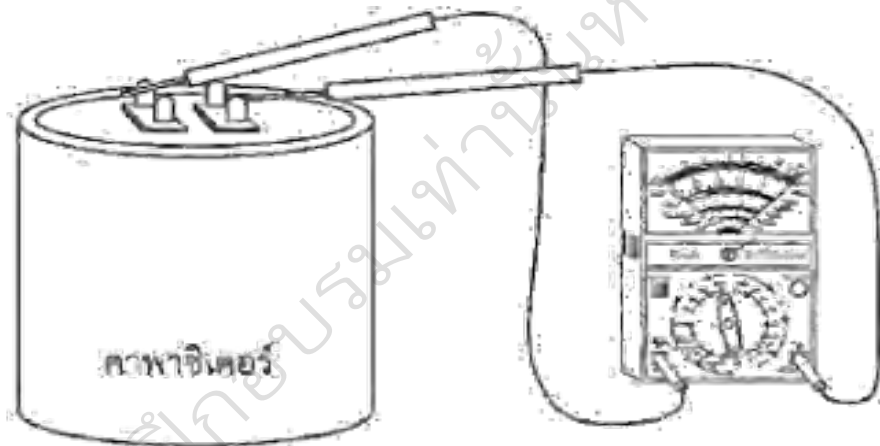
การตรวจเช็คคาปาซิเตอร์

ในการตรวจเช็คคาปาซิเตอร์นั้น ก่อนอื่นจะต้องปลดสายออกจากขั้วหลักคาปาซิเตอร์และทำการดิสชาร์จประจุ ออกจากคาปาซิเตอร์เสียก่อน โดยใช้สายไฟหรือไขควงที่มีฉนวนหุ้มด้าม แต่ระหว่างขั้วหลักทั้งสองของคาปาซิเตอร์ เพื่อป้องกันมิให้เครื่องมือวัดเกิดความเสียหาย การดิสชาร์จประจุออกจากคาปาซิเตอร์โดยวิธีนี้ บริษัทผู้ผลิตคาปาซิเตอร์ไม่แนะนำให้ใช้ได้ แต่จะให้ใช้ค่าความต้านทานขนาดสูงมาต่อคร่อม ระหว่างขั้วหลักทั้งสองในการดิสชาร์จประจุออกจากคาปาซิเตอร์แล้ว ให้ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ $r \times 10k$ วัดเข้าระหว่างขั้วหลักทั้งสอง

สังเกตผลที่เกิดขึ้นกับเข็มของโอห์มมิเตอร์ ดังนี้

- 1) ถ้าเข็มของโอห์มมิเตอร์สวิงขึ้นแล้วค่อยๆ ลดลงที่ตำแหน่งเดิม แสดงว่าคาปาซิเตอร์ปกติ
- 2) ถ้าเข็มของโอห์มมิเตอร์สวิงขึ้นแล้วค้างอยู่ แสดงว่าคาปาซิเตอร์เกิดการช็อตระหว่างเพลตทั้งสอง
- 3) ถ้าเข็มของโอห์มมิเตอร์สวิงขึ้นแล้วค่อยๆ ลดลง แต่ไม่ลงที่ตำแหน่งเดิม แสดงว่าคาปาซิเตอร์เกิดการรั่วระหว่างเพลตทั้งสอง
- 4) ถ้าเข็มของโอห์มมิเตอร์ไม่ขึ้นเลย แสดงว่าขั้วคาปาซิเตอร์ขาด

หมายเหตุ การตรวจเช็คคาปาซิเตอร์ ควรสลับขั้ววัดสายของโอห์มมิเตอร์ อย่างน้อย 4 ครั้ง



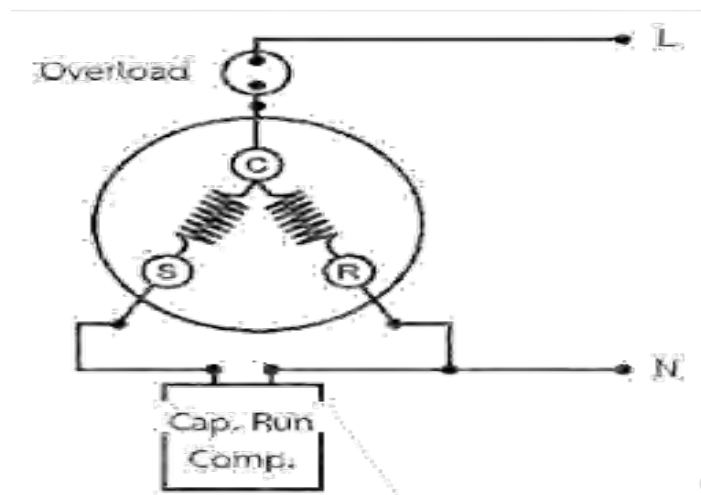
ภาพที่ 418 การตรวจเช็คคาปาซิเตอร์

การต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ

การต่อคาปาซิเตอร์เพื่อให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบ 1 เฟส ทำงานนั้น มีวิธีต่ออย่างง่าย ให้ต่อดังนี้

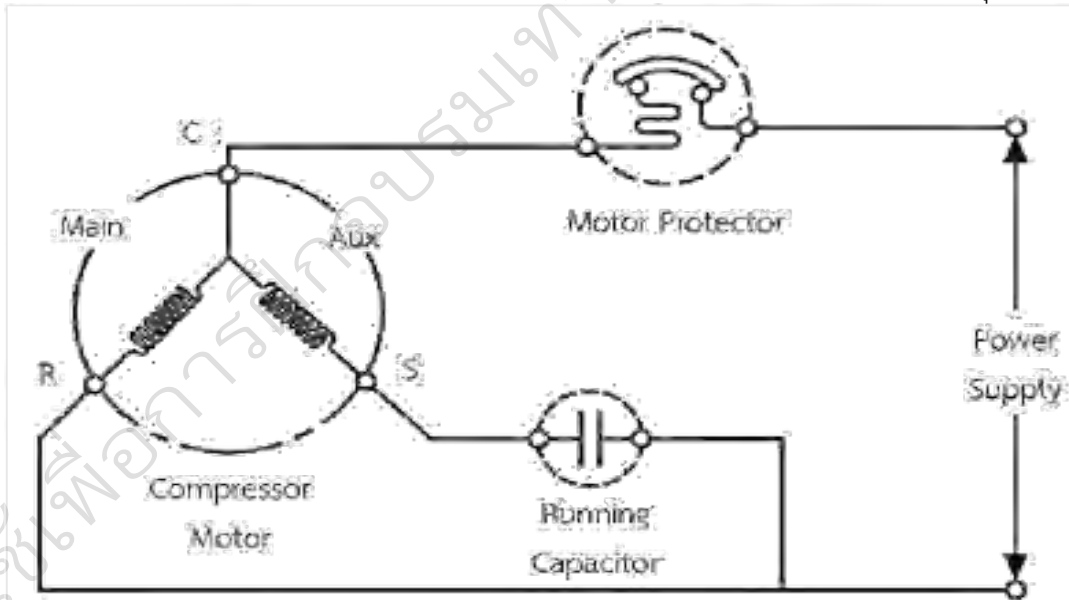
- 1) ขั้ว c ต่อเข้า Line
- 2) ขั้ว s และ ขั้ว r ต่อเข้าคาปาซิเตอร์ ในแต่ละข้างของคาปาซิเตอร์รัน
- 3) ขั้วไหนเป็นขั้ว r ต่อเข้า Neutral

โดยปกติมอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะสตาร์ทด้วย Lr a. (Lock rotor amp) และกินกระแสตามปกติที่ FL a. (Full Load amp) ดังนั้น การวัด comp ให้ใช้คลิปป่อมป์คล่องที่ขั้วใดก็ได้ของขั้ว L และ N เพื่อทำการวัดกระแสของคอมเพรสเซอร์



ภาพที่ 419 การต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับคอมเพรสเซอร์ 1 เฟส

การป้องกันกระแสสูงเกินกว่าปกติให้ต่อโอเวอร์โวลต์ เข้าขั้ว c ของคอมเพรสเซอร์ ทุกครั้ง เพื่อความปลอดภัยและการเลือกโอเวอร์โวลต์ที่มีขนาดเดียวกันกับขนาดของคอมเพรสเซอร์นั้น ขนาดของคาปาซิเตอร์ และขนาดของโอเวอร์โวลต์ ต้องพอดีกับขนาดของคอมเพรสเซอร์ด้วย ในการต่อพ่วงสายกราวด์โดยส่วนใหญ่ จะต่อจากขั้วของคาปาซิเตอร์ ซึ่งสังเกตเมื่อต่อเสร็จแล้ว สามารถสรุปได้ว่าขั้วที่ต่อพ่วง 2 เส้นเป็นขั้ว N หรือสายกราวด์ก็ได้ และถ้าต่อขั้ว s กับขั้ว r สลับกัน แล้วเอาขั้ว s ต่อลงกราวด์ จะทำให้มอเตอร์ล๊อค หมุนออกตัวไม่ได้



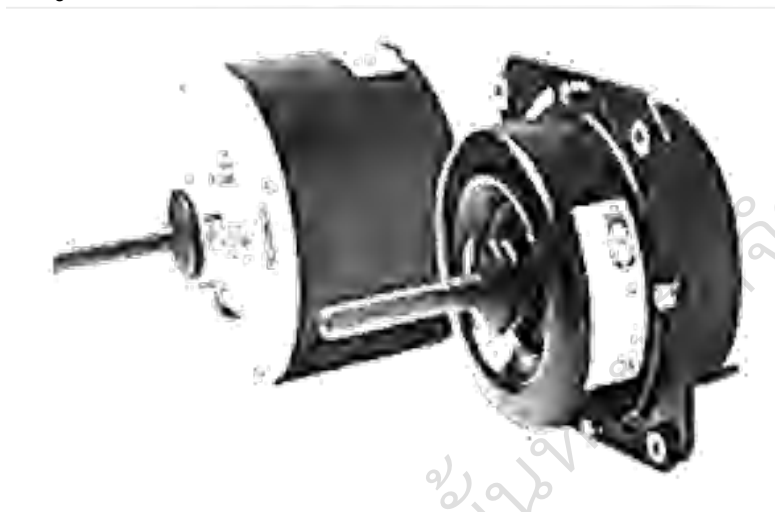
ภาพที่ 420 การต่อมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ 1 เฟส

มอเตอร์ที่ใช้คาปาซิเตอร์ โดยมีขดลวดเป็นขดลวดหลัก (cr) และมีขดลวดช่วยสตาร์ท (cs) เป็นขดลวดช่วยสตาร์ท โดยต่อกับคาปาซิเตอร์รันเพื่อช่วยลดกระแสไฟฟ้า โดยการเพิ่มแรงบิดและโดยการปรับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้สูงขึ้นรันคาปาซิเตอร์ต้องต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา

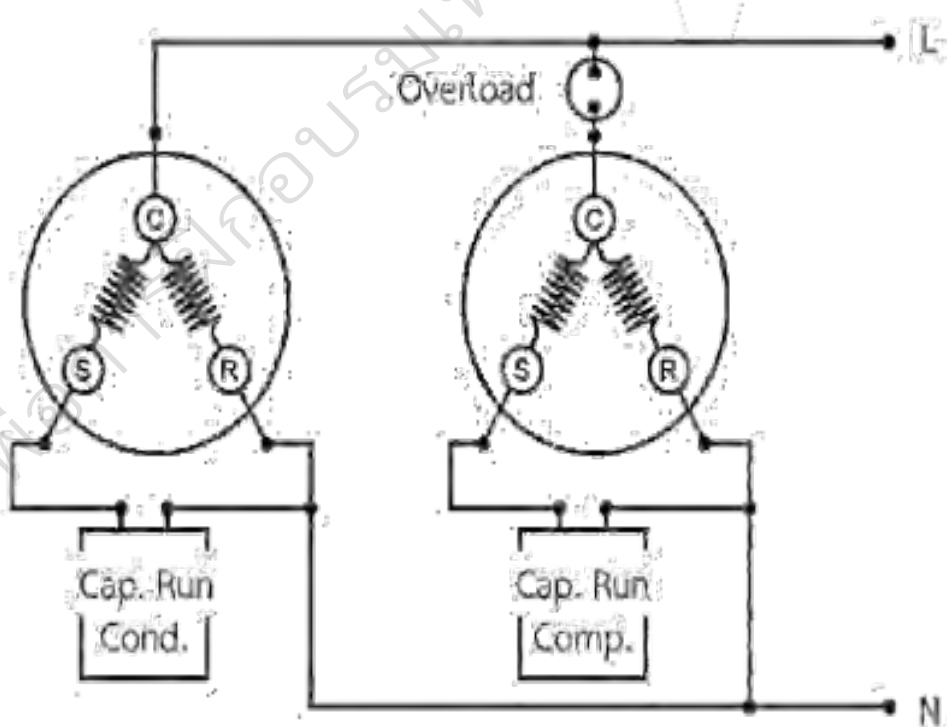
การต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับมอเตอร์พัดลมคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ

ในการต่อมอเตอร์คอนเดนเซอร์ใช้วิธีต่อเหมือนกันกับการต่อมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เพียงแต่ให้สังเกตจุดต่อร่วมกันของขั้ว c ที่มอเตอร์พัดลมคอนเดนเซอร์กับขั้ว c ที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ดังนี้

การจ่ายไฟเริ่มจาก Line เข้าจุดเดียวที่ต่อก่อนเข้าขั้ว c ของคอมเพรสเซอร์ โดยต่อตำแหน่งก่อนเข้าโอเวอร์โหลต ซึ่งถ้าคอมเพรสเซอร์เกิดโอเวอร์โหลต จะไม่ส่งผลให้พัดลมคอนเดนเซอร์หยุดทำงาน ซึ่งเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่เป็นลักษณะนี้



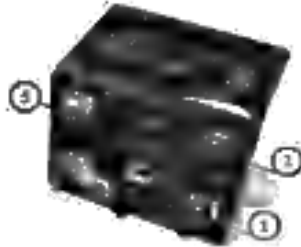
ภาพที่ 421 มอเตอร์พัดลมระบายความร้อน



ภาพที่ 422 การต่อมอเตอร์พัดลมระบายความร้อนร่วมในวงจร

2.2 โปเทนเชียลรีเลย์ (Potential relay)

บางครั้งเรียกว่า โวลต์เตจรีเลย์ (Voltage relay) เป็นรีเลย์ที่มีขดลวดโพเทนเชียล ซึ่งพันด้วยขดลวดอาน้ำยาเส้นเล็กบนแกนเหล็ก และมีจุดสัมผัสปกติปิดอยู่ (Nc.) โปเทนเชียล ส่วนใหญ่จะใช้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ขนาดตั้งแต่ 1 แรงม้าขึ้นไป ไม่ว่าคอมเพรสเซอร์จะเป็น แบบปิดสนิทหรือกึ่งปิดสนิทก็ตาม

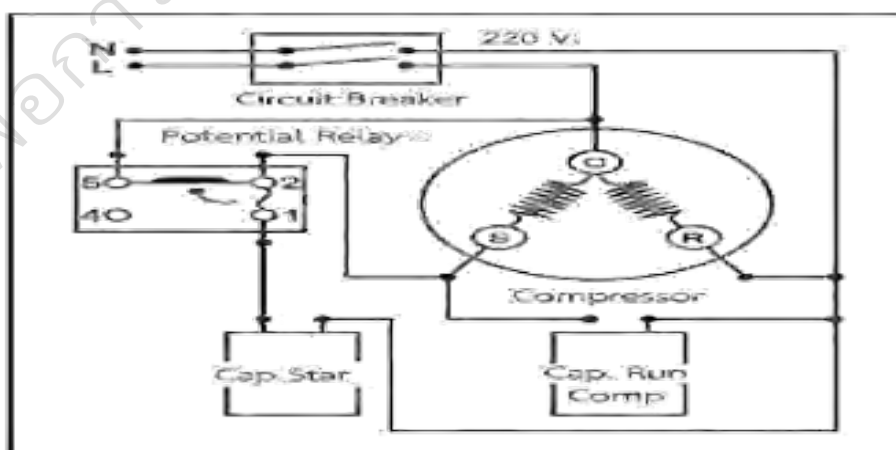


ภาพที่ 423 ขั้วที่ต่อของโพเทนเชียลรีเลย์

ตามปกติขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์ควรจะมีไฟเลี้ยงในจังหวะสตาร์ทเพียงช่วงสั้นประมาณ 3 – 4 วินาที เพราะถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดสตาร์ทนานเกินไป ขดลวดสตาร์ทอาจร้อนจัดทำให้เกิดอันตรายต่อมอเตอร์ได้ ฉะนั้นในกาทำงานที่ถูกต้อง รีเลย์ที่ใช้จะต้องให้ได้ขนาดพอดีกับมอเตอร์ การซ่อมเปลี่ยนรีเลย์ใหม่จะต้องแน่ใจว่ารีเลย์ใหม่นี้มีคุณสมบัติในการใช้งานเท่ากับรีเลย์ตัวเดิมเสมอ

โพเทนเชียลรีเลย์จะใช้ต่อเมื่อวงจรของมอเตอร์เป็นแบบคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ ซึ่งจำเป็นต้องมีคาปาซิเตอร์สตาร์ทต่อเข้ากับขดลวดสตาร์ทและจุดสัมผัสของโพเทนเชียลรีเลย์จะได้ตัดวงจรของคาปาซิเตอร์สตาร์ทและขดลวดสตาร์ทออก เมื่อมอเตอร์คอมเพรสเซอร์หมุนเรียบร้อยแล้ว

โพเทนเชียลรีเลย์ ทำงานเมื่อขดลวดโพเทนเชียลมีอำนาจแม่เหล็ก จะดูดแผ่นโลหะที่เป็นแขนยื่นออกมาทำให้ปลายข้างหนึ่งของแขนด้านหลังจัดให้จุดสัมผัสจากออก การต่อวงจรตามภาพจะเห็นว่าโพเทนเชียลมีขั้วอยู่ 3 ขั้ว คือ 1, 2 และ 5 โดยขั้ว 2 กับ 5 เป็นขดลวดโพเทนเชียลและ 1 กับ 2 เป็นจุดสัมผัสของโพเทนเชียลรีเลย์ซึ่งเป็นปกติปิด (Nc.) คือปกติขณะไม่ทำงานจุดสัมผัสจะติดกัน โดยที่จุดต่อหมายเลข 1 ต่อเข้ากับขั้วข้างใดข้างหนึ่งของคาปาซิเตอร์สตาร์ท (capacitor start) ส่วนจุดต่อหมายเลข 2 ต่อเข้าขดลวดสตาร์ทหรือขั้ว s ของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ และจุดต่อหมายเลข 5 ต่อเข้าสายเมนด้านที่ต่อมาจาก c ของคอมเพรสเซอร์ สำหรับจุดต่อหมายเลข 4 เป็น หลักต่อสายอย่างเดียวไม่เกี่ยวกับขั้วโพเทนเชียลรีเลย์

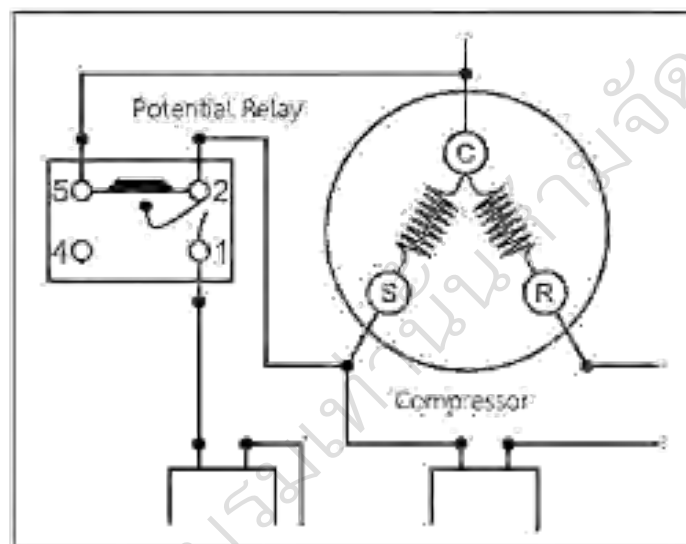


ภาพที่ 424 การต่ออุปกรณ์ช่วยสตาร์ทร่วมกับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

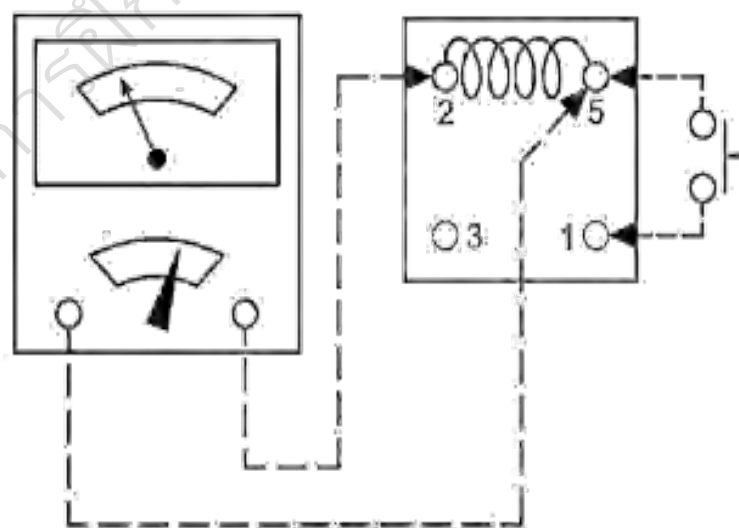
การทำงานของโพเทนเชียลรีเลย์

เมื่อต่อวงจรขดรีนจะครบวงจรและเกิด Lra. ขึ้น ทำให้ออเตอร์คอมเพรสเซอร์กินกระแสสูงตอนเริ่มสตาร์ท ต่อไปขดลวดสตาร์ทจะครบวงจรโดยผ่านมาจากจุด c เข้าขดลวดสตาร์ท เข้าจุดสัมผัสรีเลย์ซึ่งปิดอยู่ และเข้าคาปาซิเตอร์สตาร์ทครบวงจรทำให้ออเตอร์คอมเพรสเซอร์เดินแบบคาปาซิเตอร์มอเตอร์ คือ มีแรงเริ่มสตาร์ทสูง ซึ่งทำให้ออเตอร์คอมเพรสเซอร์หมุนในทันทีทันใด

เมื่อมอเตอร์คอมเพรสเซอร์หมุนแล้ว ขดลวดโพเทนเชียลซึ่งขณะนี้ต่อคร่อมกับสายเมนทั้งสองเส้น (ผ่านขดลวด s และ r) ทำให้เกิดมีอำนาจแม่เหล็กดูดให้จุดสัมผัสออกจากกัน และจะตัดไม่ให้กระแสไหลเข้าคาปาซิเตอร์สตาร์ทและขดลวดสตาร์ทโดยตรงและจุดสัมผัสจะแยกจากกันอยู่ตลอดเวลาที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ยังเดินอยู่ ส่วนมากจะเป็นแบบปิดสนิทและกึ่งปิดสนิท ที่มีขนาดตั้งแต่ 1 แอมป์ขึ้นไป ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้คาปาซิเตอร์สตาร์ทช่วยสตาร์ท



ภาพที่ 425 ขั้วคอนแทคหมายเลข 1 กับ 2 จะจากกัน เมื่อมีไฟเลี้ยง 5 กับ 2



ภาพที่ 426 ภายในโพเทนเชียลรีเลย์

2.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic contact)

เป็นสวิตช์อีกชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นขดลวดหรือคอยล์ ซึ่งเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าในขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น อีกส่วนหนึ่งเป็นหน้าสัมผัสของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ทำหน้าที่ตัดและต่อวงจรไฟฟ้าที่ป้อนเข้าโหลด หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์มีดังนี้ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าในขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่รอบขดลวด มีอำนาจดูดเหล็กอาร์เมเจอร์ ซึ่งแกนเหล็กของปลายข้างหนึ่งต่ออยู่กับหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ และปลายอีกข้างหนึ่งวางอยู่บนสปริง ซึ่งจะคอยผลักแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ให้หน้าสัมผัสจาก เมื่อขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กและมีอำนาจมากกว่าแรงดันสปริง แกนอาร์เมเจอร์จะถูกดูด ทำให้หน้าสัมผัสต่อกัน และเมื่อตัดกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวด อำนาจแม่เหล็กรอบขดลวดจะหมดไป แรงดันสปริงจะผลักแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ให้หน้าสัมผัสจากออก



ภาพที่ 427 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 2 โพล

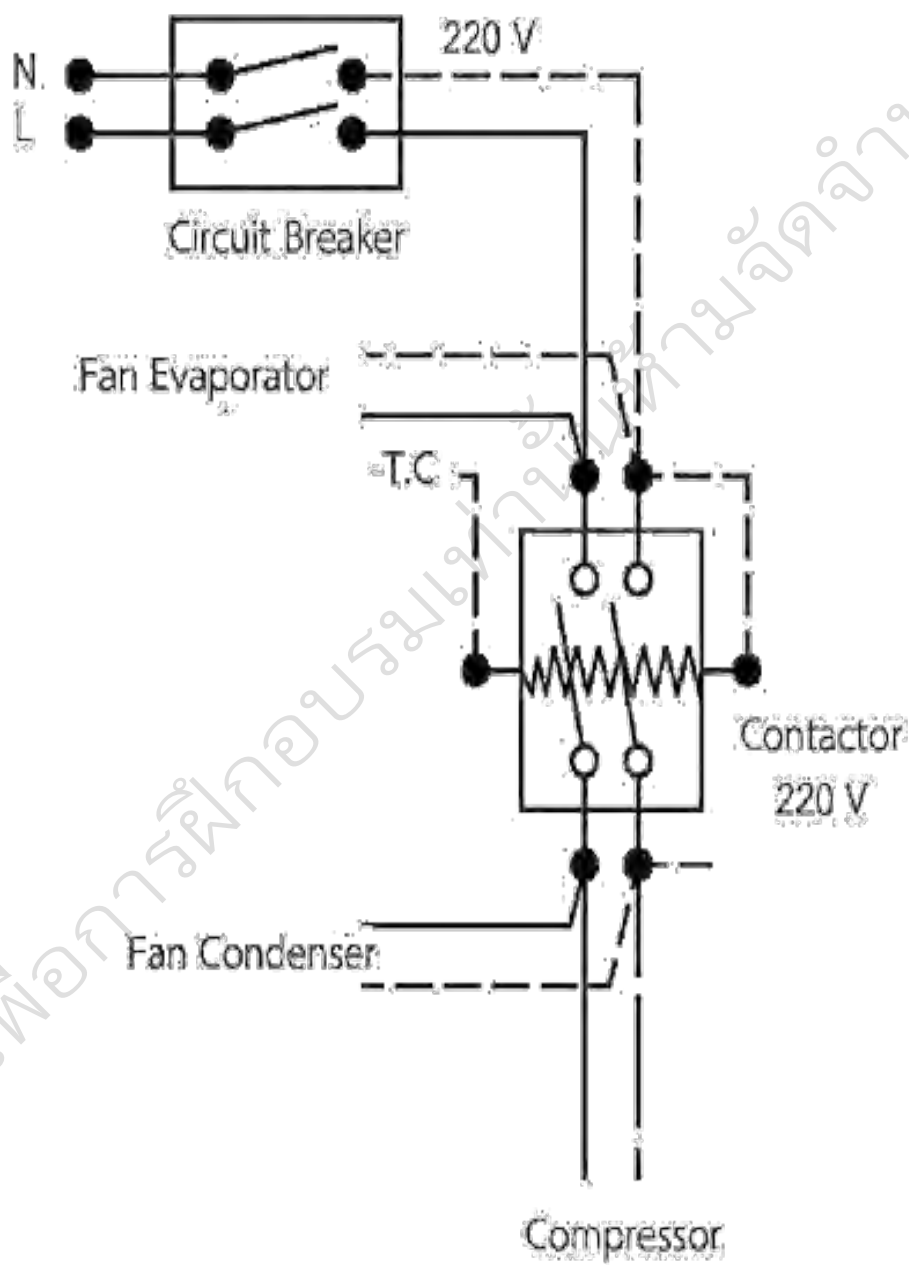


ภาพที่ 428 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 3 โพล

วิธีการต่อแมกเนติกคอนแทกเตอร์

ให้ต่อไฟจากเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้าขั้วแมกเนติกคอนแทกเตอร์ทางเข้าทั้งสายไฟและสายกราวด์ จากนั้นให้แยกเมนไฟออกไปที่มอเตอร์อีแวปอเรเตอร์ 2 เส้น แยกเมนทางออกที่ผ่านแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ออกที่คอมเพรสเซอร์จำนวน 2 เส้นและพัดลมคอนเดนเดนเซอร์ 2 เส้น

ส่วนการควบคุมจะได้ไฟจากเทอร์โมสแตทจากชุดมอเตอร์พัดลมอีแวปอเรเตอร์เข้าขดลวดหรือคอยล์ 220 โวลต์ พร้อมต่อกราวด์ (N) ด้านบน จึงจะทำให้สะพานไฟแมกเนติกทำงาน



ภาพที่ 429 การต่อแมกเนติกคอนแทกเตอร์

3. อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

3.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่คอยตัดวงจรไฟฟ้าออก เมื่อเกิดการกินกระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติ และป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เกิดความเสียหาย



ภาพที่ 430 เซอร์กิตเบรกเกอร์

หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1) แบบอาศัยผลของความร้อน (thermal)

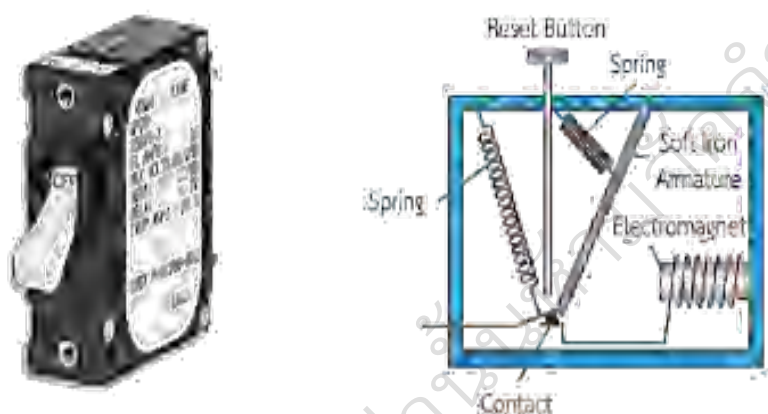
หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบนี้ จะอาศัยหลักของโลหะสองชนิดที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวไม่เท่ากัน มาตรึงติดกันและต่อเป็นอนุกรมอยู่กับโหลด ในขณะที่โหลดทำงานตามปกติ หน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะต่ออยู่และถ้าเมื่อใดก็ตามที่โหลดเกิดกินกระแสมากเกินไปจนเกิดความร้อนขึ้น โลหะทั้งสองชนิดจะขยายตัวไม่เท่ากัน เกิดการงอตัว ทำให้หน้าสัมผัสจากออกด้วยสปริง



ภาพที่ 431 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอาศัยผลของความร้อน

2) แบบอาศัยผลของแม่เหล็ก (Magnetic)

หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบนี้อาศัยหลักที่ว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าขดลวดจะเกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่รอบขดลวดสามารถดูดแกนเหล็กได้ และแกนเหล็กจะเป็นกลไกไปตัดหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์อีกทีหนึ่ง ขดลวดของเซอร์กิตจะต่อเป็นอนุกรมอยู่กับโหลดในวงจรในขณะโหลดกินกระแสไฟฟ้าตามปกติ อำนาจแม่เหล็กจะไม่มากพอที่จะดูดแกนเหล็กเพื่อตัดหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ แต่ถ้าเมื่อกระแสเกินหรือเกิดการลัดวงจร อำนาจแม่เหล็กจะสูงพอที่จะส่งผลให้ตัดหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ทันที ความเร็วในการตัดหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสที่ผ่านขดลวด อนุกรมจะมีผลต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้น้อยมาก



ภาพที่ 432 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอาศัยผลของแม่เหล็ก

3) แบบอาศัยผลของความร้อนและแม่เหล็ก (thermal and Magnetic)

เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบนี้ จะทำงานเช่นเดียวกับแบบอาศัยความร้อน โดยตัดวงจรเมื่อโหลดเกิดการกินกระแสมากเกินไป และถ้าเกิดการลัดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบนี้จะทำงานได้เร็วกว่าหน้าสัมผัสจะจากออกทันที โดยอาศัยผลของอำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจำนวนมาก ขณะเกิดการลัดวงจรไม่ต้องรอให้เกิดความร้อนก่อน



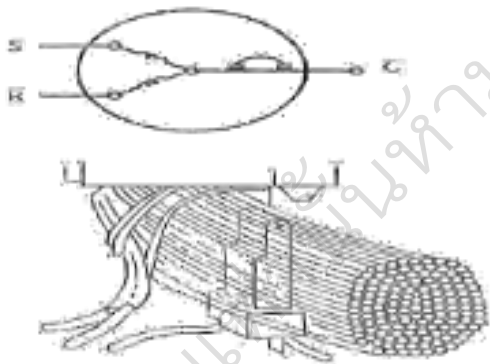
ภาพที่ 433 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอาศัยผลของความร้อนและแม่เหล็ก

3.2 โอเวอร์โหลด (overload)

โดยทั่วไปมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเฟสเดียวจะมีอุปกรณ์ทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ เพื่อจะตัดและต่อวงจรไฟฟ้ามอเตอร์ ในกรณีที่มอเตอร์ร้อนเกินปกติ กระแสไหลผ่านมอเตอร์มากผิดปกติ อุปกรณ์ดังกล่าวเรียกว่า โอเวอร์โหลด (o-erload หรือ oL) ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1) โอเวอร์โหลดภายใน (internal o-erload)

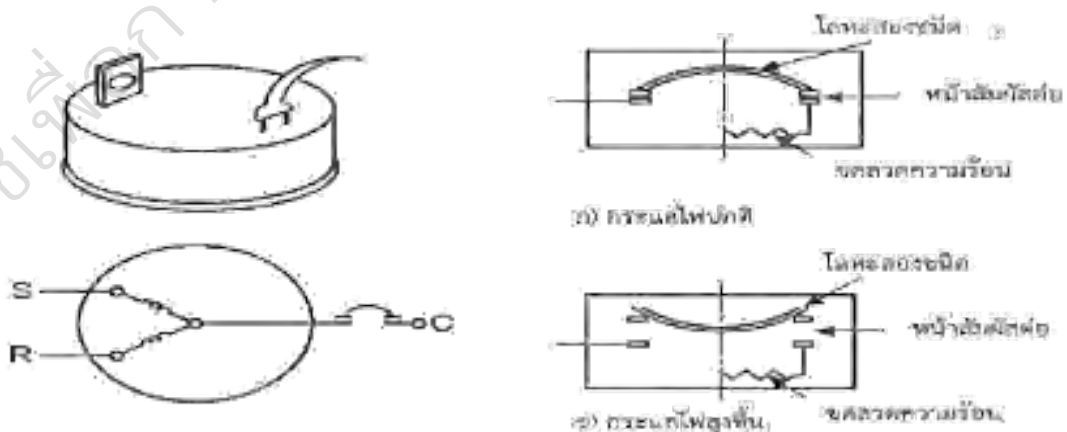
เป็นจุดสัมผัสสวิตช์ที่จะตัดวงจร (จุดสัมผัสจาก) เมื่อมอเตอร์ร้อนเกินกว่าปกติ หรือเกิน กระแสเกินกว่าปกติ โอเวอร์โหลดจะประกอบด้วยแผ่นโลหะ (bimetal element) และจุดสัมผัสเทอร์โมสแตท (t hermostat contact) โดยทั่วไปโอเวอร์โหลดภายในจะฝังไว้ในขดลวดของมอเตอร์ ถ้าเป็นมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ขนาดเล็ก (แบบเฟสเดียว) จุดสัมผัสโอเวอร์โหลด จะต่อโดยตรงกับขั้วคอมมอนของมอเตอร์ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ขนาดใหญ่หรือแบบสามเฟส จุดสัมผัสโอเวอร์โหลดจะต่ออันดับ (อนุกรม) เข้ากับวงจรคอนโทรล คือ ขดลวดแมกเนติกของชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์



ภาพที่ 434 โอเวอร์โหลดภายใน

2) โอเวอร์โหลดภายนอก (external o-erload)

ตัวโอเวอร์โหลดภายนอกจะประกอบด้วยแผ่นโลหะจำนวน 2 แผ่นติดกัน (bimetal) และลวดความร้อน โอเวอร์โหลดภายนอกแบบนี้เรียกว่าแบบตัดเมนโดยตรง คือ จะต่ออันดับเข้ากับขั้วคอมมอนของขดลวดมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ขนาดเล็ก หรือแบบเฟสเดียว



ภาพที่ 435 โอเวอร์โหลดภายนอกและหลักการทำงาน

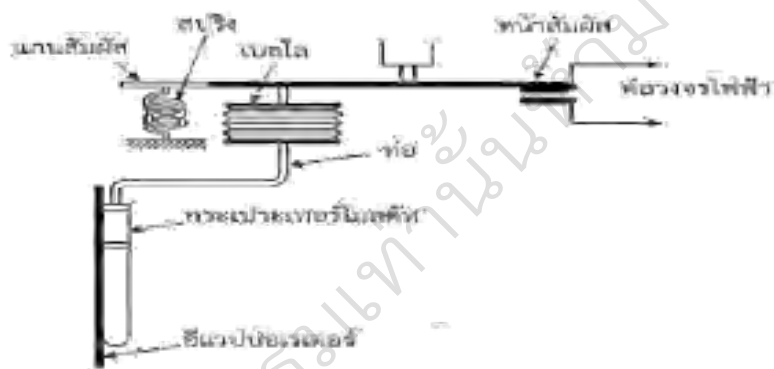
3.3 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (thermostat)

เทอร์โมสแตท มีบทบาทมากในการควบคุมอุณหภูมิในห้องให้มีอุณหภูมิ สูง – ต่ำ ตามความต้องการ เทอร์โมสแตทที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจะมีอยู่ 3 แบบ คือ

- 1) แบบกระเปาะ (bulb bellows type)
- 2) แบบการขยายตัวของโลหะ 2 ชนิด (bimetal type)
- 3) แบบอิเล็กทรอนิกส์หรือเทอร์มิสเตอร์ (electronic type or thermostat)

แบบกระเปาะ (bulb bellows type)

มีการทำงานโดยอาศัยหลักการขยายตัวของ ของเหลวหรือแก๊สที่บรรจุอยู่ในกระเปาะซึ่งจะขยายตัวเมื่อถูกความร้อน และหดตัวเมื่อได้รับความเย็น ขณะที่สารซึ่งบรรจุอยู่ในกระเปาะขยายตัวจะไหลผ่านท่อเล็กๆ ที่ต่อเข้ายังเบิ้ลโล ทำให้ความดันในเบิ้ลโลเพิ่มขึ้นและยืดตัวออก เป็นผลให้หน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตทต่อกัน มอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะทำงานดูดอัดน้ำยา และเมื่ออุณหภูมิภายในบริเวณที่ปรับอากาศลดลง สารบรรจุซึ่งอยู่ในกระเปาะจะหดตัวเป็นผลให้ความดันในเบิ้ลโลลดลงและหดตัวทำให้หน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตทแยกจากกัน ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน

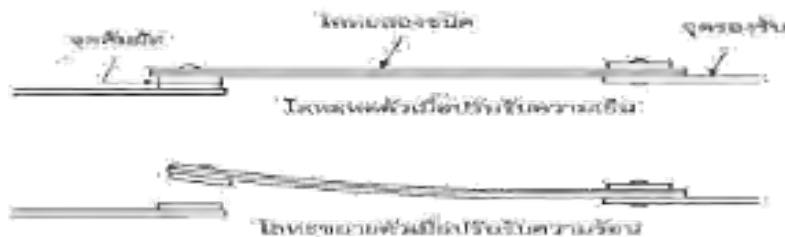


ภาพที่ 436 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ แบบกระเปาะ

ในการควบคุมอุณหภูมินั้น จะมีปุ่มปรับจากภายนอก ภายในปุ่มควบคุมอุณหภูมิมีลักษณะเป็นลูกเบี้ยว ถ้าหมุนปุ่มปรับทวนเข็มนาฬิกาจะเป็นการเพิ่มแรงดันสปริง ซึ่งต่อต้านกับแรงดันของแก๊สในเบิ้ลโล การเพิ่มของแรงดันสปริงเท่ากับเพิ่มความดันในเบิ้ลโลสูงขึ้น จะทำให้หน้าสัมผัสจากออก ซึ่งจะเป็นการควบคุมอุณหภูมิจุดตัดให้ต่ำลงเป็นการปรับอุณหภูมิให้เย็นลง

แบบการขยายตัวของโลหะ 2 ชนิด (bimetal type)

จะอาศัยหลักที่ว่าโลหะเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวและถ้าได้รับความเย็นจะหดตัว สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน เมื่อนำโลหะต่างชนิดมาตรึงกันให้แน่น เมื่อได้รับความร้อนโลหะที่ขยายตัวได้มากกว่าจะงอไปทางด้านที่ขยายตัวน้อยกว่า



ภาพที่ 437 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ แบบการขยายตัวของโลหะ 2 ชนิด

ในทางตรงข้ามถ้าได้รับความร้อน โลหะที่หดตัวได้น้อยกว่าจะหดตัวไปทางด้านที่หดตัวได้มากกว่า การงอตัวของโลหะต่างชนิดที่ประกบกันนั้นจะไปดันหน้าสัมผัสให้ปิดหรือเปิดการทำงานของเครื่องได้ตามต้องการ บางครั้งถ้าต้องการให้เทอร์โมสแตทมีความกะทัดรัดก็นำโลหะทั้ง 2 ชนิด ที่ตรงกันมาขดไว้ ที่ปลายโลหะจะมีหลอดแก้วซึ่งภายในบรรจุปรอทยัดติดไว้ และที่หลอดแก้วจะมีสายไฟฟ้าต่ออยู่ ปรอทที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วจะทำให้หน้าสัมผัส ขณะที่ยุณหภูมิสูง ปรอทที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วจะทำให้หน้าสัมผัสต่อ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ขดโลหะจะเกิดการดึงตัว ปรอทในหลอดแก้วจะทำให้หน้าสัมผัสจากออก เทอร์โมสแตทชนิดนี้ใช้กันมากสำหรับห้องปรับอากาศ

แบบอิเล็กทรอนิกส์หรือเทอร์มิสเตอร์ (Electronic type or thermistor)

เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ ได้นำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการควบคุมหลายอย่าง โดยเฉพาะการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนแปลง

เทอร์มิสเตอร์ เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็นลบ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดีมาก จะเป็นตัวรับสัญญาณอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง สัญญาณที่ได้รับจะถูกส่งเข้าภาคขยาย (amplifier) ซึ่งจะเป็นวงจรควบคุมการตัดต่อหน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตท



ภาพที่ 438 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ แบบอิเล็กทรอนิกส์หรือเทอร์มิสเตอร์

เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ ได้นำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการควบคุมหลายอย่าง โดยเฉพาะการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนแปลง

วิธีตรวจเช็คเทอร์โมสแตท

มีวิธีเช็คโดยเมื่อรับอุณหภูมิที่สูง ขั้วจะต่อและเมื่อลองบิดตัวให้เกินอุณหภูมิ พื้นที่หน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตทจะจากออก ถ้าไม่สามารถตัด - ต่อการทำงานแสดงว่าที่ตัวเองอาจมีอุปกรณ์บางส่วนขัดข้อง จะต้องทำการซ่อมแซมหรือทำการเปลี่ยนใหม่

วิธีการต่อในวงจร

- 1) ตัวเทอร์โมสแตทจะมีขั้ว 2 ขั้วสำหรับจ่ายไฟเข้าและให้ไฟออก สามารถที่จะสลับกันได้จะเป็นตัวจ่ายไฟที่มาจากเบรกเกอร์ก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ จะทำการต่อแบบอนุกรม
- 2) สวิตช์ปรับความเร็วพัดลมอีแวปโปเรเตอร์ (selector switch) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปิดหรือปิด และสามารถปรับความเร็วการหมุนของมอเตอร์พัดลมอีแวปโปเรเตอร์

การต่อรูมเทอร์โมสแตท (r oom t hermostat)

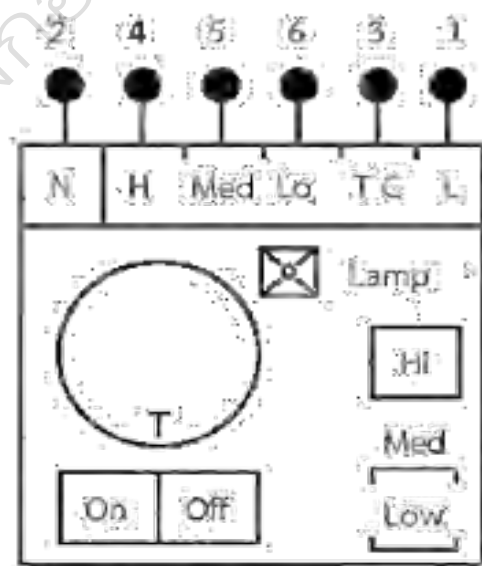
รูมเทอร์โมสแตท ใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิและปรับความเร็วของพัดลมอีแวปอเรเตอร์ในตัวเดียวกัน สาเหตุที่ใช้รูมเทอร์โมสแตทนั้น ก็เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ในกรณีที่เครื่องปรับอากาศในชุดแฟนคอยล์ยูนิต อยู่ในบริเวณที่ทำการปรับได้ยาก เมื่อติดตั้งเป็นแบบรูมเทอร์โมสแตท (จะคล้ายเทอร์โมสแตทแบบมีสาย) แล้วทำให้ปรับได้ง่ายขึ้น ลักษณะการทำงานนั้นจะรวมการทำงานควบคุมกันระหว่างสวิทช์ปรับความเร็วและเทอร์โมสแตทในตัวเดียวกัน



ภาพที่ 439 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ รูมเทอร์โมสแตท

การเชื่อมต่อของ r oom t hermostat

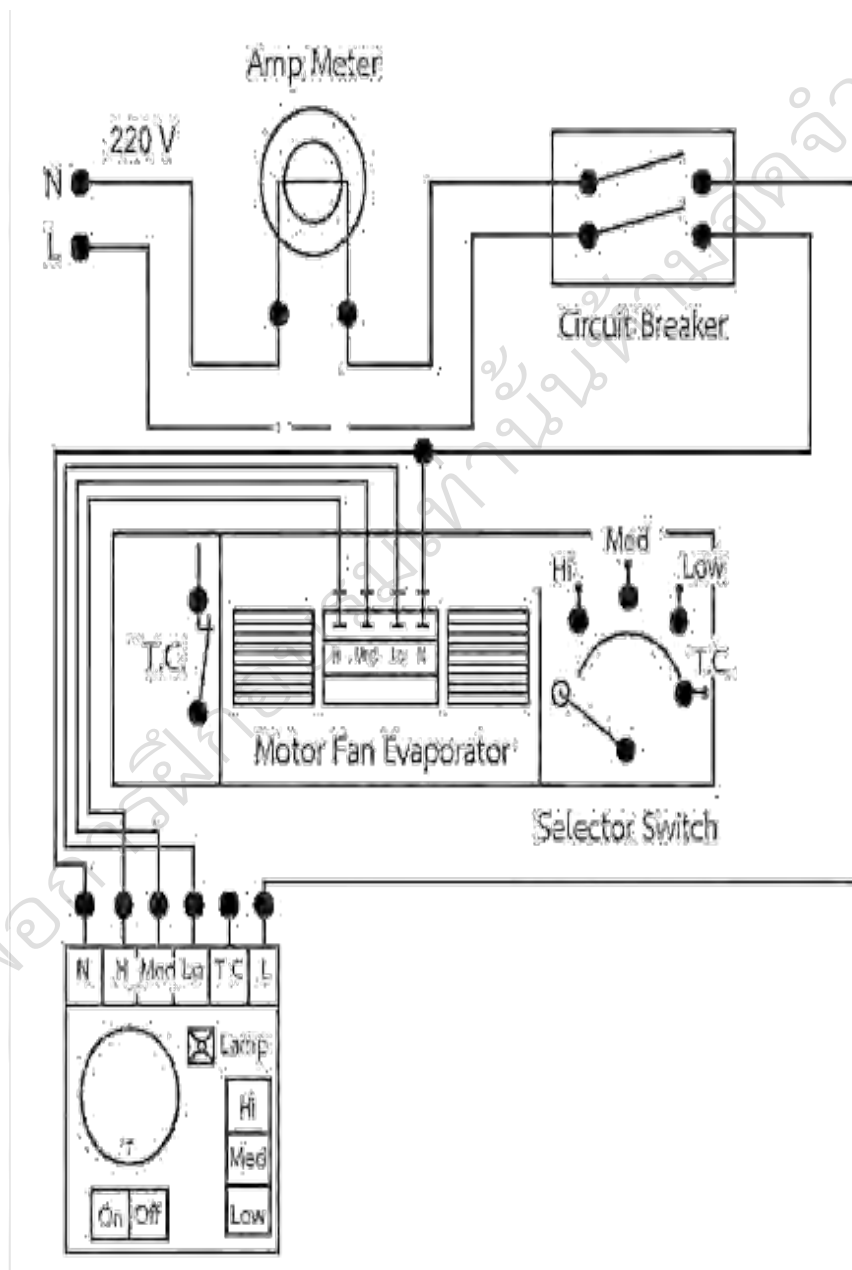
ตัวรูมเทอร์โมสแตทจะมีขั้วทั้งหมด 5 – 6 ขั้ว ได้แก่ ขั้ว 1 คือ ไฟเข้า (Line), ขั้ว 2 คือ นิวทรัล (Neutral), ขั้ว 3 คือ เทอร์โมสแตท (t hermostat), ขั้ว 4 คือ ความเร็วพัดลมสูงสุด (high Fan), ขั้ว 5 คือ ความเร็วพัดลมปานกลาง (Medium Fan), ขั้ว 6 คือ ความเร็วพัดลมต่ำสุด (Low Fan)



ภาพที่ 440 ตำแหน่งที่ต่อขั้วรูมเทอร์โมสแตท

ในกรณีที่รูเทอร์โมสตัท ไม่มีไฟแสดงก็คือขั้ว N (นิวทรัล) ในบางรุ่นอาจจะไม่มี เมื่อเลื่อนตัว speed ไปที่ hi จะมีขั้ว 3 ขั้วที่ต่อถึงกัน คือ Line, t.c., hi (N นิวทรัลถ้ามี) หรือเมื่อเลื่อนตัว speed ไปที่ Low จะมีขั้ว 3 ขั้วที่ต่อถึงกัน คือ Line, t.c., Low ขั้วที่เปลี่ยน speed ไปที่ไหนแล้วยังติดอยู่ก็จะเป็น Line และ t.c. แต่ถ้าปรับตัวอุณหภูมิให้ทั้งไว้ที่อุณหภูมิสูงๆ ตัว t.c. จะตัด ก็จะทราบขั้วๆ ใดเป็น Line ส่วนถ้าเกิดเป็น N ก็ต่อเมื่อทำการวัด t.c. จะไม่ต่อกับ N แต่จะต่อกับ Line ส่วนการต่อ room thermostat ให้ทำการต่อดังนี้

1. สายไฟจากเบรกเกอร์เข้าขั้ว Line และ นิวทรัลตามที่เช็ค
2. สายมอเตอร์พัดลม speed ให้ต่อขั้ว high, Medium และ Low ตามที่เช็ค
3. สายเทอร์โมสตัท จะต่อไปยังชุดคอนเดนซิ่งเพื่อควบคุมแมกเนติกคอนแทกเตอร์



ภาพที่ 441 การต่อรูมเทอร์โมสตัท จากไฟ 220 โวลต์

3.4 อุปกรณ์หน่วงเวลา (timer relay)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับหน่วงเวลาในการสตาร์ทคอมเพรสเซอร์ เนื่องจากการสตาร์ทคอนเพรสเซอร์ในแต่ละครั้ง คอมเพรสเซอร์จะกินกระแสสูง ดังนั้น ถ้ามีการเปิดปิดแอร์บ่อยๆ ครั้ง หรือเป็นแหล่งที่กระแสไฟฟ้าตกบ่อยๆ เป็นเหตุทำให้คอมเพรสเซอร์หยุดทำงานและสตาร์ทบ่อยครั้งมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายกับคอมเพรสเซอร์ได้ ดังนั้น อุปกรณ์หน่วงเวลา (timer relay) จึงถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันเหตุการณ์ดังกล่าว โดยทำให้การสตาร์ทของคอมเพรสเซอร์มีเวลาห่างกันมากขึ้น

ไทม์เมอร์แอร์ (ตัวหน่วงเวลา) หน่วงเวลาคอมเพรสเซอร์ 3 นาที มี Led แสดงสถานะการทำงานของเครื่อง ทำให้สะดวกในการตรวจเช็คการทำงาน มีแนวทางในการออกแบบเพื่อหน่วงเวลาการทำงาน และป้องกันการทำงานของโหลดในทันทีทันใด เมื่อมีการขาดหายไปและกลับมาใหม่ของแรงดัน การทำงานเมื่อมีแรงดันอินพุต อุปกรณ์จะเริ่มนับเวลา หน่วงการทำงานของโหลดจนครบเวลาที่ตั้งไว้ โหลดจึงจะทำงาน



ภาพที่ 442 อุปกรณ์หน่วงเวลา (timer relay)



ภาพที่ 443 ไทม์เมอร์แอร์ 3 นาที

3.5 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าตก (Phase Protection)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับช่วยป้องกันคอมเพรสเซอร์ ในกรณีเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าตก ตัว under Voltage relay ก็จะทำให้การตัดวงจรนั้นๆ ออกไป ตัวแกนแม่เหล็กดีของ under Voltage จะต้องถูกดูดตลอดเวลา เมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ในสภาพปกติ แต่ถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าตกลงกว่าปกติ จนกระทั่งถึงค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้ ก็จะทำให้แรงดึงของ Magnet yoke มีค่าไม่มากพอ ซึ่งก็จะทำให้แรงดึงของสปริงมีค่ามากพอที่จะดึงตัวแกนแม่เหล็กดีให้อ้าออก จะทำให้แกนหมุน หมุนไปตี Latch contact เพื่อเอาสัญญาณไปควบคุมวงจรใหญ่อีกทีหนึ่ง



ภาพที่ 444 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าตก (under Voltage relay)

อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าตกและหน่วงเวลา

จะอาศัยการต่อแบบอนุกรมในสายที่อยู่ระหว่างเทอร์โมสตัทและแมกเนติกคอนแทกเตอร์ เช่นกัน มีขั้วอินพุต ใช้ต่อไฟ L ส่วนโหลดใช้ต่ออนุกรมก่อนเข้าแมกเนติก และมี N เป็นกราวด์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าตก



ภาพที่ 445 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าตกและหน่วงเวลา (under Voltage and timer relay)

4. วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนแบบ 220 โวลต์

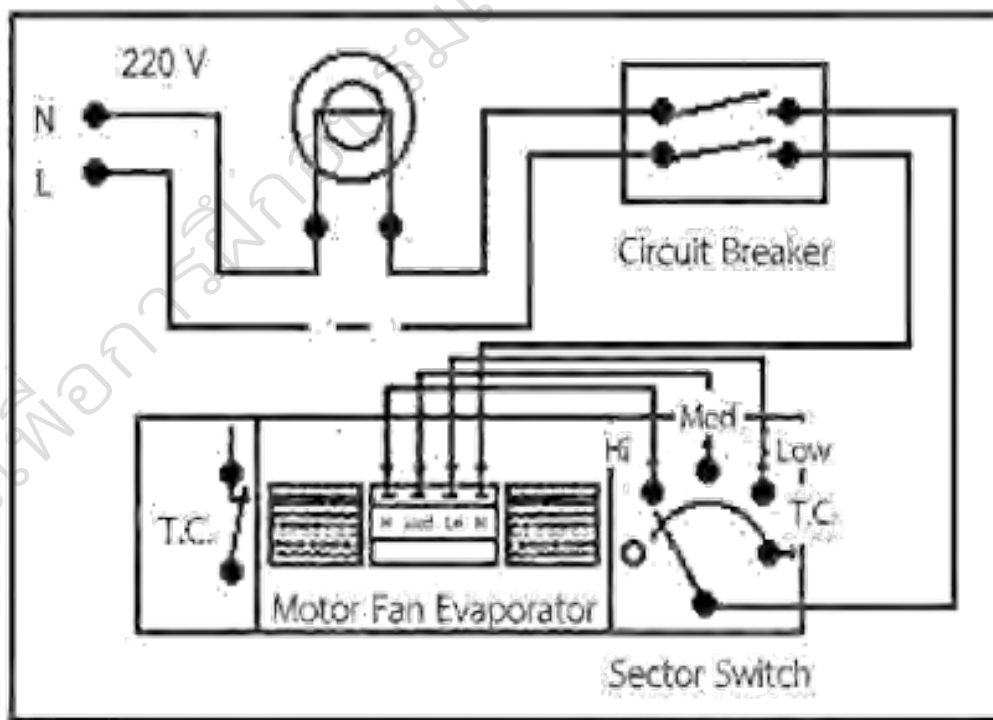
การต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ โดยการกำหนดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของ Fan coil unit
2. ส่วนของ condensing unit



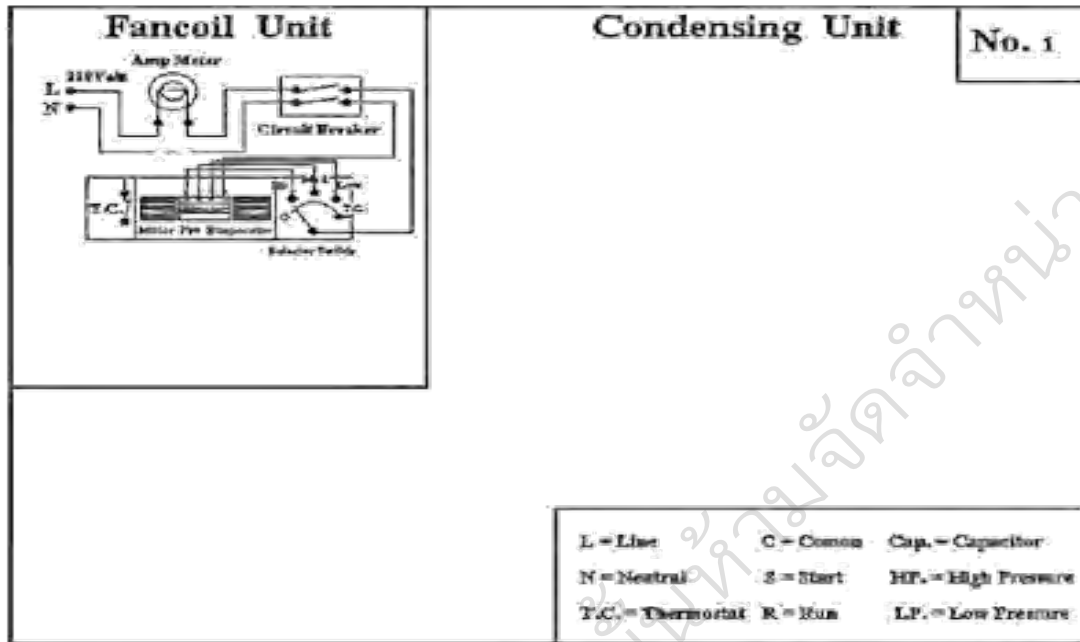
ภาพที่ 446 งานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ

นอกจากนั้นภายในแต่ละส่วน จะถูกแบ่งแยกตามความเป็นจริง แล้วภายในจะมีอุปกรณ์สำคัญหลายชนิดอยู่ในวงจร อุปกรณ์ใดทำการต่อก็จะใช้ได้ในวงจรนั้น การต่อวงจรของเครื่องปรับอากาศนี้ ใช้อธิบายหลักการการทำงานของวงจรไฟฟ้าควบคู่กับเทคนิคและวิธีควบคุมของอุปกรณ์ต่างๆ โดยจะเริ่มจากง่ายๆ จากการต่อมอเตอร์แต่ละตัวทำงานแยกกันจนทำงานร่วมกัน ไปจนถึงการควบคุมวงจรจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีและควรจะต้องมีเพิ่มเติมในแต่ละกรณี โดยอธิบายแต่ละวงจรดังนี้



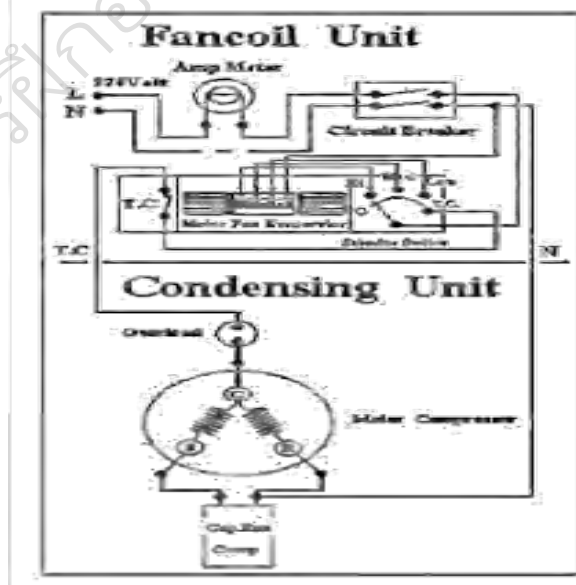
ภาพที่ 447 การควบคุมด้วย Sector Switch

วงจรที่ 1 : เป็นการควบคุมด้วย sector switch กับมอเตอร์พัดลมอีแวปอเรเตอร์ เป็นวงจรไฟฟ้าเริ่มต้นของเครื่องปรับอากาศ เป็นการต่อเพื่อทดสอบการทำงานของมอเตอร์พัดลมของอีแวปอเรเตอร์ ตามความเร็วที่เปลี่ยนไปที่ควบคุมด้วย sector switch



ภาพที่ 448 วงจรที่ 1 การควบคุมด้วย Sector Switch กับมอเตอร์พัดลมอีแวปอเรเตอร์

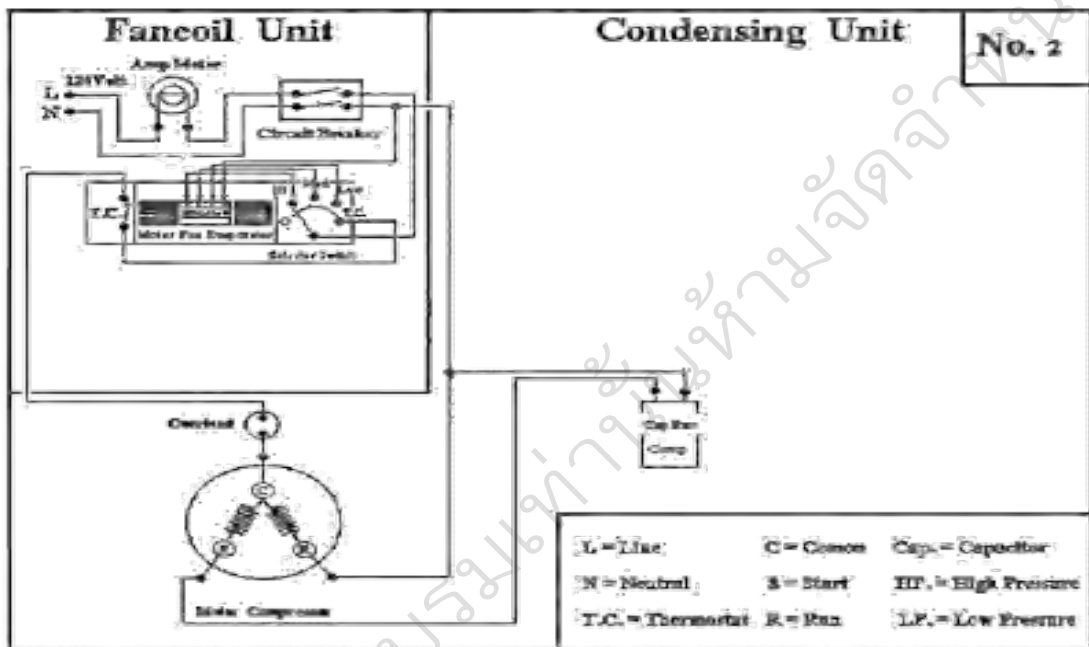
วงจรที่ 2 : การควบคุมการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เป็นวงจรไฟฟ้าต่อเนื่องกันกับมอเตอร์อีแวปอเรเตอร์ โดยผ่านการควบคุมด้วย sector switch เมื่อทำการเปิดจะส่งกระแสไฟผ่านตำแหน่ง t.c. ทุกครั้ง ไม่ว่าจะปรับความเร็วทุกๆ ระดับ ผ่านเทอร์โมสแตท (t.c.) ตำแหน่งปกติปิด (ปรับอุณหภูมิให้ต่ำๆ) ต่อเข้ากับขั้ว c ของคอมเพรสเซอร์ผ่านโอเวอร์โวลต์ ส่วนมอเตอร์ขั้ว s - r ต่อเข้ากับคาปาซิเตอร์ พร้อมต่อลงกราวด์ (N)



ภาพที่ 449 การควบคุมการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

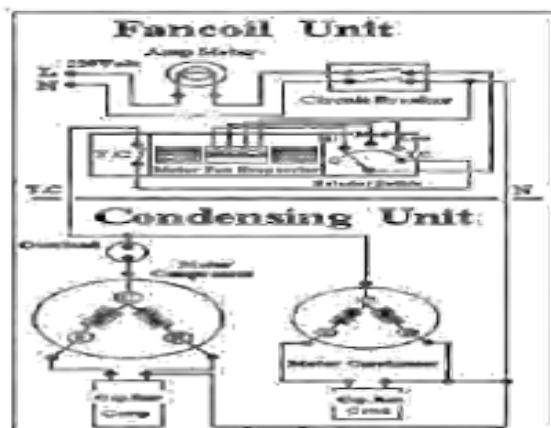
หมายเหตุ

วงจรนี้ในขนาดของสายไฟ จะต้องเหมาะสมกับการกินกระแสของคอมเพรสเซอร์ ส่วนในเรื่องของการตัด - ต่อการทำงานด้วยตัวควบคุมอุณหภูมิ (เทอร์โมสแตท) และสวิตช์พัลลคมจะทำหน้าที่เป็นสะพานฟ้า ทุกครั้งที่คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงาน หน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตทจะเป็นสะพานไฟ ดังนั้นหน้าสัมผัสนี้จะต้องทนกระแสเพียงพอ หรือเท่ากับการกินกระแสไฟของคอมเพรสเซอร์ ในวงจรนี้สามารถทำการต่อได้ที่วงจรที่มีขนาดคอมเพรสเซอร์ไม่ใหญ่หรือกระแสไฟสูงมากนัก ส่วนใหญ่วงจรนี้ใช้เป็นวงจรพื้นฐาน ผู้ใช้เครื่องปรับอากาศนิยมเปิดเครื่องที่ 2 ตำแหน่ง คือ เปิดที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือเปิดที่ sector switch ส่วนการต่อคาปาซิเตอร์ต้องต่อให้เหมาะสมกับขนาดของคอมเพรสเซอร์ด้วย

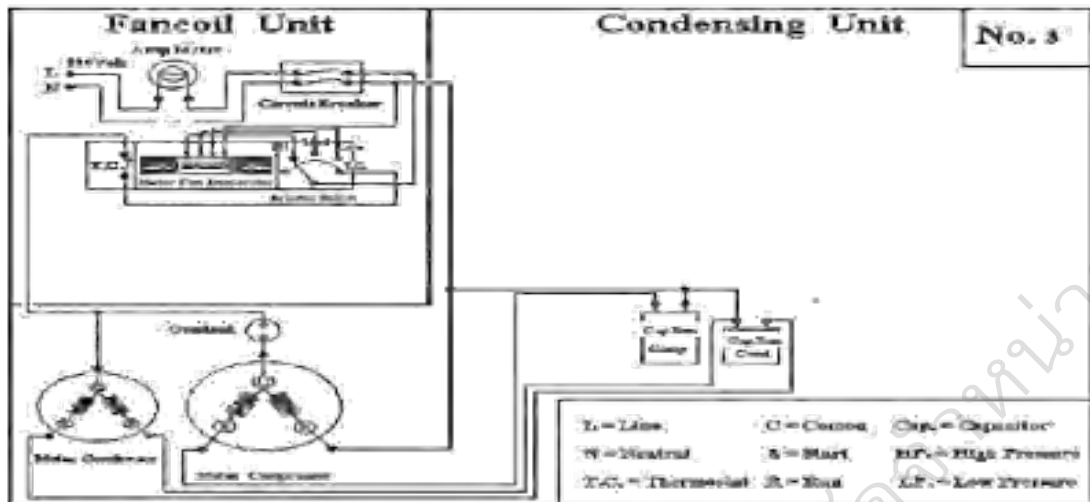


ภาพที่ 450 วงจรที่ 2 การควบคุมการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

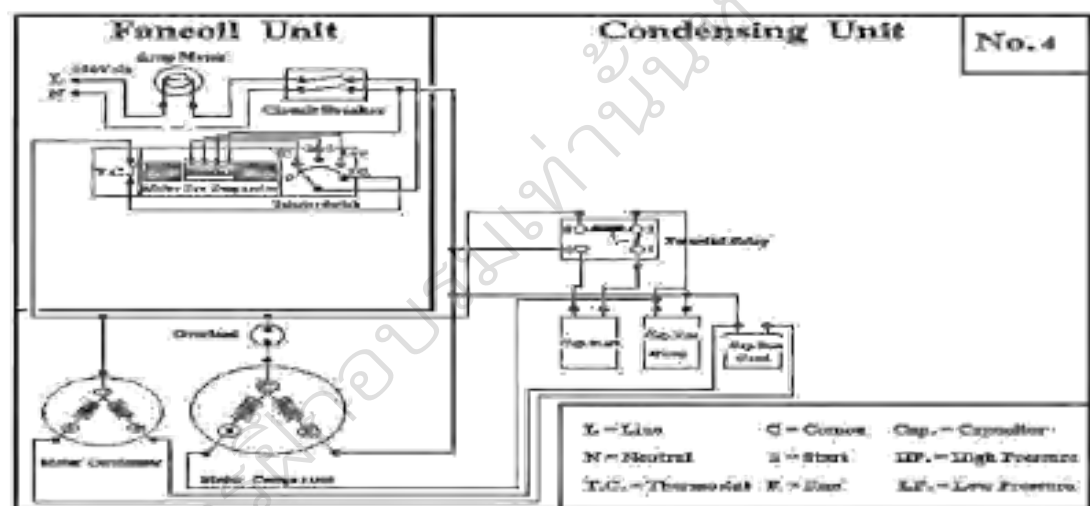
วงจรที่ 3 : การต่อมอเตอร์พัลลคมคอนเดนเซอร์กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เป็นวงจรไฟฟ้าต่อเนื่องกันกับวงจรการควบคุมการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ โดยต่อพ่วงกับคอมเพรสเซอร์ส่วนการต่อคาปาซิเตอร์รันของพัลลคมคอนเดนเซอร์จะเหมือนกัน เพียงขนาดของคาปาซิเตอร์รันโดยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ 5 μ F.



ภาพที่ 451 การต่อมอเตอร์พัลลคมคอนเดนเซอร์กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

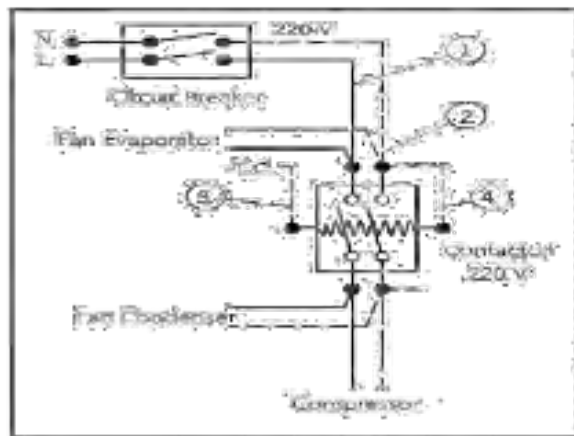


ภาพที่ 452 วงจรที่ 3 การต่อมอเตอร์พัดลมคอนเดนเซอร์กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์



ภาพที่ 453 วงจรที่ 4 การต่ออุปกรณ์ช่วยสตาร์ท มอเตอร์คอมเพรสเซอร์

วงจรที่ 4 : การต่ออุปกรณ์ช่วยสตาร์ท มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ โดยใช้ควบคุมช่วงระยะเวลาเริ่มต้นทำงานของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งใช้โพเทนเชียลรีเลย์และคาปาซิเตอร์สตาร์ทเป็นอุปกรณ์ในการต่อเข้ากับระบบ ในวงจรปกติจะมีคาปาซิเตอร์รัน ใช้ในการช่วยหมุนให้กับคอมเพรสเซอร์เพียงตัวเดียว วงจรนี้เหมือนกับเพิ่มคาปาซิเตอร์สตาร์ทไปอีกตัว โดยต่อคร่อมกับคาปาซิเตอร์รัน แต่ลักษณะเฉพาะตัวของคาปาซิเตอร์สตาร์ท จะไม่ทำงานต่อเนื่องกันตลอดเวลา เมื่อมอเตอร์คอมเพรสเซอร์สามารถออกตัวหรือทำงานแล้วจะต้องตัดการทำงานของคาปาซิเตอร์สตาร์ทออก โดยใช้หน้าคอนแทคคู่ปกติหมายเลข 1 กับ 2 ต่อ ในขณะที่ไม่มีกระแสไฟเลี้ยงในวงจรหน้าคอนแทคคู่นี้จะเปิดหรือจากออกจากกัน ก็ต่อเมื่อมีไฟเลี้ยงเข้ามาในวงจรตอนสตาร์ทหรือมีไฟเลี้ยงที่ขดลวดของคอยล์ หมายเลข 2 กับ 5 แต่ถ้าหน้าคอนแทคคู่ปกติหมายเลข 1 กับ 2 ไม่แยกจากกัน คาปาซิเตอร์สตาร์ทจะระเบิดหรือช็อต แล้วในครั้งต่อไปห้ามเปลี่ยนคาปาซิเตอร์สตาร์ทเพียงตัวเดียว ควรเปลี่ยนโพเทนเชียลรีเลย์ด้วย

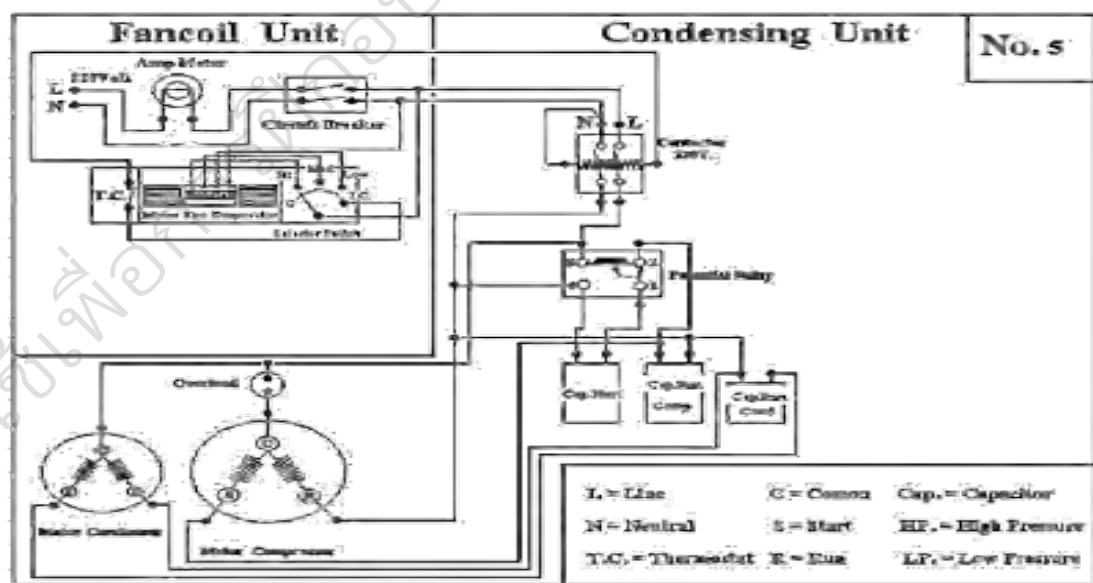


ภาพที่ 454 การต่อแมกเนติกคอนแทคเตอร์

วงจรที่ 5 : การต่อแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เป็นจุดเริ่มต้นของการต่อวงจรในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ควบคุมโดยส่วนใหญ่ใช้หน้าคอนแทคเป็นสะพานไฟที่ทนกระแสได้น้อยๆ การใส่แมกเนติกคอนแทคเตอร์ เพื่อแยกจุดประสงค์ของการใช้งาน

1. เพื่อแยกเมนไฟเข้าผ่านไปที่คอมเพรสเซอร์ (หมายเลข 1 และ 2)
2. มีเพื่อเป็นสะพานไฟในกรณีที่คอมเพรสเซอร์กินกระแสสูง (มากกว่าหน้าคอนแทคที่สัมผัสของเทอร์โมสตัทรับได้) โดยควบคุมตามหมายเลข 3 และ 4

ดังนั้น เมื่อใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์จะต้องเปลี่ยนขนาดของสายที่ใช้ในการทนกระแสที่เมนหลัก ให้เพียงพอกับการกินกระแสไฟทั้งหมด ขนาดของสายที่เข้าแมกเนติกคอนแทคเตอร์ต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะจ่ายไฟให้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์และมอเตอร์พัดลมคอนเดนเซอร์ ส่วนชุดสายที่ส่งออกไปที่มอเตอร์อีแวปอเรเตอร์ มีขนาดสายเล็กเพียงพอกับมอเตอร์อีแวปอเรเตอร์และไฟที่ไปควบคุมแมกเนติกคอนแทคเตอร์

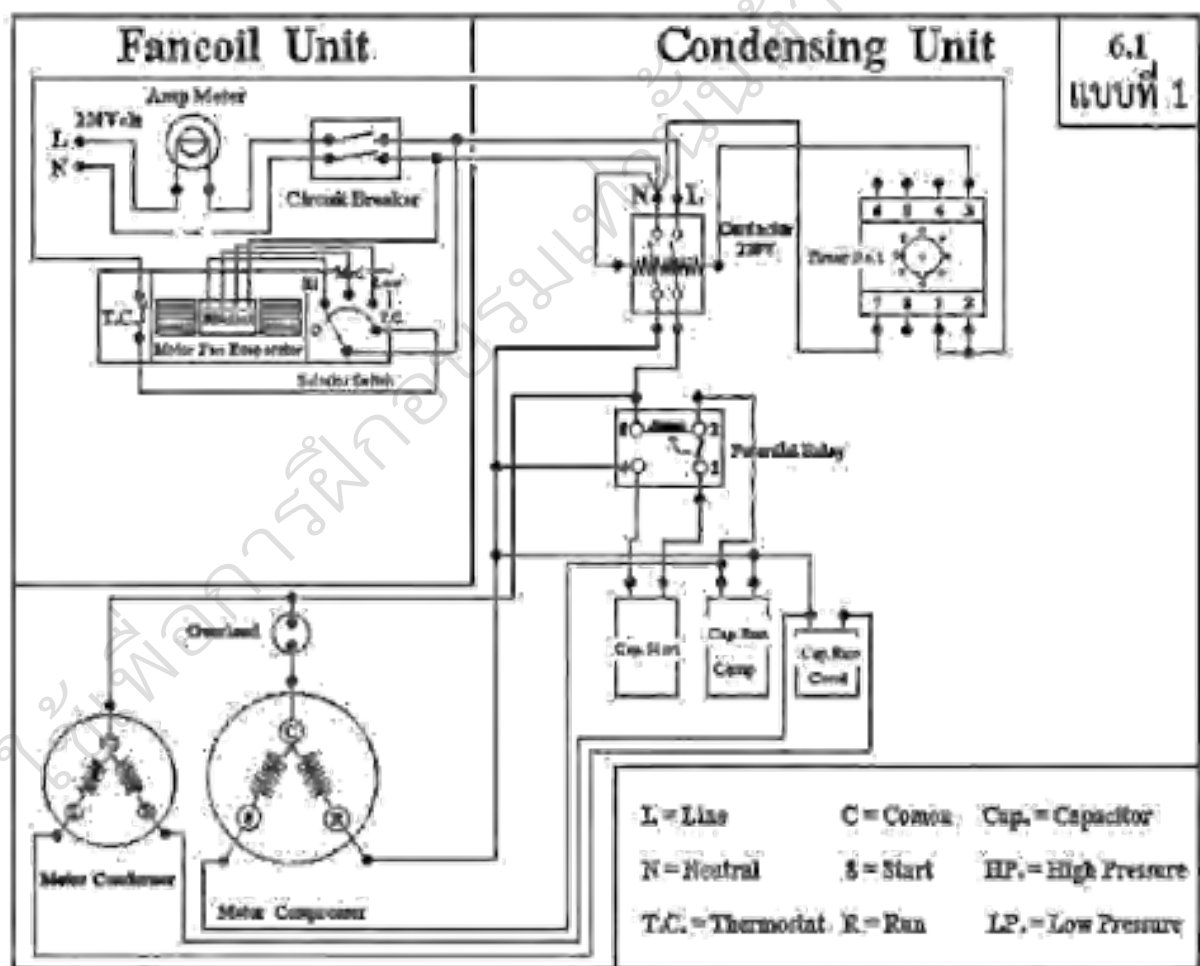


ภาพที่ 455 วงจรที่ 5 การต่อแมกเนติกคอนแทคเตอร์ร่วมใน Condensing unit

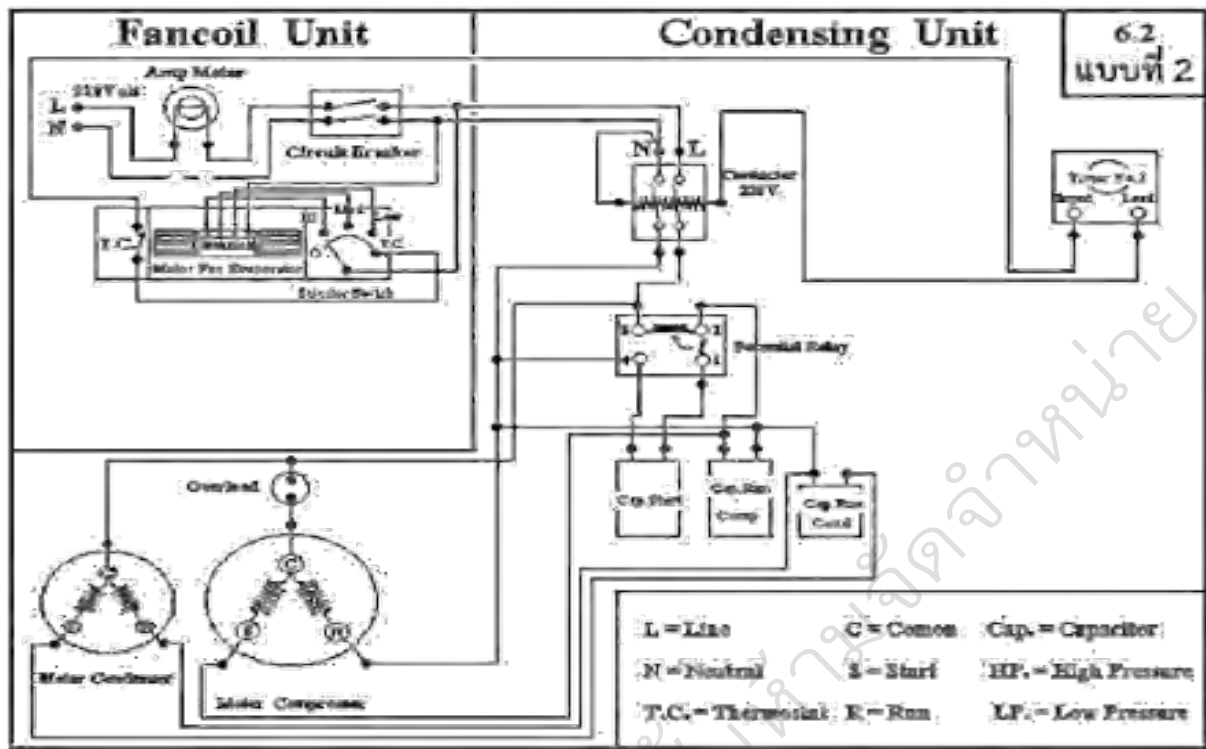
วงจรที่ 6 : จะมีด้วยกัน 3 แบบ คือ แบบที่ 1, แบบที่ 2, และแบบที่ 3 การต่ออุปกรณ์หน่วยเวลา โดยใช้ควบคุมช่วงระยะเวลาเริ่มต้นทำงานของคอมเพรสเซอร์ ในกรณีที่มีการปิดหรือเปิดเครื่องทันทีเมื่อเตอร์คอมเพรสเซอร์ไม่ควรที่จะทำงานทันที เนื่องจากขณะที่ปิดสารทำความเย็นทั้งทางดูดและทางอัดของคอมเพรสเซอร์พยายามปรับแรงดันให้เท่ากัน เนื่องจากเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ใช้แคปิลารีทิว ในขณะที่สารทำความเย็นทางอัดพยายามลดลง แล้วเมื่อเปิดทันทีเมื่อเตอร์คอมเพรสเซอร์พยายามอัดสารทำความเย็นอีกครั้ง ในบางครั้งก็ออกตัวได้และก็มีบางครั้งที่ไม่ได้ เนื่องจากกินกระแสสูงการหน่วงเวลาอย่างน้อย 3 นาที จะช่วยให้สารทำความเย็นในระบบปรับความดันจนหยุดนิ่งแล้ว ส่วนอุปกรณ์หน่วยเวลา หรือที่เรียกว่า “ไทมเมอร์”

วงจรที่ 6 แบบที่ 1 : จะต้องจ่ายไฟเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หน่วยเวลาก่อน โดยไฟเลี้ยงของขดลวดเป็นหมายเลข 2 และหมายเลข 7 (สลับกันได้) ถ้ากำหนดให้หมายเลข 2 เป็นไฟเข้าจะต้องต่อเข้ากับหมายเลข 1 เพื่อรอเวลาตามที่ตั้งไว้ เมื่อถึงเวลาไฟเลี้ยงคอยล์จะออกที่หมายเลข 3 เพื่อต่อไปเลี้ยงขดลวดแมกเนติกคอนแทกเตอร์

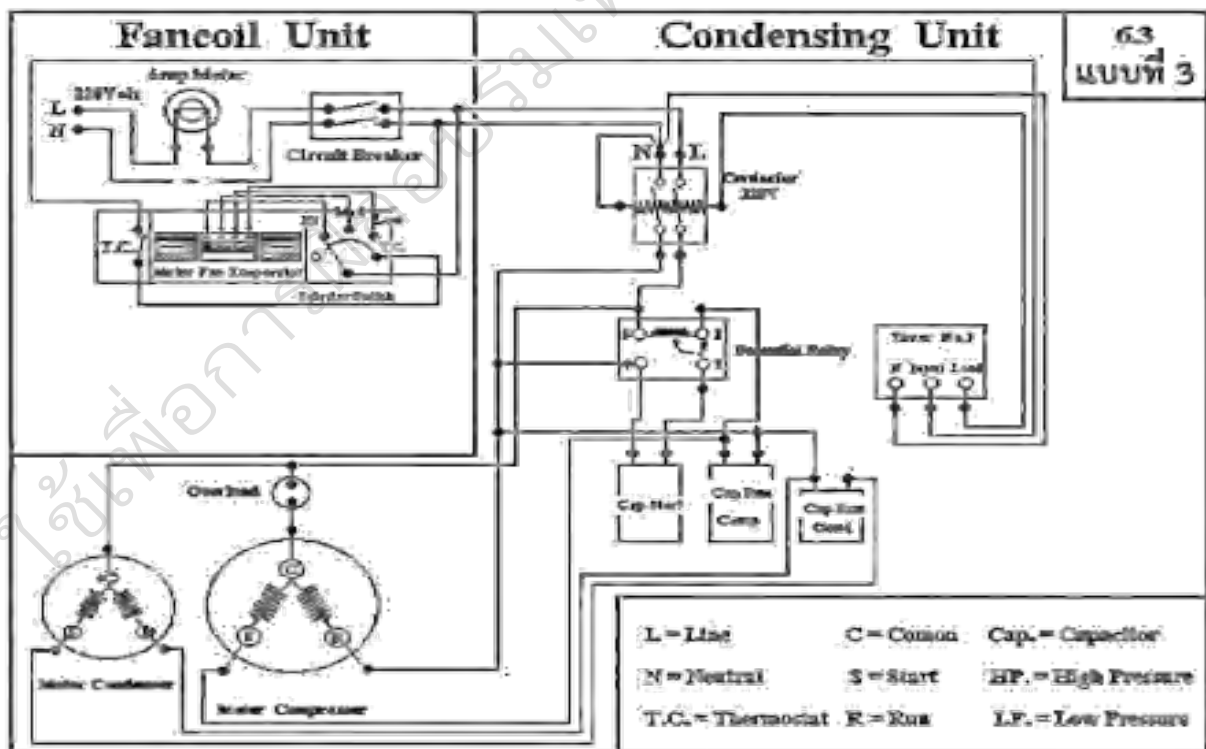
วงจรที่ 6 แบบที่ 2 : เป็นอุปกรณ์หน่วยเวลา โดยเอาไฟเลี้ยงเข้าที่อินพุต หน่วยเวลา 3 นาที ไฟจึงออกไปที่โหลด ซึ่งเรียกว่าแบบ Lock - out ส่วนอีกแบบเรียกว่า แบบ interlock การทำงานคล้ายกันเพียงแตกต่างกันตรงที่ครั้งแรกจะทำงานเลย จะหน่วงเวลาครั้งที่ 2 ซึ่งบางครั้งดูเหมือนไม่มีการหน่วงเวลา



ภาพที่ 456 วงจรที่ 6 การต่ออุปกรณ์หน่วยเวลาแบบที่ 1



ภาพที่ 457 วงจรที่ 6 การต่ออุปกรณ์หน่วยเวลาแบบที่ 2



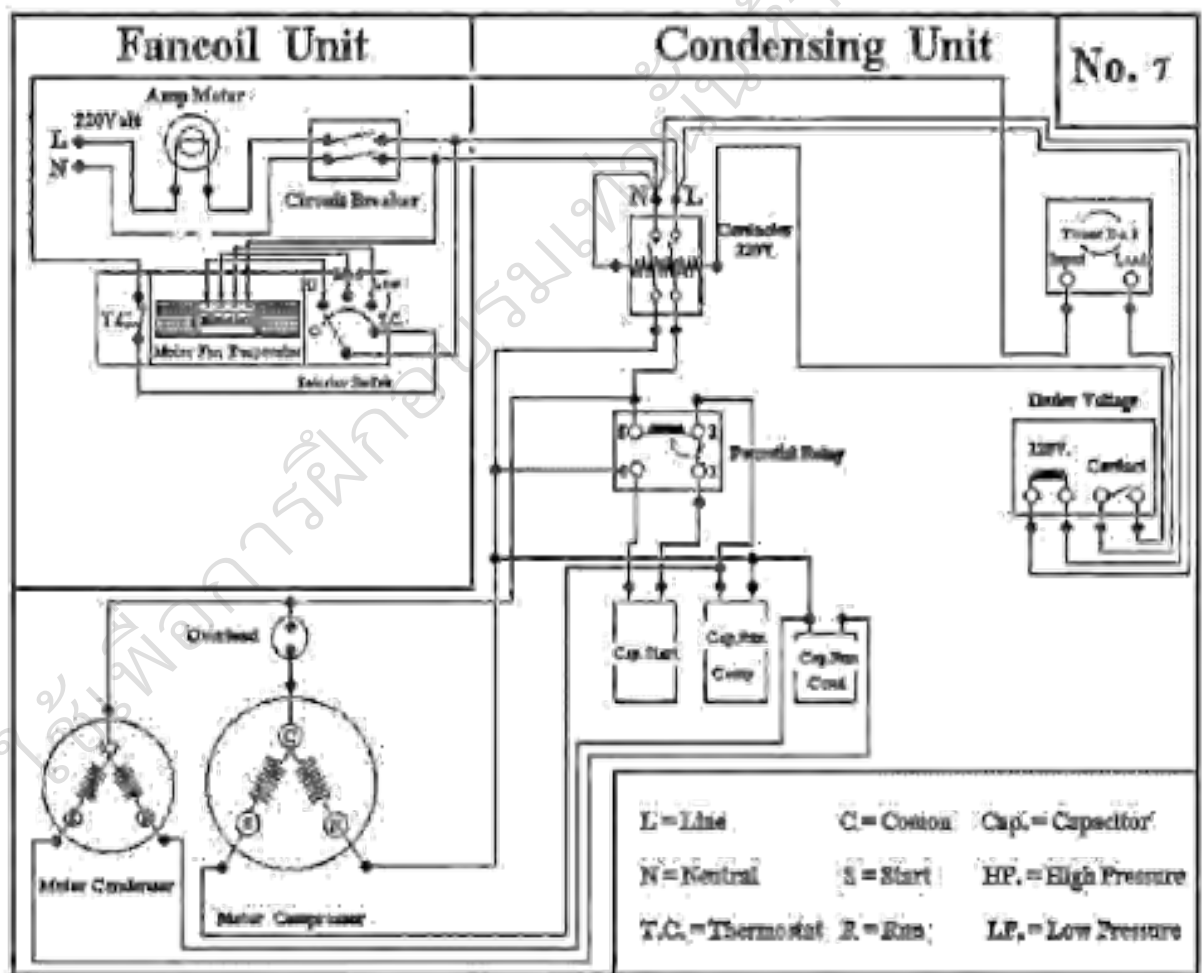
ภาพที่ 458 วงจรที่ 6 การต่ออุปกรณ์หน่วยเวลาแบบที่ 3

แต่ถ้าต้องการใช้ควมามีไหม้เมอร์หรือมีการต่อชนิดนี้หรือไม่ ให้ทำการเปิดและปิดทันที แล้วให้เปิดใหม่โดยสังเกตกรณีตอนนี้ต้องมีการหน่วงเวลา

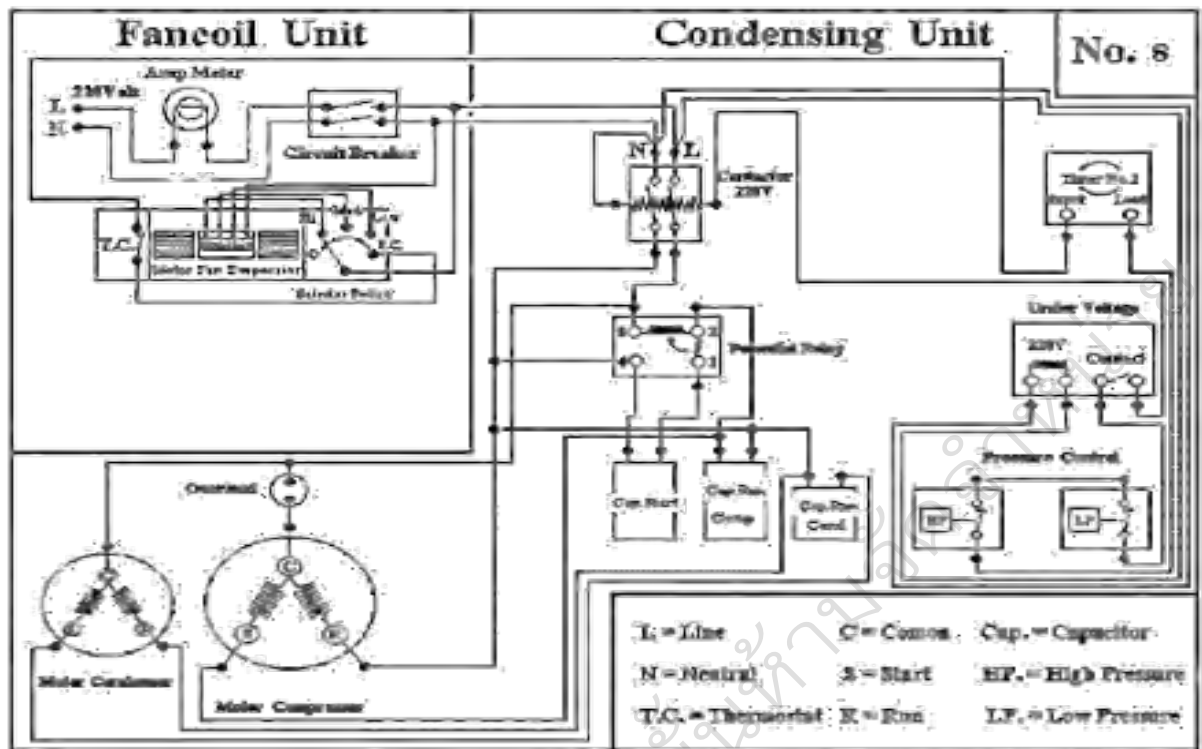
วงจรที่ 6 แบบที่ 3 : เป็นอุปกรณ์หน่วงเวลา โดยเอาไฟเลี้ยงเข้าที่อินพุต หน่วงเวลา 3 นาที ไฟจึงออกไปที่โหลด ซึ่งเหมือนกันแบบ Lock – out เพียงแต่จะมีอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟตกขึ้นมาอีกตัว ได้แก่ ขั้ว N วิธีต่อไม่ยาก นำขั้วนี้ต่อลงกราวด์บริเวณก่อนเข้าแมกเนติกด้วย ซึ่งเหมือนกับว่าเป็นทั้งหน่วงเวลาด้วยและกันไฟตกด้วย

วงจรที่ 7 : เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าตก โดยจะมีขั้วออกมา 4 ขั้ว หรือแบ่งออกเป็น 2 คู่ ขั้วคู่แรกเป็นไฟเลี้ยงขดลวด คู่ที่สองเป็นคอนแทคหน้าสัมผัส หน้าสัมผัสจะต่อเมื่อมีแรงดันไฟปกติ ถ้าแรงดันไฟผิดปกติ หรือน้อยกว่า คอนแทคจะออกจากกัน ซึ่งจะต่ออนุกรมกับวงจรควบคุม

วงจรที่ 8 : เป็นอุปกรณ์ควบคุมแรงดัน ทั้งด้านแรงดันสูงและแรงดันต่ำ โดยต้องต่อท่อแรงดันตามตำแหน่งแรงดันในระบบ โดยความดันสูงของระบบไม่ควรสูงเกิน 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่วนความดันต่ำไม่ควรต่ำกว่า 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันนี้ มีแบบทั้งตั้งอัตโนมัติและตั้งตามค่าที่ต้องการได้ ขั้วคอนแทคหน้าสัมผัสมีทั้งปกติปิดและปกติเปิด แต่เวลาต่อให้ต่อที่ปกติปิดทั้งคู่ โดยการต่อสายควรทำภายหลังจากการเติมสารทำความเย็นเป็นปกติแล้ว โดยต่ออนุกรมกับวงจรควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์

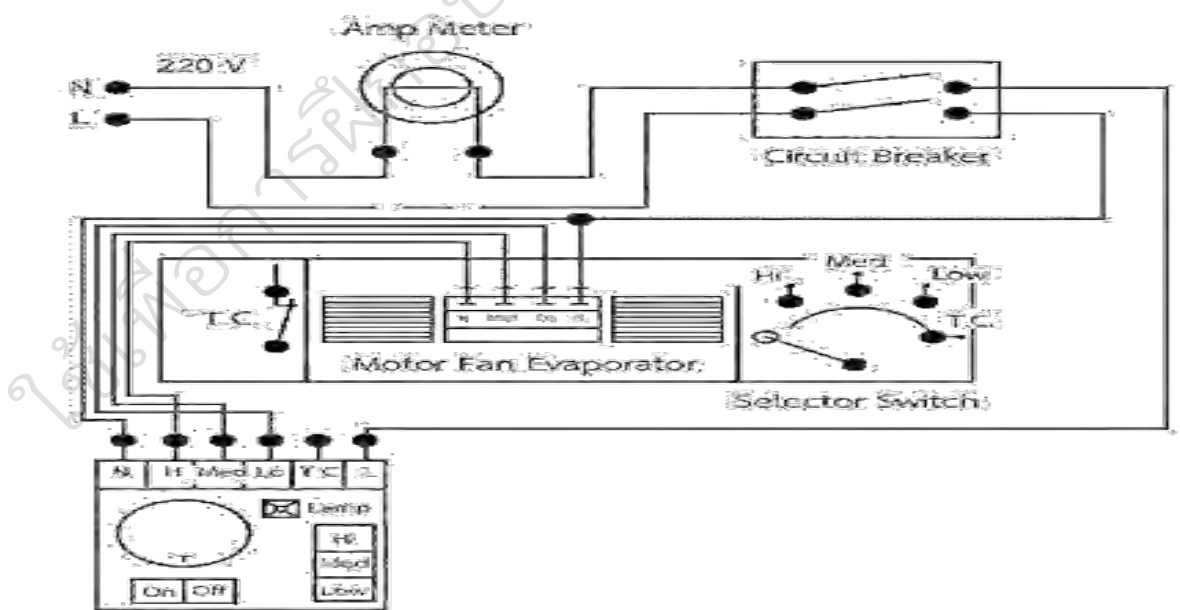


ภาพที่ 459 วงจรที่ 7 เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าตก



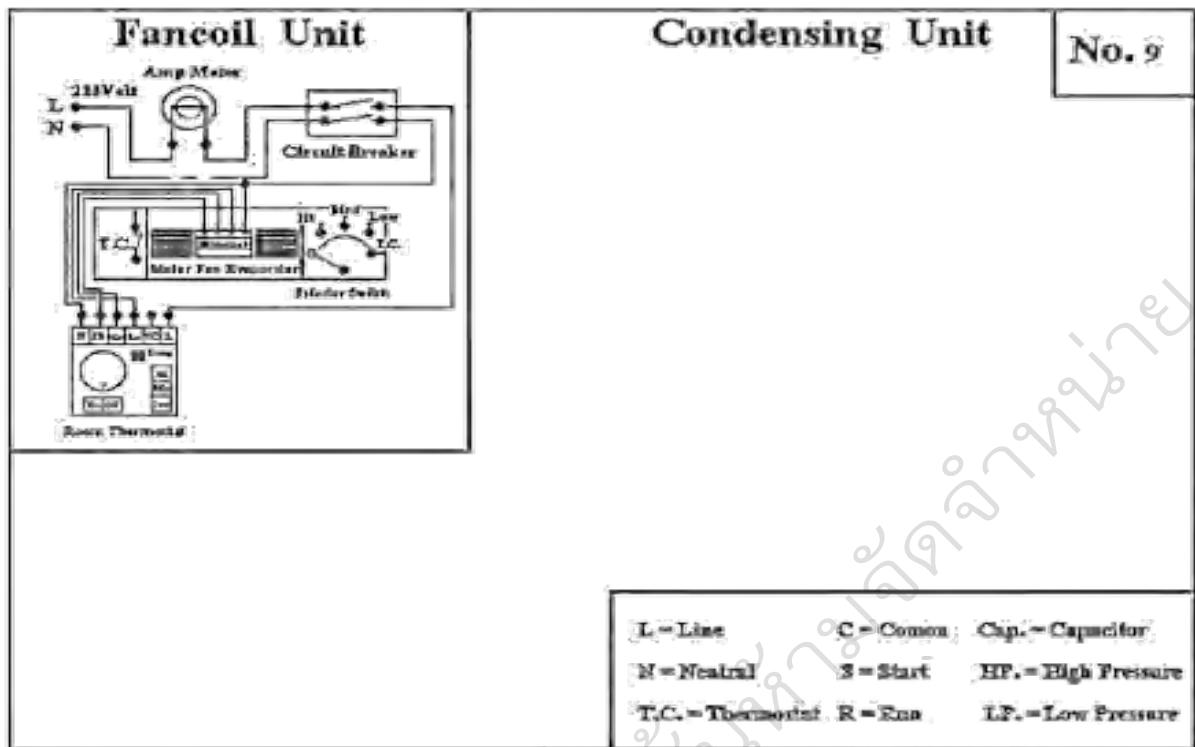
ภาพที่ 460 วงจรที่ 8 เป็นอุปกรณ์ควบคุมแรงดัน

วงจรที่ 9 : การต่อรวมเทอร์โมสแตทจากไฟ 220 โวลต์ โดยย้ายจุดต่อความเร็วตามสายที่กำหนด จากนั้นต่อจุดที่เป็นนิวทรัลของมอเตอร์พัดลม แล้วนำไฟจากเฟสต่อเข้าที่ขั้ว L

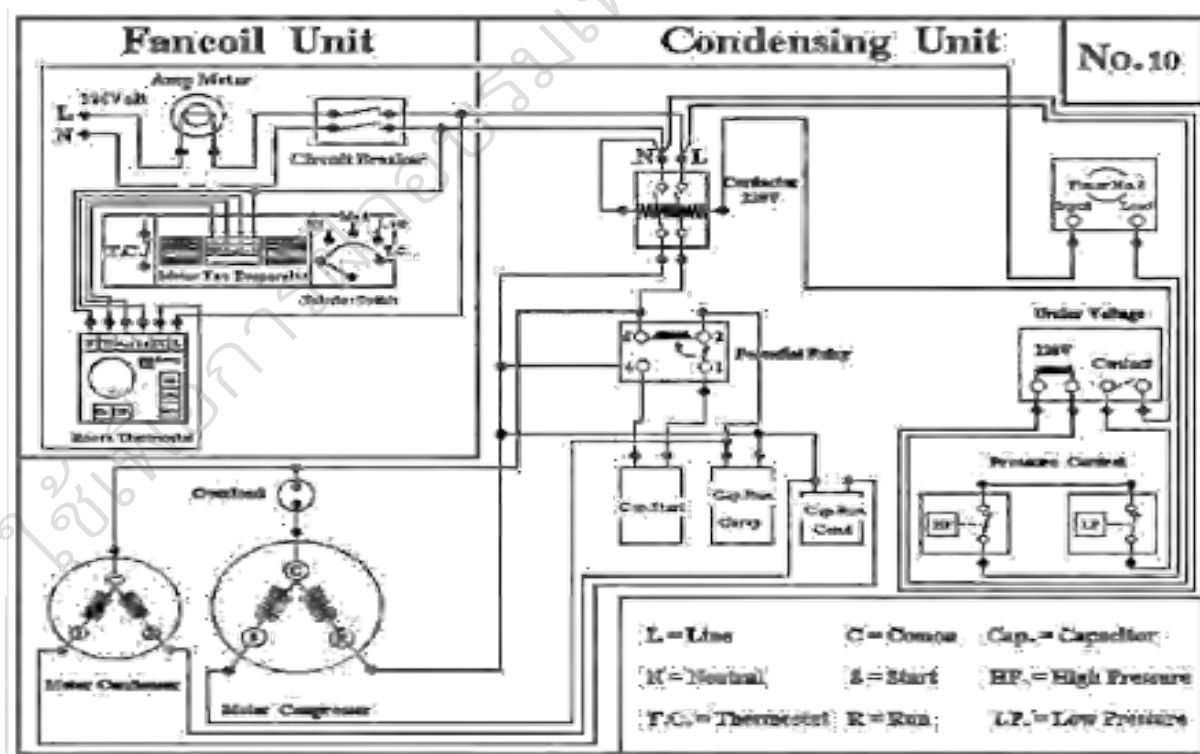


ภาพที่ 461 การต่อรวมเทอร์โมสแตทจากไฟ 220 โวลต์

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 11 : หลักการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก



ภาพที่ 462 วงจรที่ 9 การต่อรวมเทอร์โมสแตทจากไฟ 220 โวลต์



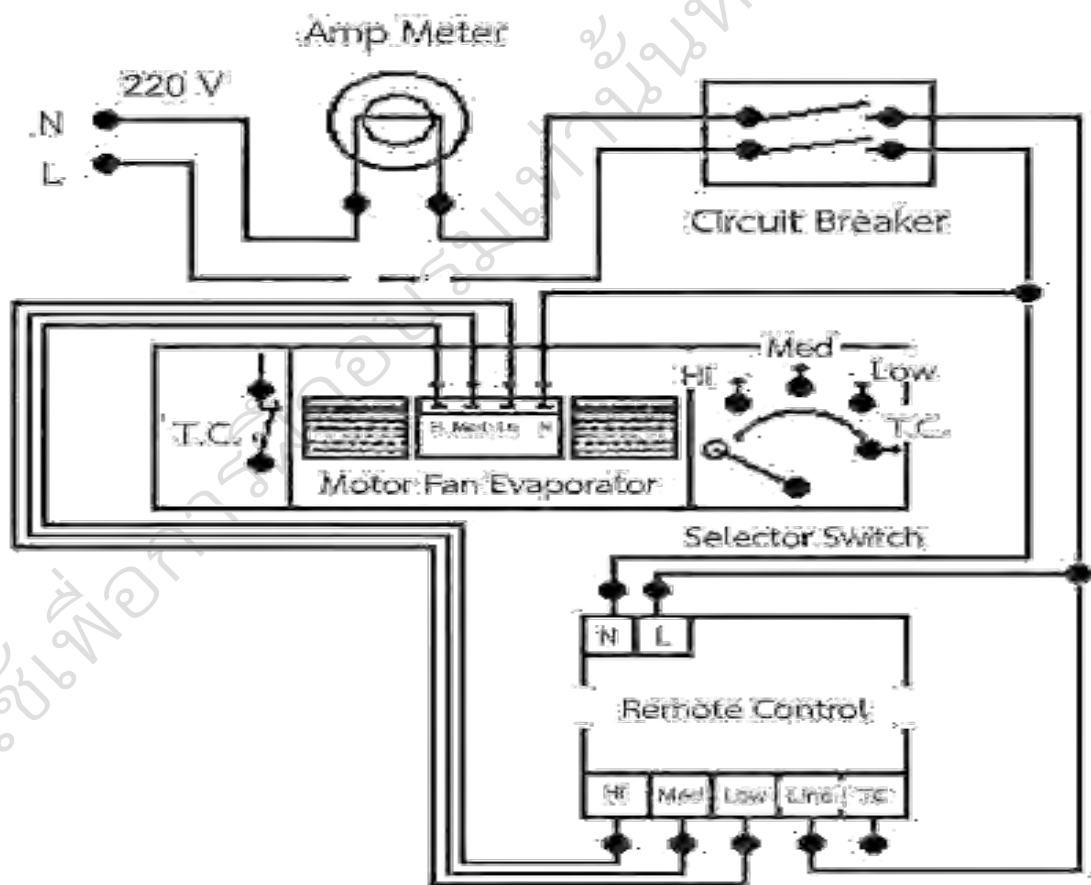
ภาพที่ 463 วงจรที่ 10 การต่อรวมเทอร์โมสแตทกับวงจรที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบ 220 โวลต์

วงจรที่ 10 : การต่อรูมเทอร์โมสแตทกับวงจรที่ใช้ออเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบ 220 โวลต์ ซึ่งข้อสำคัญขึ้นอยู่กับรูมเทอร์โมสแตทว่ามีไทมเมอร์ในตัวหรือไม่ ถ้าไม่มีควรต่อไทมเมอร์เพิ่มเข้าในวงจรด้วยเนื่องจากการปรับอุณหภูมิที่รูมเทอร์โมสแตทตัด – ต่อบ่อยๆ จะมีผลต่อการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

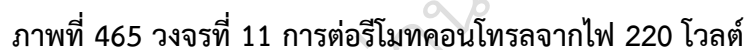
ข้อสังเกต : รูมเทอร์โมสแตทที่มีขั้วต่อเพียง 5 ขั้ว จะเป็นรูมเทอร์โมสแตทที่ไม่มีสัญญาณไฟเพื่อแสดงลักษณะการทำงานของ แต่ถ้เป็นเทอร์โมสแตทที่มีขั้วต่อ 6 ขั้ว จะเป็นรูมเทอร์โมสแตทที่มีสัญญาณไฟเพื่อแสดงลักษณะการทำงานของ โดยขั้วต่อที่ต่อเพิ่ม คือ ขั้ว N หรือขั้วกราวด์ให้กับชุดสัญญาณไฟ และรูมเทอร์โมสแตทบางชนิด มีสัญญาณไฟมากกว่า 1 ดวง ส่วนดวงไฟจะแสดงการทำงานเมื่อรูมเทอร์โมสแตทมีไฟมาเลี้ยง อาจเป็นไฟสีแดงหรือสีส้ม ส่วนที่จะมีสัญญาณเป็นดวงที่ 2 จะเป็นการแสดงการทำงานของเทอร์โมสแตทส่งสัญญาณไปที่อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

วงจรที่ 11 : การต่อรีโมทคอนโทรลจากไฟ 220 โวลต์ โดยย้ายจุดต่อความเร็วตามสายที่กำหนดในรูมเทอร์โมสแตท จากนั้นต่อจุดที่กราวด์หรือนิวทรัลของมอเตอร์พัดลม แล้วนำไฟจากเฟสต่อเข้ากับขั้ว L ของมอเตอร์เหมือนการต่อโดยใช้รูมเทอร์โมสแตท

ข้อควรระวัง : ตรวจจุดตำแหน่งของตัวควบคุมห้องที่ต่อกับสายเป็นบัสสีดำ นั้น ได้อยู่ในตำแหน่งที่ตัวควบคุมของห้องได้จริงหรือไม่



ภาพที่ 464 การต่อรีโมทคอนโทรลจากไฟ 220 โวลต์

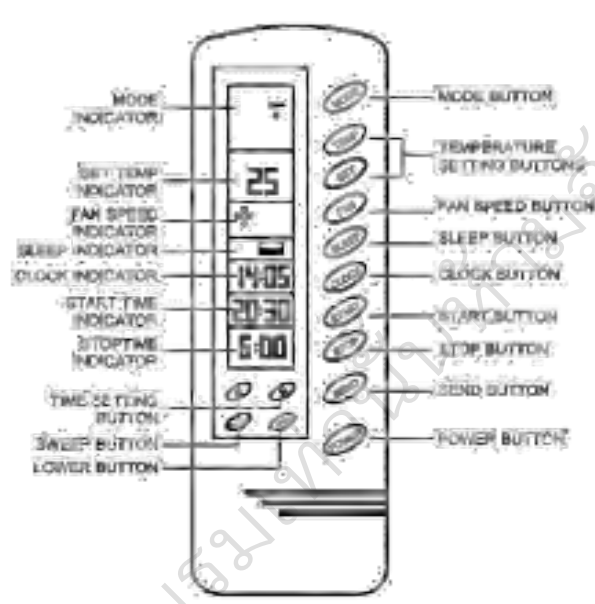


5. การติดตั้งอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ในระบบไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

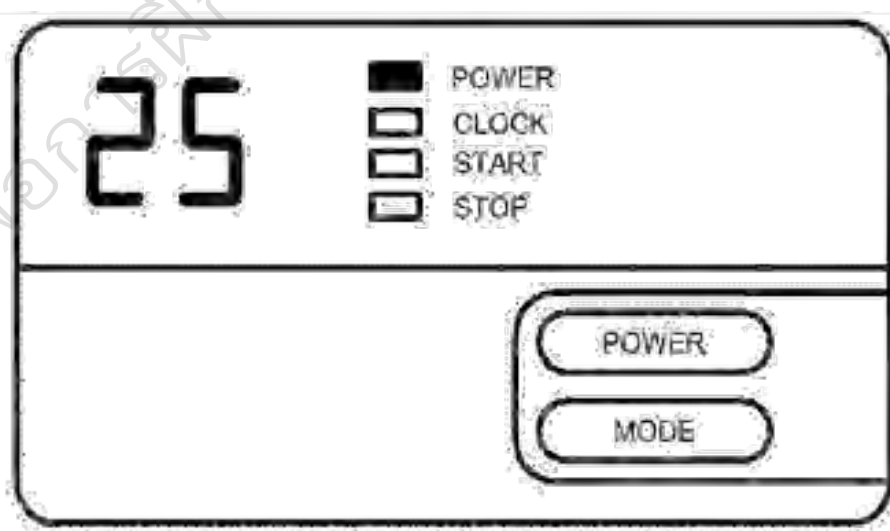
รีโมทคอนโทรล (r emote Control)

การทำงานและการต่อรีโมทคอนโทรล

รีโมทคอนโทรลใช้ควบคุมการทำงานเหมือนกันกับรูมเทอร์โมสแตท ซึ่งด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีไมโครโปรเซสเซอร์ และแสงอินฟราเรด รีโมทคอนโทรลทำให้สามารถควบคุมเครื่องปรับอากาศเป็นแบบไร้สาย อย่างเช่นตัวอย่างในภาพเป็นแบบ Lcd wireless control สามารถอำนวยความสะดวกในการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องได้ตามต้องการ และยังช่วยให้ประหยัดไฟ เมื่อใช้งานในระบบพัดลม (FaN) เป็นแบบอัตโนมัติ (auto) แบบควบคุมในเวลาอนหลับ (sLeep) และสามารถหน่วงเวลาการทำงาน (tiMer) ด้วย



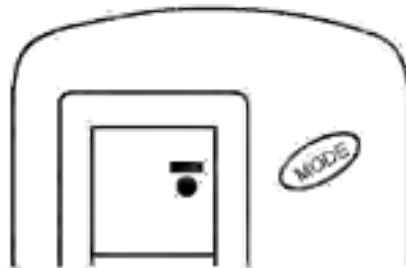
ภาพที่ 467 รีโมทคอนโทรล



ภาพที่ 468 ตัวรับสัญญาณควบคุม โดยแอลซีดี (แบบไร้สาย)

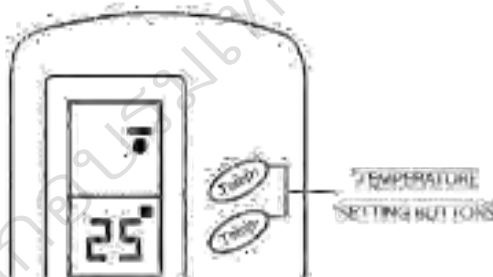
วิธีใช้งานของรีโมทคอนโทรลในตำแหน่งต่างๆ

- ปุ่ม Mode
กดปุ่ม Mode เพื่อเลือกระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็น FaN , cooL หรือ dry และบนตัวรีโมทจะแสดงระบบการทำงานที่เราเลือกไว้ ในตำแหน่งผู้ใช้เครื่องปรับอากาศควร เลือก cooL



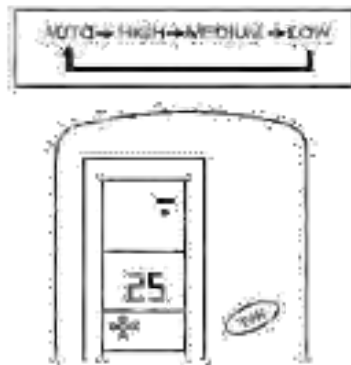
ภาพที่ 469 ปุ่ม Mode

- ปุ่ม t emperature setting
กดปุ่ม teMo + หรือ teMp - เพื่อตั้งอุณหภูมิที่ต้องการเพิ่มขึ้นหรือลดลง



ภาพที่ 470 ปุ่ม t emperature

- ปุ่ม Fan speed control
กดปุ่ม FaN เพื่อเลือกระบบการทำงานของพัดลมเมื่อพัดลมทำงานในระบบ FaN auto ความเร็วของพัดลมจะเปลี่ยนแปลงอย่างอัตโนมัติ โดยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิที่ต้องการและอุณหภูมิห้อง ซึ่งถ้ามีความแตกต่างกันมาก ระบบจะปรับความเร็วของพัดลมให้สูงขึ้น เพื่อที่จะกระจายความเย็นได้ทั่วถึง และถ้ามีความแตกต่างกันน้อยระบบจะปรับความเร็วของพัดลมให้ต่ำลงหรือสรุปว่าความแตกต่างของอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 3 องศา จะเป็นความเร็วสูง แตกต่างเพียง 2 องศา จะเป็นความเร็วปานกลาง แต่ถ้าแตกต่าง 1 องศา จะเป็นความเร็วต่ำสุด



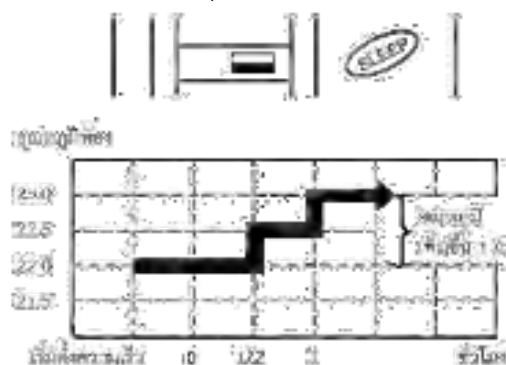
ภาพที่ 471 ปุ่ม fan Speed



ภาพที่ 472 ความเร็วรอบพัดลมจะปรับตามความแตกต่างของอุณหภูมิ

- ปุ่ม sleep

กดปุ่ม sSleep เพื่อให้ระบบทำงานในระบบปรับอุณหภูมิอัตโนมัติขณะนอนหลับ ซึ่งจะค่อยๆ ปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 °c ทุกๆ ครึ่งชั่วโมง จนครบ 1 °c หลังจากนั้นก็จะรักษา ระดับอุณหภูมิที่ระดับนี้ต่อไป และสัญลักษณ์ sSleep บนตัวรีโมทจะหายไป ยกเลิกการทำงานของ sSleep ได้โดยกดปุ่ม sSleep อีกครั้งหนึ่ง ขณะที่ sSleep ทำงานอยู่



ภาพที่ 473 ปุ่ม Sleep ปรับอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ ในขณะที่นอนหลับ

- ปุ่ม clock

กดปุ่ม cLock เพื่อตั้งนาฬิกาบนตัวรีโมท เมื่อกดปุ่มนี้แล้วกดปุ่ม hr หรือ MiN เพื่อตั้งเวลาตามต้องการ หลังจากตั้งเวลาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม seNd เพื่อส่งข้อมูลให้ระบบควบคุม



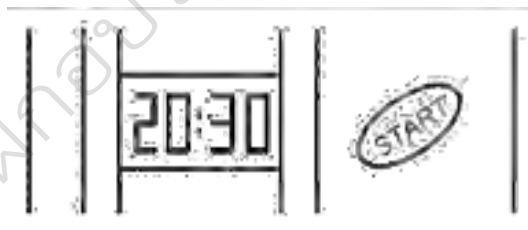
ภาพที่ 474 ปุ่ม Clock ปรับตั้งนาฬิกา

- ปุ่ม stat

เราสามารถตั้งเวลาเปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติตามเวลาที่แสดงบนตัวรีโมท

ตั้งเวลาโดยกดปุ่ม start จะเห็นเวลาติดกะพริบ จากนั้นจึงกดปุ่ม hr หรือ MiN เพื่อตั้งเวลาที่ต้องการให้เครื่องปรับอากาศเริ่มทำงาน เมื่อตั้งเวลาเสร็จให้กดปุ่ม seNd เพื่อส่งข้อมูลไประบบควบคุม และจะทำให้เวลาที่ตั้งไว้หยุดกะพริบ

เราสามารถยกเลิกการทำงานของระบบตั้งเวลาเปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติได้โดยกดปุ่ม start อีกครั้งหนึ่ง



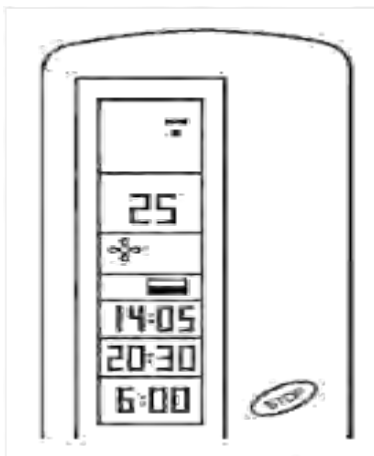
ภาพที่ 475 ปุ่ม Start ปรับตั้งเวลาเปิดเครื่อง

- ปุ่ม stop

เราสามารถตั้งเวลาปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติตามเวลาที่แสดงบนตัวรีโมท

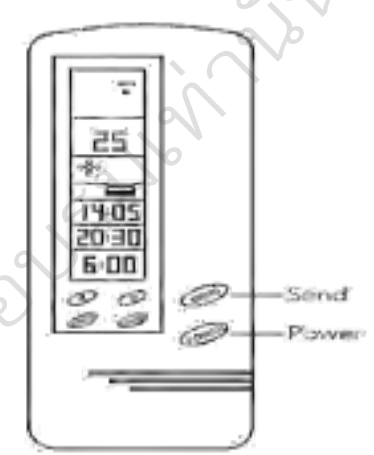
ตั้งเวลาโดยกดปุ่ม stop จะเห็นเวลาติดกะพริบ จากนั้นจึงกดปุ่ม hr หรือ MiN เพื่อตั้งเวลาที่ต้องการให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงาน เมื่อตั้งเวลาเสร็จให้กดปุ่ม seNd เพื่อส่งข้อมูลไประบบควบคุม และจะทำให้เวลาที่ตั้งไว้หยุดกะพริบ

เราสามารถยกเลิกการทำงานของระบบตั้งเวลาเปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติได้โดยกดปุ่ม stop อีกครั้งหนึ่ง



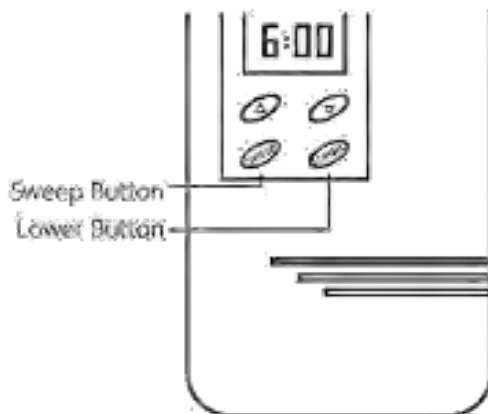
ภาพที่ 476 ปุ่ม Stop ปรับตั้งเวลาปิดเครื่อง

- ปุ่ม send
กดปุ่ม send เพื่อส่งข้อมูลที่เรากำหนดไว้บนตัวรีโมทไปยังระบบควบคุม โดยปกติปุ่มนี้จะถูกใช้ร่วมกับปุ่ม cLock , start และ stop



ภาพที่ 477 ปุ่ม Send คำสั่ง และปุ่ม Power เปิด - ปิด

- ปุ่ม power
กดปุ่ม power เพื่อเปิด / ปิด เครื่องปรับอากาศ
- ปุ่ม sweep (opt ioN)
กดปุ่ม sw เพื่อเปิด / ปิด ระบบกระจายลมเย็นสาย
- ปุ่ม Lower (opt ioN)
กดปุ่ม LV เพื่อปรับมุมของการกระจายลม



ภาพที่ 478 ปุ่มปรับทิศทางลม

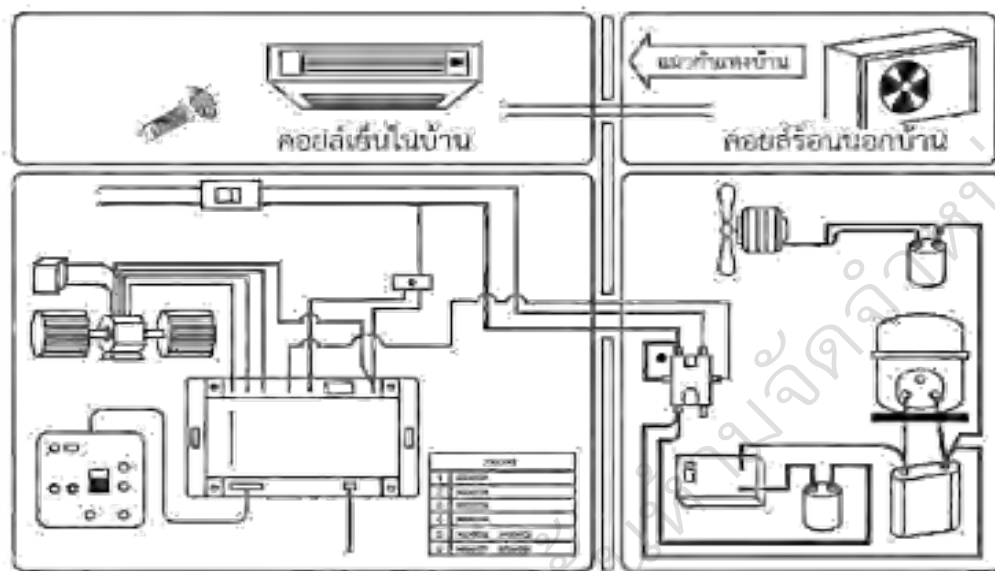
- ปุ่ม emergency
ปุ่ม emergency จะอยู่ในชุดแป้นคีย์ลัด โดยกดปุ่ม power บนตัวแสดงผล เพื่อ เปิด / ปิด เครื่องปรับอากาศในกรณีที่ตัวรีโมทหาย ซึ่งระบบปรับอากาศจะทำงานตามค่าเริ่มต้น ที่ตั้งมาจากโรงงานดังนี้
 - ระบบทำงานเป็นเครื่องปรับอากาศ (cool Mode)
 - อุณหภูมิที่ต้องการเป็น 25 °c
 - พัดลมทำงานแบบอัตโนมัติ (auto)



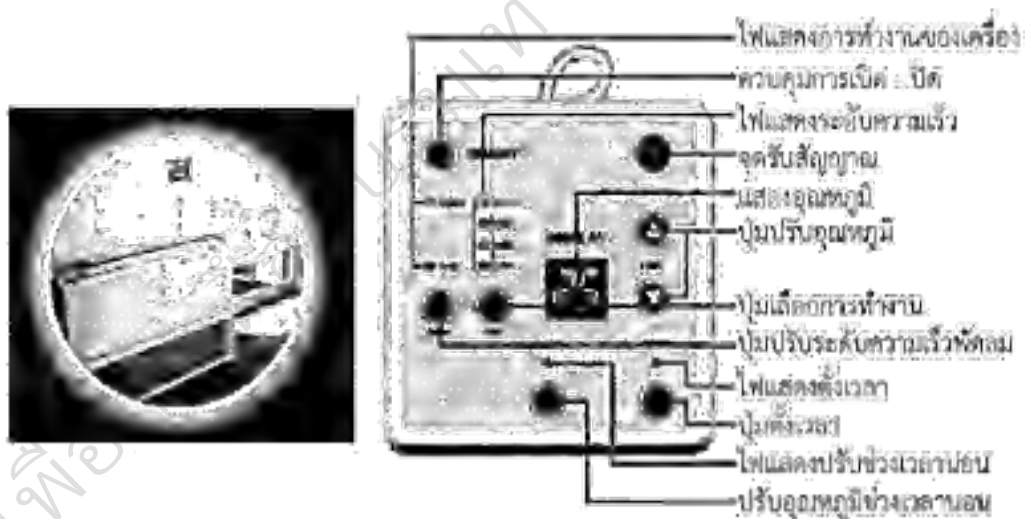
ภาพที่ 479 ตัวอย่างจรีโมทคอนโทรล

การต่อรีโมทคอนโทรล

การต่อรีโมทคอนโทรลทำได้ไม่ยาก ในปัจจุบันช่างสามารถเลือกซื้อและติดตั้งรีโมทคอนโทรลให้กับลูกค้า โดยช่างกล่องรีโมทคอนโทรลจะมีรูปการต่อวงจร ไดอะแกรมแถบด้านซ้ายเป็นตัวเครื่องที่อยู่ภายในบ้าน หรือ แพนคอยล์ยูนิต ด้านขวาเป็นตัวเครื่องที่อยู่ภายนอกบ้าน หรือคอนเดนซิ่งยูนิต



ภาพที่ 480 วงจรการทำงานของรีโมทคอนโทรล



ภาพที่ 481 วงจรการทำงานของรีโมทคอนโทรล

วิธีต่อรีโมทคอนโทรล

- ต่อสายไฟเมนจากเบรกเกอร์เข้าขั้ว L และ N ในกล่องรับสัญญาณ จำนวน 2 เส้น
- ต่อสายจากมอเตอร์พัดลม speed ให้ต่อขั้ว high , Medium , Low จำนวน 3 เส้น
- ต่อสาย t.c. จะต่อไปยังชุดคอนเดนซิ่งเพื่อควบคุมแมกเนติกคอนแทกเตอร์ จำนวน 1 เส้น
- รีโมทคอนโทรลบางชนิดมีการต่อ Line c. เข้ากับขั้ว L ด้วย

11.5 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง

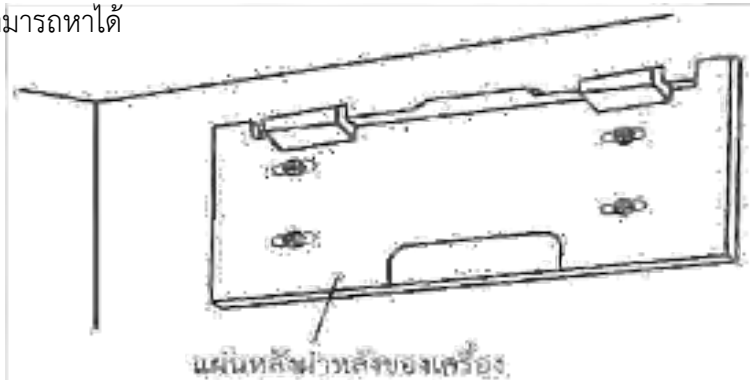
การติดตั้งเครื่องปรับอากาศขอยกตัวอย่างเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง เนื่องจากมักเป็นที่นิยมใช้ตามบ้านพักอาศัย ตัวเครื่องมีทั้งความสวยงามและใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์ระดับบ้านได้ควบคู่กับการทำความเย็นและปรับอากาศ อีกทั้งเครื่องปรับอากาศแบบนี้ติดตั้งได้ง่าย ช่างติดตั้งเครื่องปรับอากาศมักแนะนำให้ลูกค้าเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบนี้ เพราะในปัจจุบันราคาเครื่องปรับอากาศแบบนี้มีราคาไม่แตกต่างกว่าเครื่องปรับอากาศแบบตั้งหรือแขวน ผู้ใช้นิยมติดตั้งในห้องนอนเนื่องจากตัวเครื่องมีความเงียบ เสียงไม่ดังระหว่างทำงาน การดูแลรักษาในเรื่องความสะอาดก็ไม่ยากนัก มีการเพิ่มจุดขายในเรื่องของการฟอกอากาศโดยการเคลือบสารสังเคราะห์ที่แผ่นกรองอากาศ ทำให้อากาศที่กรองมีความสะอาดสดชื่นขึ้น

ขั้นตอนในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง 10 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ติดตั้งแผ่นเพลทยึดฝาลังของเครื่องภายใน (คอยล์เย็น)
- 2) เจาะรูบนผนัง (รู้สำหรับเดินท่อสารทำความเย็น)
- 3) แขนงติดตั้งตัวเครื่องภายใน (คอยล์เย็น)
- 4) ต่อท่อน้ำยา (ท่อสารทำความเย็น) แบบแฟร์
- 5) ต่อท่อน้ำทิ้ง
- 6) รวบรวมท่อสารทำความเย็นและท่อน้ำทิ้ง
- 7) ต่อสายไฟฟ้าเครื่องภายในห้อง (คอยล์เย็น)
- 8) ต่อสายไฟฟ้าเครื่องภายนอกห้อง (คอยล์ร้อน)
- 9) เติมสารทำความเย็นเข้าระบบ
- 10) ทดสอบเดินเครื่องปรับอากาศ

ขั้นตอนที่ 1 ติดตั้งแผ่นเพลทยึดฝาลังของเครื่องภายใน (คอยล์เย็น)

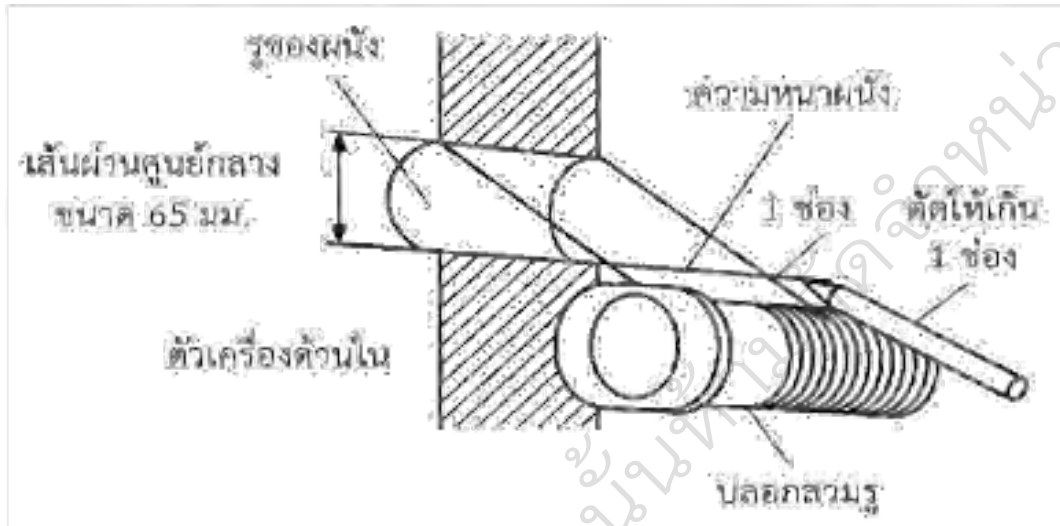
- ตรวจสอบส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักภายในฝาลัง (เช่น คาน) และติดตั้งแผ่นยึดฝาลังของเครื่องในแนวระนาบให้มั่นคง ให้เว้นระยะห่างด้านบน อย่างน้อย 12 เซนติเมตร และห่างจากกำแพงด้านข้าง อย่างน้อย 20 เซนติเมตร ใช้ระดับน้ำตั้งแผ่นเพลท
- เพื่อป้องกันการสั่นของแผ่นยึดฝาลังของเครื่อง ให้ขันสกรูยึดรูของตำแหน่งให้มั่นคง ถ้าเป็นไปได้ให้ยึดตำแหน่งให้ครบถ้วน
- ในกรณีที่มีการใช้น็อตเจาะทะลุกำแพงคอนกรีตนั้น ให้ยึดแผ่นยึดฝาลังของเครื่องด้วยรูรูปไข่ขนาด 11 x 20 มม. ถึง 11 x 26 มม. (ระยะช่วง 450 มม.) ถ้าน็อตที่ใช้ยาวเกินไปให้เปลี่ยนใช้น็อตที่สั้นกว่าที่สามารถหาได้



ภาพที่ 482 การติดตั้งแผ่นเพลท

ขั้นตอนที่ 2 เจาะรูบนผนัง (รู้สำหรับเดินท่อสารทำความเย็น)

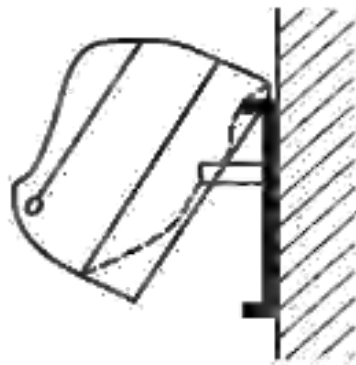
- กำหนดตำแหน่งของรูบนผนัง
- เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลิเมตร โดยให้รูด้านนอกต่ำกว่ารูด้านในเล็กน้อย
- ใส่ปลอกสวมรูบนผนัง ใช้ปลอกสวมรูบนผนังเสมอ เพื่อป้องกันสายไฟซึ่งต่อระหว่างเครื่องตัวในและเครื่องตัวนอกถูกส่วนที่เป็นโลหะในผนังและเพื่อป้องกันความเสียหายอันเกิดหนูในกรณีที่ผนังกลาง



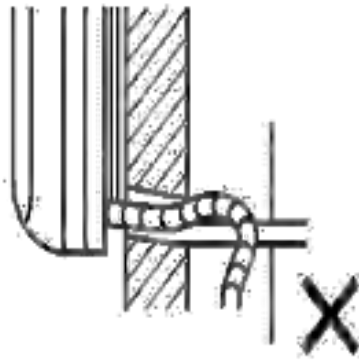
ภาพที่ 483 การใส่ปลอกสวมรูบนผนัง

ขั้นตอนที่ 3 แขนงติดตั้งตัวเครื่องภายใน (คอยล์เย็น)

- เมื่อจะต่อท่อต่อระหว่างเครื่องตัวนอกเข้ากับเครื่องตัวใน หลังจากสวมเครื่องเข้ากับแผงยึดฝาหลังของเครื่องแล้ว
- สอดท่อระบายน้ำทั้งผ่านปลอกสวมรูบนผนัง
- ยกตัวเครื่องให้ส่วนบนสุดเข้าไปเกี่ยวยึดฝาหลังเครื่อง
- ให้ดันตัวเครื่องไปด้านซ้ายสุด เพื่อที่จะเก็บท่อเข้าไปในด้านหลังของเครื่อง



ภาพที่ 484 การแขวนเครื่องภายใน



ภาพที่ 485 อย่าให้ท่อน้ำทิ้งโค้งงอขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 ต่อท่อน้ำยา (ท่อสารทำความเย็น) แบบแฟร์

- เครื่องปรับอากาศนี้มีการต่อท่อน้ำยาแบบแฟร์ทั้งเครื่องในบ้านและเครื่องนอกบ้าน
- ถอดวาล์วครอบเครื่องติดตั้งภายนอกออก และต่อน้ำยาเข้าไป
- ต่อท่อน้ำยาใช้ต่อกับเครื่องติดตั้งภายนอกและภายใน
- การปรับปริมาณของน้ำยาสารทำความเย็น ในกรณีที่มีความยาวของท่อเกินกว่า 7 เมตร จำเป็นที่จะต้องเติมน้ำยาสารทำความเย็น (r 22) เพิ่มเติม (เครื่องติดตั้งภายนอก บรรจุน้ำยาสารทำความเย็นไว้ในปริมาณ สำหรับความยาวของท่อประมาณเพียง 7 เมตร)

- การจัดเตรียมท่อ

- ท่อน้ำยาสารทำความเย็นที่มีความยาวประมาณ 5 เมตร เป็นอุปกรณ์ที่ต้องจัดหาเพิ่มเติม
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าท่อน้ำยาสารทำความเย็นทั้งคู่ได้มีการติดตั้งฉนวนความร้อนอย่างดีพอที่จะป้องกันการจับตัวเป็นหยดน้ำ
- หัวเลี้ยวของท่อน้ำยาสารทำความเย็น ต้องมีรัศมีการหักโค้งมากกว่า 100 มิลลิเมตร ขึ้นไป

- การต่อเครื่องตัวใน

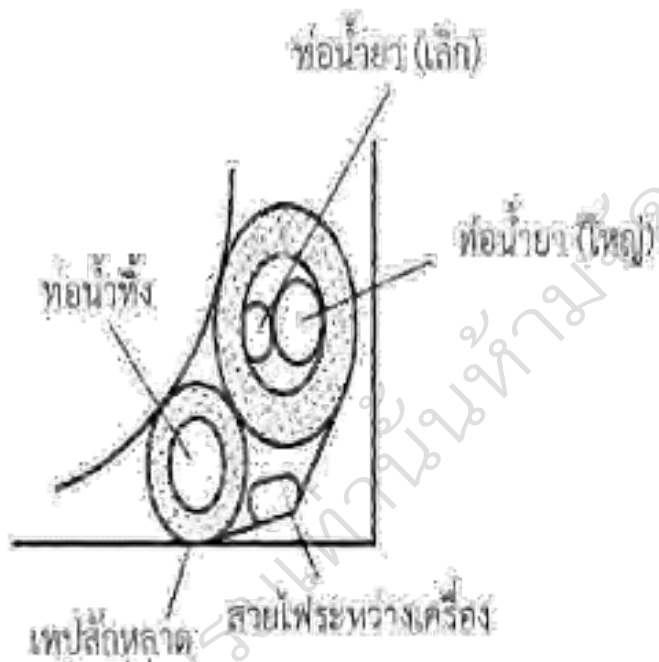
- ทำการต่อทั้งท่อของเหลวและท่อก๊าซเข้าเครื่อง
- ทาน้ำมันบางๆ ลงบนบริเวณผิวของท่อน้ำยาที่สวมต่อ
- สวมขันน็อตแฟร์โดยตั้งกึ่งกลางท่อให้ตรงกัน แล้วหมุนด้วยมือประมาณ 3 – 4 รอบ ก่อนใช้ประแจขัน
- ใช้ประแจขันให้น้ำหนักของน็อตแฟร์ โดยใช้ประแจ 2 อันขัน หากใช้น้ำหนักมากเกินไปส่วนของท่อที่ทำการบานแฟร์ไว้จะเสียหายได้

- การต่อเครื่องตัวนอก

- ทำการต่อท่อน้ำยาเข้าที่ตัววาล์วสำหรับ เปิด – ปิด น้ำยาของเครื่องตัวนอก เหมือนกับวิธีการต่อของเครื่องตัวใน
- กำหนดน้ำหนักที่ขันโดยใช้ประแจปอนด์หรือประแจเลื่อนเช่นเดียวกับน้ำหนักที่ใช้กับเครื่องตัวในตามตารางที่ให้มาในคู่มือของเครื่องปรับอากาศนั้นๆ

- การใช้ฉนวนหุ้ม

- 1) บริเวณข้อต่อท่อหุ้มด้วยท่อฉนวน
 - 2) สำหรับเครื่องตัวนอก ให้แน่ใจว่าได้หุ้มท่อฉนวนจนถึงวาล์ว
 - 3) ใช้เทปพันท่อ เริ่มพันตั้งแต่ทางเข้าของเครื่องตัวนอก
- ให้ใช้เทปที่มีความเหนียวพันปิดด้านปลายสุดของเทปพันท่อ
 - หากติดตั้งท่อผ่านเพดาน ตู้เสื้อผ้าหรือพื้นที่ที่มีอุณหภูมิหรือความชื้นสูงให้ใช้ฉนวนหุ้มกันที่มีขายอยู่ทั่วไป เพื่อป้องกันไม่ให้มีหยดน้ำเกาะ



ภาพที่ 486 ตำแหน่งการจัดวางท่อน้ำยา ท่อน้ำทิ้ง และสายไฟระหว่างเครื่อง

ขั้นตอนที่ 5 ต่อท่อน้ำทิ้ง

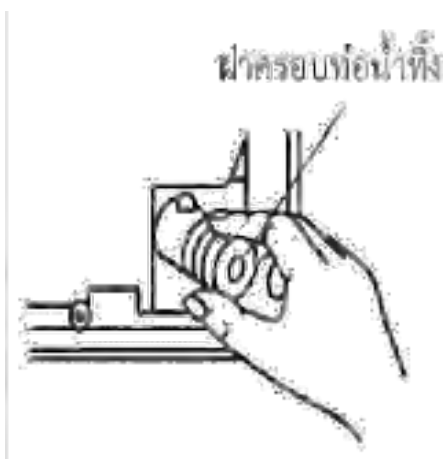
- ให้วางท่อน้ำทิ้งให้ต่ำกว่าระดับของท่อน้ำยา
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าท่อน้ำทิ้งไม่ถูกรั้งหรือคดงอ
- อย่าดึงท่อน้ำทิ้งเพื่อพันเทป
- เมื่อท่อน้ำทิ้งวางผ่านเข้าไปในห้อง อย่าลืมหุ้มรอบท่อด้วยฉนวนกันความร้อน
- พันด้วยเทปสีกหลาด 7 รอบท่อน้ำยาและท่อน้ำทิ้งแล้วเก็บท่อเข้าไปในบริเวณด้านหลังของเครื่องภายในอาคาร

- ส่วนการติดตั้งท่อน้ำทิ้งเข้าไปใหม่ (นอกเหนือจากที่เครื่องกำหนดให้มา)

- อย่าลืมหุ้มท่อน้ำทิ้งและฝารอบท่อน้ำทิ้ง เมื่อต่อท่อออกทางด้านซ้ายมือหรือด้านหลังซ้ายมือ เช่นนั้นจะทำให้ น้ำหกหรือน้ำหยดจากท่อน้ำทิ้ง

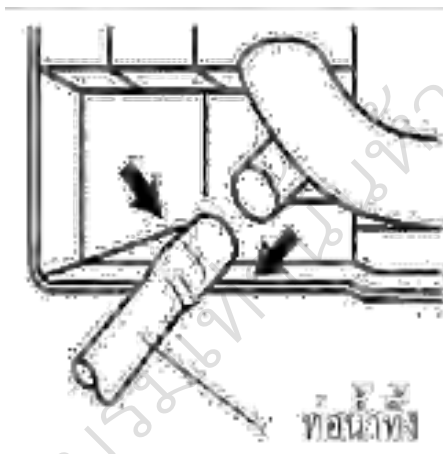
- ขั้นตอนการติดตั้งท่อน้ำทิ้งข้างซ้ายมือ

- 1) ดึงฝารอบท่อน้ำทิ้งที่ด้านขวาของเครื่องภายใน จับปลายส่วนโค้งของฝารอบท่อน้ำแล้วดึงออก



ภาพที่ 487 ดึงฝาครอบท่อน้ำทิ้งออก

2) ดึงท่อน้ำทิ้งที่ด้านซ้ายหลังของเครื่องภายใน จับส่วนหัวที่มีลูกศรแล้วดึงท่อน้ำทิ้งออก



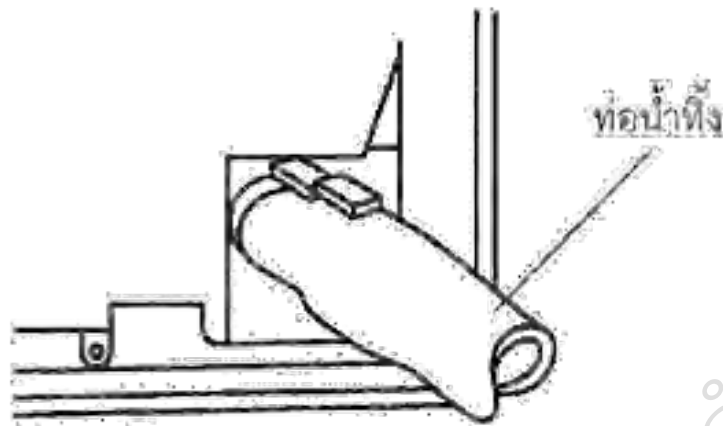
ภาพที่ 488 ถอดท่อน้ำทิ้งของเดิมออก

3) ใส่ฝาครอบท่อน้ำทิ้งตำแหน่งที่เคยติดตั้งท่อน้ำทิ้งที่ด้านซ้ายหลังของเครื่องภายในใช้ไขควง (อย่าใช้เครื่องมือปลายแหลม) ใส่เข้าไปในช่องปลายฝาครอบท่อน้ำทิ้งและใส่ฝาครอบในรางท่อน้ำทิ้งให้พอดี



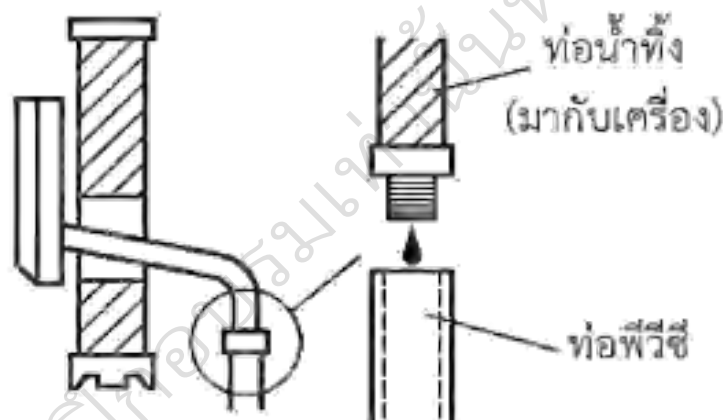
ภาพที่ 489 ใส่ฝาครอบที่ถอด นำมาอุดปิดไว้

- 4) ใส่ท่อน้ำทิ้งในตำแหน่งที่เคยติดตั้งฝาท่อรอบท่อน้ำทิ้งที่ด้านหลังทางขวาของเครื่องภายใน สอดน้ำทิ้งเข้าไปในรางสำหรับท่อน้ำให้สุด และตรวจสอบให้แน่ใจว่าท่อได้เกี่ยวกับข้อที่เป็นที่ยึดท่อไว้หรือไม่



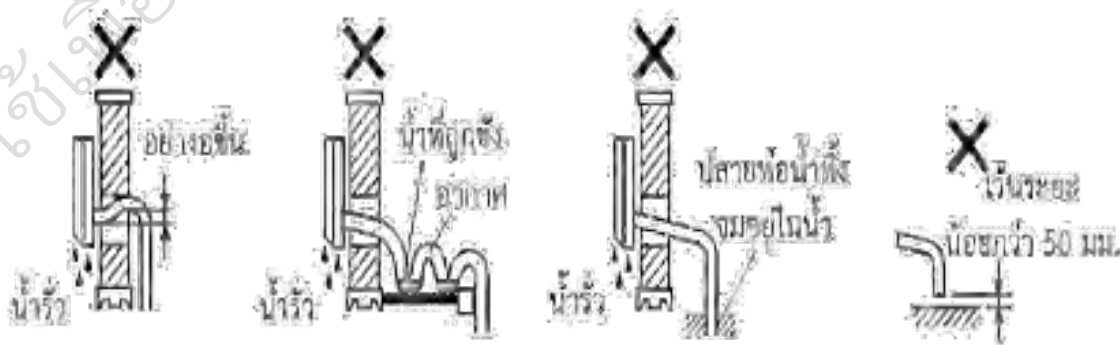
ภาพที่ 490 ย้ายท่อน้ำทิ้งมาใส่ด้านซ้ายแทน

- 5) การต่อน้ำทิ้ง ซึ่ลงด้านล่าง เพื่อให้ระบายน้ำทิ้งได้โดยง่าย โดยต่อท่อน้ำทิ้งที่มากับเครื่องสวมในเข้ากับท่อพีวีซีแข็งหรือท่ออย่างชนิดอ่อนก็ได้



ภาพที่ 491 การต่อท่อน้ำทิ้งจากเครื่อง

- 6) อย่าเดินท่อน้ำทิ้งดังรูปดังนี้

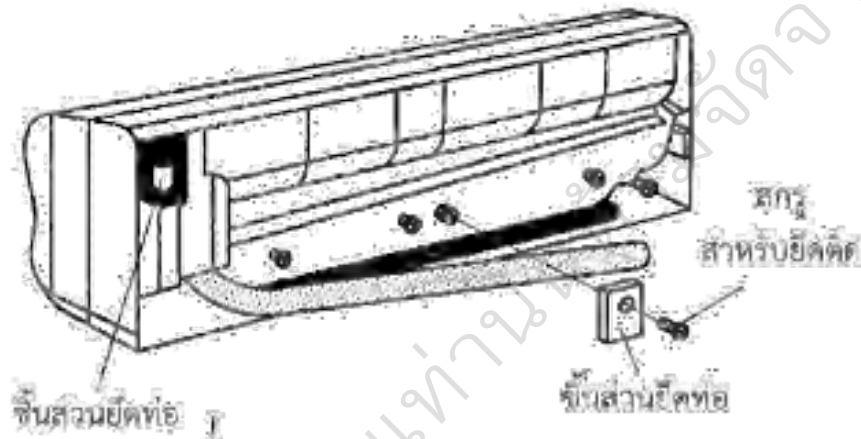


ภาพที่ 492 กรณีเดินท่อน้ำที่ผิด

- ถ้าท่อน้ำทิ้งที่เตรียมไว้กับเครื่องตัวในสั้นเกินไปให้ต่อด้วยท่อต่อน้ำทิ้งในชุดอุปกรณ์ที่ต้องจัดเตรียมสำหรับการติดตั้ง
- ถ้าจำเป็นต้องเดินท่อน้ำทิ้งผ่านด้านในห้อง ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้พันท่อด้วยฉนวนที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปแล้ว

ขั้นตอนที่ 6 รวบรวมท่อสารทำความเย็นและท่อน้ำทิ้ง

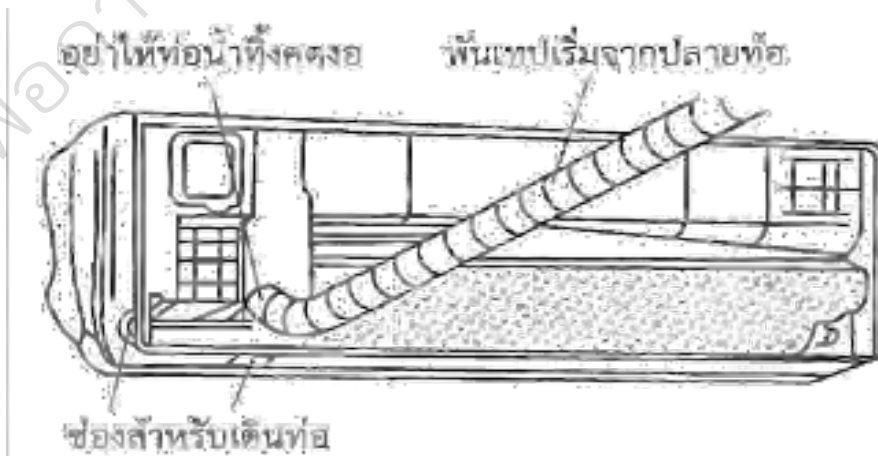
- ต่อท่อน้ำยาของเครื่องภายในบ้านเข้ากับท่อต่อท่อน้ำทิ้ง
- ดันส่วนล่างสุดของเครื่องภายในอาคารให้เข้าไปในแผ่นยึดฝาหลังของเครื่อง
- เมื่อจะสวมเครื่องตัวในเข้ากับแผงยึดฝาหลังของเครื่อง หลังจากต่อท่อต่อระหว่างเครื่องเข้ากับเครื่องแล้ว



ภาพที่ 493 ควรใช้แผ่นยึดฝาหลังของเครื่อง

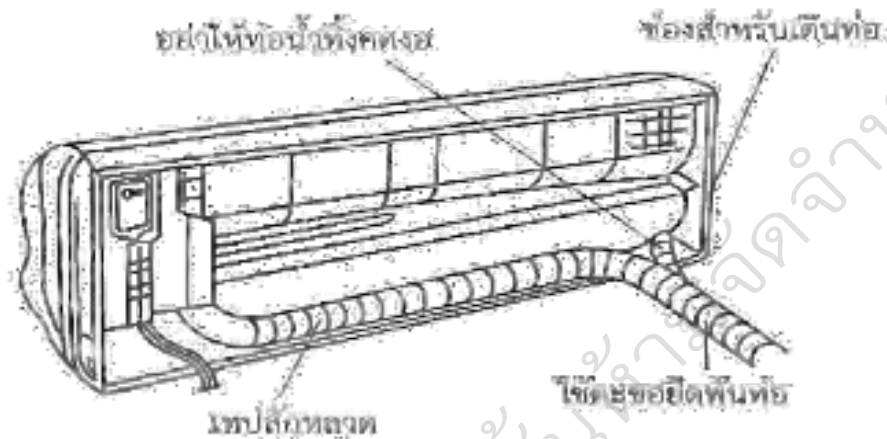
- หากท่อต่อระหว่างเครื่องวางไม่ให้เครื่องในสามารถสวมเข้ากับแผ่นยึดฝาหลังของเครื่องได้อย่างแน่นหนา ให้ตัดชิ้นส่วนยึดท่อที่อยู่ด้านหลังของเครื่องตัวใน แล้วยึดท่อด้วยชิ้นส่วน ดังแสดงในภาพด้านล่าง หลังจากนั้น สวมเครื่องตัวในเข้ากับแผ่นยึดฝาหลังของเครื่อง

* สำหรับกรณีออกทางด้านหลัง ด้านขวา หรือด้านล่าง



ภาพที่ 494 การรวมท่อให้ออกด้านหลัง (ท่อน้ำทิ้งออกตรง)

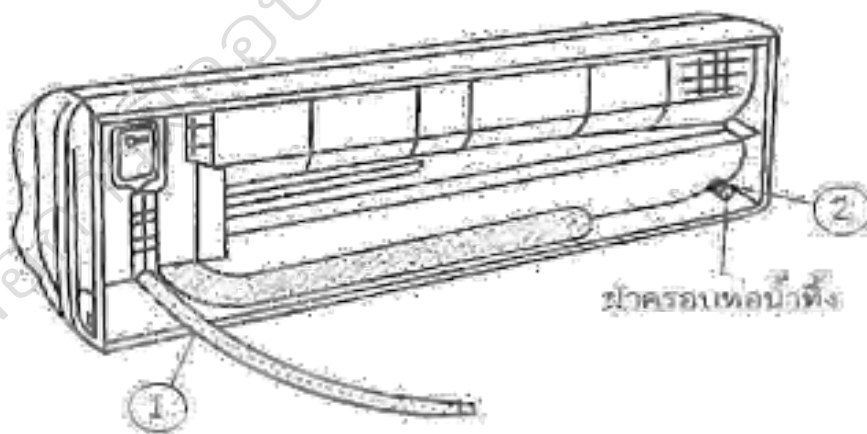
- รวมน้ำยาและน้ำทิ้งเข้าด้วยกันแล้วพันด้วยเทปสำหรับท่อน้ำยา
- สอดท่อน้ำยาและน้ำทิ้งผ่านปลอกสวมรูบนผนัง และเกี่ยวส่วนด้านบนของเครื่องติดตั้งภายในบนแผ่นยึดฝาหลังของเครื่อง
- ตรวจสอบความแน่นหนาของเครื่องติดตั้งภายในที่อยู่บนแผ่นยึดฝาหลังของเครื่อง โดยการขยับไปมา จากข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่ง
- ดันส่วนล่างของเครื่องติดตั้งภายในเข้าบนแผ่นยึดฝาหลังของเครื่อง



ภาพที่ 495 การรวมน้ำให้ออกด้านหลัง

*สำหรับการเดินท่อด้านซ้ายหรือด้านหลังซ้าย

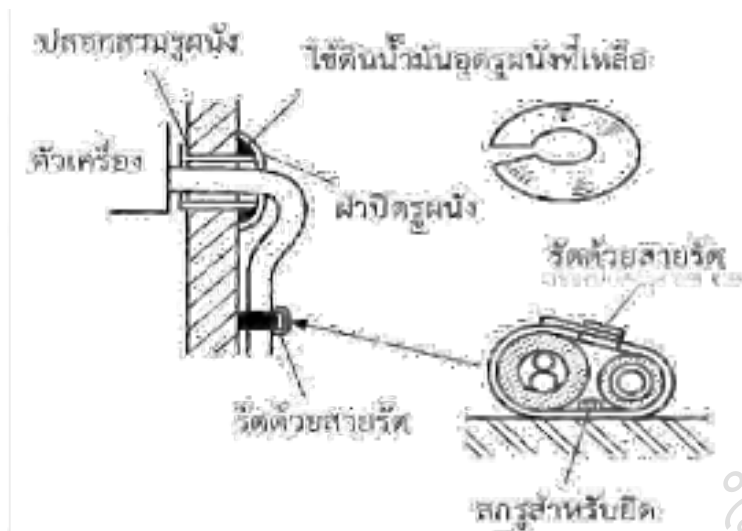
- รวมน้ำยาและน้ำทิ้งเข้าด้วยกันแล้วพันด้วยเทปสีกกหยาบ ดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 496 ตำแหน่งที่ท่อน้ำทิ้งออก

- การปิดรูผนังและการยึดท่อเข้ากับผนัง

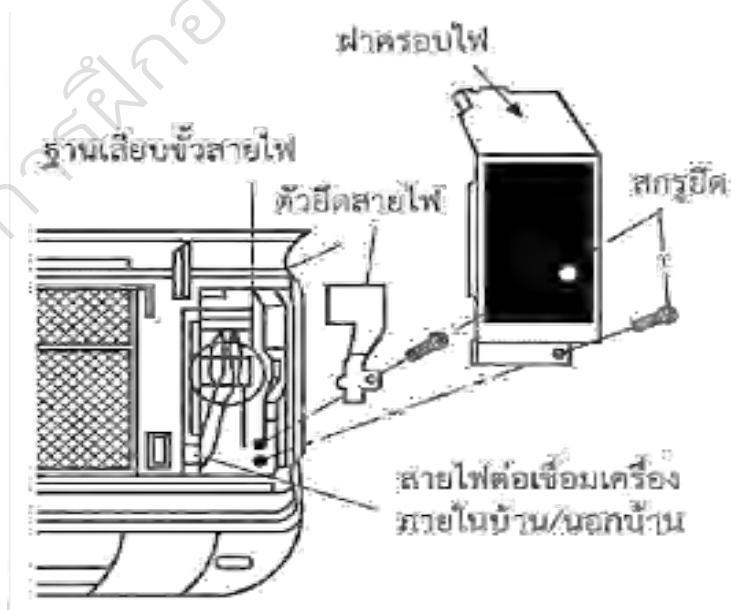
- 1) อุดช่องว่างระหว่างรูท่อด้านน้ำมันสำหรับอุดรูบนผนัง
- 2) ยึดท่อเข้ากับผนังด้วยสายรัดท่อน้ำยา



ภาพที่ 497 การปิดรูท่อและการยึดฉนวน

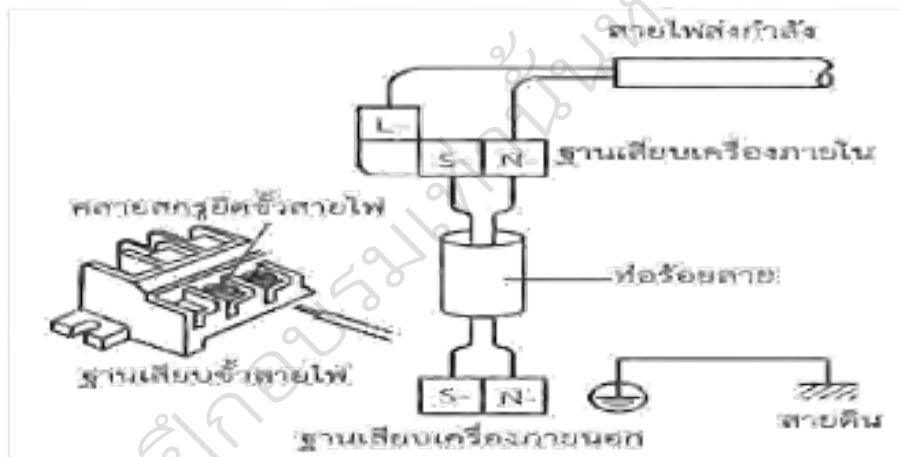
ขั้นตอนที่ 7 ต่อสายไฟฟ้าเครื่องภายในห้อง (คอยล์เย็น)

- ช่างสามารถเดินสายไฟเชื่อมระหว่างภายในและภายนอกอาคารได้โดยไม่ต้องถอดหน้ากากออก
 - 1) เปิดตะแกรงส่วนหน้าของหน้ากาก
 - 2) คลายสกรู 1 ตัว ที่ยึดฝาครอบชุดอุปกรณ์ไฟฟ้า, ถอดฝาครอบชุดอุปกรณ์ไฟฟ้า
 - 3) คลายสกรูอีก 1 ตัว ที่ยึดตัวยึดสายไฟ และปลดออก
 - 4) สอดสายไฟฟ้าที่เชื่อมการทำงานของเครื่องภายในและเครื่องภายนอกจากทางด้านหลังของเครื่องภายใน แต่งปลายสายไฟแล้วเชื่อมต่อเข้ากับฐานเสียบขั้วสายไฟ
 - 5) นำตัวยึดสายไฟและฝาครอบชุดอุปกรณ์ไฟฟ้ากลับเข้าที่เดิม



ภาพที่ 498 การเดินสายไฟกับเครื่องภายใน

- ในการยึดสายไฟให้แน่นต้องพึงระวังในเรื่อง ต้องใช้สายไฟที่มีคุณสมบัติเฉพาะกับงานต่อเชื่อมการทำงานระหว่างเครื่องภายในและเครื่องภายนอก และต้องยึดให้แน่นกับฐานเสียบขั้วไฟฟ้าป้องกันแรงดันไฟฟ้าปะทะกันเพราะถ้าทำไม่ถูกต้องจะเป็นสาเหตุให้เกิดไฟไหม้ได้
 - ในการยึดฝาครอบส่วนที่เป็นสายไฟให้แน่นและเข้าที่ดี เพราะถ้ายึดไม่เข้าที่ดี ฝุ่นหรือน้ำเข้าจะเป็นสาเหตุให้เกิดไฟไหม้หรือถูกไฟดูดได้
- ดังนั้นข้อควรระวังในการต่อสายไฟฟ้า คือ
- 1) ระวังอย่าต่อสายผิด
 - 2) ชันสกูดยึดขั้วสายไฟให้แน่นเพื่อป้องกันการหลุด
 - 3) หลังจากขันแน่นแล้ว ดึงสายไฟเบาๆ เพื่อตรวจสอบยืนยันว่าสายไฟไม่ขยับ
 - 4) หากการเชื่อมต่อของสายไฟเป็นไปอย่างไม่ถูกต้องที่ฐานเสียบขั้วสายไฟจะทำให้เครื่องทำงานผิดปกติ
 - 5) หากการเดินสายดินเป็นไปอย่างไม่ถูกต้อง จะทำให้เกิดไฟฟ้าช็อตได้
 - 6) ในขณะที่ต่อสายไฟเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ต่อขั้วไฟถูกต้อง (ด้านสายไฟ / ด้านนิวทรัล) และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ต่อสายส่งกำลังด้านที่มีเส้นเข้ากับขั้วไฟด้านนิวทรัล



ภาพที่ 499 การต่อสายไฟระหว่างเครื่องภายในกับเครื่องภายนอก

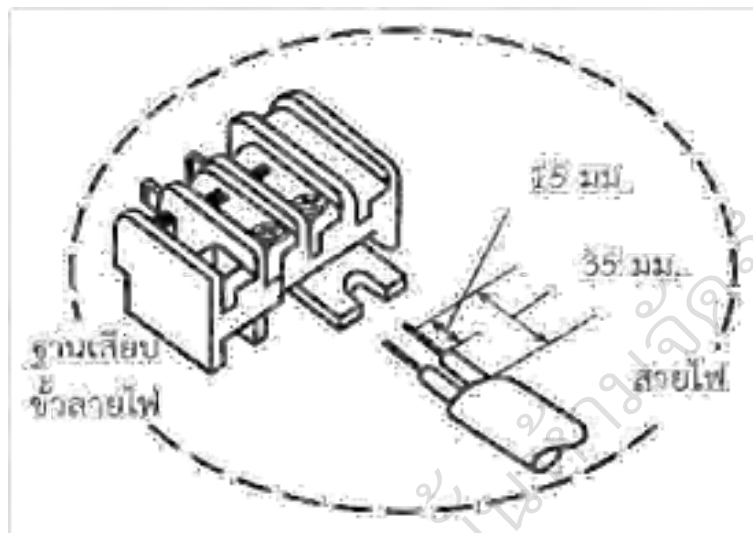
- การติดตั้งที่รีโมทคอนโทรลไร้สาย สถานที่ติดตั้งโดยกำหนดให้ดังนี้

- 1) ให้เลือกตำแหน่งที่ง่ายและสะดวกแก่การใช้งานและมองเห็นได้ง่าย
- 2) วางในตำแหน่งที่ไกลจากเด็กจะหยิบได้
- 3) การติดตั้งนั้นให้เลือกตำแหน่งที่สูงจากพื้นประมาณ 1.2 เมตร ตรวจสอบให้แน่ใจว่าเครื่องตัวในสามารถรับสัญญาณที่ส่งมาจากรีโมทคอนโทรลจากตำแหน่งนั้นได้ (โดยจะมีเสียง “บี๊บ-บี๊บ”) หลังจากนั้นทำการยึดที่วางรีโมทคอนโทรลเข้ากับเสาหรือผนังแล้วจึงติดตั้งรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย
- 4) การติดตั้งในห้องที่มีหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอินเวอร์เตอร์ อาจทำให้เครื่องตัวในไม่สามารถรับสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลได้

ขั้นตอนที่ 8 ต่อสายไฟฟ้าเครื่องภายนอกห้อง (คอยล์ร้อน)

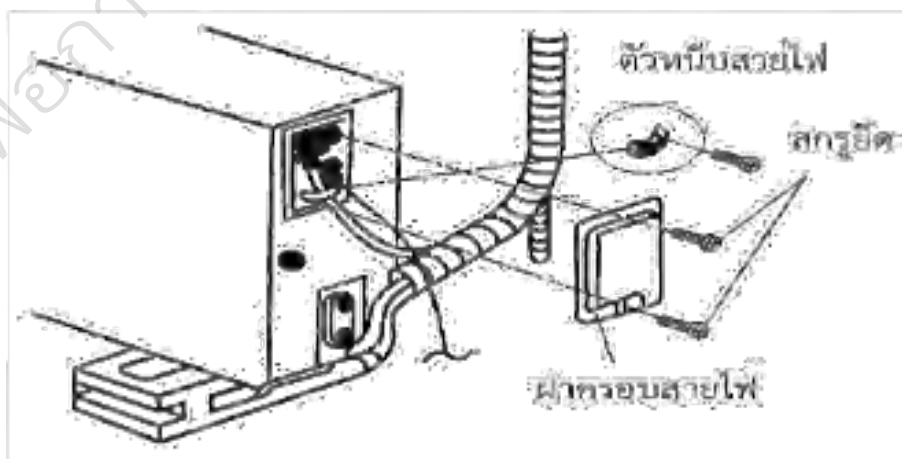
ต่อสายไฟต่อเชื่อมระหว่างเครื่องภายในบ้าน/นอกบ้าน

- ทำการต่อสายไฟต่อเชื่อมระหว่างเครื่องภายในบ้าน/นอกบ้าน a จากเครื่องตัวในเข้ากับฐานเสียบขั้วสายไฟอย่างถูกต้อง
- เพื่อสะดวกต่อการบำรุงรักษาในภายหลัง ให้เผื่อความยาวของสายไฟที่ใช้ต่อไว้



ภาพที่ 500 การเว้นระยะปอกสายไฟ

- ปอกปลายของสายไฟเชื่อม (สายเชื่อมต่อ) หากยาวเกินไปหรือต่อโดยตรงกลางแล้ว และปอกสายไฟส่งกำลังดังแสดงในรูป
- ระมัดระวังอย่าให้สายไฟที่ใช้ต่อสัมผัสกับท่อ
- ระมัดระวังอย่าต่อสายผิด
- ขันสกรูยึดขั้วสายไฟให้แน่นเพื่อป้องกันการหลุด



ภาพที่ 501 การปิดฝาครอบสายไฟ

- หลังจากขันแน่นแล้ว ดึงสายไฟเบาๆ เพื่อตรวจสอบยืนยันว่าสายไฟไม่ขยับ
- หากการเชื่อมต่อของสายไฟเป็นไปอย่างไม่ถูกต้อง จะทำให้เกิดไฟฟ้าช็อตได้
- ยึดฝาครอบส่วนที่ทำงานให้แน่นและเข้าที่ดี เพราะถ้ายึดไม่เข้าที่ดี ฝุ่นหรือน้ำเข้าจะเป็นสาเหตุให้เกิดไฟไหม้หรือไฟดูดได้
- ขันสกรูของฐานเสียบขั้วสายไฟให้แน่น
- ควรเดินสายไฟ ไม่ให้ตึงเกินไป มิฉะนั้นอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดความร้อนหรือไฟลุกไหม้

ขั้นตอนที่ 9 เติมน้ำยาทำความเย็นเข้าระบบ

ทดลองทำงานหลังจากติดตั้งเครื่องทั้งภายในและภายนอกเสร็จ

วิธีการไล่อากาศและทดสอบการรั่ว มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ต่อท่อน้ำยา (ทั้งของท่อของเหลวและท่อก๊าซ) เข้ากับเครื่องตัวในและเครื่องตัวนอก
- 2) ถอดฝาครอบแ弗 เปิด - ปิด น้ำยาของเครื่องตัวนอกออก (แ弗สำหรับเปิดปิดน้ำยายังใช้ไม่ได้) เนื่องจากถูกชั้นปิดมาจากโรงงาน (ชั้นปิดด้วยฝาปิด)
- 3) ต่อเกจแมนิโฟลด์และเครื่องปั๊มสุญญากาศเข้ากับแ弗สำหรับชาร์จน้ำยาของเครื่องตัวนอก
- 4) เปิดเครื่องสุญญากาศ (เดินเครื่องประมาณ 30 นาที ขึ้นไป)
- 5) เช็คว่าเป็นสุญญากาศ โดยใช้เกจแมนิโฟลด์ แล้วปิดเกจแมนิโฟลด์และหยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศ
- 6) ทิ้งไว้ประมาณ 1 – 2 นาทีและตรวจสอบว่าเข็มเกจแมนิโฟลด์อยู่ในระดับคงที่ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าค่าความดันของเกจวัดความดันอยู่ที่ 29.92 นิ้วปรอท
- 7) ถอดเกจแมนิโฟลด์จากวาล์ว สำหรับชาร์จน้ำยาของวาล์วโดยเร็ว
- 8) หลังจากต่อท่อน้ำยาสารทำความเย็นแล้วให้ชั้นเปิดแ弗สำหรับปิด-เปิดน้ำยาด้านท่อของเหลวและท่อก๊าซให้สุด หากชั้นเปิดแ弗ไม่สุด จะมีผลทำให้ลดประสิทธิภาพในการทำงานและอาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้ (กรณีนี้เครื่องจะมีน้ำยามากับเครื่องแล้ว)
- 9) ถ้าความยาวของท่อน้อยกว่า 7 เมตร ไม่จำเป็นต้องเติมน้ำยาเพิ่ม แต่ถ้าความยาวของท่อเกินกว่า 7 เมตร ให้เติมน้ำยาเพิ่ม
- 10) ชั้นปิดฝาครอบแ弗สำหรับเติมน้ำยาให้อยู่ในลักษณะเดิม



ภาพที่ 502 เติมน้ำยาเข้าระบบ

- ข้อควรระวังในการเติมน้ำยา

- 1) อย่าปล่อยน้ำยาสารทำความเย็นออกสู่บรรยากาศ
- 2) โปรดระวังอย่าปล่อยน้ำยาสารทำความเย็นออกสู่บรรยากาศระหว่างที่ติดตั้งใหม่หรือซ่อมแซมชิ้นส่วนของวงจรน้ำยา
- 3) อย่าเติมน้ำยาที่เป็นของเหลวโดยเด็ดขาด เช่น คว่ำถังใส่สารทำความเย็นในขณะที่ทำการเติมน้ำยา เนื่องจากอาจทำให้เกิดปัญหากับคอมเพรสเซอร์ในภายหลัง
- 4) ในฤดูที่อากาศเย็นให้อุ่นถังใส่น้ำยาด้วยน้ำอุ่น (ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส) เพื่อคงรักษาไว้ซึ่งแรงดันที่สูงของถังใส่น้ำยา และไม่ควรอุ่นถังใส่น้ำยาด้วยไอน้ำร้อนหรือโดนไฟโดยตรง

ขั้นตอนที่ 10 ทดสอบเดินเครื่องปรับอากาศ

การเดินเครื่องทดสอบ

- ก่อนทำการเดินเครื่องเพื่อทดสอบ ให้ตรวจเช็คว่เดินสายไฟผิดหรือไม่อีกครั้ง การเดินสายไฟผิดจะทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ หรืออาจมีผลให้ฟิวส์ขาดไม่สามารถทำงานได้
- การเดินเครื่องเพื่อทดสอบสามารถเริ่มได้ ด้วยการกดปุ่มสวิตช์ emergency operation เมื่อปุ่มสวิตช์ emergency operation ถูกกดแล้วการเดินเครื่องทดสอบจะเริ่มขึ้น (เครื่องจะทำงานอย่างต่อเนื่อง) ไปในระยะเวลา 30 นาที ในช่วงระหว่างนี้เทอร์โมสตัทจะไม่ทำงานและหลังจาก 30 นาทีผ่านไปแล้ว เครื่องก็จะเริ่มทำงานในแบบฉุกเฉิน (emergency operation) ที่อุณหภูมิที่ได้ตั้งไว้ที่ 24 องศาเซลเซียส ในแบบทำความเย็นทำการเดินเครื่องเพื่อทดสอบตามลำดับต่อไปนี้



ภาพที่ 503 เดินเครื่องทดสอบ

- 1) กดปุ่มสวิตช์ทำงานฉุกเฉิน (emergency operation) กดสวิตช์ครั้งเดียว emergency cool Mode (ระบบการทำงานแบบฉุกเฉินในระบบทำความเย็น) จะเริ่มทำงานหลังจากการเดินเครื่องทดสอบเป็นเวลา 30 นาที
- 2) กดอีก 1 ครั้ง จะเป็นการยกเลิก (ทุกครั้งที่กดสวิตช์ emergency operation จะสลับระบบการทำงานของเครื่องระหว่าง 1 กับ 2 ได้)
- การตรวจสอบสัญญาณ (แสงอินฟราเรด) รับการสั่งงานของรีโมทคอนโทรล
 - 1) กดปุ่ม ON/OFF ที่รีโมทคอนโทรล และตรวจสอบว่าได้ยินเสียงการรับสัญญาณจากรีโมทคอนโทรล
 - 2) กดปุ่ม ON/OFF อีกครั้งเพื่อปิดเครื่องปรับอากาศ เมื่อเครื่องภายในทำงานโดยคำสั่งจากรีโมทคอนโทรล ทั้งการทดลองเดินเครื่องกับการทำงานในระบบเหตุฉุกเฉินจะถูกยกเลิกโดยคำสั่งจากรีโมทคอนโทรล
 - 3) เพื่อเป็นการรักษาและป้องกันเครื่องปรับอากาศถ้าตัวคอมเพรสเซอร์หยุดการทำงานและต้องการให้ทำงานใหม่ให้รอประมาณ 3 นาที

ประมาณการค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (wall type) ที่มีความยาวของท่อน้ำยา ระหว่างเครื่องภายในถึงภายนอกไม่เกิน 4 เมตร ใช้สายไฟมีความยาวไม่เกิน 10 เมตร ตามขนาดตรงกับเครื่องปรับอากาศ เช่น ขนาด 2 x 2.5 ตารางเมตร ใช้กับเครื่องขนาดตั้งแต่ 9,000 ถึง 20,000 บีทียูต่อชั่วโมง ขนาด 2 x 4 ตารางเมตร ใช้กับเครื่องขนาดตั้งแต่ 20,001 ถึง 32,000 บีทียูต่อชั่วโมง และขนาด 1 x 4 ตารางเมตร เป็นระบบ 3 เฟส ใช้กับเครื่องขนาดตั้งแต่ 32,001 ถึง 38,000 บีทียูต่อชั่วโมง เป็นต้น โดยใช้ท่อน้ำทิ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว ยาวไม่เกิน 5 เมตร จะมีค่าใช้จ่ายดังตาราง ส่วนที่เกินจากที่กำหนดจากหน้างานก็จะคิดค่าใช้จ่ายเพิ่มด้วย

ตารางที่ 77 ประมาณการค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall type)

ขนาดบีทียู BTU/Hr	ราคา/บาท Price/ Baht	กรณีมีส่วนเกินจากหน้างาน			
		ท่อน้ำยา/ บาท	สายไฟ/ บาท	ท่อน้ำทิ้ง/ บาท	รางครอบท่อ/ บาท
9,000 - 20,000	2,500	เมตรละ 400	เมตรละ 50	เมตรละ 50	เมตรละ 350
20,001 - 28,000	3,000	เมตรละ 500	เมตรละ 100	เมตรละ 50	เมตรละ 350
28,001 - 32,000	3,500	เมตรละ 600	เมตรละ 100	เมตรละ 50	เมตรละ 350
32,001 - 38,000	4,000	เมตรละ 700	เมตรละ 200	เมตรละ 50	เมตรละ 350

11.6 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น

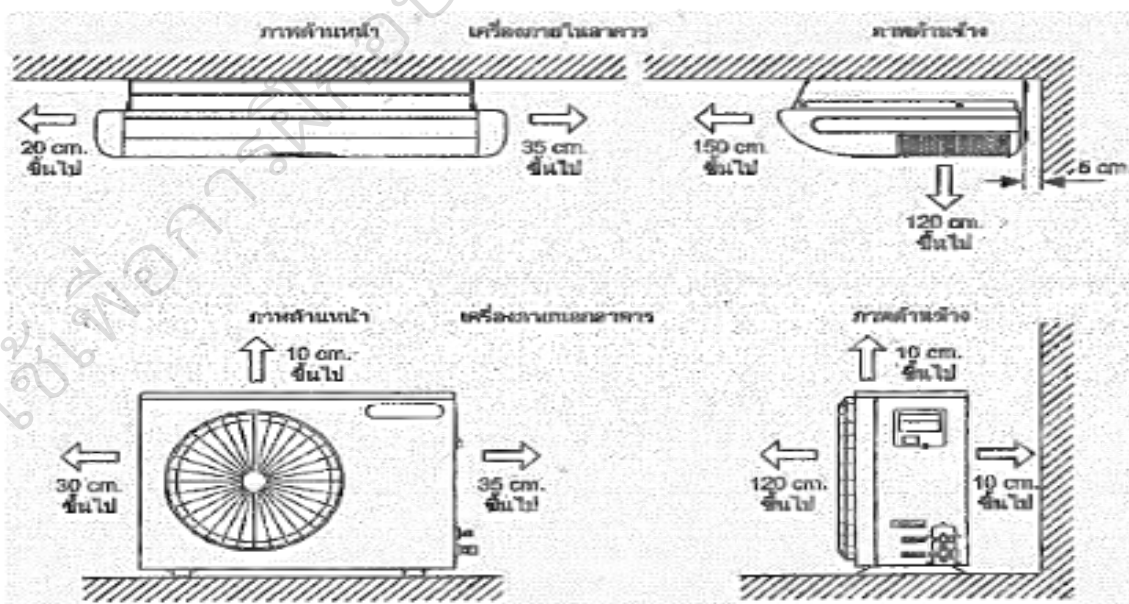
การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น (ceiling/Floor type) มีแนวทางการติดตั้งในส่วน ของคอยล์ร้อน และหลักการเดินท่อสารทำความเย็น คล้ายกับแบบแยกส่วนชนิดติดตั้งผนัง (wall type) ซึ่งในเอกสารฉบับนี้จักรกว่าถึงเฉพาะแนวทางการติดตั้งในส่วน ของคอยล์เย็น

ข้อควรหลีกเลี่ยงในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น

- 1) สถานที่คาดว่ามีการรั่วหรือเกิดการติดไฟได้ง่ายของแก๊ส
- 2) สถานที่ที่มีไอน้ำมันอยู่มาก
- 3) บริเวณที่ได้รับแสงแดดโดยตรง
- 4) ใกล้แหล่งกำเนิดความร้อนที่จะทำให้มีไหลความร้อนต่อการทำงานของเครื่อง
- 5) สถานที่ที่จะทำให้เครื่องโดนน้ำที่กระเด็นใส่ หรือ สถานที่ที่มีความชื้น
- 6) การติดตั้งเครื่องส่งลมเย็นไว้ด้านหลังม่านหรือมู่ลี่ รวมทั้งเฟอร์นิเจอร์เพราะจะเป็นการกีดขวางการกระจายลมเย็น
- 7) สถานที่ที่กีดขวางทางระบายลมเข้าและออก

ข้อควรปฏิบัติในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น

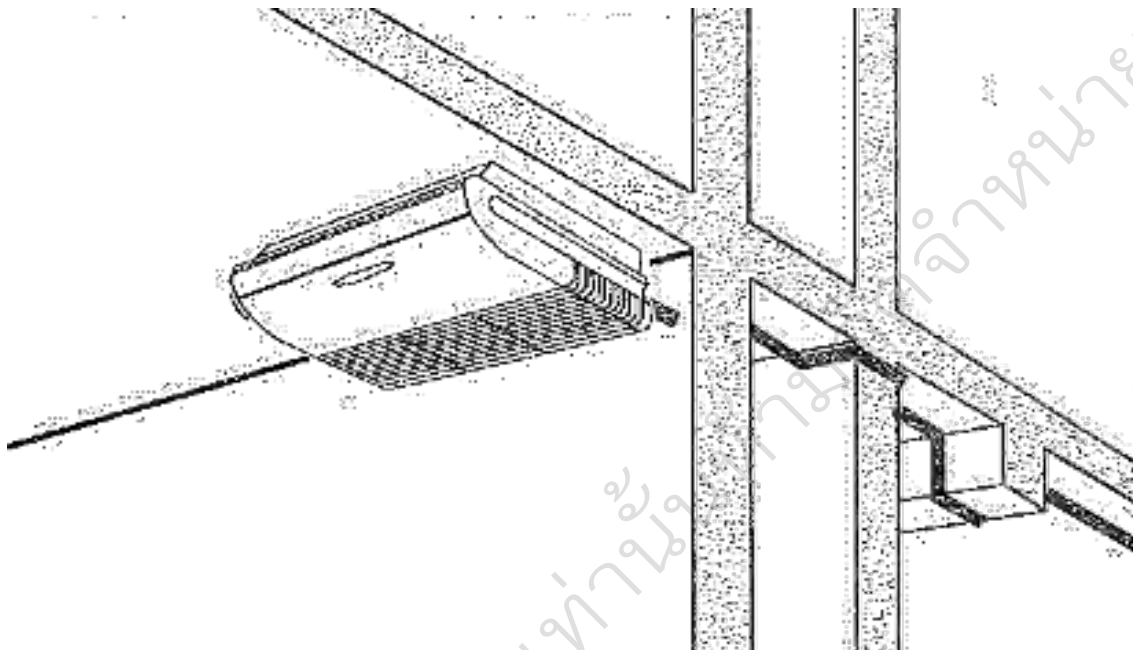
- 1) ควรพิจารณาติดตั้งเครื่องส่งลมเย็นในตำแหน่งที่สามารถกระจายลมเย็นทั่วถึงทุกพื้นที่ในห้อง
- 2) เลือกสถานที่ติดตั้งที่จะรับน้ำหนักของเครื่องได้
- 3) เลือกสถานที่ต่อท่อและท่อน้ำทิ้งออกไปด้านนอกให้ใกล้ที่สุด
- 4) สถานที่ติดตั้งเครื่องจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทางลมที่อยู่รอบๆเครื่อง
- 5) เลือกพื้นผิวที่แข็งแรงซึ่งไม่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน
- 6) พิจารณาสถานที่ที่มีอากาศหมุนเวียนในห้อง
- 7) ระยะห่างที่แสดงในภาพที่ 504 เหมาะสำหรับการติดตั้งและทิศทางลมที่ดี



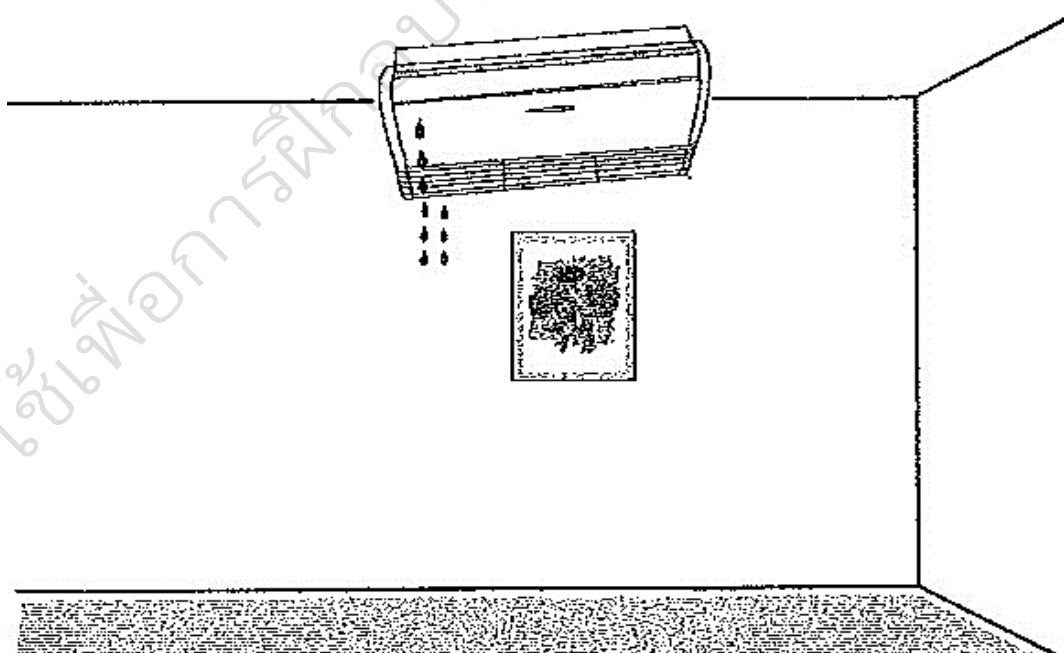
ภาพที่ 504 แนวทางการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น

ข้อแนะนำสำหรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น

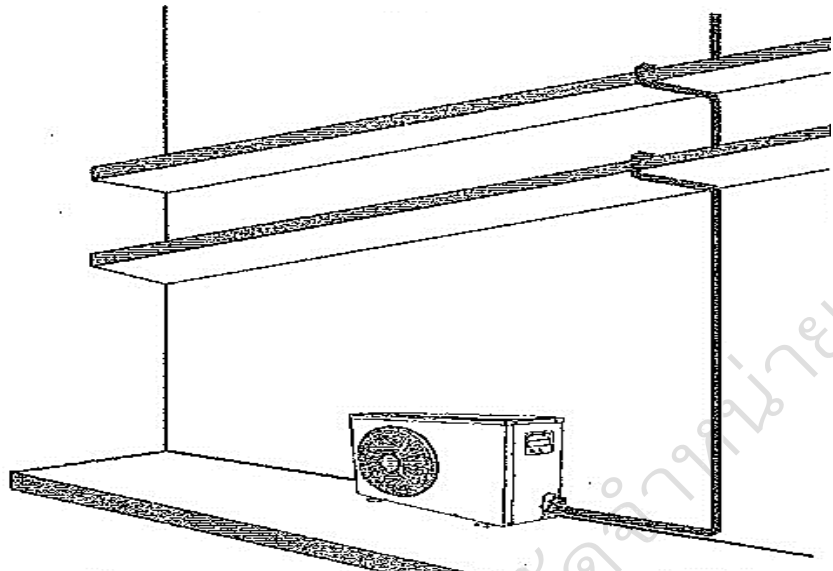
- 1) ท่อน้ำทิ้งที่มีการติดตั้งโค้งงอมากเกินไป ดังภาพที่ 505
- 2) ติดตั้งไม่ได้ระดับ ดังภาพที่ 506
- 3) การโค้งงอของท่อน้ำยาแอร์มีมากเกินไป ดังภาพที่ 507
- 4) ข้อต่อท่อสกปรกหรือเปื่อยขึ้น ดังภาพที่ 508



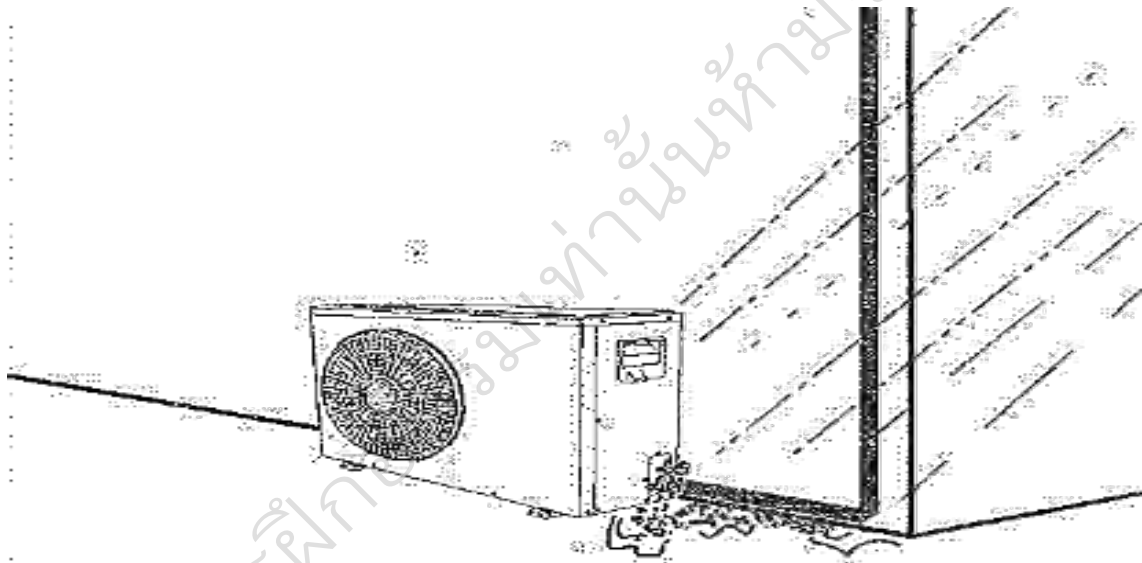
ภาพที่ 505 ข้อแนะนำสำหรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น 1)



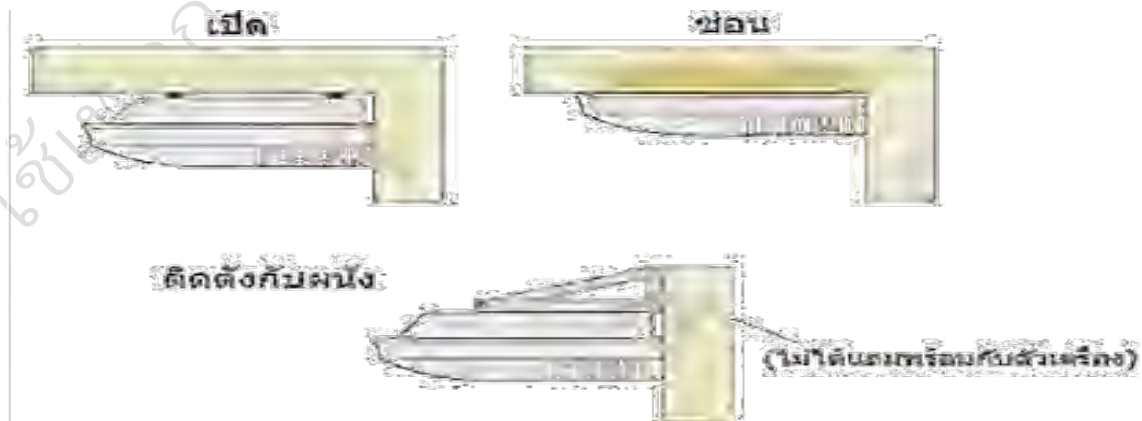
ภาพที่ 506 ข้อแนะนำสำหรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น 2)



ภาพที่ 507 ข้อเสนอแนะสำหรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น 3)



ภาพที่ 508 ข้อเสนอแนะสำหรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น 4)



ภาพที่ 509 ข้อเสนอแนะสำหรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนและตั้งพื้น

11.7 การทดสอบการทำงานและการบันทึกค่าต่างๆ

การทดสอบการทำงานและการบันทึกค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ สำหรับช่างแอร์ จะตรวจหลังจากทำการติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก่อนที่จะเปิดเครื่องใช้งาน มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งแบ่งขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบขั้นตอนตามลำดับก่อนเดินเครื่อง ซึ่งมีรายละเอียดที่ต้องเช็คดังต่อไปนี้

- 1) ได้ทำความสะอาดหลังจากติดตั้งแล้วหรือยัง
- 2) มีการชำระระหว่างการขนส่งและติดตั้งหรือไม่
- 3) ขนาดสวิตช์และฟิวส์ถูกต้องหรือเปล่า
- 4) การต่อสายไฟถูกต้องหรือไม่
- 5) ขนาดสายไฟที่ใช้ถูกขนาดหรือไม่
- 6) ขั้วสายไฟขันแน่นหรือไม่
- 7) ฉนวนสายไฟ บริเวณ ขั้วสายเมน , มอเตอร์พัดลมชุดในห้อง , ขั้วต่อวงจรของเครื่อง , มอเตอร์พัดลมชุดนอกห้อง , มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เพียงพอหรือไม่
- 8) ต่อสายดิน แน่นดีหรือไม่
- 9) แรงดันไฟฟ้าได้ตามเกณฑ์หรือไม่ และต้อง $\pm 10\%$
- 10) ทำการตรวจการรั่วของน้ำยาแอร์ในระบบแล้วหรือยัง
- 11) ท่อน้ำทิ้งติดตั้งดี ไหลน้ำผ่านได้หรือเปล่า
- 12) หุ้มฉนวนที่ท่อเรียบร้อยแล้วหรือยัง
- 13) วาล์วบริการเปิดทั้งสองวาล์วหรือเปล่า

2. ทดลองเดินเครื่องปรับอากาศ

หลังจากที่เช็คตามข้อ 1 ผ่านหมดแล้ว ให้ทำการทดลองเปิดใช้งานเครื่อง โดยเปิดสวิตช์พัดลมที่เครื่องปรับอากาศไปตำแหน่ง air FLOW และตรวจการทำงานของพัดลมดังนี้

- 1) ตรวจสอบว่าขณะที่พัดลมหมุนนั้นไม่มีเสียงผิดปกติจากการกระทบกันระหว่าง โลหะ กับโลหะ เช่น ใบพัดกระทบโครง
 - 2) ในกรณีที่มอเตอร์พัดลมใช้ไฟฟ้า 3 เฟส ให้ตรวจดูให้แน่ใจว่าพัดลมหมุนถูกทาง
- ข้อควรระวัง**
- ก. ถ้าพัดลมหมุนผิดทางก็ยังสามารถส่งลมออกมาได้
 - ข. ถ้าพัดลมหมุนผิดทาง ให้แก้ไขโดยการสลับสายไฟ 2 สายที่อยู่ด้านนอก

3. เมื่อเปิดสวิตช์ไปตำแหน่ง "Air Conditioning" คอมเพรสเซอร์จะทำงาน ให้ตรวจสอบระบบดังนี้

- 1) มอเตอร์คอมเพรสเซอร์เดินหรือเปล่า ถ้าไม่เดินให้ลดการตั้งอุณหภูมิที่เทอร์โมสตัทไปอยู่ในตำแหน่ง Low
- 2) ตรวจดูว่ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์มีเสียงดังผิดปกติ หรือสั่นหรือไม่
- 3) ตรวจดูพัดลมที่อยู่ในชุดคอนเดนซิ่ง ว่าหมุนถูกทางหรือไม่ ถ้าพบว่าหมุนผิดทาง ให้สลับสายไฟเสียใหม่ โดยสลับสายไฟ 2 สายด้านนอก
- 4) ตรวจดูลมที่ถูกส่งออกมาจากหน้ากากของแอร์ ว่าเป็นปกติ โดยการทดลองปรับเปลี่ยนทิศทางลมที่ส่ง ไปทั้งแนวนอนและแนวตั้ง

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 11 : หลักการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

4. บันทึกค่าต่างๆ ลงในตัวอย่างแบบการบันทึกการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ภาพที่ 510

ชื่อบริษัท : _____
 ที่อยู่ : _____
 โทรศัพท์ : _____

ใบงานเลขที่ _____
 ประเภทงาน ☐ ติดตั้งแอร์ ☐ ถ้างแอร์ ☐ ซ่อมแอร์ ☐ ถ้ายแอร์
 ชื่อลูกค้า _____ ชื่อผู้ติดต่อ _____
 ที่อยู่ _____
 หมายเลขโทรศัพท์ _____
 ชื่ออาคาร _____ ชั้น _____ หมายเลขห้อง _____

ข้อมูลเครื่องปรับอากาศ

ยี่ห้อ _____ รุ่นแอร์ (คอมฟอร์ท/คอมฟอร์ต) _____
 ขนาดแอร์ _____ ปีที่ซื้อ/ชม. _____ แรงดันไฟฟ้า _____ โวลต์ (V) DER/SEER _____
 Serial No. _____ กระแสไฟฟ้า _____ แอมป์ (A) ชนิดน้ำยา _____

รายการตรวจเช็คเครื่องปรับอากาศ

No	Action	Detailed Action	✓	ไม่ทำ	✓	ทำ	ก่อน PM	หลัง PM	หน่วย	
1	บันทึก	ตั้งค่าอุณหภูมิห้อง		ไม่ทำ		ทำ			°C	
2	บันทึก	อุณหภูมิ สม.เข้าคอยล์ร้อน		ไม่ทำ		ทำ			°C	
3	บันทึก	อุณหภูมิ สม.ออกคอยล์ร้อน		ไม่ทำ		ทำ			°C	
4	บันทึก	แรงดันไฟฟ้า ของ คอยล์ร้อน		ไม่ทำ		ทำ			V	
5	บันทึก	กระแสไฟฟ้า ของ คอยล์ร้อน		ไม่ทำ		ทำ			A	
6	บันทึก	ความดันน้ำยา สิ่งดูดเข้า		ไม่ทำ		ทำ			Psi	
7	บันทึก	ความดันน้ำยา สิ่งอัดออก		ไม่ทำ		ทำ			Psi	
8	บันทึก	อุณหภูมิ สม.เข้าคอยล์เย็น		ไม่ทำ		ทำ			°C	
9	บันทึก	อุณหภูมิ สม.ออกคอยล์เย็น		ไม่ทำ		ทำ			°C	
10	บันทึก	ความเร็วลมสูงสุด ของ คอยล์เย็น		ไม่ทำ		ทำ			RPM	
11	บันทึก	ระบบกระจายลมเย็น (Swing)		ไม่ทำ		ทำ				
12	ล้าง	คอยล์ร้อนด้วยแรงดันน้ำสูง		ไม่ทำ		ทำ				
13	ล้าง	คอยล์เย็นด้วยแรงดันน้ำสูง		ไม่ทำ		ทำ				
14	ล้าง	แผ่นกรองอากาศ ของ คอยล์เย็น		ไม่ทำ		ทำ				
15	ล้าง	พื้นที่ทำงาน		ไม่ทำ		ทำ				
16	เติม	น้ำยาแอร์เบอร์ _____ (กรณีห้อง) _____ บาท/ปอนด์					จำนวน :	ปอนด์	ราคา :	บาท
17	เปลี่ยน						จำนวน :	หน่วย	ราคา :	บาท
18	เปลี่ยน						จำนวน :	หน่วย	ราคา :	บาท
19	เปลี่ยน						จำนวน :	หน่วย	ราคา :	บาท
20	เปลี่ยน						จำนวน :	หน่วย	ราคา :	บาท

ชื่อช่าง : _____ ชื่อลูกค้า : _____
 วันที่ : _____ วันที่ : _____

ภาพที่ 510 ตัวอย่างแบบการบันทึกการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

บทนำ

เนื้อหาวิชา : การบำรุงรักษาและซ่อมเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

วัตถุประสงค์รายวิชา :

เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ การตรวจสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้าและวงจรน้ำยา และการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาที่พบ

คำอธิบายรายวิชา :

ศึกษาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ การตรวจสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้าและวงจรน้ำยา เช่น ล้างฟิลเตอร์ การทำความสะอาดคอยล์เย็น – คอยล์ร้อน การเติมสารหล่อลื่น การทำความสะอาดคอนแทคเตอร์ การตรวจสอบขั้วต่อสายไฟฟ้า การเติมสารทำความเย็น การตรวจกำลังอัดและดูดของคอมเพรสเซอร์ การตรวจรอยรั่ว การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและแก้ไขปัญหา เช่น สารทำความเย็นรั่ว คอมเพรสเซอร์ไม่มีกำลังอัด ระบบน้ำยาไม่หมุนเวียนหรือตัน เป็นต้น การปั๊มดาวน์เก็บน้ำยา การกักเก็บและฟื้นฟูสภาพน้ำยา และการบรรจุสารทำความเย็น การตรวจสอบและรายงานผลการการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ฝึกปฏิบัติบำรุงรักษา ตรวจสอบ วิเคราะห์และแก้ไขข้อขัดข้อง การตรวจสอบและรายงานผลการการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เนื้อหาหัวข้อย่อย :

12. การบำรุงรักษาและซ่อมเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

(ใช้เวลาฝึก ภาคทฤษฎี 7 ชั่วโมง : ภาคปฏิบัติ 14 ชั่วโมง)

(หน้าที่)

12.1 วิธีการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในบ้านขนาดเล็ก

(459 – 471)

การบำรุงรักษาและซ่อมเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

12.1 วิธีการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในบ้านขนาดเล็ก

1. การล้างเครื่องปรับอากาศ

❖ ทำไมต้องล้างแอร์

ปัจจุบัน มลภาวะทางอากาศเช่น ฝุ่นละออง คิว้นพิษ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ๆ เช่น เมืองหลวงของเราเป็นต้น แนนอนมลภาวะ เหล่านี้ ไม่เป็นผลดีทั้งต่อมนุษย์ และเครื่องใช้ โดยเฉพาะ เครื่องปรับอากาศ ที่ทุกบ้านใช้ กันอยู่ หลายๆ สาเหตุของแอร์ เกิดจาก เพียงแค่แอร์สกปรกหรือแอร์ตัน จากการสะสมของฝุ่น ละออง เก่านั้น ซึ่งเป็นเพียง แคปัญหาล็กๆ แต่ถ้าปล่อยไว้นาน ปัญหาเล็กๆ ก็จะกลายเป็น ปัญหาใหญ่ หรือเป็น จุดเริ่มต้นของแอร์เสีย นี่ก็คือ เหตุผลว่าทำไม เราถึงต้องล้างแอร์ นั่นก็คือเรา จะเสียเงิน ค่าบำรุงรักษาแอร์ น้อยกว่า การเสียเงินเพื่อซ่อมแซม แอร์บ้าน นั้นเองบ้านเรือน ทั่วไปที่มี เครื่องปรับอากาศ ควรจะบำรุงรักษาโดยการล้างแอร์ เต็มระบบ เป็นประจำอย่างน้อย ปีละ 1-2 ครั้ง หรือ ปีละ 3-4 ครั้ง สำหรับบ้านเรือนที่อยู่ติดถนนหรืออาคารสำนักงานที่มีการใช้ เครื่องปรับอากาศ เต็มที่เป็นเวลานานๆ

❖ สรุป ผลจากการดูแล เครื่องปรับอากาศ สม่าเสมอ

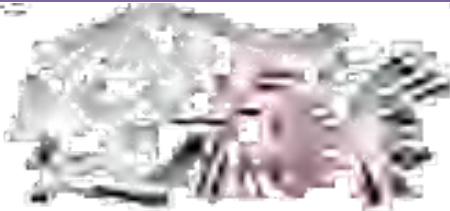
- ประหยัดค่าไฟฟ้า
- ยืดอายุการใช้งานของ เครื่องปรับอากาศ
- ลดปริมาณเชื้อโรคในอากาศและการสะสมในฝุ่นละออง
- เครื่องปรับอากาศทำความเย็นได้เร็วขึ้น
- ลดปริมาณกลิ่นอับชื้นใน เครื่องปรับอากาศ
- ประหยัดรายจ่ายในเรื่องค่า ซ่อมเครื่องปรับอากาศ
- คุ่มค่าเงิน
- ช่วยลดภาวะโลกร้อนอันเนื่องจาก ลดการใช้พลังงาน



ภาพที่ 511 ทำไมต้องล้างแอร์

❖ ทำไมต้องล้างแอร์

ตารางที่ 78 แสดงเครื่องมืองานล้างเครื่องปรับอากาศ

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ชุดเครื่องมือพื้นฐานงานช่างเครื่องปรับอากาศ
	บันไดอลูมิเนียม
	เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	สายและหัวฉีดน้ำแรงดันสูง สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	สายยางจ่ายน้ำ
	ข้อต่อจ่ายน้ำ
	ที่พ่นน้ำยาล้างเครื่องปรับอากาศ

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 12 : การบำรุงรักษาและซ่อมเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	ถังน้ำ จำนวน 2 ใบ
	ผ้าใบล้างแอร์ แบบต่างๆ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	ผ้าใบปูพื้น สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	สว่านมือไฟฟ้า แบบไร้สาย
	เครื่องเป่าลม หรือโบลเวอร์เป่าลม
	มัลติมิเตอร์ แบบเข็ม
	แคลมป์ออนมิเตอร์แบบดิจิตอล

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศแบบดิจิตอล
	มิเตอร์ วัดความเร็วลมแบบดิจิตอล
	ไขควงวัดไฟ
	แมนิโฟลด์เกจหรือเกจวัดแรงดันน้ำยาแอร์ (r 22 ,r 410a ,r 32 ,r 134a)
	หวีฟลคอยล์ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	ไฟฉายแบบพกพา
	น้ำยาล้าง ฟินคอยล์ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก หัวข้อวิชาที่ 12 : การบำรุงรักษาและซ่อมเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

รูปเครื่องมือ	ชื่อเรียก
	สารทำความเย็น (ถัง) สำหรับเครื่องปรับอากาศแต่ละชนิด
	น้ำมันอเนกประสงค์ชนิดต่างๆ
	นํ้ายาล้างหน้าสัมผัสทางไฟฟ้า
	ผ้าแห้งซับน้ำ สำหรับล้างเครื่องปรับอากาศ
	โบลักไฟ จำนวน 2 ชุด
	เซฟตี้ชาร์จวาล์ว ทองเหลือง สำหรับตันศรน้ำยาแอร์ r 22
	เซฟตี้ชาร์จวาล์ว ทองเหลือง สำหรับตันศรน้ำยาแอร์ r 32 , r 410a

❖ ขั้นตอนการล้างเครื่องปรับอากาศ

1. การตรวจสอบเครื่อง

ก่อนการล้าง ให้ทำการตรวจเช็คสภาพอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ และตรวจสอบการทำงานของเครื่อง ตามขั้นตอนดังนี้

- ใช้รีโมทหรือเปิดสวิตช์ เปิดให้เครื่องปรับอากาศทำงานประมาณ 15-30 นาที รอจนน้ำทิ้งไหล
- ทำการเปิดฝาดูรอบจุดต่อสายไฟ ที่ side panel ของเครื่องตัวนอก
- นำ clamp amp คล้องที่สายไฟเพียง 1 เส้น
- ใช้ประแจเลื่อนเปิด ser-ice charge
- นำเกจ และสายเกจวัดแรงดันของน้ำยาที่ ser-ice charge
- จดบันทึกข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เช่น ค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ การทำความเย็น ความเร็วรอบพัดลม และความดันสารทำความเย็นของเครื่อง
- หลังจากตรวจสอบเครื่องโดยละเอียดแล้ว จึงใช้ผ้าพลาสติกปูที่พื้น และคลุมส่วนต่างๆ รอบบริเวณที่จะล้าง

2. การถอดเครื่องตัวใน

- ปิดเบรกเกอร์ **(สำคัญมากๆ)**
- ถอดหน้ากากช่องดูดลม โดยทำการดึงตะแกรงช่องดูดลมเข้าหาตัว และนำสกรูที่ยึดตะแกรงช่องดูดลมออก
- ดึงช่องดูดลม และแผ่น Filter ออกมา

3. การถอด font Panel และพัดลม

- การถอด Font panel และพัดลม โดยทำการไขสกรูยึดทั้งหมด เพื่อถอด Font panel ออก
- ถอดฝาดูรอบพัดลมด้านบน ทั้งด้านซ้าย และด้านขวาออก
- ถอด connector ของมอเตอร์ และถอดสกรูที่ล็อกเหล็กรัดมอเตอร์ออก เพื่อนำมอเตอร์ออกมา
- ใช้ประแจหกเหลี่ยม ขนาด 3 มม. ถอดใบพัดลมกรงกระรอก blower



ภาพที่ 512 ก่อนล้างต้องทดสอบเครื่องฯและทำการจดบันทึกข้อมูลต่างๆ

4. การถอดช่องพ่นลม (nozzle)

- ขั้นตอนการถอดช่องพ่นลม โดยเริ่มจากถอด connector ที่ต่อระหว่าง board กับ display
- จากนั้นถอด connector ของ indoor coil connector
- ถอดสกรูยึดช่องพ่นลมด้านหน้าและด้านหลังออก และนำช่องพ่นลมออกมา
- ถอดมอเตอร์สวิง และไฟ display

5. การถอดถาดระบายน้ำทิ้ง

- การถอดถาดระบายน้ำทิ้งต้องดึงโคมที่อยู่ด้านบนออกจึงจะเห็นสกรูที่ยึดถาดอยู่ ถอดสกรูที่ยึดถาดระบายน้ำทิ้งด้านหน้า และด้านล่างออก
- จากนั้นทำการถอดท่อระบายน้ำทิ้งออกจากถาด และถอดถาดระบายน้ำทิ้งออกจากเครื่อง
- และจึงนำถาดระบายน้ำทิ้งไปล้างทำความสะอาด และเป่าให้แห้งด้วย brower
- และขยับ heat -exchanger ด้านซ้าย ดึงบูชยางด้านซ้าย และนำ Line Flow Fan ออกมา และกดลิ้น heat -exchanger เข้าที่เดิม

6. การล้างแผง Heat Exchanger

- ก่อนการล้างต้องนำเอาผ้าใบรองน้ำมาห่อหุ้มเครื่องเอาไว้เพื่อกันน้ำที่ล้าง น้ำความสะอาด กระเซ็นเลอะพื้น และต่อท่อระบายน้ำทิ้งออกไปด้านนอก
- ใช้หัวฉีดแรงดันสูง ฉีดน้ำเข้าไปที่แผง coil heat exchanger เพื่อทำความสะอาดแผง ใช้เวลาในการฉีดทำความสะอาด- สะอาดประมาณ 15 – 20 นาที จนแน่ใจว่าเครื่องสะอาดดีแล้ว
- ใช้หัวฉีดแรงดันสูง ฉีดล้างทำความสะอาดท่อระบายน้ำทิ้ง 1-2 นาที
- ใช้ brower เป่าแผง coil heat exchanger ให้แห้ง
- เมื่อทำความสะอาดแผง coil heat exchanger เสร็จแล้วนำผ้าใบรองน้ำออก



ภาพที่ 513 ถอดอุปกรณ์เครื่องตัวในและล้างด้วยเครื่องแรงดันน้ำสูง

7. การประกอบถาดรองน้ำ

- นำชิ้นส่วนที่ล้างแล้วมาวางเรียงไว้ เพื่อความสะดวกในการประกอบ
- นำถาดรองน้ำมาประกอบกับตัวเครื่องเข้าที่เดิม และขันสกรูยึดถาดรองน้ำด้านบนให้แน่น และนำโฟมมาประกอบเข้าที่เดิม จากนั้นไขสกรูด้านล่างถาดรองน้ำให้แน่น
- ต่อท่อระบายน้ำทิ้งกลับถาดระบายน้ำ

8. การประกอบช่องลม

- การประกอบช่องลม โดยนำมอเตอร์สวิง และไฟ display มาประกอบกลับที่เดิม และขันสกรูยึดให้เรียบร้อย
- นำช่องฟันทลมประกอบกลับที่ส่วนบนของเครื่อง ขันด้วยสกรูด้านใน และด้านหน้าให้เรียบร้อย
- หลังจากยึดช่องฟันทลมเรียบร้อยแล้ว จัดสาย display และสาย t ermitter และเสียบแต่ละสายกลับเข้า connector และเก็บสายไฟไว้ด้านในตัวเครื่องให้เรียบร้อย

9. การประกอบ font Panel และพัดลม

- การประกอบ Font panel และพัดลมเริ่มโดยนำเหล็กยึดมอเตอร์มาประกอบกลับ และขันสกรูเพื่อยึดเหล็กยึดมอเตอร์ให้แน่น
- ประกอบฝาครอบพลาสติกของพัดลมด้านล่าง และยึดด้วยสกรู ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของเครื่อง
- ประกอบใบพัดลมกรงกระรอก blower จากนั้นปรับใบพัดให้อยู่ตรงลอคของแกนมอเตอร์ และลอคด้วยประแจหกเหลี่ยมขนาด 3 มม.
- ประกอบเหล็กยึดมอเตอร์ และขันยึดด้วยสกรูทั้งด้านซ้าย และด้านขวาของเครื่อง
- เสียบสาย connector ของมอเตอร์ และนำ Font panel ประกอบ โดยขันยึดด้วยสกรูทั้งหมด



ภาพที่ 514 คลอบด้วยผ้าใบล่างเครื่องปรับอากาศและฉีดน้ำทำความสะอาดฟินคอยล์

10. การประกอบช่องดูดลม

- นำช่องดูดลมเกี่ยวกับด้านล่างของเครื่อง และใช้สกรูขันยึด
- จากนั้นนำ Filter ที่ล้างทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว ใส่กลับในช่องใส่ Filter ดันช่องดูดลมเข้าหาตัวเครื่อง และล็อกให้แน่น
- ตรวจสอบความเรียบร้อย

11. การถอดล้างเครื่องตัวนอก

- การถอดล้างเครื่องตัวนอกของเครื่องปรับอากาศ โดยเริ่มจากการถอด cabinet หรือฝาด้านหน้า
- ถอด connector ของพัดลมตัวนอก
- ถอด bolt ที่ยึดติดใบพัดลม และถอดใบพัดลมออก
- ถอดเหล็กขับพอร์ตพัดลม
- ฉีดน้ำล้างทำความสะอาด Fin coil หรือ heat exchanger ตัวนอก, cabinet ซิลิโคนด้วยน้ำยาล้างทำความสะอาด และขัดถูชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยแปรง ล้างให้สะอาด
- เมื่อล้างทุกชิ้นสะอาดเสร็จแล้ว ให้ใช้ brower เป่าให้แห้ง และใช้ผ้าแห้งเช็ดอีกครั้ง



ภาพที่ 515 ถอดอุปกรณ์เครื่องตัวนอกและล้างด้วยเครื่องแรงดันน้ำสูง

12. การประกอบเครื่องตัวนอก

- การประกอบเครื่องตัวนอก เมื่อทำความสะอาดเสร็จแล้ว ประกอบเหล็กขับพอร์ตมอเตอร์ ขับด้วยสกรูให้แน่น
- ประกอบใบพัดตัวนอก ชั้น bolt ยึดใบพัดให้เรียบร้อย
- เสียบ connector และ ประกอบ cabinet ให้เรียบร้อย
- ฉีดล้างทำความสะอาดบริเวณที่ทำความสะอาดเครื่องตัวนอกให้เรียบร้อย

13. การทดสอบเครื่อง

- เมื่อประกอบเครื่องเรียบร้อย จะต้องทำการทดสอบเครื่องโดยการเปิดเบรกเกอร์ และเปิดรีโมทคอนโทรล เพื่อทดสอบความเย็น และทดสอบการทำงานของเครื่องว่าทำงานได้อย่างปกติ
- จัดบันทึกข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เช่น ค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ การทำความเย็น ความเร็วรอบพัดลม และความดันสารทำความเย็นของเครื่อง
- จากนั้นนำผ้าสะอาดเช็ดให้ทั่วอีกครั้ง และจัดส่งมอบงานให้ลูกค้า และอธิบายวิธีการบำรุงรักษาเบื้องต้นให้ลูกค้าเข้าใจ



ภาพที่ 516 เป่าด้วย brower ให้แห้ง แล้วแต่งคอยล์ร้อนด้วยหวีแต่งฟินคอยล์

2. วิธีการบำรุงรักษา เครื่องปรับอากาศ

การบำรุงรักษาที่ถูกต้องและสม่ำเสมอ ทำให้เครื่องปรับอากาศมีอายุใช้งานได้ยาวนาน มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน ไฟฟ้า ตลอดเวลา ซึ่งควรปฏิบัติดังนี้

1. หมั่นทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศทุกๆ 2 สัปดาห์ เพื่อให้เครื่องสามารถ จ่ายความเย็นได้เต็มที่ตลอดเวลา
2. หมั่นทำความสะอาดแผงท่อทำความเย็น ด้วยแปรงนุ่มๆ และน้ำผสมสบู่เหลว อย่างอ่อนทุก 6 เดือน เพื่อให้เครื่องทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ
3. ทำความสะอาดพัดลมส่งลมเย็น ด้วยแปรงขนาดเล็ก เพื่อขจัดฝุ่นละอองที่จับ กันเป็นแผ่นแข็งและติดกันอยู่ตามซี่ใบพัดทุก 6 เดือน จะทำให้พัดลมส่งลมได้เต็มสมรรถนะ ตลอดเวลา
4. ทำความสะอาดแผงท่อระบายความร้อน โดยการใช้น้ำฉีด ล้างทุกๆ 6 เดือนเพื่อให้เครื่องสามารถนำความร้อนภายในห้องออกไปทิ้งให้แก่อากาศภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แอร์ไม่เย็น
5. หากปรากฏว่าเครื่องไม่เย็นเพราะสารทำความเย็นรั่วต้องรีบตรวจหารอยรั่วแล้ว ทำการแก้ไขพร้อมเติมให้เต็มโดยเร็ว มิฉะนั้นเครื่องจะใช้พลังงานไฟฟ้าโดยไม่ทำให้เกิดความ เย็นแต่อย่างไร
6. ตรวจสอบฉนวนหุ้มท่อสารทำความเย็นอย่างสม่ำเสมอ อย่าให้เกิดฉีกขาด

ตารางที่ 79 แสดงประมาณการค่าบริการล้างแอร์**ค่าบริการ ล้างแอร์ แบบติดผนัง (Wall Type)**

Type	Btu/h	Price/Set	Time
ติดผนัง (wall type)	9,000 - 15,000	500	40 นาที
ติดผนัง (wall type)	15,100 - 25,000	700	1 ชั่วโมง
ติดผนัง (wall type)	25,100 - 30,000	900	1 ชั่วโมง
ติดผนัง (wall type)	30,100 - 35,000	1,100	1.5 ชั่วโมง

ราคาดังกล่าวยังไม่รวมน้ำยา ราคาน้ำยา R22 ป้อนแต่ละ 30 นาที, น้ำยา R410a และ R32 ป้อนแต่ละ 50 นาที

ค่าบริการ ล้างแอร์ แบบตั้งแขวน (Floor Ceiling Type, Floor Standing Type)

Type	Btu/h	Price/Set	Time
ตั้งแขวน (ceiling type)	12,000 - 15,000	700	1 ชั่วโมง
ตั้งแขวน (ceiling type)	15,100 - 25,000	900	1 ชั่วโมง
ตั้งแขวน (ceiling type)	25,100 - 30,000	1,100	1 ชั่วโมง
ตั้งแขวน (ceiling type)	30,100 - 35,000	1,300	1 ชั่วโมง
ตั้งแขวน (ceiling type)	35,100 - 40,000	1,500	1.5 ชั่วโมง
ตั้งแขวน (ceiling type)	40,100 - 50,000	1,800	1.5 ชั่วโมง
ตั้งแขวน (ceiling type)	50,100 - 60,000	2,000	2 ชั่วโมง

ราคาดังกล่าวยังไม่รวมน้ำยา ราคาน้ำยา R22 ป้อนแต่ละ 30 นาที, น้ำยา R410A และ R32 ป้อนแต่ละ 50 นาที

3. การปั๊มดาวน์น้ำยาแอร์

การปั๊มดาวน์คืออะไรการปั๊มดาวน์น้ำยาแอร์บ้าน คือการดูดน้ำยาในระบบทั้งหมดมาเก็บไว้ที่ชุดคอยล์ร้อน (condensing unit) ทำเมื่อต้องการถอดแอร์ ย้ายแอร์หนีน้ำ ย้ายตำแหน่งการติดตั้ง หรือต้องการเปลี่ยนแอร์ โดยที่ไม่ให้น้ำยาแอร์รั่วไหลออกไปในอากาศ วิธีการค่อนข้างใช้เทคนิคและความรู้เรื่องช่างแอร์ ดังนั้นต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ โดยเครื่องมือในการทำปั๊มดาวน์ได้แก่ เกจน้ำยา ประแจเลื่อน ประแจหกเหลี่ยม คลิป แอมป์มิเตอร์และการทำปั๊มดาวน์สามารถทำได้กับแอร์ที่มี stop -al-e ที่คอยล์ร้อนเท่านั้น แอร์รุ่นเก่าหรือแอร์ฟิที่ประกอบขึ้นอาจไม่มี stop -al-e หลักการก็คือปิด stop -al-e ด้านส่งไว้ และเปิด stop -al-e ด้านดูดให้คอมเพรสเซอร์ทำงานและดูดน้ำยาแอร์ทั้งหมดกลับมาที่คอยล์ร้อน เมื่อดูดหมดก็ทำการปิด stop -al-e ล็อคน้ำยาเอาไว้

วิธีการปั๊มดาวน์น้ำยาแอร์ทำได้ดังนี้

1. ทำการเปิดฝาเครื่องออก
2. คลายฝาครอบของ stop -al-e ออกจะเห็นรูหกเหลี่ยม สำหรับใส่ประแจหกเหลี่ยมเพื่อเปิด-ปิด stop -al-e (เปิดวาล์วหมุนตามเข็มนาฬิกา เปิดวาล์วหมุนทวนเข็มนาฬิกา)
3. ต่อสายเกจวาล์วเข้าที่วาล์วบริการ (service -al-e) ทั้งด้านส่ง (discharge) และด้านดูด (suction) และเปิดวาล์วเกจน้ำยา สังเกตเข็มจะตวัดขึ้นไปตามเข็มนาฬิกา นั่นคือแรงดันขณะคอมเพรสเซอร์แอร์ไม่ทำงาน
4. ปิด stop -al-e ด้านส่งให้สนิท ด้านดูดปิดแค่ครึ่งเดียว
5. ใช้ คลิปแอมป์ คล้องกับสายไฟฟ้าที่ใช้จ่ายให้แอร์โดยคล้องที่สายไฟฟ้าขั้ว L หรือขั้วที่มีไฟ เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าขณะทำการปั๊มดาวน์น้ำยาแอร์ หากมีกระแสสูงเกินไปกว่าที่เครื่องกำหนดไว้ให้ทำการสับสวิตช์ไฟฟ้าลง ปิดเครื่องแอร์ทันทีเพื่อความปลอดภัย เพราะแรงดันสูงสะสมที่คอมเพรสเซอร์กระแสไฟฟ้าสูงเกินไปคอมเพรสเซอร์อาจเกิดระเบิดได้
6. วิธีการขั้นนี้ต้องทำด้วยความรวดเร็ว และสั้นที่สุดไม่ควรนานเกินกว่า 20 วินาที เพราะถ้านานกว่านั้นคอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติและอาจจะระเบิดได้ ทำการเปิดเครื่องปรับอากาศและรอให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน เมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานให้สังเกตแรงดันน้ำยาที่เกจวัดแรงดันน้ำยาด้านส่งและด้านดูดจะลดลงพร้อมๆกัน และสังเกตคลิปแอมป์มิเตอร์ว่ากระแสไฟฟ้าไม่เกินกว่าที่เครื่องกำหนด เมื่อแรงดันน้ำยาแอร์ใกล้ถึง 0 psi ให้ปิด stop -al-e ด้านดูดและเครื่องปรับอากาศทันที เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยาแอร์ไหลย้อนกลับไปในระบบ
7. เมื่อทำตามขั้นตอนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ถอดสายเกจน้ำยาออก ประกอบฝาครอบ stop -al-e
8. ถ้าต้องการย้ายคอยล์ร้อนก็ทำการถอดสายไฟฟ้าออกจากคอยล์ร้อน คลายแพร้นต์ที่เชื่อมต่อท่อ น้ำยาแอร์กับ stop -al-e ออก และทำการรื้อส่วนอื่นๆต่อไป

****อย่าลืมนะครับ ขั้นตอนที่ 6 ควรทำด้วยความระมัดระวังและเร็วที่สุด****

****วิธีสังเกตท่อด้านส่ง(discharge)เล็กกว่าด้านดูด(Suction)****



ภาพที่ 517 วิธีการป้อนดาวน้ยาแอร์



แอร์สกปรกก่อนล้าง



แอร์หลังการล้าง

ภาพที่ 518 ก่อนและหลังล้างแอร์

ภาคผนวก

ช่างซ่อมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ			
ตารางมาตรฐานรหัสสีสายไฟมอเตอร์พัดลมคอยล์เย็นและคอยล์ร้อน			
มาตรฐานสากล	EU.	USA.	JAPAN
สาย Start	สีน้ำตาล	สีชมพู	สีน้ำตาล
สาย Run	สีเหลือง	สีขาว	สีขาว
สาย Low	สีแดง	สีส้ม	สีแดง
สาย Med	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีน้ำเงิน
สาย Hi	สีดำ	สีดำ	สีดำ

ช่างซ่อมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ							
พิสัยการคำนวณองค์ประกอบของแอร์ในเชิงพาณิชย์							
ลำดับ	ขนาด	ขนาดเกิน	ปริมาณน้ำรวมตัว	ขนาดสายไฟ	ปริมาณกระแสไฟฟ้ารวมตามกำหนด	ขนาดท่อระบายน้ำ	ขนาดท่อรวมกันตัว
ITon	Rtn / h		Pounds (Pd)	m ²	Amps	Discharge	Suction
1	9,000	1	60 - 75	1 - 2.5	(4.8 - 5.2)	1/4	3/8
2	12,000	1	60 - 75	1.5 - 2.5	(4.8 - 5.2)	5/16, 3/8	1/2
3	16,000	1.5	60 - 75	4	(6.5 - 8)	3/8	1/2
4	18,000	1.5	60 - 75	4	(7.5 - 8)	3/8	1/2, 5/8
5	20,000	1.5	70 - 80	4	(8 - 9.5)	3/8	1/2, 5/8
6	25,000	2	70 - 80	4	(8 - 10)	3/8	5/8
7	28,000	2.5	75 - 90	6	(11 - 12)	3/8, 1/2	5/8
8	32,000	2.5	75 - 90	6	(12 - 13)	3/8, 1/2	5/8
9	36,000	3	75 - 90	6	(13 - 14)	1/2	5/8
10	38,000	3.5	วัดจากกระเปาะ	4 - 6	-10(12.5 - 18) , -30(5.5 - 7)	1/2	5/8, 3/4
11	44,000	3.5	วัดจากกระเปาะ	4 - 6	-10(14.5 - 18) , -30(7.5 - 9)	1/2	5/8, 3/4
12	60,000	5	วัดจากกระเปาะ	4 - 6	-10(16.5 - 18) , -30(9.5 - 11)	1/2	3/4
13	รอบนอก (12)	-	30 - 35	-	ความเร็วที่ 1,500 - 1,800 รอบ	3/8	5/8

ภาคผนวก

ตารางแปลงค่า หน่วยการวัดพลังงานความร้อน

	1 BTU/h	1 Kcal/h	1 W	1 KJ	1 HP	1 RTon
1 BTU/h	1	0.252	0.293	1.055	0.0009	0.00083
1 Kcal/h	3.968	1	1.163	4.186	0.0015	0.001529
1 W	3.413	0.85	1	3.601	0.00133	0.00283
1 KJ	0.948	0.239	0.278	1	0.00037	0.000379
1 HP	2559	645	750	2700	1	0.312
1 RTon	12000	3024	3516	12690	4.98	1

ตารางที่ 2
ตารางเทียบหน่วยความยาว

เซนติเมตร	เมตร	กิโลเมตร	นิ้ว	ฟุต	ไมล์
1	0.01	10^{-5}	0.3937	0.03281	6.214×10^{-6}
100	1	10^{-3}	39.37	3.281	6.214×10^{-4}
10^5	10^3	1	3.937×10^4	3.281×10^3	0.6214
2.54	0.0254	2.540×10^{-5}	1	0.08333	1.578×10^{-5}
30.48	0.3048	3.048×10^{-4}	12	1	1.894×10^{-4}
1.609×10^5	1609	1.609	6.336×10^4	5280	1

ภาคผนวก

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)

ตารางที่ 3
ตารางเทียบหน่วยพื้นที่

ซม. ²	ม. ²	กม. ²	นิ้ว ²	ฟุต ²	ไมล์ ²
1	10^{-4}	10^{-10}	0.155	1.076×10^{-3}	3.861×10^{-11}
10^4	1	10^{-6}	1550	10.76	3.861×10^{-7}
10^{10}	10^6	1	1.550×10^9	1.076×10^7	0.3861
6.452	6.452×10^{-4}	6.452×10^{-10}	1	6.944×10^{-3}	2.491×10^{-10}
929	0.0929	9.290×10^{-8}	144	1	3.587×10^{-8}
2.590×10^{10}	2.590×10^6	2.59	4.014×10^9	2.788×10^7	1

คู่มือผู้รับการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)

ตารางที่ 4
ตารางเทียบหน่วยปริมาตร

ซม. ³	(ลิตร) ซม. ³	ม. ³	นิ้ว ³	ฟุต ³
1	10^{-3}	10^{-6}	0.06102	3.531×10^{-6}
10^3	1	10^{-3}	61.02	0.03531
10^6	10^3	1	6.102×10^4	35.31
16.39	0.06139	1.639×10^{-6}	1	5.787×10^{-4}
2.832×10^4	28.32	0.02832	1728	1

ภาคผนวก

สำเนาต่อครั้งที่ ๑๖ ลงวันที่ ๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๓

ตารางที่ 5
ตารางเทียบหน่วยมวลสาร

กรัม	กก.	ปอนด์	ชอร์ตตัน (Short tons)	เมตริกตัน
1	10^{-3}	2.205×10^{-3}	1.102×10^{-6}	10^{-6}
10^3	1	2.205	1.102×10^{-3}	10^{-3}
453.6	0.4536	1	5.0×10^{-4}	4.536×10^{-4}
9.072×10^5	907.2	2×10^3	1	0.9072
10^6	10^3	2.205×10^3	1,102	1

สำเนาต่อครั้งที่ ๑๖ ลงวันที่ ๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๓

ตารางที่ 6
ตารางเทียบหน่วยเวลา

วินาที	นาที	ชั่วโมง	วัน	ปี
1	1.667×10^{-2}	2.778×10^{-4}	1.157×10^{-5}	3.169×10^{-8}
60	1	1.667×10^{-2}	6.944×10^{-4}	1.901×10^{-6}
3.60×10^3	60	1	0.04167	1.141×10^{-4}
8.64×10^4	1.440×10^3	24	1	2.738×10^{-3}
3.156×10^7	5.260×10^5	8.766×10^3	365.24	1

ภาคผนวก

คำแปลหน่วยกำลังงานกับหน่วยกำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 7
ตารางเทียบหน่วยพลังงาน

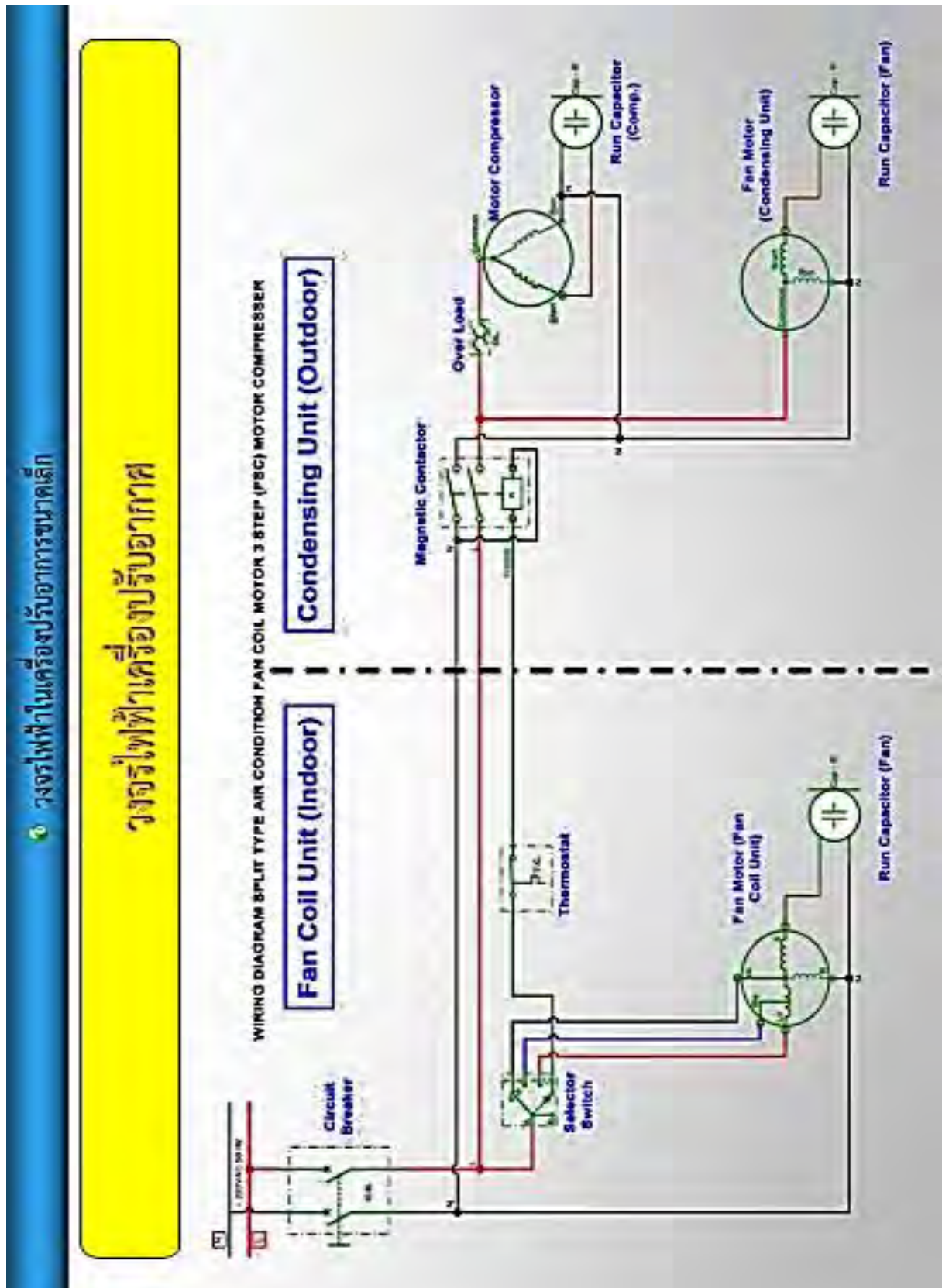
จูล	วัตต์-ชม.	กิโลวัตต์-ชม.	กรัม-คาลอรี	บีทียู	MeV
1	10^{-7}	2.778×10^{-14}	2.388×10^{-8}	9.478×10^{-11}	6.242×10^{-6}
10^7	1	2.778×10^{-7}	0.2388	9.478×10^{-4}	6.242×10^{-12}
3.6×10^{13}	3.6×10^6	1	8.598×10^6	3.412×10^3	2.247×10^{19}
4.187×10^7	4.187	1.163×10^{-6}	1	3.968×10^{-3}	2.613×10^{-13}
1.055×10^{10}	1.055×10^3	2.931×10^{-4}	252	1	6.586×10^{15}
1.602×10^{-6}	1.602×10^{-13}	4.450×10^{-20}	3.826×10^{-14}	1.518×10^{-15}	1

คำแปลหน่วยกำลังงานกับหน่วยกำลังไฟฟ้า

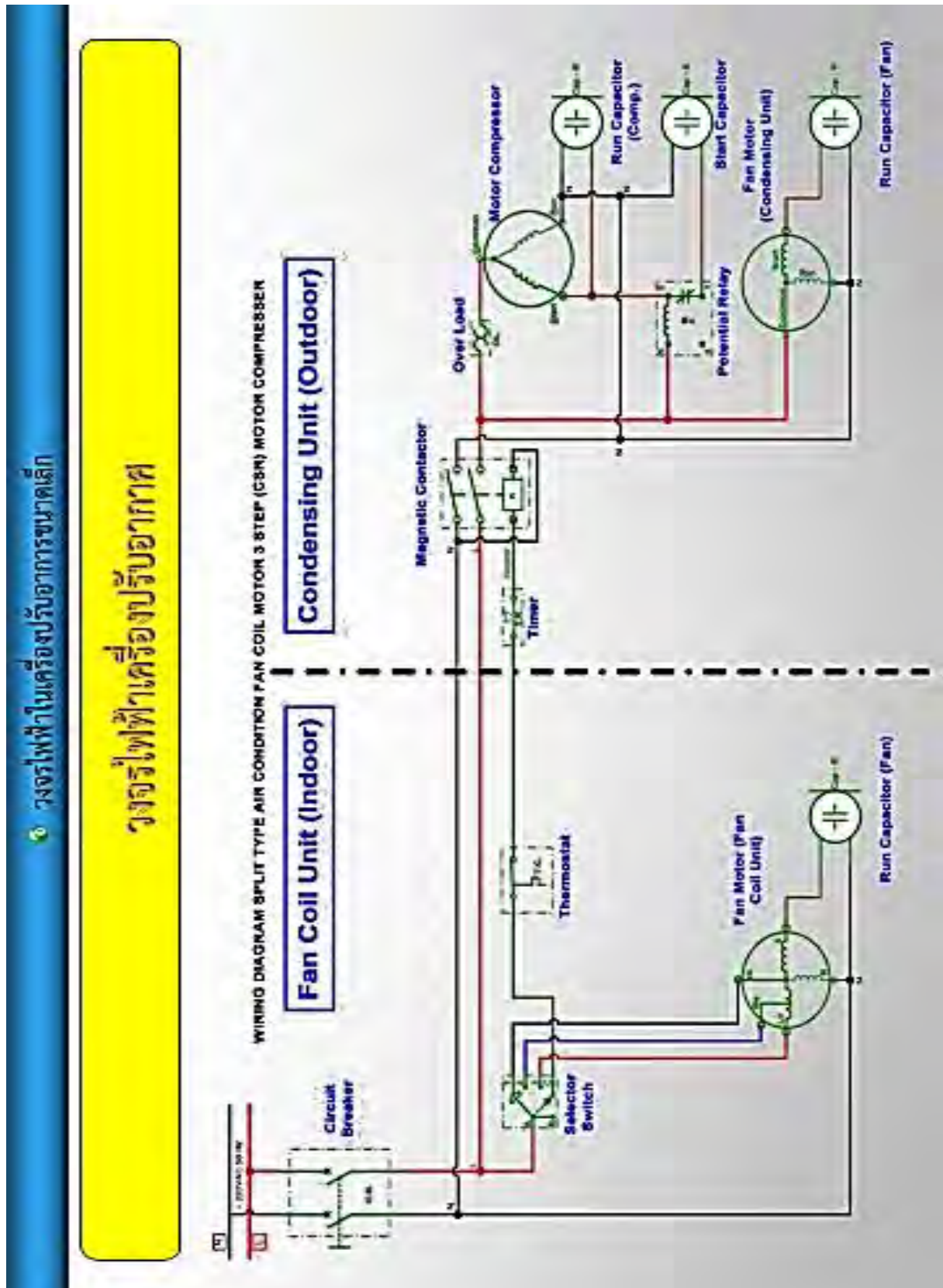
ตารางที่ 8
ตารางเทียบหน่วยกำลังงาน

วัตต์	กิโลวัตต์	เมกะวัตต์	บีทียู/ชม.	MeV/sec
1	10^{-3}	10^{-6}	3.412	6.242×10^{12}
10^7	1	10^{-3}	3.412×10^3	6.242×10^{15}
10^6	10^3	1	3.412×10^6	6.242×10^{18}
0.2931	2.931×10^{-4}	2.931×10^{-7}	1	1.829×10^{12}
1.602×10^{-13}	1.602×10^{-16}	1.602×10^{-19}	5.466×10^{-13}	1

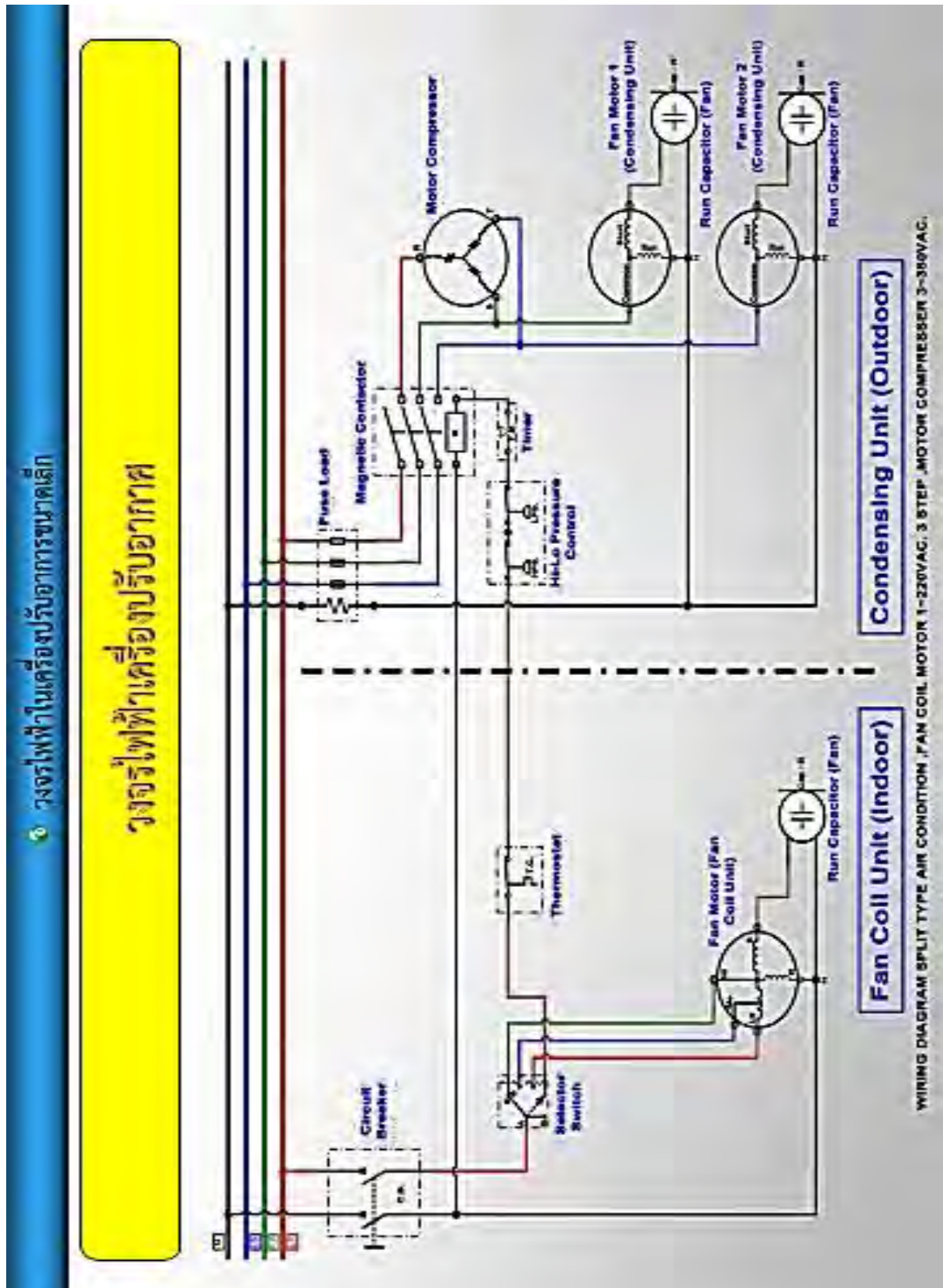
ภาคผนวก



ภาคผนวก



ภาคผนวก



หน้าที ค
คู่มือผู้รับบริการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ภาคผนวก

ชื่อบริษัท : _____									
ที่อยู่ : _____									
โทรศัพท์ : _____									
ใบงานเลขที่ _____									
ประเภทงาน ☐ ติดตั้งแอร์ ☐ ถ้างแอร์ ☐ ซ่อมแอร์ ☐ ย้ายแอร์									
ชื่อลูกค้า _____	ชื่อผู้ติดต่อ _____								
ที่อยู่ _____									
หมายเลขโทรศัพท์ _____									
ชื่ออาคาร _____	ชั้น _____ หมายเลขห้อง _____								
ข้อมูลเครื่องปรับอากาศ									
ยี่ห้อ _____	รุ่นแอร์ (คอมบีหรือแยกชิ้น)								
ขนาดแอร์ _____ บีทียู/ชม.	แรงดันไฟฟ้า _____ โวลต์ (V) EER/SEER _____								
Serial No: _____	กระแสไฟฟ้า _____ แอมป์ (A) ชนิดน้ำยา _____								
รายการตรวจเช็คเครื่องปรับอากาศ									
No	Action	Detailed Action	✓	ไม่ทำ	✓	ทำ	ก่อน PM	หลัง PM	หน่วยนับ
1	บันทึก	ตั้งค่าอุณหภูมิห้อง		ไม่ทำ		ทำ			°C
2	บันทึก	อุณหภูมิ สมเข้าคอยล์ร้อน		ไม่ทำ		ทำ			°C
3	บันทึก	อุณหภูมิ สมออกคอยล์ร้อน		ไม่ทำ		ทำ			°C
4	บันทึก	แรงดันไฟฟ้า ของ คอยล์ร้อน		ไม่ทำ		ทำ			V.
5	บันทึก	กระแสไฟฟ้า ของ คอยล์ร้อน		ไม่ทำ		ทำ			A.
6	บันทึก	ความดันน้ำยา ผิวดูดเข้า		ไม่ทำ		ทำ			Psi
7	บันทึก	ความดันน้ำยา ผิวดูดออก		ไม่ทำ		ทำ			Psi
8	บันทึก	อุณหภูมิ สมเข้าคอยล์เย็น		ไม่ทำ		ทำ			°C
9	บันทึก	อุณหภูมิ สมออกคอยล์เย็น		ไม่ทำ		ทำ			°C
10	บันทึก	ความเร็วลมสูงสุด ของ คอยล์เย็น		ไม่ทำ		ทำ			CFM
11	บันทึก	ระบบกระจายลมเย็น (Swing)		ไม่ทำ		ทำ			
12	ล้าง	คอยล์ร้อนด้วยแรงดันน้ำสูง		ไม่ทำ		ทำ			
13	ล้าง	คอยล์เย็นด้วยแรงดันน้ำสูง		ไม่ทำ		ทำ			
14	ล้าง	แผ่นกรองอากาศ ของ คอยล์เย็น		ไม่ทำ		ทำ			
15	ล้าง	พื้นที่ทำงาน		ไม่ทำ		ทำ			
16	เติม	น้ำยาแอร์เบอร์ (กรณีพร้อม) บาท/ปอนด์				จำนวน :	ปอนด์	ราคา :	บาท
17	เปลี่ยน					จำนวน :	หน่วย	ราคา :	บาท
18	เปลี่ยน					จำนวน :	หน่วย	ราคา :	บาท
19	เปลี่ยน					จำนวน :	หน่วย	ราคา :	บาท
20	เปลี่ยน					จำนวน :	หน่วย	ราคา :	บาท
ชื่อช่าง _____	ชื่อลูกค้า _____								
(_____)	(_____)								
วันที่ _____	วันที่ _____								

หน้าที ค
คู่มือผู้รับบริการฝึก หลักสูตรการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (280 ชม./140 ชม.)
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ภาคผนวก



ราคามะนาวาค่าติดตั้ง-อ้างอิงค่าบริการเครื่องปรับอากาศ

รายการ	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (บีทียู)	ราคาโดยประมาณ (บาท)	หมายเหตุ
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้าง เครื่องปรับอากาศทุกชนิด	8,000 - 80,000	300.00 - 600.00	
ค่าสารรีฟิลล์ยาแก๊ส เครื่องปรับอากาศทุกชนิด	8,000 - 20,000	20.00 - 30.00/กก	
ค่าสารรีฟิลล์ยาแก๊ส เครื่องปรับอากาศทุกชนิด	24,000 - 30,000	25.00 - 35.00/กก	
ค่าสารรีฟิลล์ยาแก๊ส เครื่องปรับอากาศทุกชนิด	32,000 - 8,0000	30.00 - 40.00/กก	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศชนิดผนัง	8,000 - 12,000	500.00 - 800.00	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศชนิดผนัง	15,000 - 24,000	600.00 - 800.00	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศชนิดผนัง	28,000 - 38,000	800.00 - 1,200.00	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศชนิดผนัง	40,000 - 48,000	1,200.00 - 1,800.00	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศตั้งพื้นในครัวเรือน	8,000 - 20,000	700.00 - 1,000.00	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศตั้งพื้นในครัวเรือน	24,000 - 30,000	800.00 - 1,200.00	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศตั้งพื้นในครัวเรือน	32,000 - 40,000	1,000.00 - 1,500.00	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศตั้งพื้นในครัวเรือน	42,000 - 48,000	1,200.00 - 1,800.00	
ค่าบริการตรวจเช็ค-ล้างใหญ่ เครื่องปรับอากาศตั้งพื้นในครัวเรือน	60,000 - 80,000	1,500.00 - 2,200.00	
ค่าซ่อมหรือปรับระบบน้ำยาเครื่องปรับอากาศทุกชนิด	8,000 - 20,000	1,800.00 - 2,200.00	
ค่าซ่อมหรือปรับระบบน้ำยาเครื่องปรับอากาศทุกชนิด	24,000 - 30,000	2,200.00 - 2,500.00	
ค่าซ่อมหรือปรับระบบน้ำยาเครื่องปรับอากาศทุกชนิด	32,000 - 40,000	2,400.00 - 2,800.00	
ค่าซ่อมหรือปรับระบบน้ำยาเครื่องปรับอากาศทุกชนิด	42,000 - 60,000	3,500.00 - 4,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดผนัง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	8,000 - 12,000	2,000.00 - 3,500.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดผนัง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	15,000 - 24,000	3,500.00 - 4,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดผนัง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	28,000 - 32,000	4,000.00 - 4,500.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดผนัง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	38,000 - 40,000	4,500.00 - 5,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดผนัง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	42,000 - 60,000	5,000.00 - 6,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดพื้นแขวน(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	8,000 - 12,000	3,000.00 - 4,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดพื้นแขวน(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	15,000 - 24,000	3,500.00 - 4,500.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดพื้นแขวน(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	28,000 - 32,000	4,000.00 - 5,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดพื้นแขวน(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	38,000 - 40,000	5,000.00 - 6,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดพื้นแขวน(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	42,000 - 60,000	6,000.00 - 8,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบตั้งที่สทราง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	12,000 - 24,000	16,000.00 - 12,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบตั้งที่สทราง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	28,000 - 32,000	12,000.00 - 15,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบตั้งที่สทราง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	38,000 - 40,000	15,000.00 - 18,000.00	
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบตั้งที่สทราง(รวมท่อน้ำยา 4 เมตร)	42,000 - 60,000	18,000.00 - 24,000.00	

หมายเหตุ

- * ราคาเป็นราคาค่าติดตั้ง ไม่รวมค่าอะไหล่และค่าใช้สอยอื่นใด เช่น ค่าช่างล้าง ค่าอะไหล่ ฯลฯ
- * ราคาเป็นเพียงค่าประมาณการเท่านั้น การคิดค่าบริการจะขึ้นอยู่กับปริมาณงานจริง
- * ค่าจ้างเครื่องปรับอากาศ 4 ลิตร/ชม. 1 ชั่วโมง 100 บาท ไม่รวมค่าเดินทางและค่าอะไหล่
- * ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 4 เมตร ตามใบกำกับสินค้า 10 เมตร เบื้องต้นและค่าอะไหล่
- * ราคาเป็นราคาประมาณการเท่านั้น ไม่สามารถรับประกันได้
- * เครื่องปรับอากาศทุกชนิด ให้ใช้ตามคู่มือการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ
- * ราคาเป็นราคาประมาณการเท่านั้น ไม่สามารถรับประกันได้

ภาคผนวก



ภาคผนวก

พิสัยการคำนวณองค์ประกอบของแอร์ในเชิงพาณิชย์ (R22)						
ลำดับ	ขนาด Room	ขนาดพื้นที่	ปริมาณน้ำยา Pounds (Psi)	ขนาดท่อ in ²	ปริมาณการเดินท่อ Amp.	ขนาดท่อ Discharge
1	9,000	1/2	60 - 70	1.5 - 2.5	(4.8 - 5.2)	3/8
2	12,500	1	60 - 75	2.5	(4.8 - 5.2)	3/8, 1/2
3	16,000	1.5	60 - 75	2.5 - 4	(6.5 - 8)	1/2
4	18,000	1.5	60 - 75	4	(7.5 - 8)	1/2, 5/8
5	20,000	1.5	70 - 80	4	(8 - 9.5)	1/2, 5/8
6	25,000	2	70 - 80	4	(8 - 10)	5/8
7	28,000	2.5	75 - 90	6	(11 - 12)	5/8
8	32,000	2.5	75 - 90	6	(12 - 13)	5/8
9	36,000	3	75 - 90	6	(13 - 14)	5/8

สรุปความดันสารทำความเย็นตามพื้นที่หรือความดัน (PSI, ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

R22 = 60 - 90 PSI

R410a = 120 - 140 PSI

R32 = 150 - 180 PSI

การคำนวณ ในแบบคำนวณเชิงพาณิชย์

600 เป็นตัวคูณรูปแบบ ห้องนอน, ห้องนั่งเล่น 3 x 4 / 4 x 4 / 4 x 5 / 5 x 5 กรณีห้องโถงแบบหลาย x 650

700 เป็นตัวคูณรูปแบบ ห้องรับแขก, ห้องอาหาร 5 x 6 / 6 x 6 / 6 x 7 / 7 x 7 กรณีห้องโถงแบบหลาย x 750

800 เป็นตัวคูณรูปแบบ ห้องประชุม, ห้องโถง 7 x 8 / 8 x 8 / 8 x 9 / 9 x 9 กรณีห้องโถงแบบหลาย x 850

900 เป็นตัวคูณรูปแบบ ห้องประชุม, ห้องโถง 7 x 8 / 8 x 8 / 8 x 9 / 9 x 9 กรณีห้องโถงแบบหลาย x 950 ความสูงเกินกว่า 3 เมตร

มอก.11-2553
ร้อยละในข้อ

Cable & CB(AT) selection guide follow new ETT standard 2001-56

IEC01 (THW), 1C - NY					2C - NY, IEC10			3C - NY, IEC10			4C - NY, IEC10		
Cable Size (sq. mm.)	T5-20 1Ph (A) →	CB (AT) →	T5-20 3Ph (A) →	CB	Cable Size (sq. mm.)	T5-20 1Ph (A)	CB (AT)	Cable Size (sq. mm.)	T5-20 3Ph (A)	CB (AT)	Cable Size (sq. mm.)	T5-20 3Ph (A)	CB (AT)
1.5	15	10A, 15A	13	10A	1.5	14	10A	1.5	13	10A	1.5	13	10A
2.5	21	16A	18	16A	2.5	20	20A	2.5	17	16A	2.5	17	16A
4	28	25A	24	25A	4	26	25A	4	23	20A	4	23	20A
6	36	32A	31	32A	6	33	32A	6	30	25A, 30A	6	30	25A, 30A
10	50	40A, 50A	44	40A	10	45	40A	10	40	40A	10	40	40A
16	66	63A	59	50A	16	60	50A	16	54	50A	16	54	50A
25	88	80A	77	63A	25	78	63A	25	70	63A	25	70	63A
35	109	100A	96	80A	35	97	80A	35	86	80A	35	86	80A
50	131	125A	117	100A	50	116	100A	50	103	100A	50	103	100A
70	167	150A, 160A	149	150A	70	146	125A	70	130	125A	70	130	125A
95	202	200A	180	160A	95	175	150A, 160A	95	156	150A	95	156	150A
120	234	225A	208	200A	120	202	200A	120	179	160A	120	179	160A
150	261	250A	228	225A	150	224	225A	150	196	200A	150	196	200A
185	297	300A	258	250A	185	256	250A	185	222	225A	185	222	225A
240	348	350A	301	300A	240	299	500A	240	258	250A	240	258	250A
300	398	400A	343	350A	300	343	350A	300	295	300A	300	295	300A

Remark:

- Cable size in this table not yet considered in case of voltage drop.

- อ้างอิงจากตารางที่ 5-20
- จำนวน 1 นาย

FP_ELECTRICAL ROOM_ELECTRICAL SYSTEM DESIGN _ REV.00 Date: MAY/2017/27

ภาคผนวก

ตารางเลือกขนาดสายไฟตามขนาดเบรกเกอร์ (AT)

Cable & CB(AT) selection guide follow new EIT standard 2001-56

0.6/1kV CV ร้อยในท่อ

CV-1C					CV-2C				CV-3C				CV-4C			
Cable Size (sq.mm.)	T5-27 1Ph (A)	CB (AT)	T5-27 3Ph (A)	CB (AT)	Cable Size (sq.mm.)	T5-27 1Ph (A)	CB (AT)	Cable Size (sq.mm.)	T5-27 3Ph (A)	CB (AT)	Cable Size (sq.mm.)	T5-27 3Ph (A)	CB (AT)	Cable Size (sq.mm.)	T5-27 3Ph (A)	CB (AT)
1.5	21	16A, 20A	18	16A	1.5	20	16A, 20A	1.5	18	16A	1.5	18	16A	1.5	18	16A
2.5	28	25A	25	20A, 25A	2.5	27	25A	2.5	24	20A	2.5	24	20A	2.5	24	20A
4	38	32A	34	32A	4	36	32A	4	32	30A	4	32	30A	4	32	30A
6	49	40A, 50A	44	40A	6	46	40A	6	40	40A	6	40	40A	6	40	40A
10	68	63A	60	63A	10	63	50A, 63A	10	55	50A	10	55	50A	10	55	50A
16	91	80A	80	80A	16	83	80A	16	73	63A	16	73	63A	16	73	63A
25	121	100A	106	100A	25	108	100A	25	96	80A	25	96	80A	25	96	80A
35	149	150A	131	125A	35	133	125A	35	116	100A	35	116	100A	35	116	100A
50	180	160A	159	150A, 160A	50	159	150A, 160A	50	140	125A	50	140	125A	50	140	125A
70	230	200A, 225A	202	200A	70	201	200A	70	177	150A, 160A	70	177	150A, 160A	70	177	150A, 160A
95	278	250A	245	225A	95	241	225A	95	212	200A	95	212	200A	95	212	200A
120	322	300A	284	250A	120	278	250A	120	244	225A	120	244	225A	120	244	225A
150	358	350A	311	300A	150	304	300A	150	273	250A	150	273	250A	150	273	250A
185	409	400A	349	350A	185	349	350A	185	309	300A	185	309	300A	185	309	300A
240	480	400A	410	400A	240	418	400A	240	362	350A	240	362	350A	240	362	350A
300	549	500A	468	500A	300	484	500A	300	414	400A	300	414	400A	300	414	400A

Remark :

- Cable size in this table not yet considered in case of voltage drop.

- อ้างอิงจากตารางที่ 5-27

- จำนวน 1 วงจร

FB_ELECTRICAL ROOM _ ELECTRICAL SYSTEM DESIGN _ Rev.00 Date : MAY/2013/27

229

- จำนวน 1 วงจร

- อ้างอิงจากตารางที่ 5-27

- Cable size in this table not yet considered in case of voltage drop.

FB_ELECTRICAL ROOM _ ELECTRICAL SYSTEM DESIGN _ Rev.00 _ Date : MAY/2017/27

ภาคผนวก

ตารางเลือกขนาดสายไฟตามขนาดเบรกเกอร์ (AT)

Cable & CB(AT) selection guide follow new EIT standard 2001-56

มอก.11-2553

วางเป็นกลุ่ม
บนรางเดเบิ้ล

1C - NYY			2C - NYY , IEC10			3C - NYY , IEC10			4C - NYY , IEC10		
Cable Size (sq.mm.)	T5-30 (A)	CB (AT)	Cable Size (sq.mm.)	T5-30 (A)	CB (AT)	Cable Size (sq.mm.)	T5-30 (A)	CB (AT)	Cable Size (sq.mm.)	T5-30 (A)	CB (AT)
1.5	-	-	1.5	13	10A	1.5	13	10A	1.5	13	10A
2.5	-	-	2.5	16	16A	2.5	16	16A	2.5	16	16A
4	-	-	4	22	20A	4	22	20A	4	22	20A
6	-	-	6	30	25A	6	30	25A	6	30	25A
10	-	-	10	37	32A	10	37	32A	10	37	32A
16	-	-	16	52	40A,50A	16	52	40A,50A	16	52	40A,50A
25	96	80A	25	70	63A	25	70	63A	25	70	63A
35	119	100A	35	88	80A	35	88	80A	35	88	80A
50	145	125A	50	110	100A	50	110	100A	50	110	100A
70	188	150A,160A	70	133	125A	70	133	125A	70	133	125A
95	230	200A,225A	95	171	150A	95	171	150A	95	171	150A
120	268	250A	120	207	200A	120	207	200A	120	207	200A
150	310	300A	150	240	225A	150	240	225A	150	240	225A
185	356	350A	185	278	250A	185	278	250A	185	278	250A
240	422	400A	240	317	300A	240	317	300A	240	317	300A
300	488	450A	300	374	350A	300	374	350A	300	374	350A

Remark :

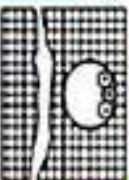
- Cable size in this table not yet considered in case of voltage drop.- อ้างอิงจากตารางที่ 5-30 - จำนวน 1 วงจร

FB_ELECTRICAL ROOM _ ELECTRICAL SYSTEM DESIGN _ Rev.00 _ Date : MAY/2017/27

228

ฝ่ายพัฒนาฝีมือแรงงาน สำนักงานพัฒนาฝีมือแรงงานเพชรบุรี กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน
เบอร์โทร 0 3247 0391-3 <http://www.dsd.go.th/phetchaburi>

ภาคผนวก

 ตารางเลือกขนาดสายไฟตามขนาดเบรกเกอร์ (AT)				
0.6/1kV CV				
ร้อยในท่อ ฝังดิน				
CV 1C, 2C, 3C, 4C				
Cable Size (sq.mm.)	TS-29 1Ph (A)	CB (AT)	TS-29 3Ph (A)	CB (AT)
1.5	25	16A, 20A, 25A	22	16A, 20A
2.5	33	32A	29	25A
4	43	40A	38	32A
6	54	50A	47	40A
10	71	63A	63	63A
16	94	80A	83	80A
25	124	100A, 125A	109	100A
35	150	150A	132	125A
50	180	160A	159	150A, 160A
70	223	200A, 225A	196	200A
95	271	250A	238	225A
120	313	300A	275	250A
150	355	350A	312	300A
185	406	400A	356	350A
240	477	450A	418	400A
300	543	500A	475	450A
Remark : - อ้างอิงจากตารางที่ 5-29 (จำนวน 1 วงจร) - Cable size in this table not yet considered in case of voltage drop.				
มอก.11-2553				
ร้อยในท่อ ฝังดิน				
NVY 1C, 2C, 3C, 4C				
Cable Size (sq.mm.)	TS-23 1Ph (A)	CB (AT)	TS-23 3Ph (A)	CB (AT)
1.5	21	16A, 20A	19	16A, 20A
2.5	28	25A	25	25A
4	36	32A	33	32A
6	46	40A	41	40A
10	62	63A	55	50A
16	81	80A	72	63A
25	106	100A	94	80A
35	129	125A	114	100A
50	153	150A	136	125A
70	190	160A	168	150A, 160A
95	232	200A, 225A	204	200A
120	265	250A	234	225A
150	303	300A	266	250A
185	344	350A	303	300A
240	404	400A	361	350A
300	462	450A	404	400A
Remark : - อ้างอิงจากตารางที่ 5-23 (จำนวน 1 วงจร)				
FB_ELECTRICAL ROOM _ ELECTRICAL SYSTEM DESIGN _ Rev.00 _ Date : MAY/2017/27				

ภาคผนวก

การเชื่อมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ

ระยะเวลาปฏิบัติงาน		ความยาวสายลมขนาด (มม.)				
Full Load (เมตร)	Locked Rotor (เมตร)	10 เมตร	20 เมตร	30 เมตร	40 เมตร	50 เมตร
5	25	1	2.5	4	4	6
6	30	1.5	2.5	4	6	6
7	35	1.5	2.5	4	6	6
8	40	1.5	4	6	6	6
9	45	2.5	4	6	10	10
10	50	2.5	4	6	10	10
11	55	2.5	4	6	10	10
12	60	2.5	6	10	10	10
13	65	2.5	6	10	10	16
14	70	2.5	6	10	10	16
15	75	4	6	10	10	16
16	80	4	6	10	16	16
17	85	4	6	10	16	16
18	90	4	10	10	16	16
19	95	4	10	10	16	25
20	100	4	10	10	16	25

บรรณานุกรม

- การไฟฟ้านครหลวง. (2558). การใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย. ม.ป.ท. สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 2558 ,สืบค้นจาก <http://www.mea.or.th/download/index.php?l=thFtid=5Fmid=2808Fpid=123>
- คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. (2557). มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ 2556. กรุงเทพฯ:วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- จักรเพชร จุลพรหม. (2557). เอกสารประกอบการฝึก หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเทคนิคการประกอบระบบท่อส่งลมเย็นแบบหุ้มฉนวนสำเร็จรูป pid (pre – insulation duct) เพื่อการขอประเมินแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง ครูฝึกฝีมือแรงงานระดับ ช3. ศพจ.เพชรบุรี:กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.
- ฉัตรชาญ ทองจับ. (2557). เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ. ปทุมธานี:บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด.
- นุกูล แก้วมะหิงษ์. (2550). เครื่องทำความเย็น และปรับอากาศ (ภาคปฏิบัติ เล่ม 1 และ เล่ม 2). กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ.
- พงษ์ศักดิ์ เข้มพิลา และ สวัสดิ์ การบุญ. (2550). ชุดการฝึกสำเร็จรูป (cbst) การใช้มัลติมิเตอร์. กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.
- รีดเดอร์ส ไดเจสท์. (2543). คู่มือตกแต่งซ่อมแซมบ้านด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ: รีดเดอร์ส ไดเจสท์.
- ลือชัย ทองนิล. (2545). คู่มือช่างในบ้าน ชุดช่างไฟฟ้าในบ้าน. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.
- สมศักดิ์ สุโมทยกุล. (2555). เทคนิคการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. (2545). มาตรฐานการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก. กรุงเทพฯ:วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- สำนักพัฒนาผู้ฝึกและเทคโนโลยีการฝึก. (2559). เอกสารประกอบการฝึก หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ เพื่อการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1. กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.
- สำนักพัฒนาผู้ฝึกและเทคโนโลยีการฝึก. (2559). เอกสารประกอบการฝึก หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ เพื่อการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเครื่องปรับอากาศฯ ระดับ 1. กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.
- สำนักพัฒนาผู้ฝึกและเทคโนโลยีการฝึก. (2559). เอกสารประกอบการฝึก หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ เพื่อการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1. กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.
- สำนักพัฒนาสำนักพัฒนามาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน. (2558). คู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติฯ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 (ภาคความรู้). กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.
- สุธิกานต์ วงษ์เสถียร. (2548). เครื่องทำความเย็น และ เครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี และ ภาคปฏิบัติ). ปทุมธานี:บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด.

พรจากพระบิดาแห่งมาตรฐานช่างไทย

*****ประณีต** **ประสิทธิภาพ** **มาตรฐาน*****



มาตรฐาน
ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

คุณสมบัติของช่างที่ดี

“ตรงต่อเวลา
เอาใจใส่หน้าที่
มีความอดทน
ริบหาความรู้ใหม่
หัดรักษาเครื่องมือ
ไม่คิดสร้างสรรค์

รักษาวินัย
สมานสามัคคี
หมั่นฝึกฝนอาชีพ
ใช้วัสดุประหยัด
ถือกฎความปลอดภัย
ยึดมั่นคุณธรรม”