บทที่ ๒
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับช่างไฟฟ้าภายในอาคาร

๒.๑ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอัคคีภัย

ไฟหรือการเผาไหม้หรือการสันดาปเป็นปฏิกิริยาเคมีในการเติมออกซิเจนของสารใดสารหนึ่งซึ่งทำให้เกิดความร้อน มีแสงสว่างและเกิดสภาพการเปลี่ยนแปลงต่างๆทางเคมีด้วย

การเกิดอัคคีภัยนั้นเป็นเพราะขาดการควบคุมหรือไม่สามารถควบคุมความร้อนของไฟได้ ซึ่งเมื่อเกิดอัคคีภัยขึ้นมาครั้งใดจะก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสภาพแวดล้อมอย่างมากมาย ฉะนั้นเราควรที่จะรู้ถึงธรรมชาติของไฟเพื่อที่จะสามารถควบคุมหรือดับไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ

๒.๑.๑ องค์ประกอบของไฟ

ไฟที่จะเกิดขึ้นได้นั้น จะต้องมีองค์ประกอบสำคัญของไฟได้แก่ เชื้อเพลิง (FUEL) ความร้อน (HEAT) และอากาศ (OXIDIZING AGENT : AIR)

(๑) *เชื้อเพลิง* ไม่ว่าจะเป็นเชื้อเพลิงสถานะของแข็ง ของเหลวและก๊าซ (ภายใต้ความอัดดัน) จะต้องเปลี่ยนจากสถานะเดิมเป็นไอ(ก๊าซ)ก่อนเสมอ เมื่อเชื้อเพลิงได้รับความร้อนจนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอหรือก๊าซแล้วเข้าผสมกับอากาศอย่างได้สัดส่วนและพร้อมที่จะเกิดการลุกไหม้ได้เรียกว่าความร้อนถึงจุดวาบไฟ (FLASH POINT)

(๒) *ความร้อน* จะต้องมีอุณหภูมิที่สูงพอสำหรับทำให้เกิดการจุดติดของเชื้อเพลิงเรียกว่า ความร้อนถึงจุดติดไฟ หรือจุดชวาล (FIRE POINT) จุดติดไฟของเชื้อเพลิงต่างๆจะต้องสูงกว่าจุดวาบไฟเสมอแต่จะสูงมากเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับสารสมบัติของเชื้อเพลิงนั้นๆ

(๓) *อากาศ* ได้แก่บรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ในอัตราที่ประมาณร้อยละ ๒๑ แต่ถ้าออกซิเจนมีปริมาณที่ต่ำกว่าร้อยละ ๑๖ ไฟก็จะลุกไหม้ช้าลงและมอดดับไปในที่สุด ถึงแม้ว่าออกซิเจนจะช่วยในการเผาไหม้ แต่ก็ต้องมีส่วนผสมกับไอหรือก๊าซของเชื้อเพลิงแต่ละอย่างในปริมาณที่จำกัดไม่มากหรือน้อยจนเกินไปเรียกว่า ช่วงการจุดติด (EXPLOSIVE RANGE)

๒.๑.๒ ประเภทของไฟ

การจำแนกประเภทของไฟก็เพื่อจะได้ทราบถึงชนิดของวัสดุเชื้อเพลิงที่ไหม้ไฟช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการดับเพลิง ทำให้การดับเพลิงมีประสิทธิภาพและลดความเสียหาย แบ่งเป็น ๔ ประเภท คือ

(๑) ประเภท A ได้แก่ ไฟที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุอยู่ในประเภทของแข็ง เช่น ไม้ เสื้อผ้า หญ้า ฟาง กระดาษ ปอ นุ่น ฯลฯ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับใช้ในการดับไฟ คือเครื่องดับเพลิงชนิดน้ำสะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดโฟมสะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง ABC เครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเหลวระเหยที่ไม่ทำลายมลภาวะ

(๒) ประเภท B ได้แก่ ไฟที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุเชื้อเพลิงประเภทของเหลวรวมถึงก๊าซต่างๆที่ติดไฟ เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันพืช จาระบี แอลกอฮอล์ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ก๊าซมีเทน ฯลฯ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับใช้ในการดับไฟ คือเครื่องดับเพลิงชนิดโฟมสะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง ABC เครื่องดับเพลิงชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเหลวระเหยที่ไม่ทำลายมลภาวะ

(๓) ประเภท C ได้แก่ ไฟที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุเชื้อเพลิงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลเวียนอยู่ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับใช้ในการดับไฟ คือเครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง ABC เครื่องดับเพลิงชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเหลวระระเหยที่ไม่ทำลายมลภาวะ

(๔) ไฟประเภท D ได้แก่ไฟที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุเชื้อเพลิงที่เป็นโลหะติดไฟ เช่น ไททาเนียม แมกนีเซียม โซเดียม อะลูมิเนียม ฯลฯ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับใช้ในการดับไฟ คือเครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีโซเดียมครอไรด์

ตารางที่ ๒.๑ สัญลักษณ์ประเภทของไฟ

ประเภทของไฟ	สัญลักษณ์
ไฟประเภท A	
ไฟประเภท B	
ไฟประเภท C	
ไฟประเภท D	

๒.๒ ความปลอดภัย

ความรู้พื้นฐานโดยทางทฤษฎีแล้วความปลอดภัยในการทำงานจะถูกจัดให้มีขึ้นโดยอาศัยหลักพื้นฐาน 3 ประการ หรือที่เรียกว่า 3 E คือ Engineering หลักการทางด้านวิศวกรรม Education หลักการศึกษาอบรม และ Enforcement หลักการบังคับให้เป็นตามระเบียบ ข้อบังคับขององค์กรและบ้านเมือง “ความปลอดภัย” ซึ่งมักจะกำหนดว่าเป็นภาวะ

ปลอดจากอุบัติเหตุหรือจากการเจ็บป่วย การบาดเจ็บหรือความเสียหาย อย่างไรก็ดีความหมายที่เป็นรูปธรรมมากกว่าก็คือ “การควบคุมความเสียหายจากการเกิดอุบัติเหตุ” คำจำกัดความเช่นนี้เกี่ยวข้องกับการบาดเจ็บ การเจ็บป่วย ทรัพย์สินเสียหาย และความเสียหายที่มีต่อกระบวนการ ซึ่งรวมไว้ทั้งการป้องกันอุบัติเหตุและการลดความเสียหายให้น้อยลงเมื่อเกิดอุบัติเหตุนอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับงานการควบคุมในระบบการจัดการอีกด้วย

๒.๒.๑ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

สิ่งแวดล้อมในการทำงาน คือทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่รอบตัวคนในขณะทำงาน *ที่เป็นคน* ได้แก่ พนักงาน เพื่อนร่วมงาน หัวหน้างาน ผู้จัดการ นายจ้าง เป็นต้น *ที่เป็นวัตถุสิ่งของ* ได้แก่ เครื่องจักร วัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ เป็นต้น *ที่เป็นสารเคมี* ได้แก่ ฝุ่น เส้นใย ไอระเหย ก๊าซ ละออง ควัน ของเหลว เป็นต้น *ที่เป็นพลังงาน* ได้แก่ ความร้อน แสง เสียง รังสี ความสั่นสะเทือน เป็นต้น *ที่เป็นสัตว์* ได้แก่ วัว ควาย เชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น *ที่เป็นปัจจัยทางจิตวิทยาสังคม* ได้แก่ ชั่วโมงการทำงาน ค่าตอบแทน เป็นต้น

อุปกรณ์สำหรับผู้ปฏิบัติงานสวมใส่ในขณะที่ปฏิบัติงานเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสภาพและสิ่งแวดล้อมการทำงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเป็นวิธีการหนึ่งในหลายวิธีการป้องกันอันตรายจากการทำงาน โดยทั่วไปจะยึดหลักการป้องกันควบคุมที่สิ่งแวดล้อมการทำงานก่อน เช่น การปฏิบัติงานทางไฟฟ้าในสถานที่ต่ำกว่าระดับผิวดิน หรือห้องใต้ดินก็ควรปรับสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่เป็นพลังงาน คือใช้แบตเตอรี่และดวงโคมให้แสงสว่าง เป็นต้น ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการได้ จึงนำกลวิธีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลมาแทน เช่นอุปกรณ์ป้องกันศีรษะ อุปกรณ์ป้องกันหู อุปกรณ์ป้องกันใบหน้าและดวงตา อุปกรณ์ป้องกันมือ อุปกรณ์ป้องกันเท้า อุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงเป็นต้น

รูปที่ ๒.๑ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

๒.๒.๒ การเลือกอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

การเลือกและใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้เกิดประสิทธิภาพนั้น ผู้รับผิดชอบควรยึดหลักดังนี้

(๑) เลือกซื้อให้เหมาะสมกับลักษณะอันตรายที่พบจากการทำงาน

(๒) อุปกรณ์ที่เลือกควรได้รับการตรวจสอบและรับรองตามมาตรฐาน

(๓) มีประสิทธิภาพสูงในการที่จะป้องกันอันตรายและมีความทนทาน

(๔) มีน้ำหนักเบา สวมใส่สบาย มีขนาดเหมาะสมกับผู้ใช้และง่ายต่อการใช้

(๕) มีให้เลือกหลายแบบ และหลายขนาด

(๖) การบำรุงรักษาง่าย อุปกรณ์สำหรับซ่อมหาซื้อง่ายและไม่แพงเกินไป

(๗) ให้ความรู้เข้าใจ กับผู้ใช้ในเรื่องประโยชน์ของการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตราย วิธีการเลือกใช้ การสวมใส่ที่ถูกต้อง และการบำรุงรักษา

(๘) มีแผนการชักจูงการใช้ การปรับตัวในการใช้ในระยะแรกและส่งเสริมการใช้

(๙) ให้รางวัลสำหรับผู้ใช้ที่ปฏิบัติตามกฎระเบียบ การใช้เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

(๑๐) มีปริมาณพอเพียงกับจำนวนผู้ใช้

(๑๑) กรณีที่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลชำรุดนั้น ต้องเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้

๒.๒.๓ ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

(๑) อุปกรณ์ป้องกันศีรษะ (Head Protection devices)

(๒) อุปกรณ์ป้องกันใบหน้าและดวงตา (Eye and face Protection devices)

(๓) อุปกรณ์ป้องกันหู (Ear protection devices)

(๔) อุปกรณ์ป้องกันการหายใจ (Respiratory protection devices)

(๕) อุปกรณ์ป้องกันลำตัว (Body protection devices)

(๖) อุปกรณ์ป้องกันมือ (Hand protection devices)

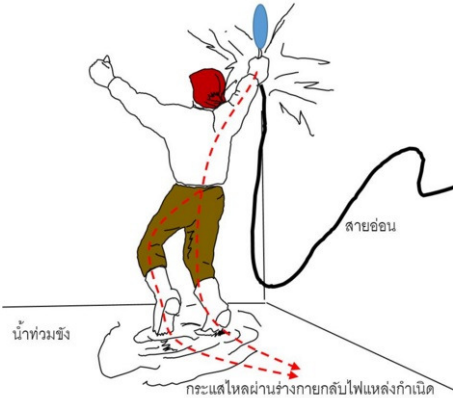
(๗) อุปกรณ์ป้องกันเท้า (Foot protection devices)

(๘) อุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง

๒.๓ การปฏิบัติงานทางไฟฟ้าด้วยความปลอดภัย

๒.๓.๑ การเกิดอันตรายจากไฟฟ้า

ไฟฟ้าดูด คือการที่บุคคลมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย ไฟฟ้าดูดเกิดได้ทั้งกับบุคคลหรือสิ่งมีชีวิตอื่น เมื่อร่างกายมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะมีอาการต่างๆตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และระยะเวลาที่ถูกไฟฟ้าดูด



รูปที่ ๒.๒ ตัวอย่างผู้ถูกไฟฟ้าดูด

ผลกระทบของกระแสไฟฟ้าต่อร่างกายของแต่ละบุคคลอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ไม่เหมือนกันในแต่ละคน แต่สามารถกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยได้ ซึ่งผลของกระแสไฟฟ้ากระแสสลับกำหนดไว้ดังนี้

- ขนาด ๕ mA รับรู้ได้ว่าไฟดูด
- ขนาด ๑๐ mA เจ็บปวด กล้ามเนื้อเกร็ง บุคคลอาจไม่สามารถหลุดออกไปพ้นจากอันตรายเนื่องจากไฟฟ้าดูดได้
- ขนาดประมาณ ๓๐ mA ระบบหายใจขัดข้อง อาจทำให้เสียชีวิตเนื่องจากหัวใจเต้นผิดจังหวะ
- กระแสไฟฟ้าสูงมากกว่านี้ ทำให้เกิดแผลไหม้และหัวใจหยุดเต้น

๒.๓.๒ ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานไฟฟ้า

(๑) ก่อนปฏิบัติงานต้องตรวจดูเสียก่อนว่า เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในงานไฟฟ้า ชำรุด แตก หัก หรือไม่

(๒) ก่อนปฏิบัติงาน เช่นการต่อสายไฟ ควรยกสะพานไฟ (Cut Out) หรือปลดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์ออกเสียก่อน

(๓) ขณะทำงานไม่ควรหยอกล้อเล่นกันเป็นอันขาด

(๔) ไม่ควรเสี่ยงอันตรายเมื่อไม่มีความแน่ใจ

(๕) ขณะทำงานมือเท้าต้องแห้ง หรือสวมรองเท้า

(๖) ก่อนปฏิบัติงาน ควรจะเขียนวงจรดูเสียก่อนเพื่อความไม่ประมาท

(๗) เมื่อเสร็จงาน ก่อนจ่ายกระแสไฟฟ้าควรตรวจสอบวงจรไฟฟ้าให้ละเอียดและถูกต้องเสียก่อน

(๘) เมื่อจะจ่ายกระแสไฟฟ้า ต้องดูให้แน่ใจว่าไม่มีใครปฏิบัติงานไฟฟ้าอยู่

(๙) ไม่ควรนำฟิวส์ที่โตกว่าขนาดที่ใช้ หรือวัสดุอื่นๆ เช่น ลวดทองแดงแทนฟิวส์

(๑๐) รอยต่อสายไฟฟ้า ต้องใช้ผ้าเทปพันสายสายไฟฟ้าให้เรียบร้อยเสียก่อน

(๑๑) ต่อวงจรให้เสร็จเสียก่อน จึงนำปลายสายทั้งคู่เข้าแผงสวิทช์

(๑๒) สายเครื่องมือไฟฟ้าต้องใช้ชนิดหุ้มฉนวน ๒ ชั้น ถ้าขาดต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งเส้น

๒.๓.๓ การปฐมพยาบาลผู้ได้รับอันตรายจากไฟฟ้า

การช่วยเหลือให้พ้นจากกระแสไฟฟ้าให้เลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(๑) ทำการตัดกระแสไฟฟ้าโดยปลดสวิตช์ คัทเอาท์ หรือเต้าเสียบออก

(๒) หากตัดกระแสไฟฟ้าไม่ได้ ให้ใช้ไม้ที่แห้งหรือวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าเขี่ยสิ่งที่มีกระแสไฟฟ้าออกไปให้พ้น

(๓) ให้ใช้ผ้าหรือเชือกแห้งคล้องแขน ขา หรือลำตัว ผู้ถูกไฟฟ้าดูดชักลากออกไปให้พ้นสิ่งที่มีกระแสไฟฟ้า หากผู้ถูกไฟดูดสลบหมดสติให้ทำการปฐมพยาบาลให้ฟื้นต่อไป การช่วยเหลือด้วยวิธีปฐมพยาบาล

(๓.๑) หากหัวใจหยุดเต้น (ตรวจโดยเอาหูฟังที่หน้าอกหรือจับชีพจร) ให้ใช้วิธี "นวดหัวใจภายนอก" โดยเอามือกดตรงที่ตั้งหัวใจให้ยุบลงไป ๓ - ๔ เซนติเมตร เป็นจังหวะๆเท่าจังหวะการเต้นของหัวใจ (ผู้ใหญ่วินาทีละ ๑ ครั้ง เด็กเล็กวินาทีละ ๒ ครั้ง) นวด ๑๐ - ๑๕ ครั้ง เอาหูแนบฟังครั้งหนึ่ง

(๓.๒) หากไม่หายใจ (ตรวจโดยดูการขยายของซี่โครงและหน้าอก) ให้ใช้วิธีเป่าลมเข้าทางปากหรือทางจมูกของผู้ป่วย ดังนี้คือ การเป่าปาก จับผู้ป่วยนอนหงายใช้หัวแม่มือง้างปลายคางผู้ป่วยให้ปากอ้าออก หากมีเศษอาหารหรือวัสดุใดๆให้ล้วงออกให้หมด แล้วจับศีรษะให้เงยหน้ามากๆ ผู้ช่วยเหลืออ้าปากแล้วประกบกับปากผู้ป่วยให้สนิท และเป่าลมเข้าไปอย่างแรงจนปอดผู้ป่วยขยายออก (ซี่โครงและหน้าอกพองขึ้น) แล้วปล่อยให้ลมหายใจของผู้ป่วยออกเองแล้วเป่าอีก ทำเช่นนี้เป็นจังหวะๆ เท่ากับจังหวะหายใจปกติ (ผู้ใหญ่นาทีละ ๑๒ – ๑๕ ครั้ง เด็กเล็กนาทีละ ๒๐ – ๓๐ ครั้ง) ถ้าเป่าปากไม่ได้ให้ปิดปากผู้ป่วยแล้วเป่าเข้าทางจมูกแทน ถ้าผู้ป่วยหัวใจหยุดเต้นและไม่หายใจด้วยให้นวดหัวใจสลับกับการเป่าปาก ถ้ามีผู้ช่วยเหลือเพียงคนเดียวก็ให้เป่าปาก ๒ ครั้ง สลับกับการนวดหัวใจ ๑๕ ครั้ง หรือถ้ามีผู้ช่วยเหลือสองคนก็ให้นวดหัวใจสลับกับการ

เป่าปากเป็นทำนองเดียวกันโดยเป่าปาก ๑ ครั้ง นวดหัวใจ ๕ ครั้ง การปฐมพยาบาลนี้ต้องรีบทำทันทีหากช้าเกินกว่า ๔ – ๖ นาที โอกาสที่จะฟื้นมีน้อย ขณะพาส่งแพทย์ก็ควรทำการปฐมพยาบาลไปด้วยตลอดเวลา

วิธีเป่าลมเข้าทางปาก

วิธีนวดหัวใจภายนอก

รูปที่ ๒.๓ การปฐมพยาบาลผู้ป่วยหมดสติ

๒.๔ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

๒.๔.๑ ศัพท์เฉพาะด้านไฟฟ้าที่ควรรู้

(๑) ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) หมายถึง การที่กระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลไปในทิศทางเดียวเสมอ คือไหลจากขั้วบวกไปสู่ขั้วลบ (กระแสสมมุติ)

(๒) ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current) หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีการสลับสับเปลี่ยนขั้วอยู่ตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนสลับไปมาจากบวกไปสู่ลบ และจากลบไปสู่บวกอยู่ตลอดเวลา

(๓) ระบบไฟฟ้าแรงสูง หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าเกิน ๑,๐๐๐ โวลท์

(๔) ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้า ไม่เกิน ๑,๐๐๐ โวลท์

(๕) โวลท์ (Volt :V) หมายถึง หน่วยวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

(๖) แอมแปร์ (Ampere :A) หมายถึง หน่วยวัดค่ากระแสไฟฟ้า

(๗) วัตต์ (Watt :W) หมายถึง หน่วยการวัดของค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง

(๘) หน่วย (Unit) หมายถึง หน่วยของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อชั่วโมง โดย ๑ ยูนิต คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ๑,๐๐๐ วัตต์ ต่อ ๑ ชั่วโมง

(๙) ตัวต้านทาน (Resistor) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ลดแรงดัน และจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร หน่วยวัดเป็นโอห์ม (Ohm ใช้สัญลักษณ์ Ω)

๒.๔.๒ กฎของโอห์ม

ในวงจรไฟฟ้าใดๆนั้นมักจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ๓ ส่วนคือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และตัวต้านทานหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะใส่เข้าไปในวงจรไฟฟ้านั้นๆ เพราะฉะนั้นความสำคัญของวงจรที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าใดๆ เกิดขึ้นคือทำอย่างไรจึงจะไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในวงจรมากเกินไปซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดเสียหายหรือวงจรไหม้เสียหายได้ George Simon Ohm นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้สรุปเป็นกฎออกมาดังนี้ คือ

$$V = I \times R$$

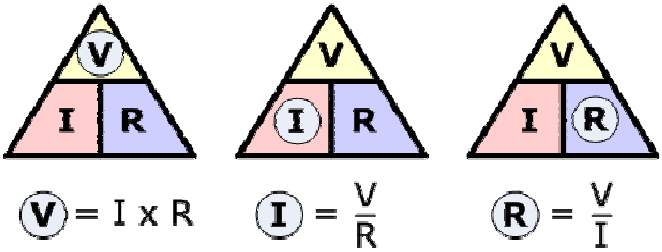
จากสมการข้างต้นสามารถใช้กฎของโอห์มวิเคราะห์ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงหรือวงจรไฟฟ้ากระแสสลับกรณีโหลดตัวต้านทานได้

กฎของโอห์ม สามารถเปลี่ยนรูปแบบสมการได้อีก ๒ รูปแบบคือ

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

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

สามารถทำเป็นรูปแบบเพื่อให้ง่ายแก่การจดจำ ดังรูปที่ ๒.๔



รูปที่ ๒.๔ สามเหลี่ยมกฎของโอห์ม

๒.๔.๓ กำลังไฟฟ้า (Electric Power)

กำลังไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือจูลต่อวินาที เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) = พลังงานไฟฟ้า (จูล)/เวลา (วินาที)

เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งทราบได้จากตัวเลขที่กำกับไว้บนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ระบุทั้งค่าแรงดันไฟฟ้า (V) และค่ากำลังไฟฟ้า (W) เช่น หลอดไฟฟ้ามีตัวเลขกำกับว่า 220V 60W

- 220V หมายถึงหลอดไฟฟ้านี้ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ซึ่งต้องใช้ให้ตรงกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดมา

- 60W หมายถึงค่าของพลังงานไฟฟ้าที่หลอดไฟฟ้าใช้ไปในเวลา 1 วินาที ซึ่งเรียกว่า กำลังไฟฟ้า การวัดพลังงานไฟฟ้าใช้หน่วยเป็นจูล ตัวเลข 60W จึงหมายถึง ขณะเปิดไฟหลอดไฟฟ้านี้จะใช้พลังงานไฟฟ้า 60 จูล ในเวลา 1 วินาที

กำลังไฟฟ้ามีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นต่ออยู่ โดยกำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าสามารถสรุปเป็นกฎออกมาดังนี้ คือ

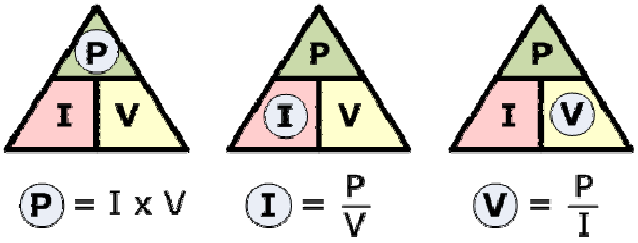
$$P = V \times I$$

จากสมการข้างต้นสามารถเปลี่ยนรูปแบบสมการได้อีก ๒ รูปแบบคือ

$$I = \frac{P}{V}$$

$$V = \frac{P}{I}$$

สามารถทำเป็นรูปแบบเพื่อให้ง่ายแก่การจดจำ ดังรูปที่ ๒.๕



รูปที่ ๒.๕ สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ ๒.๑ จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าระบบ 1 เฟส 220V ซึ่งมีดวงโคมไฟฟ้าขนาด 60W ต่ออยู่

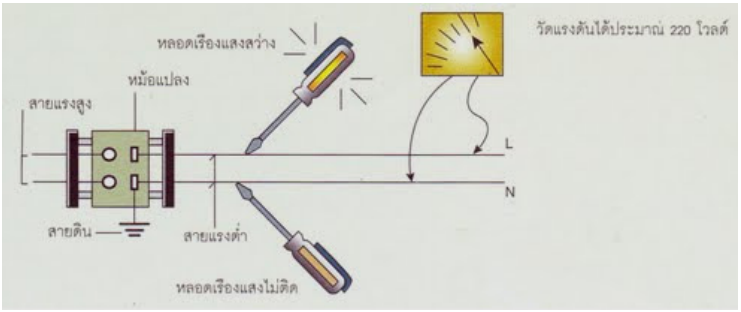
วิธีทำ

$$I = \frac{P}{V} = \frac{60W}{220V} = 0.27A$$

๒.๔.๔ ระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงต่ำ

การจ่ายไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากระแสสลับแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ (น้อยกว่า ๑,๐๐๐ โวลท์) นั้น โดยทั่วไปจะมีอยู่ ๒ รูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ไฟฟ้าดังนี้

(๑) ระบบ ๑ เฟส ๒ สาย (ไม่รวมสายดิน)

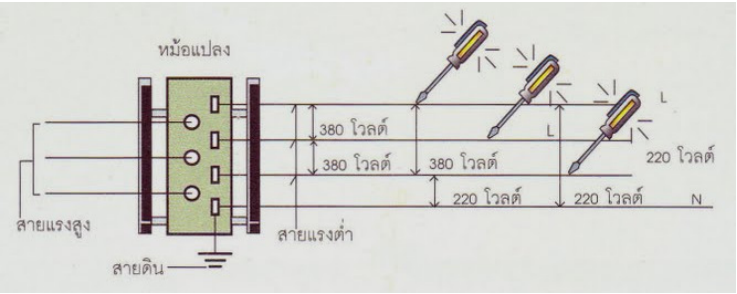


รูปที่ ๒.๖ ระบบไฟฟ้า ๑ เฟส ๒ สาย

ระบบไฟฟ้า ๑ เฟส คือระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟฟ้าจำนวน ๒ เส้น เส้นที่มีไฟเรียกว่าสายไฟหรือสายเฟสหรือสายไลน์ เขียนแทนด้วยตัวอักษร L (Line) เส้นที่ไม่มีไฟเรียกว่าสายนิวทรอลหรือสายศูนย์ เขียนแทนด้วยตัวอักษร N (Neutral) ทดสอบได้โดยใช้ไขควงวัดไฟ เมื่อใช้ไขควงวัดไฟแตะสายเฟสหรือสายไฟหรือสายไลน์หลอดไฟเรืองแสงที่อยู่ภายไขควงจะติด สำหรับ

สายนิวทรอลหรือสายศูนย์จะไม่ติด แรงดันไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด ๒๒๐ โวลท์ (Volt :V) ความถี่ไฟฟ้า ๕๐ เฮิรตซ์ (Hertz :Hz) ใช้สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไปที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก

(๒) ระบบ ๓ เฟส ๔ สาย (ไม่รวมสายดิน)



รูปที่ ๒.๗ ระบบไฟฟ้า ๓ เฟส ๔ สาย

ระบบไฟฟ้า ๓ เฟส คือระบบไฟฟ้าที่มีสายเส้นไฟจำนวน ๓ เส้น และสายนิวทรอล ๑ เส้น จึงมีสายรวม ๔ เส้น ระบบไฟฟ้า ๓ เฟสสามารถต่อใช้งานเป็นระบบไฟฟ้า ๑ เฟส ได้ โดยการต่อจากเฟสใดเฟสหนึ่งและสายนิวทรอลอีกเส้นหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสเส้นใดเส้นหนึ่งกับสายนิวทรอลมีค่า ๒๒๐ โวลท์ และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสด้วยกันมีค่า ๓๘๐ โวลท์ ระบบนี้จึงเรียกว่าระบบไฟฟ้า ๓ เฟส ๔ สาย ๒๒๐/๓๘๐ โวลท์ ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าระบบ ๑ เฟส ถึง ๓ เท่า จึงเหมาะสมกับสถานที่ที่ต้องการใช้ไฟฟ้ามากๆ เช่น อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

๒.๔.๕ คำอุปสรรค (Prefixes)

เมื่อค่าในหน่วยพื้นฐานมีจำนวนที่สูงมากหรือจำนวนที่น้อยมาก เราสามารถใช้ตัวคูณ(สิบยกกำลังบวกหรือลบ) เขียนแทนค่านั้นหรือใช้สัญลักษณ์ของคำอุปสรรคนำหน้าหน่วยแทนตัวคูณได้

ตารางที่ ๒.๒ คำอุปสรรคและสัญลักษณ์

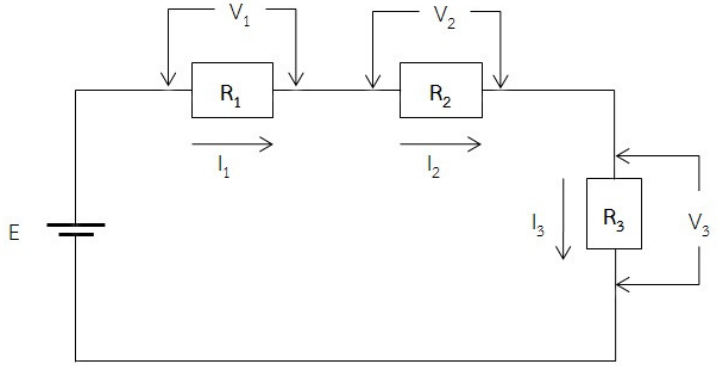
ตัวคูณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
10^{-1}	เดซิ (deci)	d
10^{-2}	เซนติ (centi)	c
10^{-3}	มิลลิ (milli)	m
10^{-6}	ไมโคร (micro)	μ (มิว)
10^{-9}	นาโน (nano)	n
10^{-12}	พิโค (pico)	p
10^{1}	เดคะ (deca)	da
10^{2}	เฮกโต (hector)	h
10^{3}	กิโล (Kilo)	k
10^{6}	เมกะ (mega)	M
10^{9}	กิกะ (giga)	G
10^{12}	เทอรา (tera)	T

ตัวอย่างที่ ๒.๒ การแปลงหน่วย

0.000 005 A = 5×10^{-6} A = 5 ไมโครแอมแปร์ (μA)
6,000 W = 6×10^{3} W = 6 กิโลวัตต์ (kW)

๒.๔.๖ วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น

(๑) วงจรอนุกรม คือ วงจรที่มีอุปกรณ์ต่างๆ ต่อเรียงกันและถัดกันไปเรื่อยๆ โดยการนำเอาปลายด้านหนึ่งอุปกรณ์ตัวแรกต่อกับปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่สองและปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่สองต่อกับปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่สามและต่อกันไปเรื่อยๆ จนมีลักษณะเป็นลูกโซ่ เช่นตัวต้านทานต่ออนุกรมกัน จำนวน ๓ ตัว ดังรูปที่ ๒.๘



รูปที่ ๒.๘ วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

- ค่าความต้านทานรวมทั้งหมด(RT) ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม มีค่าเท่ากับผลรวมของความต้านทานทุกตัวรวมกัน

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots R_n$$

- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวมีค่าเท่ากัน

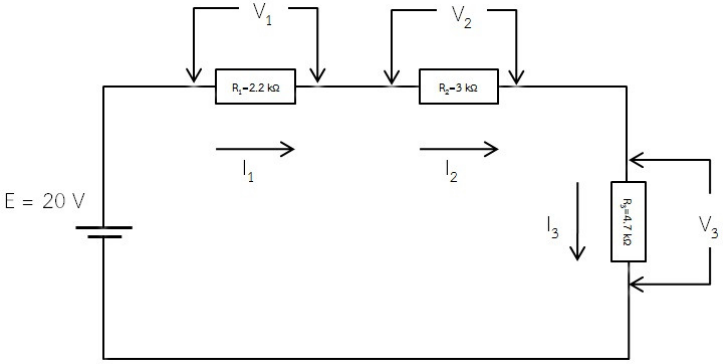
$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots\ldots\ldots I_n$$

- แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรจะแตกต่างกันไป ความต้านทานตัวใดมีค่ามากจะมีแรงดันตกคร่อมมาก

- ผลรวมของแรงดันตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots\ldots V_n$$

ตัวอย่างที่ ๒.๓ จากวงจรประกอบด้วยตัวต้านทาน R_1 = 2.2 kΩ ตัวต้านทาน R_2 = 3 kΩ และตัวต้านทาน R_3 =4.7 kΩ แหล่งจ่ายไฟตรง E = 20 V จงหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรรวม และความต้านทานรวมในวงจร



วิธีทำ จากคุณสมบัติของวงจรอนุกรม

คำนวณหาค่าความต้านทานรวมทั้งหมด R_T ได้ดังนี้

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 2.2\ k\Omega + 3\ k\Omega + 4.7\ k\Omega$$

$$R_T = 9.9\ k\Omega$$

ความต้านทานรวมในวงจรเท่ากับ 9.9 kΩ

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด I_T จะได้

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{20V}{9.9k\Omega} = 2.02mA$$

กระแสไฟฟ้าทั้งหมด $I_T = I_1 = I_2 = I_3$ เท่ากับ 2.02 mA

คำนวณหาค่าแรงดัน V_1 ,V_2 และ V_3 จะได้

$V_1 = I_1 \times R_1 = 2.02\ mA \times 2.2\ k\Omega = 4.444\ V$

$V_2 = I_2 \times R_2 = 2.02\ mA \times 3\ k\Omega = 6.06\ V$

$V_3 = I_3 \times R_3 = 2.02\ mA \times 4.7k\Omega = 9.494\ V$

$E = V_1 + V_2 + V_3$

$E = 4.444\ V + 6\ .06\ V + 9.\ 494\ V$

$E = 19.998\ V \approx 20\ V$

(๒) วงจรขนาน คือ การต่อสายไฟฟ้าเมนจากทั้งขั้วบวกและลบของแหล่งจ่าย (จำนวน ๒ สาย) แล้วจึงต่อจากสายย่อยออกมาเป็นคู่ๆ เพื่อต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าสังเกตจะพบว่าอุปกรณ์ทุกตัวจะต่อร่วมกันระหว่างจุด ๒ จุดคือสายเมนนั่นเอง นิยมนำมาใช้ต่อไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไป เช่น วงจรเต้ารับ วงจรแสงสว่าง เป็นต้น วงจรขนานตัวอย่างเช่นตัวต้านทานต่อขนานกัน จำนวน ๓ ตัว ดังรูปที่ ๒.๙

คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

- ค่าความต้านทานรวมทั้งหมด (R_T) ของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เป็นไปตามสมการ

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

หรือ

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

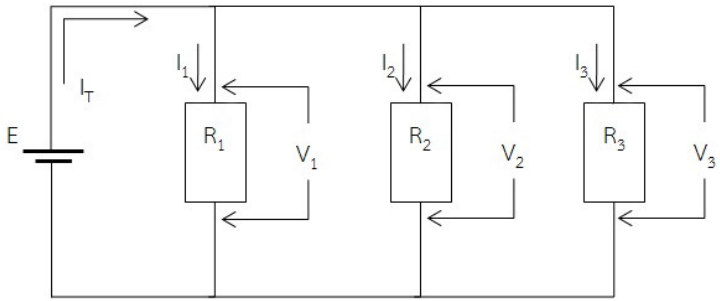
- แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวมีค่าเท่ากัน

$$E = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots\ldots\ldots V_n$$

- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรจะแตกต่างกันไป ความต้านทานตัวใดมีค่ามากจะมีกระแสไหลผ่านน้อย

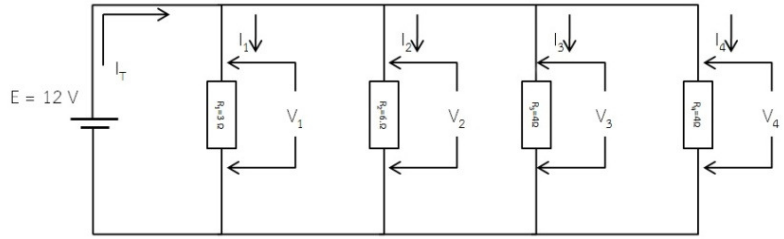
- ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลความต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots\ldots\ldots I_n$$



รูปที่ ๒.๙ วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

ตัวอย่างที่ ๒.๔ จากวงจรประกอบด้วยตัวต้านทาน $R_1 = 3\Omega$ ตัวต้านทาน $R_2 = 6\Omega$ ตัวต้านทาน $R_3 = 4\Omega$ และตัวต้านทาน $R_4 = 4\Omega$ แหล่งจ่ายไฟตรง E = 12 V จงหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรรวม และความต้านทานรวมในวงจร



วิธีทำ จากคุณสมบัติของวงจรขนาน

คำนวณหาค่าความต้านทานรวมทั้งหมด R_T ได้ดังนี้

$$R_{T1} = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(3).(6)}{3+6} = \frac{18}{9} = 2\Omega$$

$$R_{T2} = \frac{R_3 . R_4}{R_3 + R_4} = \frac{(4).(4)}{4+4} = \frac{16}{8} = 2\Omega$$

$$R_T = \frac{R_{T1} . R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} = \frac{(2).(2)}{2+2} = \frac{4}{4} = 1\Omega$$

คำนวณหาค่าแรงดัน V_1 ,V_2 และ V_3 จะได้

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = E = 12V$$

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด I_T จะได้

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{12V}{3\Omega} = 4A$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{12V}{6\Omega} = 2A$$

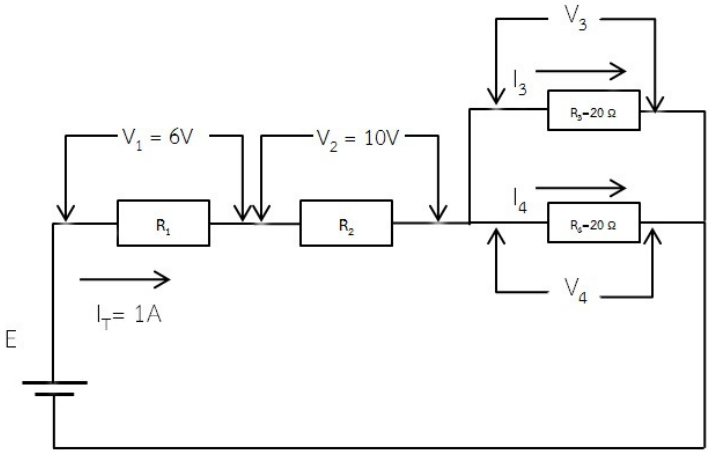
$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{12V}{4\Omega} = 3A$$

$$I_4 = \frac{V_4}{R_4} = \frac{12V}{4\Omega} = 3A$$

กระแสไฟฟ้าทั้งหมด $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$

$= 4 + 2 + 3 + 3 = 12A$

ตัวอย่างที่ ๒.๕ จากวงจรแบบผสมประกอบด้วยตัวต้านทาน R_1 ซึ่งมีแรงดันตกคร่อม $V_1 = 6V$ ต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน R_2 ซึ่งมีแรงดันตกคร่อม $V_2 = 10V$ และตัวต้านทาน $R_3 = 20\Omega$ ต่อขนานกับตัวต้านทาน $R_4 = 20\Omega$ จงหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟตรง E เมื่อกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรรวม $I_T = 1A$



วิธีทำ

หาความต้านทานรวมของ R_3 ขนานกับ R_4

$$R_{T1} = \frac{R_3 . R_4}{R_3 + R_4} = \frac{(20)(20)}{20+20} = \frac{400}{40} = 10\Omega$$

หาแรงดันไฟฟ้า V_3 และ V_4

$$V_3 = V_4 = I_T \times R_{T1}$$
$$= 1A \times 10\Omega = 10\ V$$

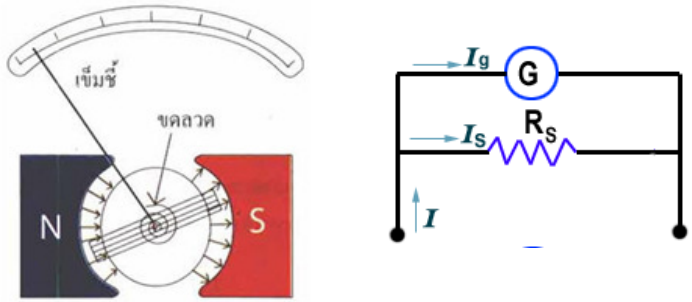
ดังนั้น

$$E = V_1 + V_2 + V_3$$
$$= 6 + 10 + 10$$
$$= 26V$$

๒.๕ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า

๒.๕.๑ แอมมิเตอร์

แอมมิเตอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นการดัดแปลงจากการนำความต้านทานชันต์ที่มีค่าน้อยๆ (R_S) มาต่อขนานกับแกลวานอมิเตอร์ (Galvanometer) ชนิดขดลวดเคลื่อนที่ เพื่อแบ่งกระแส (I_S) ไม่ให้ไหลผ่านแกลวานอมิเตอร์มากเกินไปเมื่อเราต้องการวัดกระแสที่มีค่ามาก (I) จนทำให้แกลวานอมิเตอร์เสียหายได้ หลักการทำงานของแกลวานอมิเตอร์คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้า (I_g) ผ่านเข้าไปในขดลวดจะทำให้ขดลวดหมุนได้เนื่องจากแรงกระทำระหว่างสนามแม่เหล็กไฟฟ้ารอบๆ ขดลวดกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากขั้วแม่เหล็ก เข็มที่ติดอยู่ขดลวดจึงหมุนไปกับขดลวดด้วย



ก. โครงสร้างแกลวานอมิเตอร์ ข. วงจรของแอมมิเตอร์

รูปที่ ๒.๑๐ แกลวานอมิเตอร์และแอมมิเตอร์

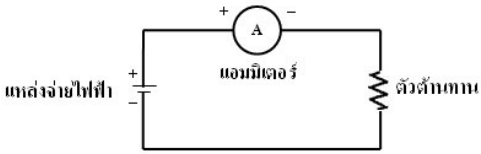
คุณสมบัติของแอมมิเตอร์ที่ดี

(๑) มีความแม่นยำสูง ซึ่งเกิดจากการนำชันต์ที่มีความต้านทานน้อยๆมาต่อ ซึ่งแอมมิเตอร์ที่ดีต้องมีค่าความต้านทานภายในต่ำมากๆ เพื่อว่าเมื่อนำแอมมิเตอร์ไปต่ออนุกรมในวงจรแล้วจะไม่ทำให้ความต้านทานรวมของวงจรเปลี่ยนแปลงทำให้กระแสที่วัดได้มีความแม่นยำสูง หรือมีความผิดพลาดจากการวัดน้อยนั่นเอง

(๒) มีความไวสูง เมื่อชันต์มีค่าน้อยๆ กระแสที่ไหลผ่านชันต์จะมีค่ามากทำให้กระแสที่ไหลผ่านแกลวานอมิเตอร์มีค่าน้อย นั่นคือแอมมิเตอร์ที่ดีจะสามารถตรวจวัดค่ากระแสน้อยๆได้ กล่าวคือแม้วงจรจะมีกระแสไหลเพียงเล็กน้อยแอมมิเตอร์ก็สามารถวัดค่าได้

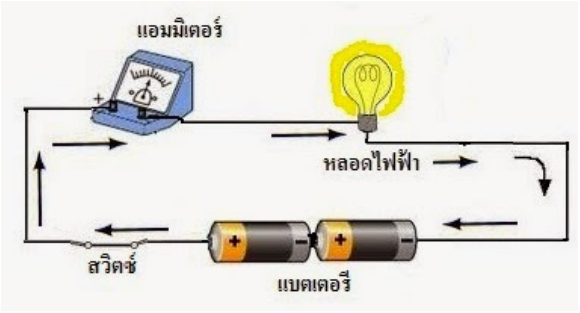
การต่อแอมมิเตอร์

การต่อแอมมิเตอร์ที่ถูกต้อง นอกจากจะต้องต่ออนุกรมเข้ากับวงจรแล้ว เราจะต้องต่อด้านบวก(สายสีแดง)ของแอมมิเตอร์เข้ากับขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้า และด้านลบ(สายสีดำ)ของแอมมิเตอร์เข้ากับขั้วลบของเซลล์ไฟฟ้าจึงจะทำให้ผลการวัดเป็นไปอย่างถูกต้องและถ้าเราต่อกลับด้านแล้วเข็มของแอมมิเตอร์จะเบนไปทางด้านที่ต่ำกว่าศูนย์ ซึ่งไม่สามารถอ่านค่าได้



ก. สัญลักษณ์การต่อแอมมิเตอร์อนุกรมเข้ากับวงจร

ข. แอมมิเตอร์



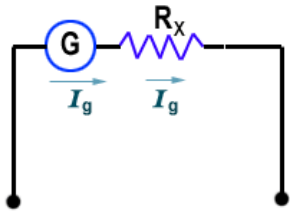
ค. ภาพจำลองการต่อแอมมิเตอร์อนุกรมเข้ากับวงจร

รูปที่ ๒.๑๑ การต่อแอมมิเตอร์อนุกรมเข้ากับวงจร

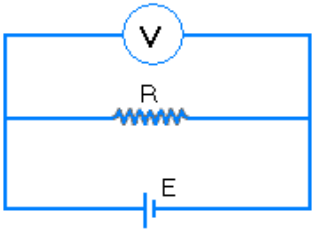
๒.๕.๒ โวลท์มิเตอร์

โวลท์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้าหรือแรงดันตกคร่อม) ระหว่างจุดสองจุดในวงจร การที่จะสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ก็อาศัยปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของแรงดันที่

จ่ายเข้ามา ดังนั้นการวัดปริมาณของแรงดันไฟฟ้าก็คือการวัดปริมาณของกระแสไฟฟ้านั้นเอง เพียงแต่เปลี่ยนสเกลหน้าปัดของมิเตอร์ให้แสดงค่าออกมาเป็นค่าปริมาณของแรงดันไฟฟ้าเท่านั้นและปรับค่าให้ถูกต้อง แต่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าโวลต์มิเตอร์จะมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับค่าการทนกระแสได้ของโวลท์มิเตอร์ตัวนั้น ดังนั้นเมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้าค่ามากๆ ตัวต้านทานที่นำมาต่ออันดับกับดาร์สันวาล์มิเตอร์แอมมิเตอร์หรือโวลท์มิเตอร์เดิมเพื่อให้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าได้มากขึ้นเรียกว่าตัวต้านทานทวีคูณ (Multiplies Resistor :R_X) การใช้งานโวลท์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าให้นำโวลท์มิเตอร์ต่อขนานกับจุดที่ต้องการจะวัด



ก. วงจรของโวลท์มิเตอร์



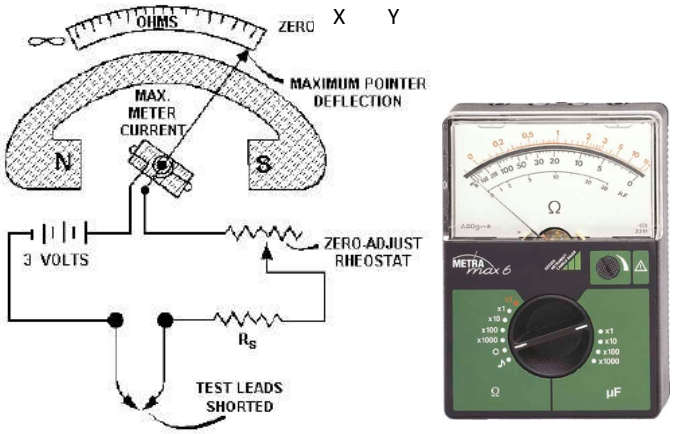
ข. การต่อโวลท์มิเตอร์ขนานเข้ากับวงจร

ค. โวลท์มิเตอร์

รูปที่ ๒.๑๒ โครงสร้างของโวลท์มิเตอร์และการตรวจวัด

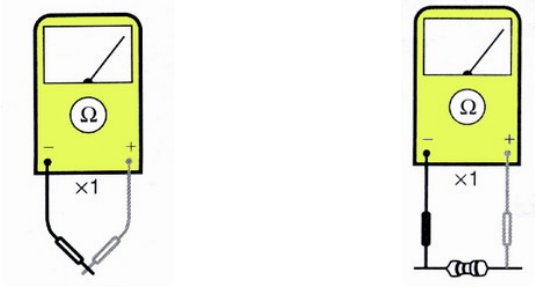
๒.๕.๓ โอห์มมิเตอร์

โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) คือ มิเตอร์ที่สามารถวัดค่าความต้านทานออกมาได้โดยตรง โดยการดัดแปลงจากแอมมิเตอร์ให้สามารถวัดค่าและแสดงค่าออกมาเป็นค่าความต้านทานได้โดยตรง เพราะคุณสมบัติของค่าความต้านทานจะต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร เมื่อความต้านทานในวงจรแตกต่างกันย่อมทำให้กระแสไหลผ่านวงจรแตกต่างกัน ความต้านทานในวงจรน้อยกระแสไหลผ่านวงจรมาก และความต้านทานในวงจรมากกระแสไหลผ่านวงจรน้อย สภาวะกระแสที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์แตกต่างกันทำให้เข็มชี้ของแอมมิเตอร์บ่ายเบนไปแตกต่างกัน เมื่อปรับแต่งสเกลหน้าปัดจากสเกลกระแสมาเป็นสเกลความต้านทาน ก็สามารถนำแอมมิเตอร์นั้นมาวัดความต้านทาน โดยทำเป็นโอห์มมิเตอร์ได้



รูปที่ ๒.๑๓ วงจรของโอห์มมิเตอร์และโอห์มมิเตอร์

จากรูปที่ ๒.๑๔ เป็นวงจรเบื้องต้นของโอห์มมิเตอร์ ประกอบด้วย แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง (แบตเตอรี่ 3V) ต่ออันดับกับมิลลิแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟตรงและต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน ทำหน้าที่จำกัดกระแสไม่ให้ไหลผ่านมิลลิแอมมิเตอร์มากเกินกว่าค่าสูงสุดที่มิลลิแอมมิเตอร์ทนได้ ขั้วต่อ x–y เป็นขั้วต่อสำหรับต่อวัดตัวต้านทานที่ต้องการวัดค่าและปรับแต่งสเกลเป็นศูนย์โอห์มขณะช็อตจุด x–y เข้าด้วยกัน (Adjust Zero) ทุกครั้งก่อนการวัดค่าความต้านทาน การเปลี่ยนย่านวัดของโอห์มมิเตอร์ทุกย่านจะต้องทำการปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ใหม่ทุกครั้ง เมื่อปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ให้พร้อมใช้งานเรียบร้อยแล้วก็สามารถนำโอห์มมิเตอร์ไปวัดความต้านทานได้ตามต้องการ



ก. การปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ก่อนใช้งาน ข. การวัดตัวต้านทาน

รูปที่ ๒.๑๔ การใช้งานโอห์มมิเตอร์

กรณีการวัดค่าความต้านทานสูงๆ (High resistance) ที่มีค่าเป็นเมกกะโอห์มขึ้นไป เช่น ใช้วัดค่าความต้านทานของฉนวนสายไฟฟ้า (Insulation) หรือค่าความต้านทานของดิน เรียกว่า เมกกะโอห์มมิเตอร์ (Megaohmmeter) หรือเมกเกอร์ (Megger)

ข้อควรระวังในการใช้โอห์มมิเตอร์

(๑) การใช้โอห์มมิเตอร์วัดตัวต้านทาน ห้ามทำการวัดขณะที่ตัวต้านทานยังมีแรงดันตกคร่อมอยู่ เพราะจะทำให้โอห์มมิเตอร์เสียได้ และการวัดตัวต้านทานในวงจรถึงแม้ว่าสามารถอ่านค่าได้แต่ค่าที่อ่านได้อาจไม่ถูกต้อง เพราะตัวต้านทานอาจจะต่อร่วมกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ อีก ดังนั้นถ้าจะวัดตัวต้านทานในวงจรจำเป็นต้องปลดตัวต้านทานนั้นออกจากวงจรขาหนึ่งก่อนทำการวัดด้วยโอห์มมิเตอร์

(๒) การใช้โอห์มมิเตอร์ตั้งแต่ย่าน Rx1k ขึ้นไป ตรวจวัดตัวต้านทานหรืออุปกรณ์อื่นๆ ห้ามใช้มือของผู้วัดจับปลายเข็มวัดทั้งสองสายของโอห์มมิเตอร์ด้วยมือทั้งสองข้าง เพราะเข็มมิเตอร์จะกระดิกขึ้นเนื่องจากมีกระแสจากโอห์มมิเตอร์ไหลผ่านตัวผู้วัดทำให้การวัดค่าผิดพลาด แต่ถ้าจับปลายเข็มวัดสายเดียวด้วยมือข้างเดียวไม่เป็นไร

(๓) ทำการหมุนสวิตช์ เลือกย่านการวัดความต้านทานที่เหมาะสมกับค่าความต้านทาน เช่น Rx1 ,Rx10 ,Rx1k Rx10k เป็นต้น

(๔) ค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ได้จากการวัดจะต้องนำมาคูณกับพิสัยการวัดตามย่านวัดที่ใช้งาน

รูปที่ ๒.๑๕ เมกกะโอห์มมิเตอร์

๒.๕.๔ มัลติมิเตอร์

มัลติมิเตอร์แบบเข็ม (analog multimeter) เป็นเครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้าหลายประเภทรวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน โดยทั่วไปแล้วมัลติมิเตอร์จะสามารถใช้วัดปริมาณต่อไปนี้ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC voltage) แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC voltage) ปริมาณกระแสไฟตรง (DC current) ความต้านทานไฟฟ้า (electrical resistance) อย่างไรก็ตามมัลติมิเตอร์บางแบบสามารถใช้วัดปริมาณอื่นๆ ได้อีก เช่น กำลังออกของสัญญาณความถี่เสียง (AF output) การขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์ (DC current amplification, h_{FE}) กระแสรั่วของทรานซิสเตอร์ (leakage current, I_{CEO}) ความจุทางไฟฟ้า (capacitance) ฯลฯ การใช้งานมัลติมิเตอร์เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อการวัดผิดพลาด เมื่อเลิกใช้งานแล้วควรปรับสวิตช์เลือกย่านวัดไปที่ตำแหน่ง OFF หรือย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (ACV) สูงสุด

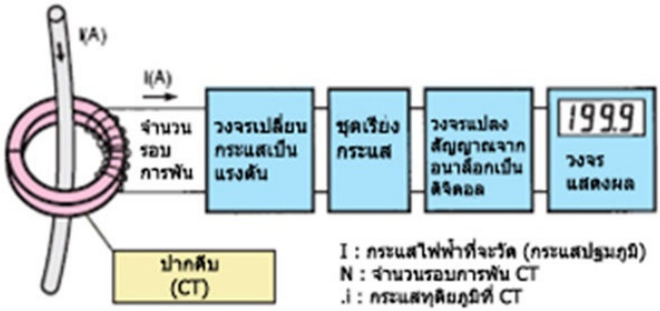
รูปที่ ๒.๑๖ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม

๒.๕.๕ แคล้มป์ออนมิเตอร์

แคล้มป์ออนมิเตอร์ (Clamp-on Meter) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า โดยที่ไม่ต้องตัดต่อสายไฟฟ้าแล้วทำการต่อแอมมิเตอร์อนุกรมกับโหลดเพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้า โดยแคล้มป์ออนมิเตอร์จะมีส่วนที่คล้ายขากรรไกรเพื่อใช้สำหรับคล้องสายไฟฟ้าและสามารถอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้เลยทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆเส้นลวด ลักษณะของสนามแม่เหล็กขึ้นอยู่กับรูปร่างของเส้นลวดและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า แม่เหล็กไฟฟ้า

รูปที่ ๒.๑๗ เส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

เมื่อนำเอาแคล้มป์ออนมิเตอร์คล้องเข้ากับสายไฟในขณะที่มีกระแสไหลอยู่ภายในสายเส้นนั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆ สายไฟจะเกิดการเหนี่ยวนำไปตัดกับขดลวดทองแดงที่พันอยู่รอบแกนเหล็กของก้ามปู ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดบนแกนเหล็ก



รูปที่ ๒.๑๘ หลักการทำงานของแคล้มป์ออนมิเตอร์

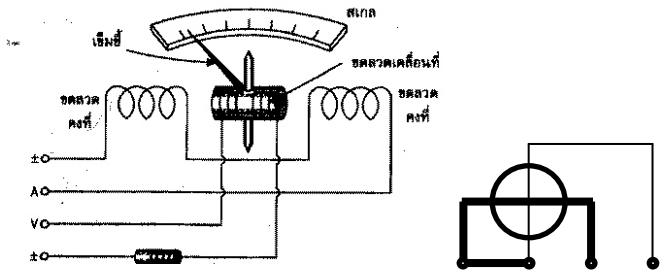
รูปที่ ๒.๑๙ การใช้งานแคล้มป์ออนมิเตอร์

ซึ่งหลักการดังกล่าวนี้จะคล้ายกับหลักการของการเหนี่ยวนำภายในหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้จากกการเหนี่ยวนำของขดลวดนี้จะถูกส่งผ่านไปยังวงจรเปลี่ยนกระแสให้เป็นแรงดัน และผ่านการลดทอนสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณขนาดที่พอเหมาะ ในขณะนี้สัญญาณที่ได้รับจะเป็นสัญญาณ AC ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปแสดงผล เราจึง

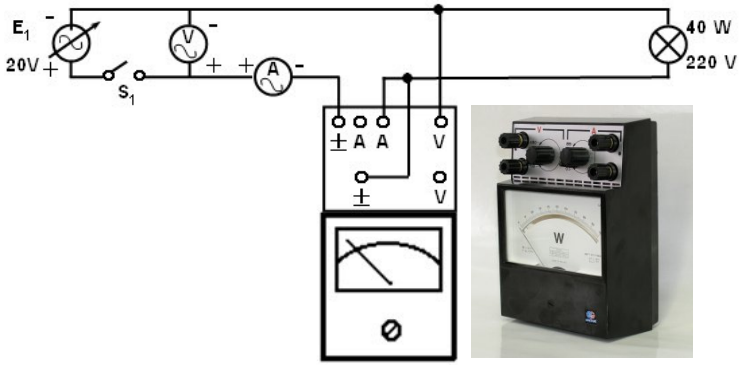
ต้องทำการเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณ DC ด้วยวงจร Rectifier แล้วส่งสัญญาณให้ภาค A/D converter เพื่อเปลี่ยนสัญญาณ Analog แรงดันที่ได้จากวงจร Rectifier เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังภาคแสดงผลแบบดิจิตอลต่อไป

๒.๕.๖ วัตต์มิเตอร์

วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) คือ มิเตอร์ที่จะสามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าออกมาได้โดยตรง โดยการสร้างรวมเอาโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ไว้ในตัวเดียวกัน โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ ประกอบด้วยโครงสร้างขดลวด ๓ ขด ขดลวด ๒ ขดใหญ่ที่วางขนานกันเป็นขดลวดคงที่ (Fixed Coil) หรือขดลวดกระแส (Current Coil) ส่วนตอนกลางของขดลวดคงที่มีขดลวดอีกหนึ่งขดวางอยู่ในส่วนวงกลมที่ว่างเป็นขดลวดเคลื่อนที่ได้ (Moving Coil) หรือขดลวดแรงดัน (Voltage Coil) ขดลวดเคลื่อนที่นี้ถูกยึดติดกับแกนร่วมกับเข็มชี้และสปริงก้นหอย ขดลวดคงที่หรือขดลวดกระแสนั้นทั้งสองขดถูกต่ออนุกรมกันและต่อออกมาเพื่อวัดค่ากระแสของวงจร ส่วนขดลวดเคลื่อนที่หรือขดลวดแรงดันถูกต่ออนุกรมกับตัวต้านทานทำหน้าที่จำกัดกระแสผ่านขดลวดและต่อออกมาเพื่อวัดค่าแรงดันของวงจร



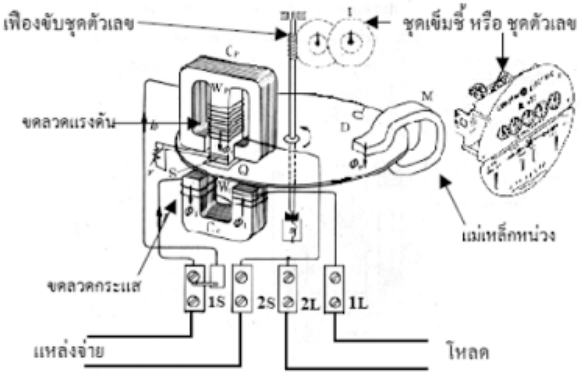
รูปที่ ๒.๒๐ โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์และสัญลักษณ์



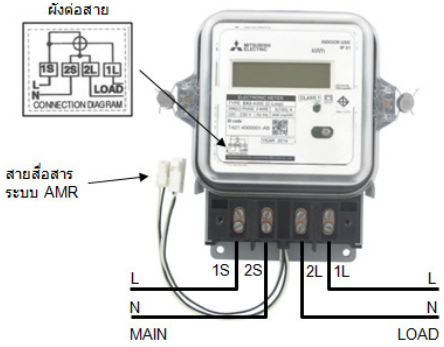
รูปที่ ๒.๒๑ การวัดค่ากำลังไฟฟ้าด้วยวัตต์มิเตอร์

๒.๕.๗ วัตต์ฮาร์วมิเตอร์

วัตต์ฮาร์วมิเตอร์ (Watthour Meter) นั้น เป็นมิเตอร์ที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นมาให้ใช้งานเป็นมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าในบ้านเรือน ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยวัดกำลังไฟฟ้าออกมาเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilowatthour ;kWh) หลักการทำงานของวัตต์ฮาร์วมิเตอร์เหมือนกับมิเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า เช่น วัตต์มิเตอร์ มีส่วนประกอบเหมือนกันคือประกอบด้วยขดลวดกระแสและขดลวดแรงดัน แต่ก็มีส่วนที่แตกต่างกันโดยวัตต์ฮาร์วมิเตอร์จะแสดงค่าออกมาโดยใช้แม่เหล็กหน่วงการเคลื่อนที่ของจานหมุนและใช้ชุดเฟืองไปขับเข็มชี้ให้แสดงค่าออกมาบนสเกล หรืออาจใช้ชุดเฟืองไปขับชุดตัวเลขให้แสดงค่าออกมา โครงสร้างของชุดให้กำเนิดสนามแม่เหล็กและจานหมุนของวัตต์ฮาร์วมิเตอร์ แสดงดังรูปที่ ๒.๒๒



รูปที่ ๒.๒๒ โครงสร้างและการต่อวงจรวัตต์ฮาร์วมิเตอร์



รูปที่ ๒.๒๓ โครงสร้างและการต่อวงจรวัตต์ฮาร์วมิเตอร์

ตารางที่ ๒.๓ มาตรฐานขนาดมิเตอร์กับขนาดสายไฟฟ้า

ขนาดมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้า	ขนาดสูงสุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์เมน	ขนาดต่ำสุดของสายไฟฟ้าเมนทองแดง (ตร.มม.)	
		ในอากาศ	ในท่อ
5(15) A	16A	4	4*
15(45) A	50A	10	16
30(100) A	100A	25	50

* หากเดินสายเมนในท่อฝังดินสายต้องไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

๒.๖ สายไฟฟ้า

๒.๖.๑ สีของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า

โค๊ดสีมาตรฐานมีดังนี้

- เฟส A ฉนวนสีน้ำตาล
- เฟส B ฉนวนสีดำ
- เฟส C ฉนวนสีเทา
- สายนิวทรัล (N) ฉนวนสีฟ้า
- สายดิน (G) ใช้สายสีเขียวหรือเขียวสลับเหลือง
- สายหุ้มฉนวน ๒ แกน ใช้สีฟ้าและน้ำตาล (N-L)
- สายหุ้มฉนวน ๓ แกน
  - (G-N-L) ใช้สีเขียวแถบเหลือง สีฟ้าและน้ำตาล
  - (A-B-C) ใช้สีน้ำตาล สีดำ สีเทา
- สายหุ้มฉนวน ๔ แกน
  - (G-A-B-C) ใช้สีเขียวแถบเหลือง สีน้ำตาล สีดำ สีเทา
  - (N-A-B-C) ใช้สีฟ้า สีน้ำตาล สีดำ สีเทา
- สายหุ้มฉนวน ๕ แกน
  - (G-N-A-B-C) ใช้สีเขียวแถบเหลือง สีฟ้า สีน้ำตาล สีดำ สีเทา

รูปที่ ๒.๒๔ สีของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า

๒.๖.๒ ชนิดของสายหุ้มฉนวน

ใช้สำหรับงานติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงต่ำ จะเป็นสายไฟฟ้าชนิดที่เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวน ความหนาและชนิดของฉนวนนั้นขึ้นอยู่กับพิกัดของแรงดันไฟฟ้า ฉนวนนั้นมีหน้าที่เพื่อป้องกันการลัดวงจร การเกิดไฟฟ้ารั่ว หรือป้องกันไฟฟ้าดูด สายไฟฟ้าที่นิยมใช้ มีดังต่อไปนี้

(๑) สาย VAF เนื่องจากมีรูปทรงที่แบนจึงเรียกว่า สายแบนแกนคู่ ภายในประกอบด้วยสายทองแดงจำนวนสองเส้นหุ้มด้วยฉนวนโพลิไวนิลคลอไรด์สองชั้นหรือ (PVC/PVC) เหมาะกับงานเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย เนื่องจากดัดโค้งงอได้ดี มีหลายขนาด เช่น ๑.๕ ตารางมิลลิเมตร ๒.๕ ตารางมิลลิเมตร โดยยิ่งพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าเพิ่มขึ้นความต้านทานของสายไฟฟ้าจะลดลง สาย VAF มีพิกัดแรงดัน ๓๐๐ โวลท์ อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน ๗๐ องศาเซลเซียส

รูปที่ ๒.๒๕ สาย VAF-G

(๒) สาย VFF ภายในจะประกอบด้วยสายทองแดงฝอยจำนวนสองแกนหุ้มด้วยฉนวน พีวีซีชั้นเดียว (PVC insulated) เหมาะสำหรับงานที่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อยๆ พิกัดแรงดัน และอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย VAF

รูปที่ ๒.๒๖ สาย VFF

(๓) สาย VSF ภายในประกอบด้วยสายทองแดงฝอยหุ้มด้วยฉนวนพีวีซีชั้นเดียวเป็นสายชนิดอ่อนตัวได้ นิยมใช้ในวงจรควบคุม (Control) ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า พิกัดและอุณหภูมิการใช้งานเหมือนกับสาย VAF

รูปที่ ๒.๒๗ สาย VAF

(๔) สาย THW ภายในประกอบด้วยสายทองแดงตันเส้นเดียวหุ้มด้วยฉนวนพีวีซีชั้นเดียว ลักษณะการติดตั้ง เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน เดินในช่องร้อยสายในสถานที่แห้ง เดินร้อยท่อฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ พิกัดแรงดัน ๗๕๐ โวลท์ อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน ๗๐ องศา เซลเซียส

รูปที่ ๒.๒๘ สาย THW

(๕) สาย VCT ภายในประกอบด้วยสายทองแดงฝอยมีจำนวน ๒ แกน หรือมากกว่า หุ้มฉนวน ๒ ชั้นและอ่อนตัวได้ ใช้ต่อเข้ากับปลั๊กตัวผู้ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ หรือเดินจากตู้ควบคุมไปยังเครื่องจักรที่ใหญ่และเคลื่อนที่ได้ พิกัดแรงดันและอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย THW

รูปที่ ๒.๒๙ สาย VCT

(๖) สาย NYY ภายในประกอบด้วยสายทองแดงจำนวนสองแกนหรือมากกว่าหุ้มด้วยฉนวน ๓ ชั้น เหมาะสำหรับการเดินสายใต้ดินโดยตรงหรือใช้งานทั่วไป บางชนิดจะมีแผ่นเหล็กเป็นเกราะกำบัง พิกัดแรงดันและอุณภูมิใช้งานเหมือนกับสาย VCT

รูปที่ ๒.๓๐ สาย NYY

ความนำไฟฟ้าของลวดตัวนำสายไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของลวดตัวนำ โลหะเงินนำไฟฟ้าได้ดีกว่าทองแดง อะลูมิเนียม ทังสเตน เหล็ก และนิโครม ตามลำดับ

- ความยาวของลวดตัวนำ ลวดตัวนำชนิดเดียวกันขนาดเท่ากัน ลวดที่มีความยาวมากจะมีความนำไฟฟ้าได้น้อยและมีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าลวดสั้น

- พื้นที่หน้าตัดหรือขนาดของลวดตัวนำ ลวดตัวนำที่ชนิดเดียวกันความยาวเท่ากัน ลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า (ขนาดใหญ่กว่า) จะมีความนำไฟฟ้ามากกว่าลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็ก

- อุณหภูมิต่ำ ลวดตัวนำจะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง

๒.๗ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

๒.๗.๑ สภาวะความผิดปกติในระบบไฟฟ้า

๑. สภาวะการใช้โหลดเกิน เป็นการเกิดสภาวะการใช้งานโหลดเกินพิกัด มักเกิดขึ้นกับการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดพร้อมๆกัน จะทำให้ความต้านทานรวมของระบบไฟฟ้าลดลงกระแสไฟฟ้าก็จะไหลมากขึ้น ถ้ากระแสไหลเกินกว่าความสามารถของสายไฟที่ทนได้ก็จะทำให้ฉนวนของสายไฟเสื่อมคุณภาพและเป็นสาเหตุการเกิดเพลิงไหม้ได้

๒. สภาวะลัดวงจร สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการชำรุดของฉนวนสายไฟฟ้า ทำให้ตัวนำทองแดงของสายไฟมาแตะกัน สภาวะนี้ความต้านทานรวมของระบบไฟฟ้าจะต่ำมากๆทำให้กระแสไหลในวงจรสูงมากอย่างทันทีทันใด ถ้าไม่มีอุปกรณ์ป้องกันจะเกิดความเสียหายอย่างรุนแรง

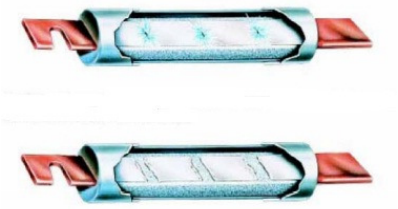
๓. สภาวะกระแสรั่วลงดิน สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการชำรุดของฉนวนสายไฟฟ้า ทำให้ตัวนำทองแดงไปแตะกับโครงโลหะทำให้มีกระแสไหลผ่านโครงโลหะลงดิน ทำให้ผู้ที่ไปสัมผัสกับโครงโลหะเป็นอันตรายจากการถูกไฟดูดได้

๒.๗.๒ ฟิวส์

ฟิวส์ (fuse) เป็นอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เกิดจากการใช้กระแสไฟฟ้า เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่วงจรมากเกินไป ฟิวส์จะหลอมละลายและตัดวงจรไฟฟ้าทันที การต่อฟิวส์ต้องต่อแบบอนุกรมเข้าในวงจร ฟิวส์ที่นิยมใช้ คือ คาร์ทริดจ์ฟิวส์ (Cartridge Fuse) ซึ่งมีแบบรูปทรงที่ผลิตใช้งาน ๒ รูปทรง คือ ฟิวส์รูปทรงกระบอกและฟิวส์แบบใบมีด โครงสร้างภายในฟิวส์ประกอบไปด้วย ตัวไส้ฟิวส์ทำจากเส้นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำสามารถหลอมละลายได้ง่ายเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัดบรรจุอยู่ในตัวกระบอกฟิวส์ ซึ่งจะมีการบรรจุผงทรายเพื่อใช้เป็นตัวดับอาร์คที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหลอมละลายของฟิวส์ คาร์ทริดจ์ฟิวส์ แบ่งได้เป็น ๒ ประเภทคือ

(๑) ฟิวส์ทำงานไว

โครงสร้างของฟิวส์ชนิดนี้จะมีไส้ฟิวส์เพียงชุดเดียว สามารถใช้ป้องกันสภาวะโหลดเกินและสภาวะลัดวงจรได้โดยไม่มีการหน่วงเวลาการทำงาน ไส้ฟิวส์จะขาดเมื่อเกิดสภาวะโหลดเกินประมาณ ๑ –๖ เท่าของพิกัดกระแสฟิวส์



รูปที่ ๒.๓๑ โครงสร้างและการทำงานของฟิวส์ทำงานไว

(๒) ฟิวส์หน่วงเวลา

เป็นฟิวส์ที่มีไส้ฟิวส์ ๒ ชุด ต่อแบบอนุกรมกันอยู่ภายในกระบอกฟิวส์เดียวกัน โดยไส้ฟิวส์ส่วนแรกจะขาดเมื่อเกิดสภาวะ

ลัดวงจรประมาณ ๕๐๐% ของพิกัดกระแสฟิวส์ ไส้ฟิวส์ส่วนที่สองจะทำหน้าที่ป้องกันสภาวะโหลดเกินจะขาดเมื่ออุณหภูมิภายในตัวฟิวส์มีค่าประมาณ ๑๔๐ องศาเซลเซียส สามารถใช้ในวงจรมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีกระแสเริ่มสตาร์ทสูงได้

รูปที่ ๒.๓๒ ฟิวส์หน่วงเวลา

๒.๗.๓ เซอร์กิตเบรกเกอร์

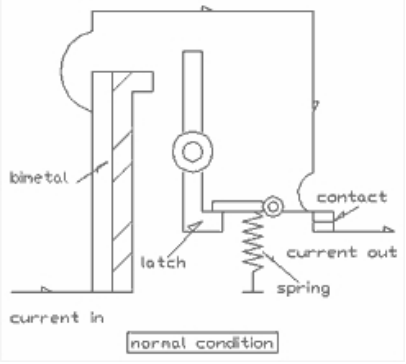
เซอร์กิตเบรกเกอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำงานเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติแต่สามารถเปิดวงจรได้อัตโนมัติ ถ้ามีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนดโดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น ข้อดีของเซอร์กิตเบรกเกอร์เมื่อเทียบกับฟิวส์คือ ไม่ต้องเปลี่ยนฟิวส์เมื่อเกิดการลัดวงจร เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์เกิดการตัดวงจรออกจากระบบ (ทริป) แล้ว สามารถสับเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้าไปในวงจรเดิมได้ทันที (แต่ต้องแก้ไขปัญหาที่ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริปให้เรียบร้อยเสียก่อน)

รูปที่ ๒.๓๓ เซอร์กิตเบรกเกอร์และสัญลักษณ์

กลไกการทริปที่นิยมใช้จะมี ๒ ลักษณะ คือการรทริปด้วยความร้อนและการทริปด้วยแม่เหล็ก

(๑) การทริปด้วยความร้อน

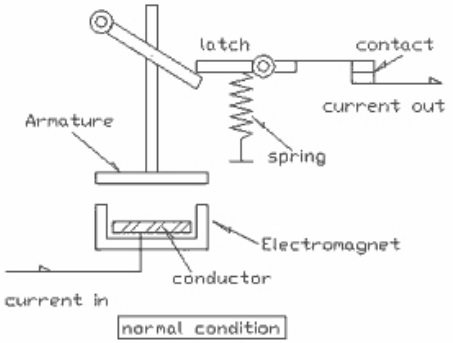
เมื่อมีกระแสไหลเกินผ่านโลหะไบเมทอล ซึ่งเป็นโลหะ 2 ชนิดที่มีสัมประสิทธิ์ทางความร้อนไม่เท่ากัน จะทำให้ไบเมทอลโก่งตัวไปปลดอุปกรณ์ทางกลและทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจร เรียกว่าเกิดการ trip การปลดวงจรแบบนี้ต้องอาศัยเวลาพอสมควรขึ้นอยู่กับกระแสขณะนั้นและความร้อนที่เกิดขึ้นจนทำให้ไบเมทอลโก่งตัว



รูปที่ ๒.๓๔ กลไกการทริปด้วยความร้อน

(๒) การทริปด้วยสนามแม่เหล็ก

ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสค่าสูงๆ ประมาณ ๘-๑๐ เท่าขึ้นไปไหลผ่าน กระแสลัดวงจรจำนวนมากจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงดึงให้อุปกรณ์การปลดวงจรทำงานได้ การตัดวงจรแบบนี้เร็วกว่าแบบแรกมากโอกาสที่เซอร์กิตเบรกเกอร์จะชำรุดจากการตัดวงจรจึงมีน้อย



รูปที่ ๒.๓๕ กลไกการทริปด้วยสนามแม่เหล็ก

คำศัพท์เฉพาะของเซอร์กิตเบรกเกอร์

๑. Amp trip หรือ Ampare trip (AT) หมายถึง พิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ส่วนใหญ่จะแสดงไว้ที่ name plate หรือด้ามคันโยก การกำหนดขนาดของ Amp trip ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ NEC กำหนดไว้ว่า “หากวงจรมีโหลดทั้งโหลดต่อเนื่องและโหลดไม่ต่อเนื่อง ขนาดของอุปกรณ์ป้องกันต้องมีค่าไม่น้อยกว่า ผลรวมของโหลดไม่ต่อเนื่องรวมกับ 125% ของโหลดต่อเนื่อง ยกเว้นอุปกรณ์ป้องกันที่เป็นชนิด 100%

๒. Amp frame หรือ Ampare frame (AF) คือ ขนาด AT สูงสุด ที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ในรุ่นนี้มีจำหน่าย เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 125AT/250AF แสดงว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์รุ่นนี้มี 250AT/250 AF เป็นพิกัดกระแสสูงสุด

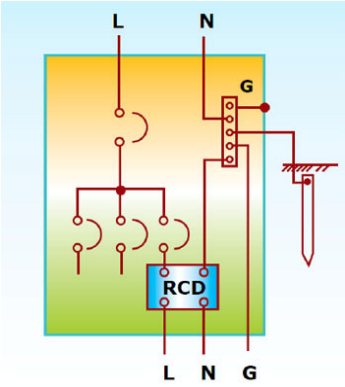
๓. IC หรือ interrupting Rating หมายถึง ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่เซอร์กิตเบรกเกอร์นั้น สามารถปลดวงจรได้โดยตัวมันเองไม่เกิดความเสียหาย

๔. Pole หรือขั้ว จะบอกให้ทราบว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นชนิด 1 เฟส หรือ 3เฟส

๕. Push to trip คือ ปุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสภาพการทำงานทางกลของเซอร์กิตเบรกเกอร์

๒.๘ การต่อลงดิน

การต่อลงดินมีจุดประสงค์หลักอยู่ ๒ ประการคือ เพื่อให้ระบบไฟฟ้าทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพและเชื่อถือได้ และเพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าและผู้ที่เกี่ยวข้องมีความปลอดภัยจากไฟฟ้ารั่ว มาตรฐานการติดตั้งกำหนดให้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องการต่อลงดินต้องเดินสายดินไปต่อลงที่แผงเมนสวิตช์และต่อสายดินเหนือสวิตช์ตัดตอนเนื่องจากต้องการให้เครื่องป้องกันกระแสเกินของบริภัณฑ์นั้นปลดวงจรกรณีที่บริภัณฑ์ไฟฟ้ามีไฟรั่ว การต่อลงดินที่ถูกต้องเป็นไปตามรูปที่ ๒.๓๖



รูปที่ ๒.๓๖ การต่อสายดินที่ถูกต้อง

รูปที่ ๒.๓๗ สัญลักษณ์จุดต่อสายดิน

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้ากำหนดให้บริภัณฑ์ต่าง ๆ ต้องต่อลงดิน ได้แก่

(๑) เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของสายไฟฟ้า แผงเมนสวิตช์ โครงและรางปั้นจั่นที่ใช้ไฟฟ้าโครงของตู้ลิฟต์ และลวดสลิงยกของที่ใช้ไฟฟ้า

(๒) สิ่งกั้นที่เป็นโลหะ รั้วโลหะ รวมทั้งเครื่องห่อหุ้มของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง

(๓) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ยึดติดกับที่และที่ต่ออยู่กับสายไฟฟ้าที่เดินถาวรส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปกติไม่มีไฟฟ้า แต่อาจมีไฟฟ้ารั่วถึงได้ต้องต่อลงดิน

๒.๘.๑ เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทที่ต้องมีสายดิน

เครื่องใช้ไฟฟ้ารวมทั้งอุปกรณ์ติดตั้งทางไฟฟ้าที่มีโครงหรือเปลือกหุ้มเป็นโลหะซึ่งบุคคลมีโอกาสสัมผัสได้ต้องมีสายดิน เช่น ตู้เย็น เตารีดไฟฟ้า เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ เตาไมโครเวฟ กระทะไฟฟ้า กระติกน้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อนหรือน้ำอุ่น เครื่องปิ้งขนมปัง เป็นต้น เราเรียกเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ว่าเป็น เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท ๑

๒.๘.๒ เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทที่ไม่ต้องมีสายดิน

เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท ๒ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ พัดลม ซึ่งมีสัญลักษณ์ หรือมีเครื่องหมาย (ควรใช้ไขควงลองไฟทดสอบถ้ามีสัญลักษณ์ประเภท ๒ แต่ยังมีไฟรั่วก็แสดงว่าผู้ผลิตนั้นผลิตไม่ได้มาตรฐาน และจำเป็นต้องมีสายดิน)

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน ๕๐ โวลต์ โดยต่อจากหม้อแปลงชนิดพิเศษที่ได้ออกแบบไว้เพื่อความปลอดภัย มีสัญลักษณ์ เช่น เครื่องโกนหนวด โทรศัพท์ เป็นต้น

๒.๘.๓ วิธีติดตั้งระบบสายดินที่ถูกต้อง

(๑) จุดต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (จุดต่อลงดินของเส้นศูนย์หรือนิวทรัล) ต้องอยู่ด้านไฟเข้าของเครื่องตัดวงจรตัวแรกของตู้เมนสวิตช์

(๒) ภายในอาคารหลังเดียวกัน ไม่ควรมีจุดที่ต่อลงดินมากกว่า ๑ จุด

(๓) สายดินและสายเส้นศูนย์ต่อร่วมกันได้เพียงแห่งเดียวที่จุดต่อลงดินภายในตู้เมนสวิตช์ ห้ามต่อร่วมกันในที่อื่นๆอีก เช่น ในแผงสวิตช์ย่อยจะต้องมีขั้วสายดินแยกจากขั้วต่อสายศูนย์และห้ามต่อถึงกันโดยมีฉนวนคั่นระหว่างขั้วต่อสายเส้นศูนย์กับตัวตู้ซึ่งต่อกับขั้วต่อสายดิน

(๓) ตู้เมนสวิตช์สำหรับห้องชุดของอาคารชุด และตู้แผงสวิตช์ประจำชั้นของอาคารชุดให้ถือว่าเป็นแผงสวิตช์ย่อย ห้ามต่อสายเส้นศูนย์และสายดินร่วมกัน

(๕) ไม่ควรต่อโครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ลงดินโดยตรง แต่ถ้าได้ดำเนินการไปแล้วให้แก้ไขโดยมีการต่อลงดินที่เมนสวิตย์อย่างถูกต้องแล้วเดินสายดินจากเมนสวิตช์มาต่อร่วมกับสายดินที่ใช้อยู่เดิม

(๖) การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว สามารถเสริมป้องกันการให้สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น เช่น กรณีที่มักจะมีน้ำท่วมขัง หรือกรณีสายดินขาดเป็นต้นและจุดต่อลงดินต้องอยู่ด้านไฟเข้าของเครื่องตัดไฟรั่วเสมอ

(๗) ถ้าตู้เมนสวิตช์ไม่มีขั้วต่อสายดิน และขั้วต่อสายเส้นศูนย์แยกออกจากกัน เครื่องตัดไฟรั่วจะต่อใช้ได้เฉพาะวงจรย่อยเท่านั้นจะใช้ตัวเดียวป้องกันทั้งระบบไม่ได้

(๘) วงจรสายดินที่ถูกต้องในสภาวะที่ปกติ จะต้องไม่มีมีกระแสไฟฟ้าไหล

(๙) ถ้าเดินสายไฟในท่อโลหะ จะต้องเดินสายดินในท่อโลหะนั้นด้วย

(๑๐) สายต่อหลักดิน จะต้องเป็นสายตัวนำทองแดงชนิดตัวนำเดี่ยวหรือตัวนำตีเกลียวหุ้มฉนวนและต้องเป็นตัวนำเส้นเดียวยาวตลอดโดยไม่มีการตัดต่อ ขนาดของสายดินที่ต่อจากแผงเมนสวิตซ์พิจารณาจากขนาดของสายตัวนำประธาน และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า ๑๐ ตร.มม.

(๑๑) หลักดิน ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า ๕/๘ นิ้ว ยาวไม่น้อยกว่า ๒.๔๐ เมตร

(๑๒) สายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะถูกเดินร่วมไปกับสายวงจรโดยปลายข้างหนึ่งจะถูกต่ออยู่ที่บัสบาร์สายดินในเมนสวิตซ์หรือแผงจ่ายไฟย่อย ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะต่อเข้ากับโครงโลหะของโหลด ขนาดของสายดินอุปกรณ์ไฟฟ้าจะพิจารณาจากขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ป้องกันวงจร และมีขนาดไม่น้อยกว่า 1.5 ตร.มม.

(๑๓) ยอมให้ใช้อาคารที่เป็นโครงโลหะและมีการต่อลงดินอย่างถูกต้อง โดยมีค่าความต้านทานของการต่อลงดินไม่เกิน ๕ โอห์ม

๒.๙ เครื่องมือช่างทั่วไป

๒.๙.๑ เครื่องมืองานเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย

การติดตั้งไฟฟ้าภายในอาคารส่วนใหญ่จะนิยมใช้วิธีการเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย เนื่องจากติดตั้งง่าย ราคาถูก มีเครื่องมืออุปกรณ์ และวัสดุอื่นๆ ซึ่งจะช่วยทำให้ปฏิบัติงานเสร็จเร็วยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

(๑) ค้อนเดินสายไฟฟ้า จะออกแบบให้มีขนาดกระชับพอดีมือ มีน้ำหนักพอประมาณ เช่น ๒๕๐ กรัม ๓๐๐ กรัม บริเวณหัวค้อนจะทำให้แหลมมนเพื่อใช้ตอกตะปูในบริเวณที่แคบๆ

รูปที่ ๒.๓๘ ค้อนเดินสายไฟฟ้า

(๒) ไขควง เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับขันหรือคลายสกรู ขนาดของไขควงจะบอกขนาดตามความยาวจากปลายก้านจนถึงโคนด้ามที่ใช้กับงานช่างไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นด้ามพลาสติกหรือไม้ทั้งชนิดปากแบนและปากแฉก (Standard and Phillips Screwdriver)

รูปที่ ๒.๓๙ ไขควงสลับปลาย

(๓) **คีม** เป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการเดินสายไฟมาก ใช้ตัด ดัด งอ โค้งและปอกสายไฟ คีมที่มีด้ามเป็นฉนวนหุ้มจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานมีความปลอดภัยในการทำงาน คีมที่ใช้ในการเดินสายไฟ เช่น คีมตัดสาย คีมปากแหลม คีมปากจิ้งจก คีมปอกสาย คีมย้ำหัวต่อสาย และคีมล็อค เป็นต้น

ก. คีมตัดสาย

ข. คีมปากแหลม

ค. คีมปากจิ้งจก

ง. คีมปอกสาย

จ. คีมย้ำหัวต่อสาย

ฉ. คีมล็อค

รูปที่ ๒.๔๐ คีมแบบต่างๆ

(๔) **คัทเตอร์** การเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสายส่วนใหญ่จะนิยมใช้มีดคัทเตอร์ในการปอกฉนวนของสายไฟฟ้า หากเป็นสายไฟฟ้าขนาดใหญ่จะใช้มีดปอกสายไฟ

รูปที่ ๒.๔๑ คัทเตอร์

(๕) สว่าน ปัจจุบันใช้สว่านไฟฟ้า ประกอบด้วยสว่านเจาะไม้ สว่านเจาะเหล็ก สว่านกระแทกเจาะปูน สว่านโรตารีสำหรับเจาะคอนกรีต สว่านไร้สาย (แบบมือถือ) ใช้เจาะไม้และใช้ขันสกรู ขนาดของสว่านจะเรียกตามขนาดของหัวจับ เช่น ๓ หุน หรือ ๔ หุน เป็นต้น

รูปที่ ๒.๔๒ สว่านไฟฟ้า

(๖) เลื่อย ใช้ตัดไม้ ตัดท่อโลหะหรือเจาะตู้ไฟฟ้าหรือตัดพลาสติก

ก. เลื่อย

ข. เลื่อยจิ๊กซอร์

รูปที่ ๒.๔๓ เลื่อยแบบต่างๆ

๒.๙.๒ เครื่องมืองานเดินสายไฟฟ้าด้วยในท่อร้อยสาย

(๑) เครื่องมือดัดท่อ

ตารางที่ ๒.๓ เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในงานดัดท่อและร้อยสาย

เครื่องมือ	รายละเอียดการใช้งาน
Bender	เบนเดอร์ เป็นเครื่องมือสำหรับดัดท่อโลหะบาง (EMT) เช่น การดัดคอม้าเข้ากล่อง การดัดท่อโค้ง ๙๐ องศา bender แต่ละขนาดจะบอกระยะ take up ไว้ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของ bender เช่น ขนาด ๑/๒" take up = ๕"
Hickey	ฮิ๊กกี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับดัดท่อโลหะหนา และท่อโลหะหนาปานกลาง การใช้ hickey เหมาะสำหรับท่อ ที่มีขนาดเล็ก เช่น ๑/๒" , ๓/๔" เป็นต้น
Reamer	รีมเมอร์ เป็นเครื่องมือคว้านท่อ ใช้สำหรับลบคมบริเวณปลายท่อ

ตารางที่ ๒.๓ เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในงานดัดท่อ (ต่อ)

เครื่องมือ	รายละเอียดการใช้งาน
Cutter	คัตเตอร์ เครื่องมือตัดท่อ เป็นเครื่องมือสำหรับ ตัดท่อโลหะหนาและท่อโลหะบาง การใช้ cutter ตัดท่อจะทำให้ท่อมีคมที่เกิดจากรอยตัด ซึ่งอาจทำอันตรายกับสายไฟในท่อได้ จึงต้องลบคมทุกครั้ง
Pipe vise stands	ปากกาจับท่อ ปากกาจับท่อเป็นเครื่องมือสำหรับจับท่อให้แน่นโดยเฉพาะ ทั้งท่อโลหะหนาและท่อโลหะบาง ก่อนที่จะตัดท่อหรือลบคมท่อ มีทั้งแบบสามขาและแบบยึดติดกับโต๊ะงาน
Fish tape	ฟิตเทป เป็นลวดดึงสายไฟ เป็นเครื่องมือสำหรับร้อยสายไฟฟ้าภายในท่อ โดยการสอดลวดโลหะเข้าท่อให้ ปลายโผล่อีกด้านหนึ่งของท่อแล้วมัดสายที่ต้องการเข้ากับปลาย fish tape แล้วออกแรงดึง ให้สายร้อยเข้าในท่อ โดยระวังไม่ให้สายขูดกับท่อจนฉนวนเสียหาย

๒.๑๐ อุปกรณ์และวัสดุงานเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย

๒.๑๐.๑ ท่อ (Conduit)

(๑) ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing) ท่อโลหะชนิดนี้มักเรียกชื่อย่อว่า อีเอ็มที (EMT) เป็นท่อที่มีน้ำหนักเบา เนื่องจากท่ออีเอ็มทีมีน้ำหนักเบาและง่ายต่อการดัดโค้ง จึงนิยมใช้ในการเดินสายไฟในบ้านที่อยู่อาศัย

รูปที่ ๒.๔๔ ท่อโลหะบาง

(๒) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit) ท่อโลหะชนิดนี้มักเรียกชื่อย่อว่า ไอเอ็มซี (IMC) ท่อชนิดนี้เป็นท่อที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้กับงานที่ต้องการความแข็งแรง มีเกลียวที่ปลายท่อสำหรับเชื่อมต่อท่อเข้าด้วยกัน และยังสามารถทำเกลียวด้วยเครื่องมือทำเกลียวมาตรฐาน

รูปที่ ๒.๔๕ ท่อโลหะหนาปานกลาง

(๓) ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit) ท่อ RMC ทำจากเหล็กกล้ารีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๕ ถึง ๖ นิ้วยาวท่อนละ ๑๐ ฟุต (ประมาณ ๓ เมตร) สามารถใช้ได้ทั้งงานภายในและภายนอกอาคารใช้กับงานที่มีแรงกระแทกทางกลสูง เช่นท่อผังดินเดินใต้ถนน งานในที่เสี่ยงต่อการเกิดระเบิด เป็นต้น การเดินสายฝังดินด้วยท่อโลหะหนา ควรฝังลึกไม่น้อยกว่า ๑๕ เซนติเมตร

(๔) ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit)ท่อโลหะชนิดนี้มักเรียกชื่อย่อว่า เอฟเอ็มซี (FMC) ท่อโลหะอ่อนทำมาจากเหล็กกล้าชุบสังกะสีทั้งผิวด้านในและด้านนอกหรือทำด้วยอะลูมิเนียม ได้รับการออกแบบให้มีลักษณะเป็นเส้นโลหะขัดประสานกันซึ่งทำให้เกาะติดกันอย่างต่อเนื่อง เป็นท่อที่มีความอ่อนตัวโค้งงอไปมาได้มีทั้งชนิดธรรมดาและชนิดกันน้ำ จะใช้งานในบริเวณที่ต้องการความอ่อนตัวของท่อสูงและบริเวณที่ต้องการป้องกันการถ่ายทอดแรงสั่นสะเทือนจากเครื่องจักรกลไฟฟ้าเข้าสู่ตัวท่อไฟฟ้า เช่น การติดตั้งท่อเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้า ท่ออ่อนทุกชนิดจะไม่ยอมให้ฝังในดินหรือคอนกรีตโดยเด็ดขาด

รูปที่ ๒.๔๖ ท่อโลหะอ่อน

๒.๑๐.๒ อุปกรณ์งานเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย

ตารางที่ ๒.๓ อุปกรณ์ในงานเดินท่อร้อยสาย

อุปกรณ์	รายละเอียดการใช้งาน
Box Handy box Square box Octagon box	กล่องไฟฟ้าที่ประกอบในการเดินท่อร้อยสายไฟฟ้ามีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีหน้าที่ต่างๆ กัน เช่น กล่องสำหรับจุดต่อไฟฟ้าของสวิตช์ เต้ารับ กล่องต่อสาย กล่องต่อแยก เป็นต้น การเดินสายไฟฟ้าในท่อโลหะถ้าต้องการต่อสายไฟฟ้าต้องกระทำในกล่องต่อสายไฟฟ้าเท่านั้นกล่องเหล่านี้จะช่วยให้มีความปลอดภัยจากประกายไฟที่จุดต่อไฟฟ้าไปใกล้
	ฝาปิดกล่อง (Box cover) ชนิดต่างๆ เช่น ฝาปิดของ Handy box ฝาปิดของ Square box ฝาปิดของ Octagon box

ตารางที่ ๒.๓ อุปกรณ์ในงานเดินท่อร้อยสาย (ต่อ)

อุปกรณ์	รายละเอียดการใช้งาน
Connector	คอนเนคเตอร์ ใช้เชื่อมต่อระหว่างท่อกับกล่องต่อสาย
Lock nut	ล็อกนัท ผิวด้านในจะทำเป็นเกลียว ใช้ยึดท่อเข้ากับกล่องต่อสาย
Bushing	บุชชิ่ง ใช้ป้องกันท่อไฟฟ้าขูดกับฉนวน
Coupling	คับปลิ้ง ใช้ต่อท่อ 2 ท่อนเข้าด้วยกัน
Clamp	แคลมป์ (Clamp) หรือ สแตรป (Strap) ใช้สำหรับยึดท่อให้แนบชิดกับผนัง

ตารางที่ ๒.๓ อุปกรณ์ในงานเดินท่อร้อยสาย (ต่อ)

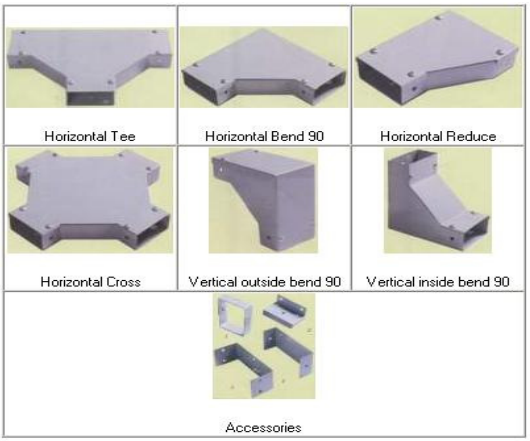
อุปกรณ์	รายละเอียดการใช้งาน
Condulet	คอนดูเลต ใช้สำหรับเดินสายหักมุม ข้ามสิ่งกีดขวางของท่อโลหะหนา มีหลายลักษณะ
Service entrance	หัวงูเห่า ฝาครอบท่อร้อยสาย ใช้สำหรับนำสายเมนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคารและช่วยป้องกันความชื้น

๒.๑๑ รางเดินสายไฟฟ้า

นอกจากการเดินสายไฟด้วยท่อร้อยสายไฟฟ้าแล้ว วิธีการเดินสายสายไฟด้วยรางเดินสายหรือที่เรียกกันว่า ไวร์เวย์ (Wire Ways) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันเป็นอย่างมาก เนื่องจากความง่ายและสะดวกในการใช้งาน นิยมใช้แทนการเดินสายในท่อร้อยสายไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการเดินสายจำนวนมากๆ จะประหยัดและสวยงามกว่าการใช้

ท่อขนาดใหญ่หรือท่อจำนวนหลายเส้นติดตั้ง ขนาดของรางเดินสายโลหะความยาวของรางแต่ละท่อนมีทั้งขนาด ๒.๔๐ เมตร และ ๓.๐ เมตร นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งเพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน ประกอบไปด้วยข้อต่อ ข้องอ ทางแยกต่างๆ เป็นต้น

รูปที่ ๒.๔๗ การใช้รางเดินสายในงานติดตั้งระบบไฟฟ้า



รูปที่ ๒.๔๘ อุปกรณ์ประกอบรางเดินสายไฟฟ้า

ตารางที่ ๒.๔ ขนาดรางเดินสายโลหะ

ตารางที่ จ.1-1
ขนาดรางเดินสายโลหะที่แนะนำในการผลิต

ขนาดความสูงxกว้าง (มม.)	ความหนาต่ำสุด (มม.)
50 x 50	1.00
50 x 100	1.00
100 x 100	1.20
100 x 150	1.20
100 x 200 หรือ 150 x 200	1.60
100 x 300 หรือ 150 x 300	1.60
100 x 400 หรือ 150 x 400	1.60

ข้อกำหนดการใช้งานและการติดตั้ง

(๑) อนุญาตให้ใช้รางเดินสายได้เฉพาะการติดตั้งในที่เปิดโล่ง ยกเว้นการติดตั้งในพื้นที่ปิดที่สามารถเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษาตลอดความยาวของรางเดินสาย

(๒) ถ้าติดตั้งภายนอกอาคารต้องเป็นแบบชนิดกันฝน (Raintight)

(๓) ห้ามใช้รางเดินสายในบริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ในบริเวณที่มีไอที่ทำให้ผุกร่อน หรือในสถานที่อันตรายนอกจากระบุไว้เป็นอย่างอื่น

(๔) พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนทั้งหมดรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ ๒๐ ของพื้นที่หน้าตัดภายในรางเดินสาย

(๕) จุดปลายรางเดินสายต้องปิด

(๖) รางเดินสายต้องจับยึดอย่างมั่นคงแข็งแรงทุกระยะไม่เกิน ๑.๕๐เมตร แต่ยอมให้จุดจับยึดห่างมากกว่า ๑.๕๐ เมตร ได้ในกรณีที่จำเป็น แต่ต้องต้องไม่เกิน ๓.๐๐ เมตร

(๗) รางเดินสายในแนวดิ่งต้องจับยึดอย่างมั่นคงแข็งแรงทุกระยะไม่เกิน ๔.๕๐ เมตร ห้ามมีจุดต่อเกิน ๑ จุดในแต่ละระยะจับยึด และจุดจับยึดต้องห่างจากปลายรางเดินสายไม่เกิน ๑.๕๐ เมตรด้วย

(๘) ห้ามต่อรางเดินสายตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น

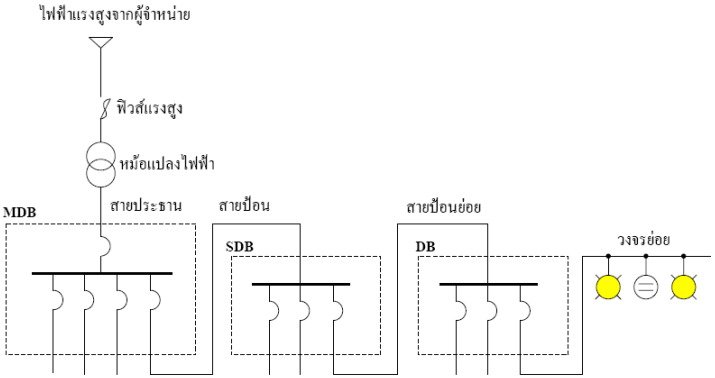
(๙) อนุญาตให้ต่อสายเฉพาะส่วนที่สามารถเปิดออกและเข้าถึงได้สะดวกตลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนรวมทั้งหัวต่อสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 75 % ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสาย ณ จุดต่อสาย

(๑๐) ห้ามใช้รางเดินสายเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน

(๑๑) รางเดินสายตรงตำแหน่งที่ต้องมีการดัด งอสาย เช่นปลายทาง ตำแหน่งที่มีท่อร้อยสายเข้า-ออก รางเดินสายต้องจัดให้มีที่ว่างสำหรับดัดงอสายอย่างเพียงพอและมีการป้องกันไม่ให้มีส่วนคมที่อาจบาดสายได้

๒.๑๒ วงจรย่อย

การออกแบบระบบไฟฟ้าจะเป็นการเลือกใช้งานสายไฟฟ้า และอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย สายป้อน ลักษณะของการออกแบบระบบไฟฟ้าควรเริ่มจากการวางระบบรับไฟฟ้าจากผู้จำหน่ายไฟฟ้าโดยการเขียนเป็นแบบวันไลน์ไดอะแกรม (One Line Diagram) เพื่อจะทำให้ผู้ออกแบบมองเห็นถึงภาพรวมลักษณะการกระจายโหลดไปยังส่วนต่างๆของอาคาร จากนั้นจึงคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละวงจรย่อยและสายป้อนในส่วนต่างๆ

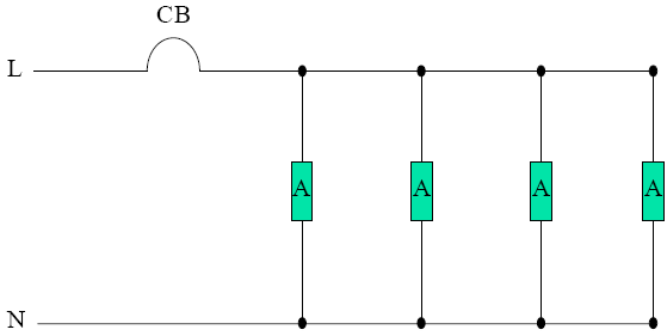


รูปที่ ๒.๔๙ วันไลน์ไดอะแกรมของระบบไฟฟ้าทั่วๆไป

๒.๑๒.๑ วงจรย่อย

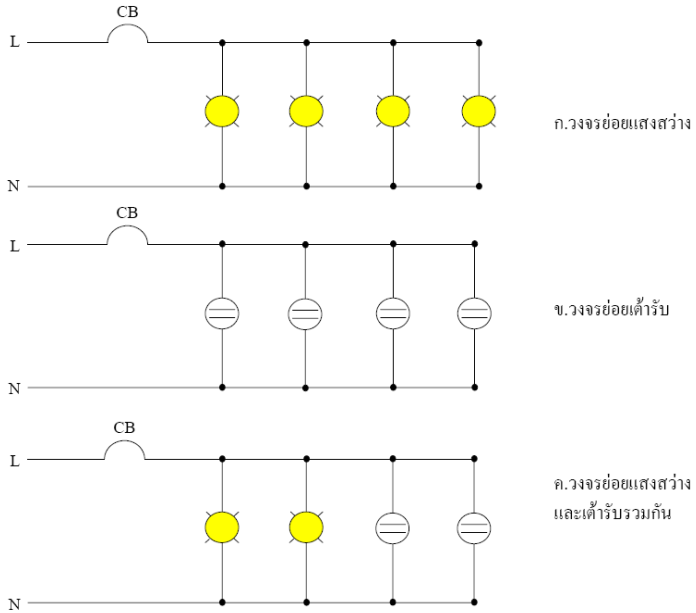
วงจรย่อย (Branch Circuit) หมายถึง ตัวนำวงจรต่ออยู่ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินจุดสุดท้าย กับจุดจ่ายไฟ สามารถแบ่งวงจรย่อยได้ ๔ ลักษณะ คือ

(๑) วงจรย่อยสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า (Branch Circuit, Appliance) หมายถึง วงจรย่อยที่จ่ายไฟฟ้าให้จุดจ่ายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้ามาต่อ มากกว่า ๑ จุดขึ้นไป



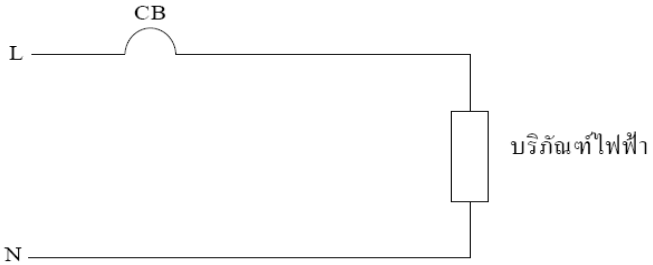
รูปที่ ๒.๕๐ วงจรย่อยสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า

(๒) วงจรย่อยสำหรับจุดประสงค์ทั่วไป (Branch Circuit, General Purpose) หมายถึง วงจรย่อยที่จ่ายไฟฟ้าให้กับจุดจ่ายไฟเพื่อใช้สำหรับระบบแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้า แบ่งเป็น แบบมีเฉพาะโหลดแสงสว่างหลายๆ ดวง ,มีเฉพาะโหลดเต้ารับหลายๆตัว หรือมีทั้งโหลดแสงสว่างและโหลดเต้ารับผสมกันก็ได้



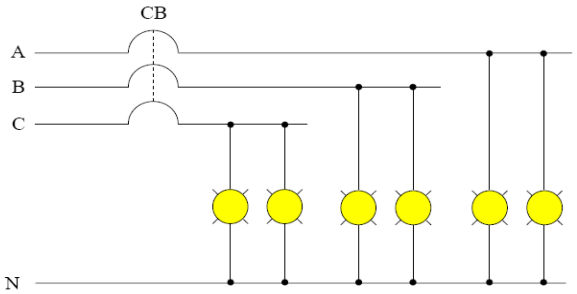
รูปที่ ๒.๕๑ วงจรย่อยสำหรับจุดประสงค์ทั่วไป

(๓) วงจรย่อยเฉพาะ (Branch Circuit, Individual) หมายถึง วงจรย่อยที่จ่ายไฟฟ้าให้บริภัณฑ์ใช้สอยหนึ่งชิ้นเท่านั้น มีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่ออยู่เพียง ๑ อุปกรณ์ในวงจรนั้น เช่น วงจรเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น



รูปที่ ๒.๕๒ วงจรย่อยเฉพาะ

(๔) วงจรย่อยหลายสาย (Branch Circuit, Multi-wire) หมายถึง วงจรย่อยซึ่งประกอบด้วยสายที่ไม่ถูกต่อลงดินตั้งแต่ ๒ สายขึ้นไป ซึ่งมีความต่างศักดิ์ไฟฟ้าระหว่างสาย และมีสายที่มีการต่อลงดิน ๑ สาย โดยความต่างศักดิ์ไฟฟ้าของสายที่ไม่ถูกต่อลงดินแต่ละสายจะต้องเท่ากัน และสายที่มีการต่อลงดินจะต้องต่อเข้ากับสายนิวทรัลหรือสายที่มีการต่อลงดินของระบบ



รูปที่ ๒.๕๓ วงจรย่อยหลายสาย

๒.๑๒.๒ ขนาดพิกัดวงจรย่อย

ขนาดพิกัดวงจรย่อยให้เรียกตาม “ขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้ตัวกระแสสำหรับวงจรนั้นๆ” วงจรย่อยซึ่งมีจุดจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่ ๒ จุดขึ้นไป ต้องมีขนาดไม่เกิน 50A สำหรับวงจรย่อยซึ่งมีจุดต่อไฟฟ้าตั้งแต่ ๒ จุดขึ้นไป ***ยกเว้น***อนุญาตให้วงจรย่อยซึ่งมีจุดจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่ ๒ จุดขึ้นไป ที่ไม่ใช่โหลดแสงสว่างมีพิกัดเกิน 50 A ได้เฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีบุคคลที่มีคุณสมบัติคอยดูแลและบำรุงรักษา

๒.๑๒.๓ สายไฟฟ้าสำหรับวงจรย่อย

สำหรับสายไฟฟ้าของวงจรย่อยตามมาตรฐานกำหนดว่า

(๑) ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้และไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

(๒) ขนาดตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดที่ไม่ไม่เล็กกว่า ๒.๕ ตร.มม.

๒.๑๒.๔ โหลดสำหรับวงจรย่อย

ต้องคำนวณตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

(๑) วงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่ในวงจรนั้น

(๒) โหลดแสงสว่างและโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นที่ทราบขนาดแน่นอนให้คำนวณตามที่ติดตั้งจริง

ตัวอย่างที่ ๒.๖

โหลดเครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 4,000 วัตต์ 220 โวลต์ ควรจะเลือกใช้วงจรย่อยขนาดเท่าใด และขนาดสายไฟที่ใช้

วิธีทำ ขนาดกระแสไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำอุ่น

$$I = \frac{P}{V} = \frac{400W}{220V} = 18.18A$$

ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน = 1.25 เท่าของกระแสโหลด

= 1.25 ×18.18

= 22.73A

** เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์พิกัด 30 AT. เป็นอุปกรณ์ป้องกันวงจรย่อย

ขนาดสายไฟฟ้าของวงจรย่อย จะต้อง :

- มีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ (22.73 A)
- ไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยนั้น (30 A)

** จะต้องเลือกใช้สายไฟฟ้าที่มีขนาดพิกัดกระแส 30 A**

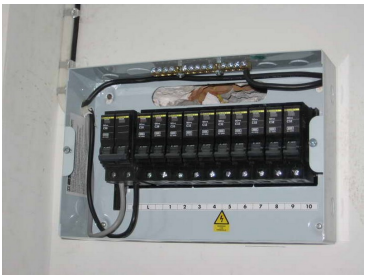
ถ้าวงจรย่อยนี้ จะใช้สาย THW ติดตั้งในท่อโลหะฝังในฝ้า จะต้องเลือกสายขนาด 6 ตร.มม. (พิกัดกระแส 31 A)

๒.๑๒.๖ แผงจ่ายโหลดวงจรย่อย

การจ่ายโหลดวงจรย่อยนั้นผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้แผงจ่ายโหลดวงจรย่อยสำเร็จรูปที่มีผลิตจำหน่ายทั่วไปที่เรียกว่า โหลดเซนเตอร์ (Load Center) หรือ คอนซูมเมอร์ยูนิต (Consumer Unit) มาใช้ในการติดตั้งได้ โดยโหลดเซนเตอร์จะเป็นแผงจ่ายโหลดวงจรย่อยสำหรับระบบ ๓ เฟสประกอบด้วย บัสบาร์สำหรับสายป้อนทั้ง ๓ เฟส นิวทรอลบัส และกราวด์บัส ผู้ใช้สามารถติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ของวงจรย่อยเข้ากับบัสบาร์ของทั้ง ๓ เฟส ได้ในแผงนี้เลย มีขนาดวงจรย่อยให้เลือกใช้ตั้งแต่ ๑๒ ๑๘ ๒๔ ๓๖ และ ๔๒ วงจรย่อย

ส่วนคอนซูมเมอร์ยูนิตนั้นจะเป็นแผงจ่ายโหลดวงจรย่อยสำหรับระบบ ๑ เฟส นิยมใช้ตามบ้านพักอาศัยและสำนักงานทั่วไป โดยผู้ใช้สามารถต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ของวงจรย่อยเข้าที่แผงนี้ได้เลยเช่นกัน

ก. โหลดเซนเตอร์



ข. คอนซูมเมอร์ยูนิต

รูปที่ ๒.๕๔ แผงจ่ายโหลดวงจรย่อย

๒.๑๓ การต่อสวิตซ์ และเต้ารับไฟฟ้า

๒.๑๓.๑ สัญลักษณ์เขียนแบบไฟฟ้า

การเขียนแบบจำเป็นต้องเขียนในรูปสัญลักษณ์ เพราะการเขียนแบบรูปงานจริงทำได้ยากและเสียเวลามาก โดยแบบงานไฟฟ้าจะเป็นแบบที่เขียนสัญลักษณ์แทนอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด โดยทั่วไปการเขียนแบบ มี 3 ลักษณะ คือ

(๑) แบบงานติดตั้ง (One line diagram) เป็นแบบที่บอกตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์

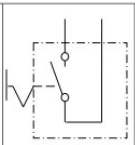
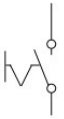
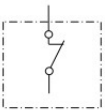
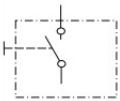
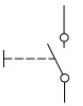
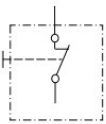
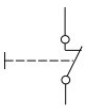
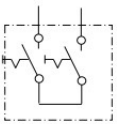
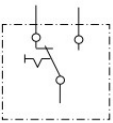
(๒) แบบงานสำเร็จ (Working diagram หรือ Wiring diagram) เป็นแบบที่แสดงการต่อเชื่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัว

(๓) แบบงานควบคุม (Schematic diagram) เป็นแบบที่แสดงการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

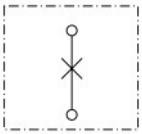
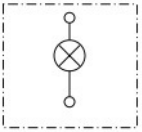
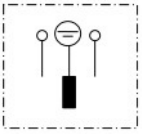
ตารางที่ ๒.๕ สัญลักษณ์สายไฟฟ้า

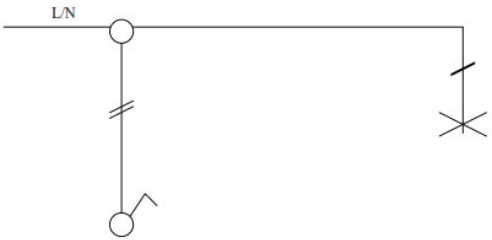
ชื่ออุปกรณ์	งานติดตั้ง	งานสำเร็จ	งานควบคุม
สายไลน์ (Line ; L)	L		
สายนิวตรอน (Neutral ; N)	N		
สายป้องกัน (Protection Earth ; PE)	PE		-
สายไลน์และนิวตรอน (L/N)	L/N		
สายไลน์ นิวตรอน และสายป้องกัน (L/N/PE)	L/N/PE		
จำนวนสาย 2 เส้น			
จำนวนสาย 3 เส้นแทนด้วยตัวเลขจำนวนเส้น	3		
จำนวนสาย 4 เส้นแทนด้วยตัวเลขจำนวนเส้น	4		
จำนวนสายหลายเส้นแทนด้วยตัวเลขจำนวนเส้น	n		

ตารางที่ ๒.๖ สัญลักษณ์สวิตซ์ต่างๆ

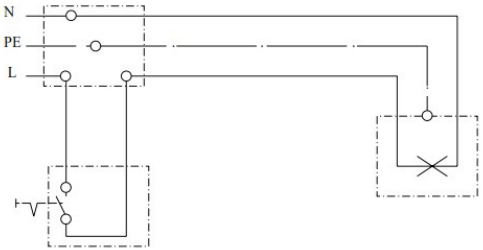
สวิตช์โยก			
คอนแทกปกติเปิด			
คอนแทกปกติปิด			
สวิตช์ปุ่มกดปกติเปิด			
สวิตช์ปุ่มกดปกติปิด			
สวิตช์คันโยกอันดับ			
สวิตช์บันได			

ตารางที่ ๒.๗ สัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้า

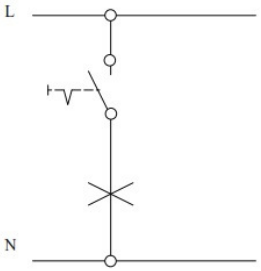
หลอดไฟฟ้าแบบใส้			
หลอดไฟฟ้าแบบสัญญาณ			
หลอดฟลูออเรสเซนต์			
ปลั๊ก			



ก. การเขียนวงจรแบบงานติดตั้ง



ข. การเขียนวงจรแบบงานสำเร็จ

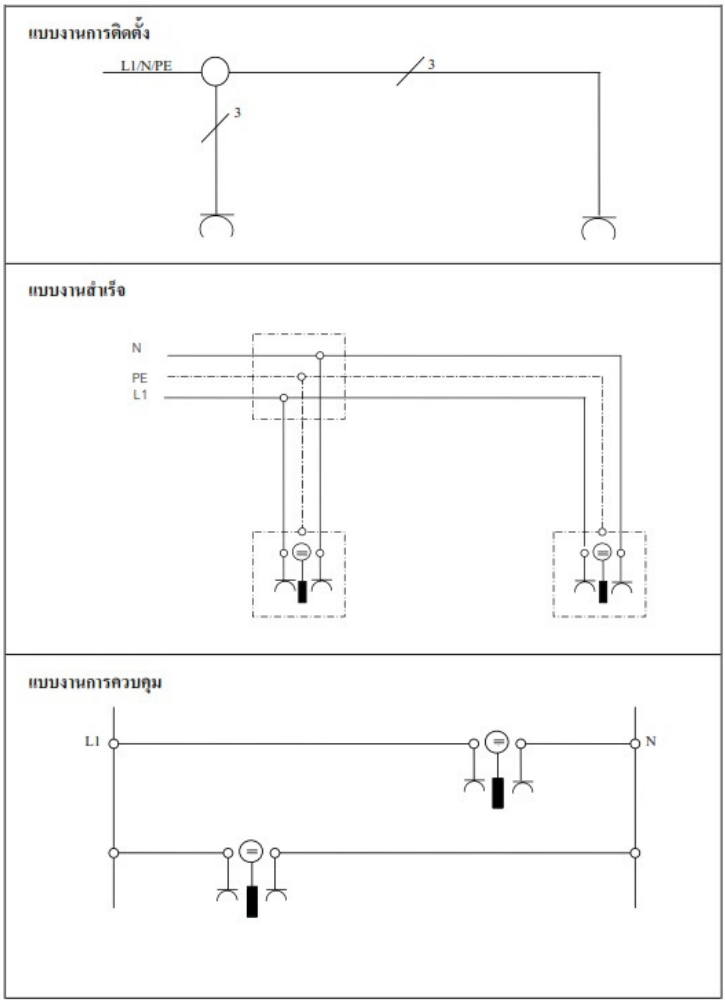


ค. การเขียนวงจรแบบงานควบคุม

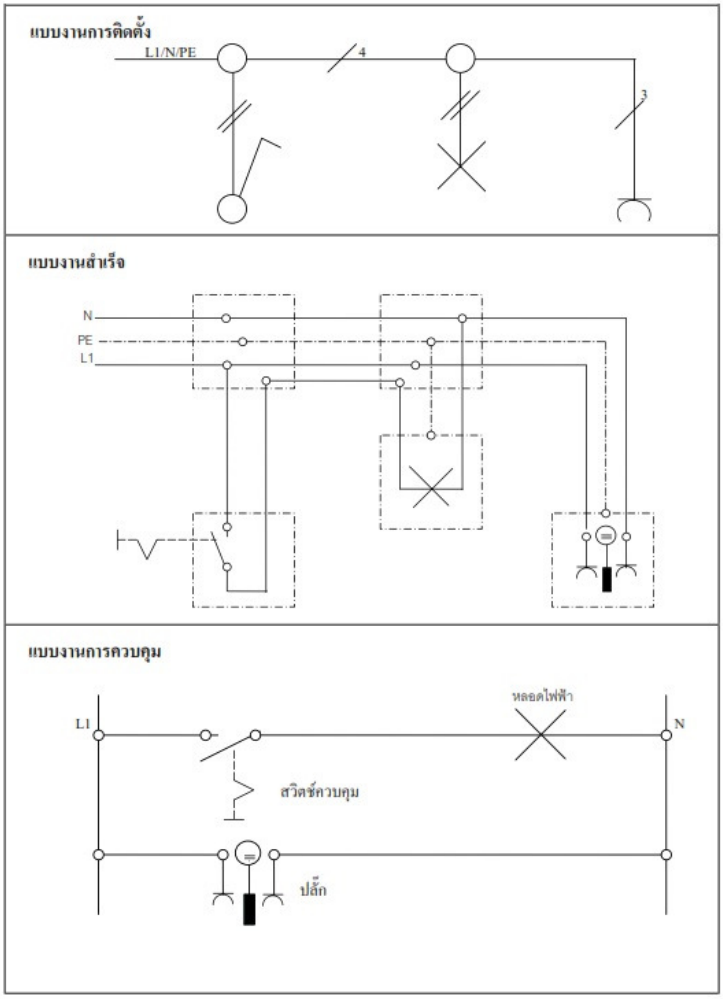
รูปที่ ๒.๕๕ การเขียนวงจรในรูปแบบต่างๆ

๒.๑๓.๒ ตัวอย่างวงจรการต่อสวิตซ์ และเต้ารับไฟฟ้า

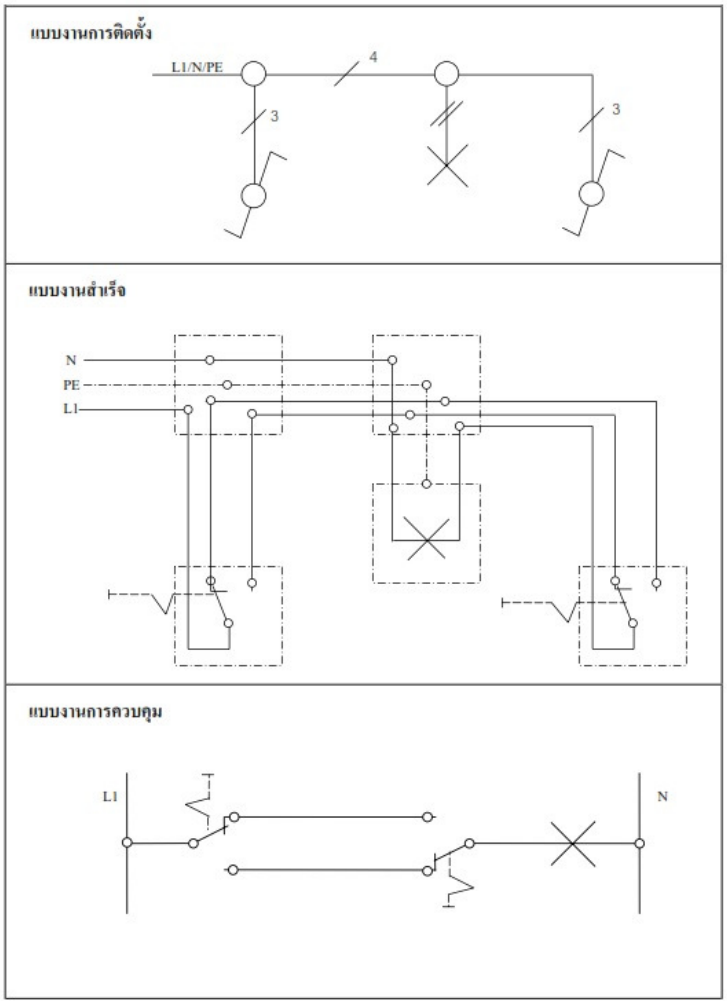
(๑) วงจรการต่อเต้ารับไฟฟ้า



(๒) วงจรการต่อสวิตซ์ทางเดียวควบคุมหลอดอินแคนเดสเซนต์ และวงจรเต้ารับไฟฟ้า



(๓) วงจรการต่อสวิตซ์สามทางควบคุมหลอดอินแคนเดสเซนต์



บันทึก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บรรณานุกรม

โสภณ เสือพันธ์, **อาชีวอนามัยและความปลอดภัย.**
กรุงเทพ :สำนักพิมพ์เอมพันธ์, 2548

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, **งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.**
กรุงเทพ :ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2557

ชลชัย ธรรมวิวัฒนุกูร, **การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า.**
กรุงเทพ :เอ็มแอนด์อี, 2554

อดุลยเดช คำผา, **เขียนแบบไฟฟ้า.**
กรุงเทพ :ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2555

ไวพจน์ ศรีธัญ, **การติดตั้งไฟฟ้าในอาคารและในโรงงาน.**
กรุงเทพ :ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์(ออนไลน์)

http://www.npc-se.co.th

http://www.psjenergysave.com

http://www.mwit.ac.th

http://www.il.mahidol.ac.th

http://www.rmutphysics.com

http://www.praguynakorn.com

http://www.mea.or.th

http://www.friendmidland.wordpress.com

http://www.bootanongsak.tripod.com

http://www.prapathai.com

http://www.coe.or.th

http://www.siamsafetygroup.com

http://bcselectrics.co.uk