กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
DEPARTMENT OF SKILL DEVELOPMENT

มาตรฐาน
ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

คู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
กลุ่มสาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์
สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑
(ภาคความรู้)

มาตรฐาน
ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

คำนำ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการพัฒนาฝีมือแรงงานให้แก่กลุ่มแรงงานใหม่ก่อนเข้าสู่ตลาดแรงงาน ให้มีความรู้ความสามารถตามความต้องการของตลาดแรงงาน และพัฒนากลุ่มแรงงานที่อยู่ในตลาดแรงงานให้สามารถประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้พัฒนามาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาอาชีพต่างๆ ให้สอดคล้องกับความต้องการตลาดแรงงานและความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี เพื่อใช้ในการทดสอบความรู้ ความสามารถ และทัศนคติของแรงงานก่อนเข้าสู่สถานประกอบกิจการ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ได้จัดทำคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑ (ภาคความรู้) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ให้แก่ผู้สนใจที่จะเข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติได้ศึกษา ค้นคว้าเนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบภาคความรู้ก่อนเข้ารับการทดสอบ ซึ่งจะช่วยสร้างโอกาสในการทำงานและสามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพได้อีกด้วย

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ แรงงานและผู้ประกอบกิจการ ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้การทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

หม่อมหลวงปุณฑริก สมิติ
อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
กันยายน ๒๕๕๘

สารบัญ

หน้า

บทที่ ๑ บทนำ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๑ เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ๑
สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

๑.๒ เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ..... ๑๖
สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

๑.๓ เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานและการออก .. ๑๘
หนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือ
แรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

บทที่ ๒ หัวข้อวิชา

๒.๑ ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า..... ๒๐

๒.๒ การใช้เครื่องมือช่างทั่วไป ๒๖

๒.๓ การปฏิบัติงานทางไฟฟ้าด้วยความปลอดภัย..... ๓๓

๒.๔ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๓๘

๒.๕ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า ๕๔

๒.๖ สายไฟฟ้า..... ๖๔

๒.๗ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ๖๘

๒.๘ การต่อลงดิน..... ๗๔

๒.๙ เครื่องจักรกลไฟฟ้าเบื้องต้น..... ๗๗

๒.๑๐ อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์..... ๘๗

๒.๑๑ การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส..... ๙๓

๒.๑๒ ตัวอย่างวงจรควบคุมมอเตอร์ด้วยคอนแทคเตอร์..... ๙๔

สารบัญ

หน้า

บทที่ ๓ บทสรุปคู่มือเตรียมสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑ (ภาคความรู้)
๓.๑ สรุปสาระสำคัญ..... ๑๐๓
๓.๒ จรรยาบรรณของผู้ประกอบอาชีพ ๑๐๘
ช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

บทที่ ๑
บทนำ
ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๑ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

เล่ม ๑๒๖ ตอนพิเศษ ๑๘๔ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๓ ธันวาคม ๒๕๕๒

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม โดยความเห็นชอบของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงาน ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้ ช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม หมายถึง ช่างซึ่งประกอบอาชีพในงานติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลัง แรงดันต่ำ กระแสสลับไม่เกิน ๑,๐๐๐ โวลต์ สำหรับระบบไฟฟ้า ๑ เฟส หรือ ๓ เฟส หรือใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงไม่เกิน ๑,๕๐๐ โวลต์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม การแก้ไขปัญหาข้อขัดข้อง และการตรวจสอบระบบไฟฟ้า โดยสามารถปฏิบัติงานเกี่ยวกับการอ่านแบบการทดสอบ การติดตั้งและการเดินสายไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม ตลอดจนการกำหนดค่าขนาด ติดตั้งทดสอบ การใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องวัด แผงจ่ายไฟฟ้า ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า แก้ไขปัญหาและซ่อมบำรุงวงจรควบคุมมอเตอร์ และบันทึกข้อมูลจากเครื่องวัดได้ตามความสามารถในระดับชั้นที่กำหนดไว้

ข้อ ๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น ๓ ระดับ

๒.๑ ระดับ ๑ หมายถึง ช่างซึ่งประกอบอาชีพในงานติดตั้งระบบไฟฟ้า ตู้ควบคุม และอุปกรณ์ไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม

๒.๒ ระดับ ๒ หมายถึง ช่างซึ่งประกอบอาชีพในงานติดตั้งระบบไฟฟ้า ตู้ควบคุม และอุปกรณ์ไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรมและการแก้ไขปัญหาข้อขัดข้อง

๒.๓ ระดับ ๓ หมายถึง ช่างซึ่งประกอบอาชีพในงานติดตั้งระบบไฟฟ้า ตู้ควบคุม และอุปกรณ์ไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม การแก้ไขปัญหาข้อขัดข้อง และการตรวจสอบระบบไฟฟ้า

ข้อ ๓ ข้อกำหนดทางวิชาการที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดระดับฝีมือ ความรู้ ความสามารถและทัศนคติในการทำงานของผู้ประกอบอาชีพในสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ให้เป็นดังนี้

<u>มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ได้แก่</u>

๓.๑ ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องดังต่อไปนี้

๓.๑.๑ ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า

(๑) การใช้เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ป้องกันบุคคลเบื้องต้น

(๒) การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

(๓) การปฐมพยาบาลผู้ถูกช็อกไฟฟ้า (ไฟฟ้าดูด) และได้รับอุบัติเหตุ

๓.๑.๒ การใช้เครื่องมือช่างทั่วไป (Hand Tools)

๓.๑.๓ หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องวัดทางไฟฟ้า และหน่วยวัดทางไฟฟ้า

(๑) มัลติมิเตอร์ (Multi Meter)

(๒) โวลต์มิเตอร์ (Volt Meter)

(๓) แอมป์มิเตอร์ (Amp Meter)

(๔) มาตรพลังงานไฟฟ้า (Watt-hour Meter)

(๕) มาตรตัวประกอบกำลัง (Power Factor Meter)

๓.๑.๔ หลักการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าเบื้องต้น

(๑) มอเตอร์กระแสสลับ (Alternating Current Motor; A.C. motor)

(๒) อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)

(๓) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) และสวิตซ์ถ่ายโอน (Transfer Switch)

(๔) ตู้ควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Board)

(๕) ตู้จ่ายไฟฟ้า (Distribution Board)

๓.๑.๕ การเลือกชนิดและขนาดของสายไฟฟ้า

๓.๑.๖ สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า และการอ่านแบบไฟฟ้า

(๑) สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าเบื้องต้น

(๒) แบบไฟฟ้าแสงสว่างในโรงงาน

๓.๑.๗ ข้อกำหนดในการติดตั้ง การเดินสายไฟฟ้าด้วยท่อร้อยสายไฟฟ้าตลอดจนอุปกรณ์ประกอบการเดินท่อร้อยสายไฟฟ้าประเภทนั้นๆ

๓.๑.๘ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไฟฟ้า

๓.๒ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

๓.๒.๑ การใช้เครื่องวัดทางไฟฟ้า

(๑) มัลติมิเตอร์ (Multi Meter)

(๒) มิเตอร์แบบแคล้มป์ออน (Clamp On Meter)

๓.๒.๒ การใช้ การบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเบื้องต้น

๓.๒.๓ การต่อตัวนำแบบต่างๆ

(๑) การต่อสายไฟฟ้ากับสายไฟฟ้า

(๒) การต่อสายไฟฟ้าเข้ากับขั้วต่อ

(๓) การต่อตัวนำด้วยหลอดต่อสาย

(๔) การพันฉนวนหุ้มบริเวณจุดต่อสาย

๓.๒.๔ การเดินสายไฟฟ้าและการเดินท่อร้อยสายไฟฟ้าชนิดโลหะ และพีวีซี

๓.๒.๕ การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(๑) ดวงโคมไฟฟ้า

(๒) อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๓) ตู้จ่ายไฟฟ้า

(๔) แอมป์มิเตอร์

(๕) โวลต์มิเตอร์

(๖) แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์

(๗) โอเวอร์โหลดรีเลย์

๓.๒.๖ การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสสลับแบบ Direct Start

๓.๓ ทัศนคติ ประกอบด้วย การปฏิบัติงาน การตรงต่อเวลา การรักษาวินัย มีความซื่อสัตย์ และความประหยัด

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๒ ได้แก่

๓.๔ ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องดังต่อไปนี้

๓.๔.๑ ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า

(๑) การใช้เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเบื้องต้น

(๒) การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

(๓) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นผู้ถูกช็อกไฟฟ้า (ไฟฟ้าดูด) และได้รับอุบัติเหตุ

(๔) แนะนำการใช้งานอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล

๓.๔.๒ กฎระเบียบการขอใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

๓.๔.๓ หลักการทำงาน ตรวจสอบและการบำรุงรักษา

(๑) มอเตอร์กระแสตรง (Direct Current Motor; D.C. Motor) และมอเตอร์กระแสสลับ

(๒) อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๓) ดวงโคมไฟฟ้า

(๔) ตู้ควบคุมมอเตอร์

(๕) ตู้จ่ายไฟฟ้าประธาน (Main Distribution Board)

(๖) หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Distribution Transformer) ชนิด ๑ เฟส และ ๓ เฟส

๓.๔.๔ การใช้เครื่องวัดทางไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบ

(๑) มาตรตัวประกอบกำลัง

(๒) มาตรพลังงานไฟฟ้า

(๓) โวลต์-แอมป์มิเตอร์ (Volt-Amp Meter)

(๔) หม้อแปลงกระแส (Current Transformer, CT)

(๕) หม้อแปลงแรงดัน (Voltage Transformer, VT)

(๖) เครื่องวัดค่าความต้านทานของฉนวน (Mega-Ohm Meter)

๓.๔.๕ การเลือกชนิดและขนาดของสายไฟฟ้า

(๑) การเลือกชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าตามข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

(๒) ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดความยาวของสายไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

(๓) ขนาดของสายประธาน

(๔) ขนาดของสายป้อน

(๕) ขนาดของสายวงจรย่อย

๓.๔.๖ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินแบบต่างๆ และวิธีการนำไปใช้งาน

(๑) ความหมายของฟิวส์ และอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๒) ชนิดของฟิวส์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม

(๓) การกำหนดขนาดของฟิวส์ และอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๔) ชนิดของอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)

(ก) ชนิดปลดวงจรด้วยความร้อน (Thermal Trip)

(ข) ชนิดปลดวงจรด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Trip)

(ค) ชนิดปลดวงจรด้วยความร้อนและแม่เหล็กไฟฟ้า (Thermal and Magnetic Trip)

๓.๔.๗ การเดินสายไฟฟ้าด้วยท่อร้อยสายไฟฟ้าและรางเดินสายไฟฟ้า

(๑) การเลือกชนิดของท่อร้อยสายไฟฟ้า

(ก) ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit : RMC)

(ข) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit : IMC)

(ค) ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing : EMT)

(ง) ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit : FMC)

(๒) จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสายไฟฟ้า

(๓) การเลือกชนิดของรางเดินสายไฟฟ้า

๓.๔.๘ ระบบไฟฟ้ากำลัง แรงดันไฟฟ้าต่ำ

(๑) ระบบ ๑ เฟส ๒ สาย ๒๒๐ โวลต์

(๒) ระบบ ๓ เฟส ๔ สาย ๓๘๐/๒๒๐ โวลต์

๓.๔.๙ แบบของระบบไฟฟ้า และการอ่านวงจรการควบคุมมอเตอร์เบื้องต้น

(๑) วงจรควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Circuit)

(ก) สัญลักษณ์และอุปกรณ์ในวงจรควบคุมมอเตอร์

(ข) วงจรสตาร์ทตรง

(ค) วงจรกลับทิศทางหมุน (Reverse-Forward)

(ง) วงจรสตาร์-เดลตา (Y/Δ)

(จ) วงจรป้องกันมอเตอร์ (Motor Protection) กรณีการใช้งานเกินกำลัง (Over Load) แรงดันไฟฟ้าสูง/ต่ำเกิน (Over/Under Voltage) ระบบไฟฟ้าไม่ครบเฟส (Phase Failure)

(๒) แบบการเดินสายไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

(ก) สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าในอุตสาหกรรม

(ข) ความหมายและการอ่านแบบ Single Line Diagram

(ค) ความหมายและการอ่านแบบ Wiring Diagram

๓.๕ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

๓.๕.๑ การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ในตู้ควบคุมมอเตอร์

(๑) การจัดวางอุปกรณ์ในตู้ควบคุมมอเตอร์

(๒) การเดินสายไฟฟ้าในตู้ควบคุมมอเตอร์

(๓) การเข้าสายไฟฟ้ากับขั้วต่อ

๓.๕.๒ มอเตอร์ไฟฟ้า

(๑) การติดตั้งและควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) ชนิด ๑ เฟส และ ๓ เฟส

(๒) การติดตั้งและควบคุมมอเตอร์กระแสตรง (D.C. Motor)

(๓) การตรวจสอบและการทดสอบการทำงาน

๓.๕.๓ การประกอบและติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าด้วยหลอดประเภทต่างๆ

(๑) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

(๒) หลอดโซเดียม (Sodium Vapor Lamp)

(๓) หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp)

(๔) หลอดเมอคิวรี่ (หลอดแสงจันทร์ : Mercury Vapor Lamp)

๓.๕.๔ ตู้จ่ายไฟฟ้าประธาน

(๑) การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

(๒) การเดินสายไฟฟ้าและติดตั้งตัวนำแท่ง (Bus Bar)

(๓) การเดินวงจรเครื่องวัด

(๔) การติดตั้ง

๓.๕.๕ การเดินสายไฟฟ้าด้วยท่อร้อยสายไฟฟ้าและรางเดินสายไฟฟ้า

(๑) ท่อโลหะหนาปานกลาง

(๒) ท่อโลหะบาง

(๓) ท่อโลหะอ่อน

(๔) ท่อพีวีซี

(๕) การเดินสายไฟฟ้าในรางโลหะและรางพีวีซี

๓.๖ ทัศนคติ ประกอบด้วย แนวความคิดในเรื่องการพัฒนาความรู้ การวิเคราะห์งาน สามารถตัดสินใจ แก้ไขปัญหาข้อขัดข้องในการปฏิบัติงาน และให้คำแนะนำแก่ผู้ใต้บังคับบัญชา

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๓ ได้แก่

๓.๗ ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องดังต่อไปนี้

๓.๗.๑ ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า

๓.๗.๒ ระบบการส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังในประเทศไทย

(๑) ระบบการส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวง

(๒) ระบบไฟฟ้ากำลัง แรงดันไฟฟ้าต่ำ

(ก) ระบบ ๒๒๐ โวลต์ ๑ เฟส ๒ สาย

(ข) ระบบ ๓๘๐/๒๒๐ โวลต์ ๓ เฟส ๔ สาย

๓.๗.๓ ระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน

(๑) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และสวิตซ์ถ่ายโอน (Transfer Switch)

(๒) ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS)

(๓) แสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Light)

๓.๗.๔ ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm) เบื้องต้น

(๑) ชนิดของอุปกรณ์

(๒) แผงควบคุมและแผงแจ้งเหตุ (Annunciator)

(๓) การตรวจสอบและบำรุงรักษา

๓.๗.๕ รีเลย์ป้องกัน (Protective Relay) เบื้องต้น

(๑) รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน (Over Current Relay)

(๒) รีเลย์ป้องกันแรงดันสูงเกิน/ต่ำเกิน (Over/Under Voltage Relay)

(๓) เฟสซีเควนซ์ รีเลย์ (Phase Sequence Relay)

๓.๗.๖ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

(๑) หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

(๒) หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชนิด ๑ เฟส และชนิด ๓ เฟส

(๓) การเลือกขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

(๔) การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

(๕) การตรวจสอบและการบำรุงรักษา

๓.๗.๗ มอเตอร์ไฟฟ้า

(๑) ชนิดของมอเตอร์

(๒) ส่วนประกอบของมอเตอร์

(๓) หลักการทำงานของมอเตอร์

(๔) การซ่อมและบำรุงรักษา

(๕) ระบบป้องกันมอเตอร์

(๖) การเลือก ชนิด ขนาด และลักษณะของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับงาน

๓.๗.๘ อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๑) ความหมายของอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๒) คุณสมบัติและชนิดของอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๓) การกำหนดขนาดของอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๔) การเลือกอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

(๕) การตรวจสอบอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ

๓.๗.๙ การต่อลงดิน และกับดักเสิร์จ (Surge Arrester)

(๑) ความรู้เกี่ยวกับกับดักเสิร์จเบื้องต้น

(๒) ขนาดและชนิดของสายดิน

(๓) ประเภทของการต่อสายดิน (สายดินของระบบและของบริภัณฑ์ไฟฟ้า)

(๔) หลักดิน (Earth Electrode) และอุปกรณ์ประกอบ

(๕) การวัดความต้านทานระหว่างหลักดินกับดิน

๓.๗.๑๐ การแก้ตัวประกอบกำลัง (Power Factor Correction) ของระบบไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าต่ำ

(๑) ประโยชน์ของการแก้ตัวประกอบกำลัง

(๒) ความหมายของวัตต์ (Watt), วีเอ (VA), และวาร์ (Var)

(๓) ความรู้เกี่ยวกับการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังโดยการติดตั้งคาปาซิเตอร์ (Capacitor)

๓.๗.๑๑ การเลือกชนิดและขนาดของสายไฟฟ้า

(๑) การเลือกชนิดของสายไฟฟ้า

(๒) การกำหนดขนาดให้เหมาะสมกับงาน

(ก) วงจรมอเตอร์

(ข) กำหนดขนาดของสายป้อน, สายประธานและสายวงจรย่อย

๓.๗.๑๒ ดวงโคมไฟฟ้าชนิดต่างๆ

(๑) คุณสมบัติของดวงโคมไฟฟ้า

(๒) หลักการทำงานของดวงโคมไฟฟ้า

(๓) การบำรุงรักษา และการแก้ไขปัญหาข้อขัดข้อง

๓.๗.๑๓ ข้อกำหนดของการเดินสายไฟฟ้า

(๑) การเดินสายไฟฟ้าด้วยท่อร้อยสายไฟฟ้า

(ก) ท่อโลหะหนาหรือปานกลาง

(ข) ท่อโลหะบาง

(ค) ท่อโลหะอ่อน

(ง) ท่อพีวีซี

(๒) หลักการเดินสายไฟฟ้าในช่องเดินสายรางโลหะและรางพีวีซี

๓.๗.๑๔ วงจรควบคุมมอเตอร์

(๑) ออกแบบวงจร สตาร์ทตรง กลับทางหมุน สตาร์-เดลตา เป็นต้น

(๒) กำหนดขนาดของคอนแทคเตอร์ (Contactor)

(๓) กำหนดขนาดอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์

(๔) ซีเล็กเตอร์สวิตซ์ (Selector Switch)

(๕) ไทม์เมอร์ รีเลย์ (Timer Relay)

(๖) ลิมิตสวิตซ์ (Limit Switch)

(๗) เซ็นเซอร์ (Sensor)

(๘) หลักการทำงาน โครงสร้าง และสัญลักษณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ไดโอดทรานซิสเตอร์ เป็นต้น

(๙) การเรคติฟาย แบบคลื่นครึ่ง และคลื่นเต็ม รวมทั้งการป้องกันโดยใช้อุปกรณ์ดังกล่าวควบคุมวงจรบางส่วนหรือทั้งหมด

(๑๐) ระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์

(๑๑) Compact Logic Controller

๓.๘ ความสามารถประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

๓.๘.๑ การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชนิด ๑ เฟส และชนิด ๓ เฟส

๓.๘.๒ มอเตอร์กระแสตรงและกระแสสลับ

(๑) การติดตั้งมอเตอร์ชนิดต่างๆ

(๒) การวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้อง

(๓) การแก้ไขปัญหาข้อขัดข้อง

(๔) การบำรุงรักษามอเตอร์

(๕) การตรวจสอบและการทดสอบการทำงาน

๓.๘.๓ การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ในตู้ควบคุมมอเตอร์

(๑) การจัดวางอุปกรณ์ในตู้ควบคุมมอเตอร์

(๒) การปรับค่ารีเลย์ป้องกัน

(๓) การเดินสายไฟฟ้าในตู้ควบคุมมอเตอร์

(๔) การต่อตัวนำกับขั้วต่อ

(๕) การตรวจสอบและการแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องในวงจรควบคุมมอเตอร์

๓.๘.๔ แผงจ่ายไฟฟ้า

(๑) การติดตั้งอุปกรณ์และการปรับตั้งค่าทางไฟฟ้าที่จำเป็น

(๒) การเดินสายไฟฟ้าและการติดตั้งบัสบาร์

(๓) การเดินวงจรเครื่องวัด

(๔) การติดตั้ง

(๕) การตรวจสอบ การทดสอบและการบำรุงรักษา

๓.๘.๕ การเดินสายไฟฟ้าและการเดินท่อร้อยสายไฟฟ้า

(๑) การเดินสายไฟฟ้าในรางโลหะและรางพีวีซี

(๒) การเดินสายไฟฟ้าช่องเดินสาย

(๓) การเดินสายไฟฟ้าด้วยท่อร้อยไฟฟ้า

๓.๘.๖ การตรวจสอบระบบไฟฟ้าในโรงงาน

๓.๙ ทัศนคติ ประกอบด้วย แนวความคิดในการวิเคราะห์ การวางแผน และการแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องในการปฏิบัติงาน โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการปฏิบัติงาน

๑.๒ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

เล่ม ๑๒๖ ตอนพิเศษ ๑๘๔ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๓ ธันวาคม ๒๕๕๒

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ.๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดคุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑

๑.๑ ผู้เข้ารับการทดสอบต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า ๑๘ ปีบริบูรณ์นับถึงวันสมัครเข้ารับการทดสอบ และ

๑.๒ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรมไม่น้อยกว่า ๑ ปี หรือ

๑.๓ ผ่านการฝึกฝีมือแรงงานหรือฝึกอาชีพ ในสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรมไม่น้อยกว่า ๓๖๐ ชั่วโมง และมีประสบการณ์จากการฝึก หรือปฏิบัติงานในกิจการในสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า ๑๘๐ ชั่วโมง หรือ

๑.๔ เป็นผู้ที่จบการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในสาขาที่เกี่ยวข้องกับอาชีพนี้

ข้อ ๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๒

๒.๑ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรมไม่น้อยกว่า ๑ ปี นับตั้งแต่วันที่ได้รับหนังสือรับรองมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติระดับ ๑ หรือ

๒.๒ ได้คะแนนรวมในการทดสอบ ระดับ ๑ ไม่ต่ำกว่าร้อยละแปดสิบ

ข้อ ๓ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๓

๓.๑ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรมไม่น้อยกว่า ๑ ปี นับตั้งแต่วันที่ได้รับหนังสือรับรองมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติระดับ ๒ หรือ

๓.๒ ได้คะแนนรวมในการทดสอบ ระดับ ๒ ไม่ต่ำกว่าร้อยละแปดสิบ

๑.๓ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่องวิธีการ ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑

เล่ม ๑๒๖ ตอนพิเศษ ๑๘๔ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๓ ธันวาคม ๒๕๕๒

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่องวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ๑ ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑

๑.๑ การทดสอบความรู้ ความเข้าใจ

เป็นการทดสอบความรู้และความเข้าใจ ที่จำเป็นจะต้องนำไปใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ลักษณะข้อสอบเป็นข้อสอบแบบปรนัย ๔ ตัวเลือก จำนวน ๖๐ ข้อ เวลา ๑ ชั่วโมง คะแนนเต็ม ๖๐ คะแนน คิดเป็นร้อยละสามสิบของคะแนนทั้งหมด

๑.๒ การทดสอบภาคความสามารถ

เป็นการทดสอบความสามารถ ซึ่งเกิดจากการสะสมประสบการณ์จนเกิดความชำนาญเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างมีคุณภาพตามข้อกำหนด ถูกขั้นตอนและเสร็จตามเวลาที่กำหนด ลักษณะ

แบบทดสอบ เป็นการทดสอบความสามารถโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติงานตามรูปแบบ กฎเกณฑ์ ในวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑ เวลา ๖ ชั่วโมง คะแนนเต็ม ๑๐๐ คะแนน คิดเป็นร้อยละเจ็ดสิบของคะแนนทั้งหมด

๑.๓ รายละเอียดวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการประกาศกำหนด

ข้อ ๒ การออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑ จะออกให้แก่ผู้ผ่านการทดสอบ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องสอบทั้งการทดสอบความรู้ และความสามารถโดยจะต้องสอบได้คะแนนรวมทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละเจ็ดสิบของคะแนนทั้งหมด จึงถือว่าสอบผ่านมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑

ประกาศ ณ วันที่ ๒ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๒

สมชาย ชุ่มรัตน์
ปลัดกระทรวงแรงงาน
ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

บทที่ ๒
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

๒.๑ ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า

๒.๑.๑ เครื่องหมายและสัญลักษณ์ความปลอดภัย

การปฏิบัติงานในทุกสาขาอาชีพภายในองค์กรหรือสถานประกอบการต่างๆ บุคลากรในหน่วยงานควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์เครื่องหมายความปลอดภัย (safety sign) หมายถึงเครื่องหมายที่ต้องการใช้สื่อความหมาย โดยใช้รูป สี หรือข้อความ ที่เฉพาะเจาะจงกับผู้ที่อาจได้รับอันตรายในสถานที่ทำงาน โดยข้อความภายในป้ายอาจจะสื่อความหมายเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ อันตรายต่อสุขภาพ ระบุสถานที่ตั้งของอุปกรณ์ป้องกันไฟไหม้ หรือการให้คำแนะนำในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน การเรียนรู้ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจและปฏิบัติตามสัญลักษณ์และเครื่องหมายความปลอดภัยอย่างเคร่งครัดจะช่วยลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากอุบัติภัยต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสถานประกอบการ

๒.๑.๒ สัญลักษณ์สีและสีตัดเพื่อความปลอดภัย

สีถูกใช้เป็นสัญลักษณ์เพื่อสื่อสารให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความระมัดระวังในการทำงานโดยใช้ทาตามวัสดุ อุปกรณ์ ท่อ เครื่องจักร พื้นที่ทำงาน หรือเครื่องหมายต่างๆ สีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยกำหนดให้ใช้สีตามตารางที่ ๒.๑ สีที่ใช้เพื่อความปลอดภัยโดยจะแบ่งเป็น ๔ ประเภท ใช้สีแดง สีเหลือง สีฟ้า และสีเขียวเพื่อใช้แสดงความหมายที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นใช้สัญลักษณ์ภาพไว้ตรงกลางของเครื่องหมาย (โดยไม่นับแถบขวางสำหรับเครื่องหมายห้าม) ในกรณีไม่มีสัญลักษณ์ภาพที่เหมาะสมสำหรับสื่อความหมายตามที่ต้องการให้ใช้เครื่องหมายทั่วไป

ตารางที่ ๒.๑ สีที่ใช้เพื่อความปลอดภัย

สีเพื่อความปลอดภัย	สีตัด	ความหมาย	ตัวอย่างการใช้งาน
สีแดง	สีขาว	- หยุด	- เครื่องหมายหยุด - เครื่องหมายอุปกรณ์หยุดฉุกเฉิน - เครื่องหมายห้าม - ระบบดับเพลิง
สีเหลือง	สีดำ	- ระวัง - มีอันตราย	- ชี้บ่งว่ามีอันตราย (เช่น ไฟ , วัตถุระเบิด) - ชี้บ่งถึงเขตอันตราย - เครื่องหมายเตือน
สีฟ้า	สีขาว	- บังคับให้ต้องปฏิบัติ	- บังคับให้ต้องสวมเครื่องป้องกันส่วนบุคคล - เครื่องหมายบังคับ
สีเขียว	สีขาว	- แสดงภาวะปลอดภัย	- ทางหนี - ทางออกฉุกเฉิน - หน่วยปฐมพยาบาล - หน่วยกู้ภัย - แสดงภาวะปลอดภัย

๒.๑.๓ เครื่องหมายความปลอดภัย

รูปแบบเครื่องหมายความปลอดภัย ใช้เป็นสัญลักษณ์แบ่งได้ ๔ ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ ๑ เครื่องหมายห้าม

รูปที่ ๒.๑ เครื่องหมายห้าม

มีรายละเอียดเป็นวงกลมมีแถบตามขอบและแถบขวางสีแดง สีพื้นสีขาว และสีของสัญลักษณ์ภาพสีดำ

ตารางที่ ๒.๒ ตัวอย่างเครื่องหมายห้าม

	ห้ามทิ้งขยะ NO LITER
	ห้ามดื่มสุรา NO ALCOHOL
	ห้ามสูบบุหรี่ NO SMOKING
	ห้ามสัมผัส DO NOT TOUCH

ประเภท ๒. เครื่องหมายเตือน

รูปที่ ๒.๒ เครื่องหมายเตือน

มีรายละเอียดเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่ามีแถบตามขอบสีดำ สีพื้นเหลือง และสีของสัญลักษณ์ภาพสีดำ

ตารางที่ ๒.๓ ตัวอย่างเครื่องหมายเตือน

	ระวังอันตราย
	ระวังไฟฟ้าแรงสูง
	ระวังสารกัมมันตภาพรังสี

ประเภท ๓. เครื่องหมายบังคับ

รูปที่ ๒.๓ เครื่องหมายบังคับให้ต้องปฏิบัติ

มีรายละเอียดเป็นรูปวงกลมสีน้ำเงิน ภาพสัญลักษณ์สีขาว มีกรอบดำ

ตารางที่ ๒.๔ ตัวอย่างเครื่องหมายบังคับปฏิบัติ

	สวมชุดป้องกันสารเคมี WEAR PROTECTIVE CLOTHING
	สวมกระบังหน้านิรภัย WEAR FACE SHIELD
	สวมรองเท้านิรภัย WEAR SHOES

ประเภท ๔. เครื่องหมายสารนิเทศเกี่ยวกับ สภาวะปลอดภัย

รูปที่ ๒.๔ เครื่องหมายสารนิเทศ

มีรายละเอียดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า สีพื้นเขียว สีของสัญลักษณ์ภาพสีขาว

ตารางที่ ๒.๕ ตัวอย่างเครื่องหมายสารนิเทศเกี่ยวกับสภาวะปลอดภัย

	สภาวะความปลอดภัย SAFE CONDITION
	ชำระล้างดวงตาฉุกเฉิน EYE WASH
	ปุ่มกดสำหรับหยุดฉุกเฉิน EMERGENCY STOP PUSH-BUTTOP

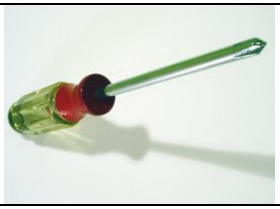
๒.๒ การใช้เครื่องมือช่างทั่วไป (Hand Tools)

เครื่องมือช่างเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้การทำงานมีมาตรฐานและใช้เวลาการทำงานน้อยลง แต่ข้อสำคัญในการใช้เครื่องมือต้องใช้ให้ถูกประเภทและวิธีการใช้งาน

ตารางที่ ๒.๖ เครื่องมือช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

ชนิด	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	คีมปากจิ้งจก	เป็นคีมที่ช่างไฟฟ้านิยมใช้ทำงานได้หลายแบบ ทั้งจับชิ้นงานและตัดสายไฟฟ้า
	คีมปากแหลม	ใช้จับหรือบีบชิ้นงานขนาดเล็ก
	คีมตัดสาย	ใช้ตัดสายไฟฟ้า คีมที่เหมาะกับงานไฟฟ้าควรมีด้ามจับที่มีฉนวนหุ้มอย่างสมบูรณ์
	คีมย้ำหางปลา	ใช้หนีบย้ำขั้วต่อสายไฟฟ้าหรือหางปลา มีหลายขนาดตามขนาดของหางปลา

ตารางที่ ๒.๖ เครื่องมือช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	คีมปอกสาย	ใช้ปอกสายอ่อนแกนเดียว เช่น สาย VSF เป็นต้น
	คีมล็อค	เป็นเครื่องมือที่จับชิ้นงานให้แน่น ไม่ควรนำมาคลายน็อตหัวหกเหลี่ยมเพื่อเคลื่อนย้ายเครื่องจักรหรือมอเตอร์ออกจากแท่น
	ไขควงเช็คไฟ	ใช้ตรวจเช็คในจุดที่มีแรงดันไฟฟ้า
	ไขควงปากแบน	ใช้ไขหรือหมุนหัวสกรูที่เป็นร่องทางเดียว ที่เรียกว่าหัวแบน
	ไขควงปากแฉก	ใช้ไขหรือหมุนหัวสกรูที่เป็นร่องกากบาท ที่เรียกว่าหัวแฉก

ตารางที่ ๒.๖ เครื่องมือช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	เบนเดอร์ (Bender)	ใช้ดัดท่อชนิดบาง (EMT) - จุด B เป็นจุดเทคอัป - จุด A เป็นจุดดัดมุม
	ฮิ๊กกี้ (Hickey)	เป็นเครื่องมือที่ใช้ดัดท่อโลหะ ชนิดหนาปานกลาง (IMC) หรือท่อหนา (RSC)
	เลื่อยตัดเหล็ก	ใช้ตัดเหล็ก มีขนาดฟันเลื่อย 2 ขนาด ถ้าตัดเหล็กบางควรใช้ 24 ฟัน : 1 นิ้ว ถ้าตัดเหล็กหนาควรใช้ 18 ฟัน : 1 นิ้ว
	ตะไบ	ใช้แต่งผิว หรือลดขนาดความหนาของเหล็ก และลบคมตามมุมของชิ้นงานเหล็กโดยทั่งไปจะมี 4 ลักษณะ คือ แบบแบน แบบท้องปลิง แบบกลม และ แบบสามเหลี่ยม

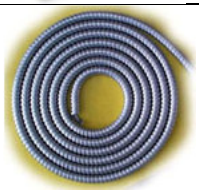
ตารางที่ ๒.๖ เครื่องมือช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	รีมเมอร์ (Reamer)	เป็นเครื่องมือลบคมท่อ ใช้ลบคมท่อที่ถูกตัดใหม่ๆ ลบได้ทั้ง 2 ด้าน คมนอกและคมใน
	จิ๊กซอร์ไฟฟ้า	ใช้เลื่อยวัสดุแผ่นบาง เช่น เมื่อต้องการเจาะตู้ไฟฟ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมควรใช้เครื่องมือประเภทนี้เป็นหลัก
	ฟิชเทป (Fish tape)	เครื่องมือร้อยสายไฟฟ้าเข้าท่อร้อยสายไฟฟ้า
	สว่านไฟฟ้า	ประกอบด้วย สว่านเจาะไม้ สว่านเจาะเหล็ก สว่านกระแทกเจาะปูน สว่านโรตารีสำหรับเจาะคอนกรีต สว่านไร้สาย ใช้เจาะไม้และใช้ขันสกรู

ตารางที่ ๒.๗ อุปกรณ์และวัสดุงานเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย

ชนิด	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	คอนดูเลท (Condulet)	มีหลายลักษณะตามการใช้งานเป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับระบบเดินท่อร้อยสายไฟฟ้า มีหน้าที่ต่อแยกท่อ
	เอฟเอสบ๊อก (F.S. box)	ใช้สำหรับเดินสายร้อยท่อแบบลอย และติดตั้งสวิตช์เต้ารับไฟฟ้า
	แฮนดี้บ๊อก (Handy box)	เป็นอุปกรณ์ต่อแยก และฝังผนังใส่สวิตช์ ปลั๊กไฟฟ้า
	แสควร์บ๊อก (Square box)	ด้านทั้ง 4 มีขนาดเท่ากัน เป็นอุปกรณ์ต่อแยกท่อ และเป็นจุดต่อสายไฟฟ้า
	อ็อคตากอนบ๊อก (Octagon box)	เป็นอุปกรณ์บ๊อกที่ใช้ต่อปลายทาง หรือก่อนเข้าโหลด

ตารางที่ ๒.๗ อุปกรณ์และวัสดุงานเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย (ต่อ)

ชนิด	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	ท่อร้อยสายไฟฟ้า	ลักษณะการติดตั้ง EMT ใช้เดินนอาคารในที่แห้ง IMC ใช้เดินนอกอาคาร RSC ใช้เดินฝังดิน
	ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit)	จะใช้งานในที่ต้องการความอ่อนตัวของท่อสูง และต้องการป้องกันแรงสั่นสะเทือนจากเครื่องจักรกลไฟฟ้าเข้าสู่ตัวท่อไฟฟ้า
	คอนเนคเตอร์ (connector)	เป็นอุปกรณ์ต่อท่อกับบ๊อกหรือกล่อง
	คอนเนคเตอร์กันน้ำ	เป็นอุปกรณ์ต่อท่ออ่อน (LFMC) กับบ๊อคหรือกล่อง
	คัปปลิง (Coupling)	เป็นอุปกรณ์ต่อตรงท่อกับท่อ
	บู๊ทชิ่ง (Bushing)	เป็นอุปกรณ์กันบาดสายไฟ

ตารางที่ ๒.๗ อุปกรณ์และวัสดุงานเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย (ต่อ)

ชนิด	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	ล็อคนัท (Lock nut)	เป็นอุปกรณ์ล๊อคคอนเนคเตอร์กับบ๊อค
	แสตรป (Strap)	เป็นอุปกรณ์ยึดท่อกับพื้นผนัง
	แคล้มประกับ	เป็นอุปกรณ์ยึดท่อกับรางยึดแคล้มประกับ
	ไวนัท (Wire nut)	เป็นอุปกรณ์พันต่อสายไฟในงานท่อที่เป็นโลหะ
	หัวงูเห่า (Service entrance)	ฝาครอบท่อร้อยสาย ใช้สำหรับนำสายเมนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร

๒.๓ การปฏิบัติงานทางไฟฟ้าด้วยความปลอดภัย

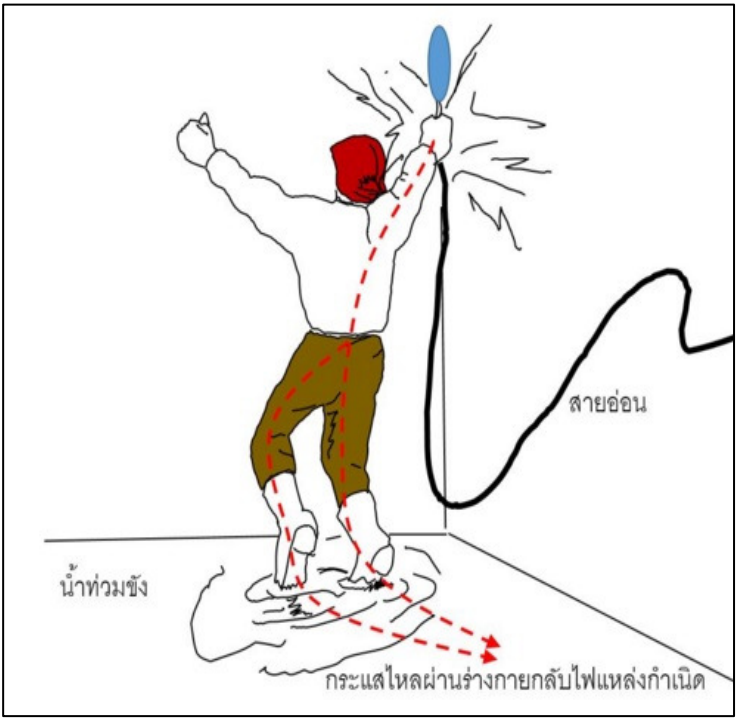
๒.๓.๑ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

อุปกรณ์สำหรับผู้ปฏิบัติงานสวมใส่ขณะทำงาน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสภาพและสิ่งแวดล้อมการทำงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเป็นวิธีการหนึ่งในหลายวิธีการป้องกันอันตรายจากการทำงาน โดยทั่วไปจะยึดหลักการป้องกันควบคุมที่สิ่งแวดล้อมการทำงานก่อน ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการได้จึงนำกลวิธีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลมาแทน เช่น อุปกรณ์ป้องกันศีรษะ อุปกรณ์ป้องกันหู อุปกรณ์ป้องกันใบหน้าและดวงตา อุปกรณ์ป้องกันมือ อุปกรณ์ป้องกันเท้า อุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงเป็นต้น

รูปที่ ๒.๕ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

๒.๓.๒ การเกิดอันตรายจากไฟฟ้า

ไฟฟ้าดูด คือการที่บุคคลมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายไฟฟ้าดูดเกิดได้ทั้งกับบุคคลหรือสิ่งมีชีวิตอื่น เมื่อร่างกายมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะมีอาการต่างๆ ตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหล เส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านและระยะเวลาที่ถูกไฟฟ้าดูด



รูปที่ ๒.๖ ตัวอย่างผู้ถูกไฟฟ้าดูด

ผลกระทบของกระแสไฟฟ้าต่อร่างกายของแต่ละบุคคลอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ไม่เหมือนกันในแต่ละคน แต่สามารถกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยได้ ซึ่งผลของกระแสไฟฟ้ากระแสสลับกำหนดไว้ดังตารางที่ ๒.๘

ตารางที่ ๒.๘ ผลของกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่มีผลต่อร่างกาย

จำนวนกระแสไฟฟ้า	อาการหรืออันตรายที่เกิดขึ้นแก่ร่างกาย
1-3 mA	กล้ามเนื้อกระตุกเล็กน้อย ไม่ถึงขั้นอันตราย แต่ก็อาจดิ้นไม่ยอมหลุด
8 mA	กล้ามเนื้อกระตุกรุนแรง เป็นเหตุให้ล้มฟาด หรือตกจากที่สูง
10 mA	กล้ามเนื้อกระตุกรุนแรงยิ่งขึ้น และอาจได้รับบาดแผล ไหม้ พองด้วย
30 mA	ระบบหายใจขัดข้อง อาจทำให้เสียชีวิต เนื่องจากหัวใจเต้นผิดจังหวะ
กระแสไฟฟ้าสูงมากกว่านี้	ทำให้เกิดแผลไหม้และหัวใจหยุดเต้น

๒.๓.๓ การปฐมพยาบาลผู้ได้รับอันตรายจากไฟฟ้า

การช่วยเหลือให้พ้นจากกระแสไฟฟ้าให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

(๑) ตัดกระแสไฟฟ้าโดยปลดสวิตช์ คัทเอาท์ เต้าเสียบออก

(๒) หากตัดกระแสไฟฟ้าไม่ได้ ให้ใช้ไม้แห้ง หรือวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าเขี่ยสิ่งที่มีกระแสไฟฟ้าออกไปให้พ้น

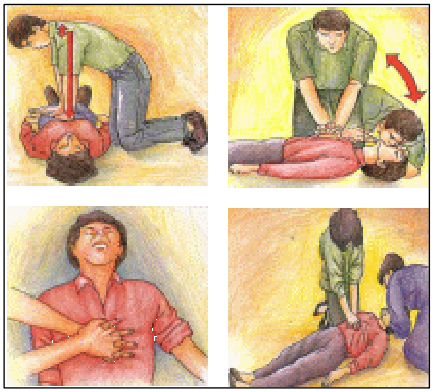
รูปที่ ๒.๗ การช่วยเหลือผู้ถูกไฟฟ้าดูด หรือ ช๊อค ด้วยไม่แห้ง

(๓) ให้ใช้ผ้าหรือเชือกแห้งคล้องแขน ขา หรือลำตัว ผู้ถูกไฟฟ้าดูดชักลากออกไปให้พ้นสิ่งที่มีกระแสไฟฟ้า หากผู้ถูกไฟดูดสลบหมดสติให้ทำการปฐมพยาบาลให้ฟื้นต่อไป

รูปที่ ๒.๘ การช่วยเหลือผู้ถูกไฟฟ้าดูด หรือ ช๊อก ด้วยผ้าแห้ง

(๔) หากหัวใจหยุดเต้น (ตรวจโดยเอาหูฟังที่อกหรือจับชีพจร) ให้ใช้วิธี "นวดหัวใจภายนอก" โดยเอามือกดตรงหัวใจให้ยุบลงไป ๓ – ๔ เซนติเมตร เป็นจังหวะๆเท่าจังหวะการเต้นของหัวใจ (ผู้ใหญ่วินาทีละ ๑ ครั้ง เด็กเล็กวินาทีละ ๒ ครั้ง) นวด ๑๐ – ๑๕ ครั้ง เอาหูแนบฟังครั้งหนึ่ง

(๕) หากไม่หายใจ (ตรวจโดยดูการขยายของซี่โครงและหน้าอก) ให้ใช้วิธีเป่าลมเข้าทางปากหรือทางจมูกของผู้ป่วยดังนี้คือ การเป่าปาก จับผู้ป่วยนอนหงายใช้หัวแม่มือง้างปลายคางผู้ป่วยให้ปากอ้าออก หากมีเศษอาหารหรือวัสดุใดๆให้ล้วงออกให้หมด แล้วจับศีรษะให้เงยหน้ามากๆ ผู้ช่วยเหลืออ้าปากแล้วประกบกับปากผู้ป่วยให้สนิท และเป่าลมเข้าไปอย่างแรงจนปอดผู้ป่วยขยายออก (ซี่โครงและหน้าอกพองขึ้น) แล้วปล่อยให้ลมหายใจของผู้ป่วยออกเองแล้วเป่าอีก ทำเช่นนี้เป็นจังหวะๆเท่ากับจังหวะหายใจปกติ (ผู้ใหญ่นาทีละ ๑๒ – ๑๕ ครั้ง เด็กเล็กนาทีละ ๒๐ – ๓๐ ครั้ง) ถ้าเป่าปากไม่ได้ให้ปิดปากผู้ป่วยแล้วเป่าเข้าทางจมูกแทน ถ้าผู้ป่วยหัวใจหยุดเต้นและไม่หายใจด้วยให้นวดหัวใจสลับกับการเป่าปาก ถ้ามีผู้ช่วยเหลือเพียงคนเดียวก็ให้เป่าปาก ๒ ครั้ง สลับกับการนวดหัวใจ ๑๕ ครั้ง หรือถ้ามีผู้ช่วยเหลือสองคนก็ให้นวดหัวใจสลับกับการเป่าปากเป็นทำนองเดียวกัน โดยเป่าปาก ๑ ครั้ง นวดหัวใจ ๕ ครั้ง การปฐมพยาบาลนี้ต้องรีบทำทันที หากช้าเกินกว่า ๔ – ๖ นาที โอกาสที่จะฟื้นมีน้อย ขณะพาส่งแพทย์ก็ควรทำการปฐมพยาบาลไปด้วยตลอดเวลา



รูปที่ ๒.๙ การปฐมพยาบาลผู้ได้รับอันตรายจากไฟฟ้า

๒.๔ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

๒.๔.๑ ศัพท์เฉพาะด้านไฟฟ้าที่ควรรู้

(๑) ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current :D.C.) คือ กระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลไปในทิศทางเดียวเสมอคือ ไหลจากขั้วบวกไปสู่ขั้วลบ (กระแสสมมุติ)

(๒) ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current :A.C.) คือ กระแสไฟฟ้าที่มีการสลับสับเปลี่ยนขั้วอยู่ตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนสลับไปมาจากบวกไปสู่ลบ และจากลบไปสู่บวกอยู่ตลอดเวลา

(๓) ระบบไฟฟ้าแรงสูง คือ ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าเกิน ๑,๐๐๐ โวลท์

(๔) ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ คือ ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน ๑,๐๐๐ โวลท์

(๕) โวลท์ (Volt :V) คือ หน่วยวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

(๖) แอมแปร์ (Ampere :A) คือ หน่วยวัดค่ากระแสไฟฟ้า

(๗) วัตต์ (Watt :W) คือ หน่วยวัดของค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง

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

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

๒.๔.๒ กฎของโอห์ม

ในวงจรไฟฟ้าใดๆนั้นมักจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ๓ ส่วนคือ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และตัวต้านทานหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะใส่เข้าไปในวงจรไฟฟ้านั้นๆเพราะฉะนั้นความสำคัญ

ของวงจรที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าใดๆ เกิดขึ้นคือทำอย่างไรจึงจะไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในวงจรมากเกินไปซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดเสียหายหรือวงจรไหม้เสียหายได้ George Simon Ohm นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้สรุปเป็นกฎออกมาดังนี้ คือ

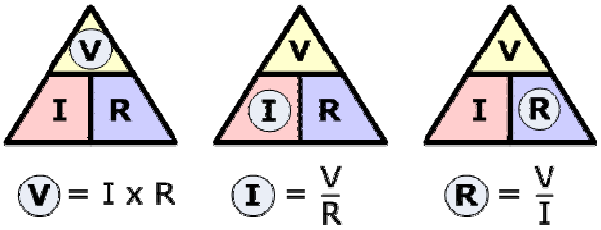
$$V = I \times R$$

จากสมการข้างต้นสามารถใช้กฎของโอห์มวิเคราะห์ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงหรือวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ กรณีโหลดตัวต้านทานได้ กฎของโอห์มสามารถเปลี่ยนรูปแบบสมการได้อีก ๒ รูปแบบคือ

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

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

สามารถทำเป็นรูปแบบเพื่อให้ง่ายแก่การจดจำ ดังรูปที่ ๒.๑๐



รูปที่ ๒.๑๐ สามเหลี่ยมกฎของโอห์ม

๒.๔.๓ กำลังไฟฟ้า (Electric Power)

กำลังไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา ๑ วินาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือจูลต่อวินาที เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

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

เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า 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 โดยกำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า คือ

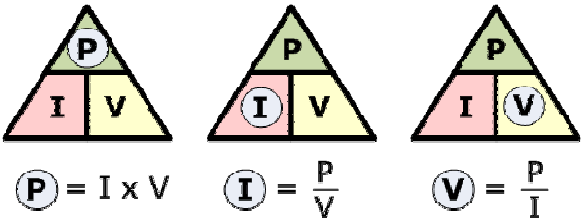
$$P = V \times I$$

จากสมการข้างต้นสามารถเปลี่ยนรูปแบบสมการได้อีก ๒ รูปแบบคือ

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

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

สามารถทำเป็นรูปแบบเพื่อให้ง่ายแก่การจดจำ ดังรูปที่ ๒.๑๑



รูปที่ ๒.๑๑ สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ ๒.๑ จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าระบบ 1 เฟส 220V ซึ่งมีดวงโคมไฟฟ้าขนาด 60W ต่ออยู่

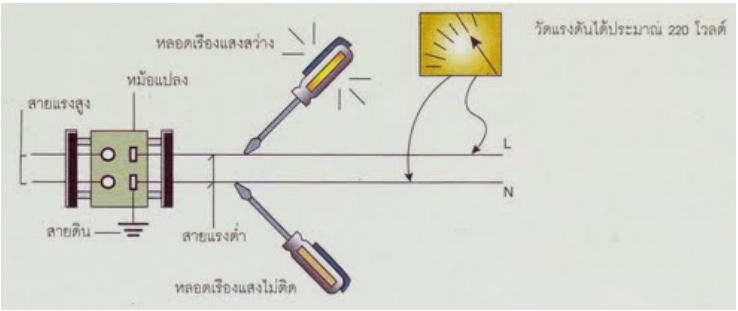
วิธีทำ

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

๒.๔.๔ ระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงต่ำ

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

(๑) ระบบ ๑ เฟส ๒ สาย (ไม่รวมสายดิน)

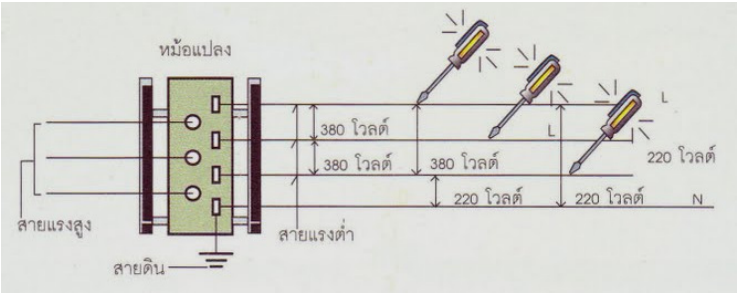


รูปที่ ๒.๑๒ ระบบไฟฟ้า ๑ เฟส ๒ สาย

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

นิวทรอลหรือสายศูนย์จะไม่ติด แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้มีขนาด ๒๒๐ โวลท์ (Volt :V) ความถี่ไฟฟ้า ๕๐ เฮิรตซ์ (Hertz :Hz) ใช้สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไปที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก

(๒) ระบบ ๓ เฟส ๔ สาย (ไม่รวมสายดิน)



รูปที่ ๒.๑๓ ระบบไฟฟ้า ๓ เฟส ๔ สาย

ระบบไฟฟ้า ๓ เฟส คือระบบไฟฟ้าที่มีสายเส้นไฟจำนวน ๓ เส้น และสายนิวทรอล ๑ เส้นจึงมีสายรวม ๔ เส้น ระบบไฟฟ้า ๓ เฟสสามารถต่อใช้งานเป็นระบบ ๑ เฟสได้ โดยการต่อจากเฟสใดเฟสหนึ่งและสายนิวทรอลอีกเส้นหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสเส้นใดเส้นหนึ่งกับสายนิวทรอลมีค่า ๒๒๐ โวลท์ และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสด้วยกันมีค่า ๓๘๐ โวลท์ ระบบนี้จึงเรียกว่าระบบไฟฟ้า ๓ เฟส ๔ สาย ๒๒๐/๓๘๐ โวลท์ ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าระบบ ๑ เฟส ถึง ๓ เท่า จึงเหมาะสมกับสถานที่ที่ต้องการใช้ไฟฟ้ามากๆ เช่นอาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

๒.๔.๕ คำอุปสรรค (Prefixes)

เมื่อค่าในหน่วยพื้นฐานมีจำนวนที่สูงมากหรือจำนวนที่น้อยมาก เราสามารถใช้ตัวคูณ(สิบยกกำลังบวกหรือลบ) เขียนแทนค่านั้นหรือใช้สัญลักษณ์ของคำอุปสรรคนำหน้าหน่วยแทนตัวคูณได้

ตารางที่ ๒.๙ คำอุปสรรคและสัญลักษณ์

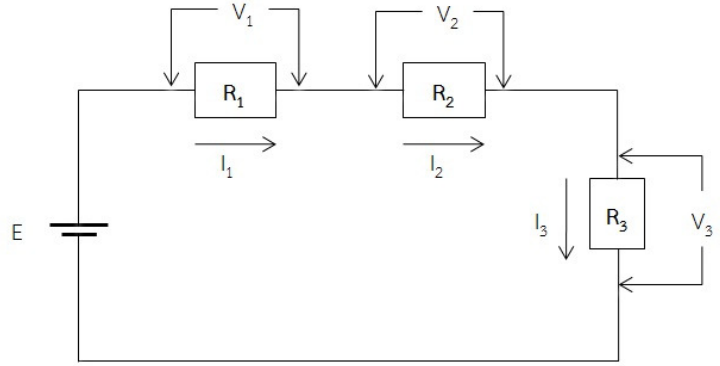
ตัวคูณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
10^{-1}	เดซิ (deci)	d
10^{-2}	เซนติ (centi)	c
10^{-3}	มิลลิ (milli)	m
10^{-6}	ไมโคร (micro)	μ (มิว)
10^{-9}	นาโน (nano)	n
10^{-12}	พิโค (pico)	p
10^{1}	เดคะ (deca)	da
10^{2}	เฮกโต (hector)	h
10^{3}	กิโล (Kilo)	k
10^{6}	เมกะ (mega)	M
10^{9}	กิกะ (giga)	G
10^{12}	เทอรา (tera)	T

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 โดยการนำเอาปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวแรกต่อกับปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่สองและปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่สองต่อกับปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่สามและต่อกันไปเรื่อยๆ จนมีลักษณะเป็นลูกโซ่ เช่น ตัวต้านทานต่ออนุกรมกันจำนวน ๓ ตัว ดังรูปที่ ๒.๑๔



รูปที่ ๒.๑๔ วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

- ค่าความต้านทานรวมทั้งหมด(RT) ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม มีค่าเท่ากับผลรวมของความต้านทานทุกตัวรวมกัน

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

- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวมีค่าเท่ากัน

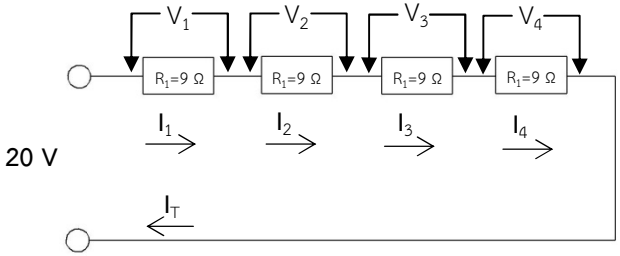
$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots\ldots\ldots I_n$$

- แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรจะแตกต่างกันไป ความต้านทานตัวใดมีค่ามากจะมีแรงดันตกคร่อมมาก

- ผลรวมของแรงดันตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร

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

ตัวอย่างที่ ๒.๓ จากวงจรตัวต้านทานตัวละ 9 โอห์ม จำนวน 4 ตัว ต่อกันแบบอนุกรม แหล่งจ่ายไฟตรง E = 20V ค่าของความต้านทานรวม ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน และกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร



<u>วิธีทำ</u> จากคุณสมบัติของวงจรอนุกรม
คำนวณหาค่าความต้านทานรวมทั้งหมด R_T ได้ดังนี้

$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

$R_T = 9 + 9 + 9 + 9$

$R_T = 36\ \Omega$

ความต้านทานรวมในวงจรเท่ากับ 36 โอห์ม

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด I_T จะได้

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{20V}{36\Omega} = 0.56A$$

กระแสไฟฟ้าทั้งหมด $I_T = I_1 = I_2 = I_3$ เท่ากับ 0.56 A

คำนวณหาค่าแรงดัน V_1 ,V_2 , V_3 และ V_4 จะได้

$V_1 = I_1 \times R_1 = 0.56\ A \times 9\ \Omega = 5.04\ V$

$V_2 = I_2 \times R_2 = 0.56\ A \times 9\ \Omega = 5.04\ V$

$V_3 = I_2 \times R_2 = 0.56\ A \times 9\ \Omega = 5.04\ V$

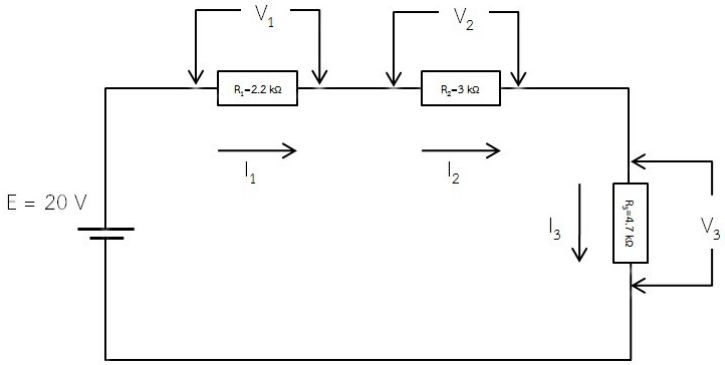
$V_4 = I_2 \times R_2 = 0.56\ A \times 9\ \Omega = 5.04\ V$

$E = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$E = 5.04\ V + 5.04\ V + 5.04\ V + 5.04\ V$

$E = 20.16\ V \approx 20\ V$

ตัวอย่างที่ ๒.๔ จากวงจรประกอบด้วยตัวต้านทาน R_1 = 2.2kΩ ตัวต้านทาน R_2 = 3kΩ และตัวต้านทาน R_3 =4.7kΩ แหล่งจ่ายไฟตรง E = 20V 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 $9.9\ k\Omega$

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) แล้วจึงต่อจากสายย่อยออกมาเป็นคู่ๆเพื่อต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าสังเกตจะพบว่าอุปกรณ์ทุกตัวจะต่อร่วมกันระหว่างจุด ๒ จุดคือสายเมนนั่นเอง นิยมนำมาใช้ต่อไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไป เช่นวงจรเต้ารับ วงจรแสงสว่างเป็นต้น ตัวอย่างตัวต้านทานต่อขนานกันจำนวน ๓ ตัว ดังรูปที่ ๒.๑๕

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

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

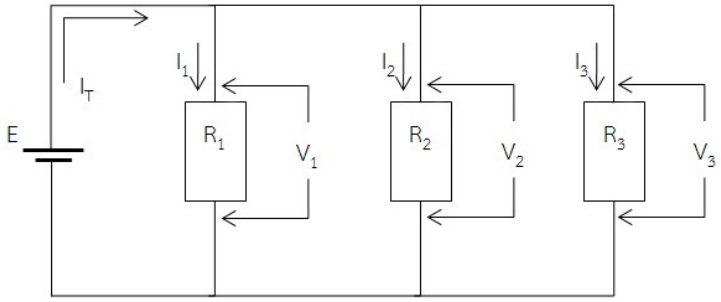
- แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวมีค่าเท่ากัน

$$E = V_1 = V_2 = V_3 = ... V_n$$

- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรจะแตกต่างกันไป ความต้านทานตัวใดมีค่ามากจะมีกระแสไหลผ่านน้อย

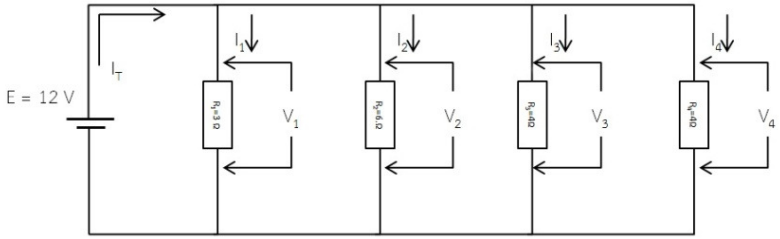
- ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลความต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + ... I_n$$



รูปที่ ๒.๑๕ วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

ตัวอย่างที่ ๒.๕ 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 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

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

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

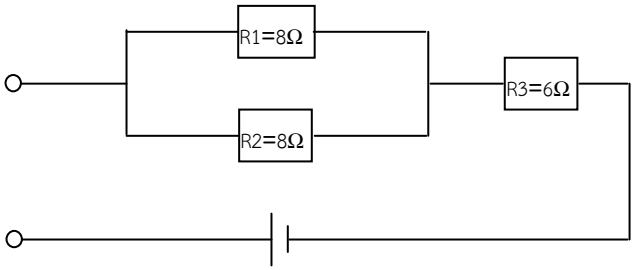
$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{12V}{4\Omega} = 3A$$

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

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

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

ตัวอย่างที่ ๒.๖ ตัวต้านทาน ตัวละ 8 โอห์ม จำนวน 2 ตัว ต่อกันแบบขนาน แล้วนำมาต่ออย่างอนุกรมกับตัวต้านทาน 6 โอห์ม จำนวน 1 ตัว ค่าของความต้านทานรวมเป็นเท่าไร



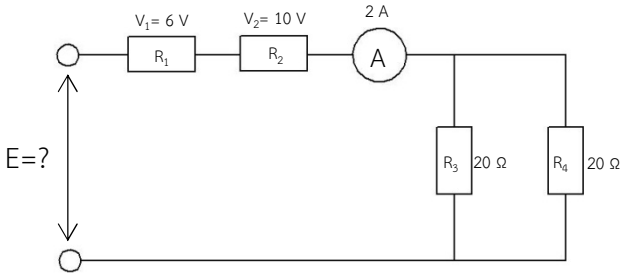
<u>วิธีทำ</u>

หาความต้านทานรวมของ $R_1//R_2$ กับ R_3

$$R_T = \frac{R_1.R_2}{R_1+R_2} + R_3 = \frac{(8)(8)}{8+8} + 6 = \frac{64}{16} + 6$$

$$R_T = 4 + 6 = 10\Omega$$

ตัวอย่างที่ ๒.๗ จากรูปวงจร ค่า E มีค่าเท่าไร



<u>วิธีทำ</u> $E = V_1+V_2+V_3$: $V3 = A \times (R_3 // R_4)$

$E = 6 + 10 + V_3$: $V3 = 2 \times 10 = 20$ โวลท์

$E = 6 + 10 + 20$

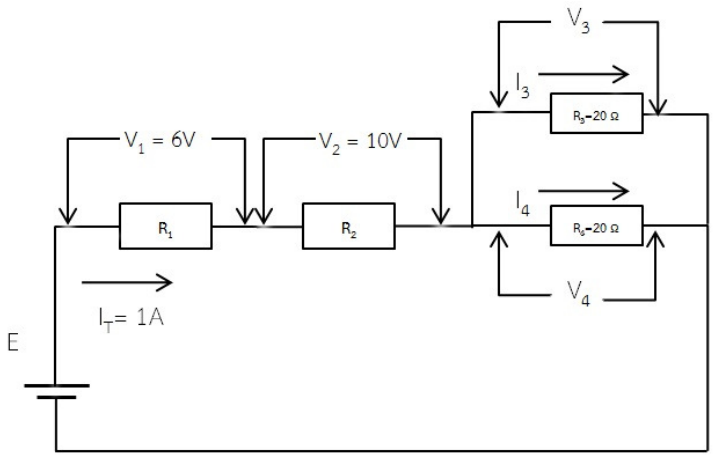
$E = 36$ โวลท์

ตัวอย่างที่ ๒.๘ 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 $E = V_1 + V_2 + V_3$

$= 6 + 10 + 10 = 26V$

๒.๔.๖ แบตเตอรี่

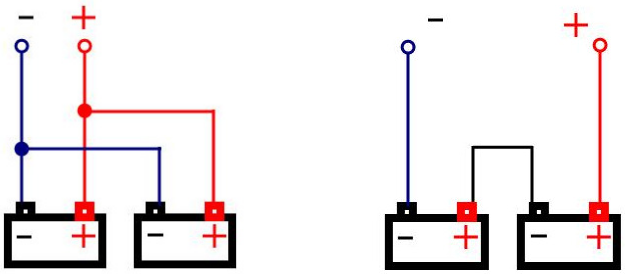
แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่นเซลล์แสงอาทิตย์แล้วจัดเก็บเพื่อไว้ใช้ต่อไป แบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้หรือเซลล์ทุติยภูมิสามารถอัดกระแสไฟฟ้าใหม่ได้หลังจากไฟฟ้าหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการอัดกระแสไฟฟ้าเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า ชาร์เจอร์หรือรีชาร์เจอร์

สิ่งสำคัญในการเลือกแบตเตอรี่คือความจุ แบตเตอรี่ปกติจะบอกเป็น Ah (Ampere-hours) จะแสดงช่วงเวลาของกระแสจากการอัดประจุจนกระทั่งคายประจุ ในปัจจุบันจะมีการบอกความจุของแบตเตอรี่ในการปล่อยพลังงาน คือ Wh (Watt-hours) หรือ kWh (Kilo- Watt-hours) อย่างไรก็ตามผลของความจุแบตเตอรี่มีความหมายเหมือนกันเพราะว่าเกี่ยวข้องกันทางแรงดันแบตเตอรี่นั่นคือ

$$Ah \times V = Wh$$

ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ความจุ 80 Ah หมายความว่า แบตเตอรี่ลูกนั้นสามารถจ่ายไฟกระแสตรงคงที่ 8 A ได้นาน 10 ชั่วโมง (80Ah/8A)

การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน เมื่อขั้วบวกทั้งหมดต่อร่วมกันและขั้วลบทั้งหมดต่อด้วยกัน แรงดันไฟฟ้าที่ได้ของแบตเตอรี่แต่ละตัวจะเท่ากัน ตัวอย่างเช่นมีแบตเตอรี่ ขนาด 12V 100Ah จำนวน 2 ตัว ต่อขนานกัน จะได้แรงดันไฟฟ้า 12 V และกระแสไฟฟ้า 200Ah หรือ 2.4 kWh



ก. การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน ข. การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

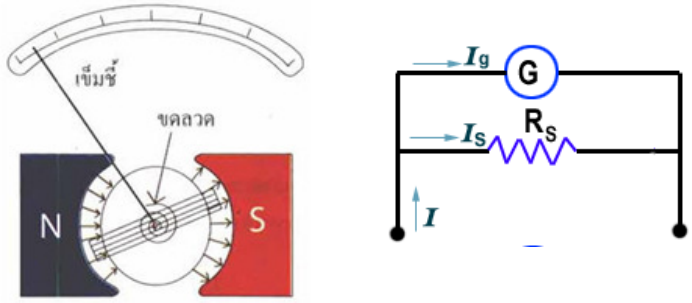
รูปที่ ๒.๑๖ การต่อแบตเตอรี่

การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม เมื่อแบตเตอรี่เชื่อมต่อกันโดยขั้วบวกต่อเข้ากับขั้วลบของตัวถัดไปแรงดันไฟฟ้าจะเท่ากับผลรวมของแรงดันแบตเตอรี่แต่ละตัวตัวอย่างเช่น มีแบตเตอรี่ ขนาด 12V 100Ah จำนวน 2 ตัวต่ออนุกรมกัน จะได้แรงดันไฟฟ้า 24 V และกระแสไฟฟ้า 100Ah หรือ 2.4 kWh

๒.๕ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า

๒.๕.๑ แอมมิเตอร์

แอมมิเตอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นการดัดแปลงจากการนำความต้านทานชันต์ที่มีค่าน้อยๆ (R_S) มาต่อขนานกับแกลวานอมิเตอร์ (Galvanometer) ชนิดขดลวดเคลื่อนที่ เพื่อแบ่งกระแส (I_S) ไม่ให้ไหลผ่านแกลวานอมิเตอร์มากเกินไปเมื่อเราต้องการวัดกระแสที่มีค่ามาก (I) จนทำให้แกลวานอมิเตอร์เสียหายได้ หลักการทำงานของแกลวานอมิเตอร์ คือเมื่อมีกระแสไฟฟ้า (I_g) ผ่านเข้าไปในขดลวดจะทำให้ขดลวดหมุนได้เนื่องจากแรงกระทำระหว่างสนามแม่เหล็กไฟฟ้ารอบๆขดลวดกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากขั้วแม่เหล็กเข็มที่ติดอยู่ขดลวดจึงหมุนไปกับขดลวดด้วย



ก. โครงสร้างแกลวานอมิเตอร์ ข. วงจรของแอมมิเตอร์

รูปที่ ๒.๑๗ แกลวานอมิเตอร์และแอมมิเตอร์

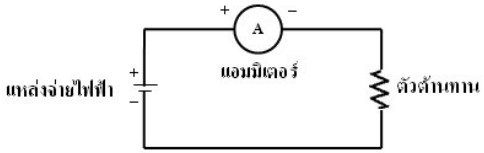
คุณสมบัติของแอมมิเตอร์ที่ดี

(๑) มีความแม่นยำสูง ซึ่งเกิดจากการนำชันต์ที่มีค่าความต้านทานน้อยๆมาต่อ ซึ่งแอมมิเตอร์ที่ดีต้องมีค่าความต้านทานภายในต่ำมากๆเพื่อว่าเมื่อนำแอมมิเตอร์ไปต่ออนุกรมในวงจรแล้วจะไม่ทำให้ความต้านทานรวมของวงจรเปลี่ยนแปลง ทำให้กระแสที่วัดได้มีความแม่นยำสูงหรือมีความผิดพลาดจากการวัดน้อยนั่นเอง

(๒) มีความไวสูง เมื่อชันต์มีค่าน้อยๆ ค่ากระแสที่ไหลผ่านชันต์จะมีค่ามากทำให้กระแสที่ไหลผ่านแกลวานอมิเตอร์มีค่าน้อย นั่นคือแอมมิเตอร์ที่ดีจะสามารถตรวจวัดค่ากระแสน้อยๆได้ กล่าวคือแม้วงจรจะมีกระแสไหลเพียงเล็กน้อยแอมมิเตอร์ก็สามารถวัดค่าได้

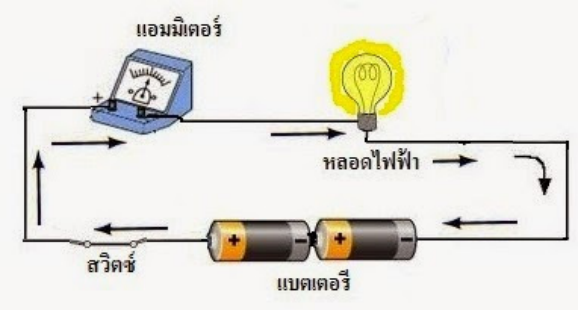
การต่อแอมมิเตอร์

การต่อแอมมิเตอร์ที่ถูกต้องนั้น นอกจากจะต้องต่ออนุกรมเข้ากับวงจรแล้ว เราจะต้องต่อด้านบวก(สายสีแดง)ของแอมมิเตอร์เข้ากับขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าและด้านลบ(สายสีดำ)ของแอมมิเตอร์เข้ากับขั้วลบของเซลล์ไฟฟ้าจึงจะทำให้ผลการวัดเป็นไปอย่างถูกต้องและถ้าเราต่อกลับด้านแล้วเข็มจะเบนไปทางด้านที่ต่ำกว่าศูนย์ ซึ่งไม่สามารถอ่านค่าได้



ก. สัญลักษณ์การต่อแอมมิเตอร์อนุกรมเข้ากับวงจร

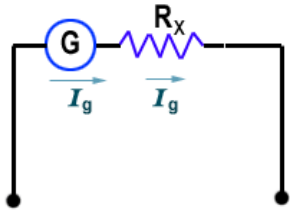
ข. แอมมิเตอร์



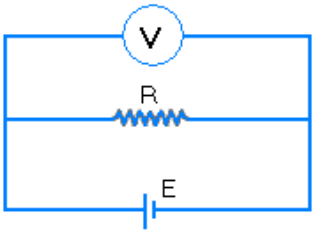
ค. ภาพจำลองการต่อแอมมิเตอร์อนุกรมเข้ากับวงจร
รูปที่ ๒.๑๘ การต่อแอมมิเตอร์อนุกรมเข้ากับวงจร

๒.๕.๒ โวลท์มิเตอร์

โวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้าหรือแรงดันตกคร่อม) ระหว่างจุดสองจุดในวงจร การที่จะสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ก็อาศัยปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของแรงดันที่จ่ายเข้ามา ดังนั้นการวัดปริมาณของแรงดันไฟฟ้าก็คือ การวัดปริมาณของกระแสไฟฟ้านั้นเองเพียงแต่เปลี่ยนสเกลหน้าปัดของมิเตอร์ให้แสดงค่าออกมาเป็นค่าปริมาณของแรงดันไฟฟ้าเท่านั้นและปรับค่าให้ถูกต้อง แต่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าโวลต์มิเตอร์จะมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับค่าการทนกระแสได้ของโวลต์มิเตอร์ตัวนั้น ดังนั้นเมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้าค่ามากๆ ตัวต้านทานที่นำมาต่ออันดับกับดาร์สันวาล์มิเตอร์ แอมมิเตอร์หรือโวลต์มิเตอร์เดิมเพื่อให้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าได้มากขึ้นเรียกว่าตัวต้านทานทวีคูณ (Multiplies Resistor :R_X) การใช้งานโวลท์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้า ให้นำโวลท์มิเตอร์ต่อขนานกับจุดที่ต้องการจะวัด



ก. วงจรของโวลท์มิเตอร์



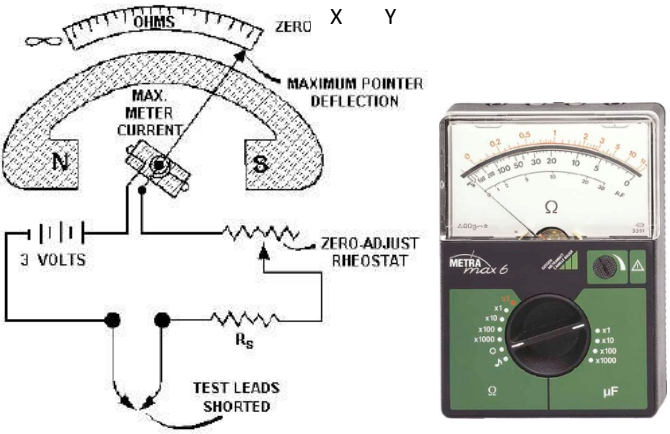
ข. การต่อโวลท์มิเตอร์ขนานเข้ากับวงจร

ค. โวลท์มิเตอร์

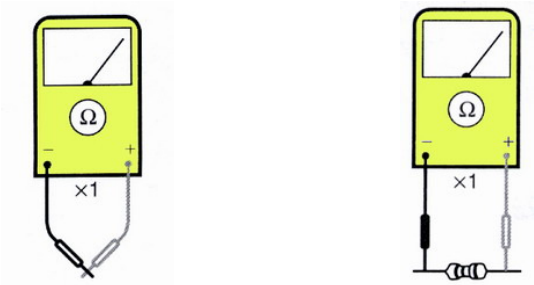
รูปที่ ๒.๑๙ โครงสร้างของโวลท์มิเตอร์และการตรวจวัด

๒.๕.๓ โอห์มมิเตอร์

โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) คือมิเตอร์ที่จะสามารถวัดค่าความต้านทานออกมาได้โดยตรง โดยการดัดแปลงจากแอมมิเตอร์ให้สามารถวัดค่าและแสดงค่าออกมาเป็นค่าความต้านทานได้โดยตรง เพราะคุณสมบัติของค่าความต้านทานจะต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร เมื่อความต้านทานในวงจรแตกต่างกันย่อมทำให้กระแสไหลผ่านวงจรแตกต่างกัน ความต้านทานในวงจรน้อยกระแสไหลผ่านวงจรมากและความต้านทานในวงจรมากกระแสไหลผ่านวงจรน้อย สภาวะกระแสที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์แตกต่างกันทำให้เข็มชี้ของแอมมิเตอร์บ่ายเบนไปแตกต่างกัน เมื่อปรับแต่งสเกลหน้าปัดจากสเกลกระแสมาเป็นสเกลความต้านทาน ก็สามารถที่จะนำแอมมิเตอร์นั้นมาวัดความต้านทาน โดยทำเป็นโอห์มมิเตอร์ได้



รูปที่ ๒.๒๐ วงจรของโอห์มมิเตอร์และโอห์มมิเตอร์



ก. การปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ก่อนใช้งาน ข. การวัดตัวต้านทาน

รูปที่ ๒.๒๑ การใช้งานโอห์มมิเตอร์

จากรูปที่ ๒.๒๐ เป็นวงจรเบื้องต้นของโอห์มมิเตอร์ ประกอบด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง (แบตเตอรี่ 3V) ต่ออันดับกับมิลลิแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง และต่ออนุกรมกับตัวต้านทานทำหน้าที่จำกัดกระแสไม่ให้ไหลผ่านมิลลิ

แอมมิเตอร์มากเกินกว่าค่าสูงสุดที่มิลลิแอมมิเตอร์ทนได้ ขั้วต่อ x–y เป็นขั้วต่อสำหรับต่อวัดตัวต้านทานที่ต้องการวัดค่าและปรับแต่งสเกลเป็นศูนย์โอห์มขณะช็อตจุด x–y เข้าด้วยกัน (Adjust Zero) ทุกครั้งก่อนการวัดค่าความต้านทาน การเปลี่ยนย่านวัดของโอห์มมิเตอร์ทุกย่านจะต้องทำการปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ใหม่ทุกครั้ง เมื่อปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ให้พร้อมใช้งานเรียบร้อยแล้วก็สามารถนำโอห์มมิเตอร์ไปวัดความต้านทานได้ตามต้องการ

กรณีการวัดค่าความต้านทานสูงๆ (High resistance) ที่มีค่าเป็นเมกกะโอห์มขึ้นไป เช่นใช้วัดค่าความต้านทานของฉนวนสายไฟฟ้า (Insulation) หรือค่าความต้านทานของดินเรียกว่า เมกกะโอห์มมิเตอร์ (Megaohmmeter) หรือเมกเกอร์ (Megger)

ข้อควรระวังในการใช้โอห์มมิเตอร์

(๑) การใช้โอห์มมิเตอร์วัดตัวต้านทาน ห้ามทำการวัดขณะที่ตัวต้านทานยังมีแรงดันตกคร่อมอยู่เพราะจะทำให้โอห์มมิเตอร์เสียได้ และการวัดตัวต้านทานในวงจรถึงแม้ว่าสามารถอ่านค่าได้แต่ค่าที่อ่านได้อาจไม่ถูกต้องเพราะตัวต้านทานอาจจะต่อร่วมกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆอีก ดังนั้นถ้าจะวัดตัวต้านทานในวงจรจำเป็นต้องปลดตัวต้านทานนั้นออกจากวงจรขาหนึ่งก่อนทำการวัดด้วยโอห์มมิเตอร์

(๒) การใช้โอห์มมิเตอร์ตั้งแต่ย่าน Rx1k ขึ้นไป ตรวจวัดตัวต้านทานหรืออุปกรณ์อื่นๆ ห้ามใช้มือของผู้วัดจับปลายเข็มวัดทั้งสองสายของโอห์มมิเตอร์ด้วยมือทั้งสองข้างเพราะเข็มมิเตอร์จะกระดิกขึ้น เนื่องจากมีกระแสจากโอห์มมิเตอร์ไหลผ่านตัวผู้วัดทำให้การวัดค่าผิดพลาดแต่ถ้าจับปลายเข็มวัดสายเดียวด้วยมือข้างเดียวไม่เป็นไร

(๓) ทำการหมุนสวิตช์เลือกย่านการวัดความต้านทานที่เหมาะสมกับค่าความต้านทาน เช่น Rx1 Rx10 Rx1k Rx10k เป็นต้น

(๔) ค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ได้จากการวัดจะต้องนำมาคูณกับพิสัยการวัดตามย่านวัดที่ใช้งาน

รูปที่ ๒.๒๒ เมกกะโอห์มมิเตอร์

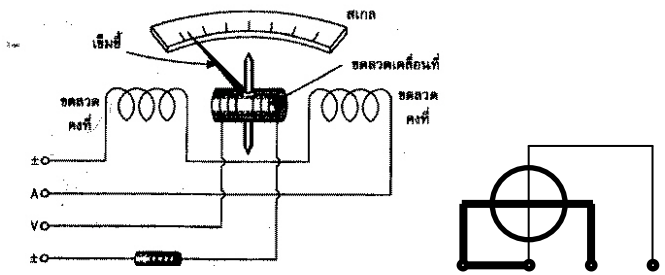
๒.๕.๔ มัลติมิเตอร์

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}) กระแสไฟฟ้ารั่วของทรานซิสเตอร์ (leakage current, I_{CEO}) ความจุทางไฟฟ้า (capacitance) ฯลฯ การใช้งานมัลติมิเตอร์เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อการวัดผิดพลาด เมื่อเลิกใช้งานแล้วควรปรับสวิตช์เลือกย่านวัดไปที่ตำแหน่ง OFF หรือย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (ACV) ค่าสูงสุด

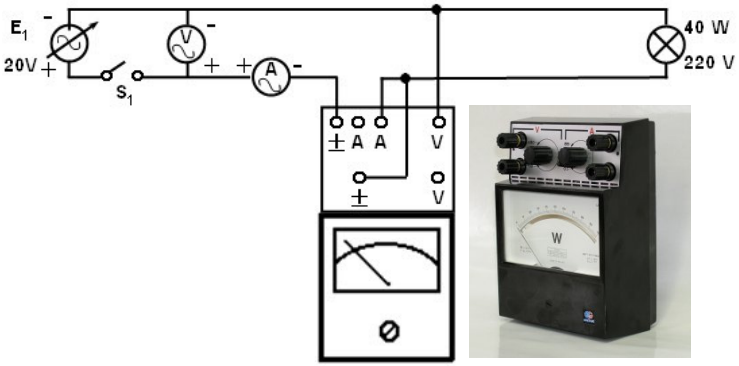
รูปที่ ๒.๒๓ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม

๒.๕.๕ วัตต์มิเตอร์

วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) คือมิเตอร์ที่จะสามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าออกมาได้โดยตรง โดยการสร้างรวมเอาโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ไว้ในตัวเดียวกัน โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ประกอบด้วยโครงสร้างขดลวด ๓ ขด ขดลวด ๒ ขดใหญ่ที่วางขนานกันเป็นขดลวดคงที่ (Fixed Coil) หรือขดลวดกระแส (Current Coil) ส่วนตอนกลางของขดลวดคงที่มีขดลวดอีกหนึ่งขดวางอยู่ในส่วนวงกลมที่ว่างเป็นขดลวดเคลื่อนที่ได้ (Moving Coil) หรือขดลวดแรงดัน (Voltage Coil) ขดลวดเคลื่อนที่นี้ถูกยึดติดกับแกนร่วมกับเข็มชี้และสปริงก้นหอย ขดลวดคงที่หรือขดลวดกระแสนั้นทั้งสองขดถูกต่ออนุกรมกันและต่อออกมาเพื่อวัดค่ากระแสของวงจรส่วนขดลวดเคลื่อนที่หรือขดลวดแรงดันถูกต่ออนุกรมกับตัวต้านทานทำหน้าที่จำกัดกระแสผ่านขดลวดและต่อออกมาเพื่อวัดค่าแรงดันของวงจร



รูปที่ ๒.๒๔ โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์และสัญลักษณ์

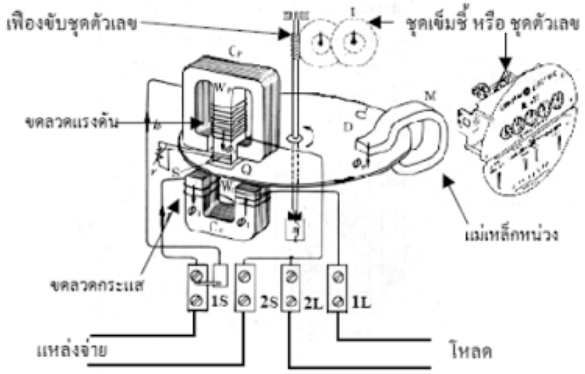


รูปที่ ๒.๒๕ การวัดค่ากำลังไฟฟ้าด้วยวัตต์มิเตอร์

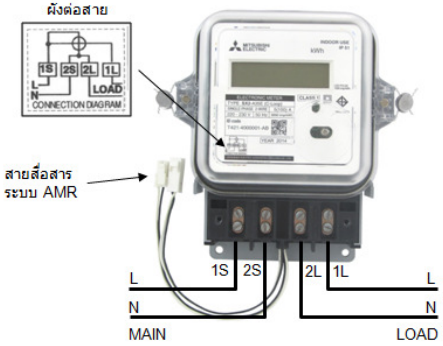
๒.๕.๖ วัตต์ฮาร์วมิเตอร์

วัตต์ฮาร์วมิเตอร์ (Watt-hour Meter) นั้น เป็นมิเตอร์ที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นมาให้ใช้งานเป็นมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าในบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม โดยวัดกำลังไฟฟ้าออกมาเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilowatthour ;kWh) หลักการทำงานของวัตต์ฮาร์วมิเตอร์เหมือนกับมิเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า เช่น วัตต์มิเตอร์ มีส่วนประกอบเหมือนกันคือประกอบด้วยขดลวดกระแสและขดลวด

แรงดัน แต่ก็มีส่วนที่แตกต่างกันโดยวัตต์ฮาร์วมิเตอร์จะแสดงค่าออกมาโดยใช้แม่เหล็กหน่วงการเคลื่อนที่ของจานหมุนและใช้ชุดเฟืองไปขับเข็มชี้ให้แสดงค่าออกมาบนสเกลหรืออาจใช้ชุดเฟืองไปขับชุดตัวเลขให้แสดงค่าออกมา โครงสร้างของชุดให้กำเนิดสนามแม่เหล็กและจานหมุนของวัตต์ฮาร์วมิเตอร์ แสดงดังรูปที่ ๒.๒๖



รูปที่ ๒.๒๖ โครงสร้างและการต่อวงจรวัตต์ฮาร์วมิเตอร์



รูปที่ ๒.๒๗ โครงสร้างและการต่อวงจรวัตต์ฮาร์วมิเตอร์

ตารางที่ ๒.๑๐ 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
  (N-L) ใช้สีฟ้าและน้ำตาล
- 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 ๒.๒๘ สีของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า

๒.๖.๒ ชนิดของสายหุ้มฉนวน

ใช้สำหรับงานติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงต่ำ จะเป็นสายไฟฟ้าชนิดที่เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวน ความหนาและชนิดของฉนวนนั้นขึ้นอยู่กับพิกัดของแรงดันไฟฟ้า ฉนวนนั้นมีหน้าที่เพื่อป้องกันการลัดวงจร การเกิดไฟฟ้ารั่ว หรือป้องกันไฟฟ้าดูด สายไฟฟ้าที่นิยมใช้ มีดังต่อไปนี้

(๑) สาย VAF เนื่องจากมีรูปทรงที่แบนจึงเรียกว่า สายแบนแกนคู่ ภายในประกอบด้วยสายทองแดงจำนวนสองเส้นหุ้มด้วยฉนวน

โพลิไวนิลคลอไรด์สองชั้นหรือ (PVC/PVC) เหมาะสำหรับเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย เนื่องจากดัดโค้งงอได้ดี มีหลายขนาด เช่น ๑.๕ ตารางมิลลิเมตร ๒.๕ ตารางมิลลิเมตร โดยยิ่งพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าเพิ่มขึ้นความต้านทานของสายไฟฟ้าจะลดลง สาย VAF มีพิกัดแรงดัน ๓๐๐ โวลท์ อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน ๗๐ องศาเซลเซียส

รูปที่ ๒.๒๙ สาย VAF-G

(๒) สาย VFF ภายในจะประกอบด้วยสายทองแดงฝอยจำนวนสองแกนหุ้มด้วยฉนวน พีวีซีชั้นเดียว (PVC insulated) เหมาะสำหรับงานที่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อยๆ พิกัดแรงดันและอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย VAF

รูปที่ ๒.๓๐ สาย VFF

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

รูปที่ ๒.๓๑ สาย VSF

(๔) สาย THW ภายในประกอบด้วยสายทองแดงตันเส้นเดียวหุ้มด้วยฉนวนพีวีซีชั้นเดียว ลักษณะการติดตั้งเดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน เดินในช่องร้อยสายในสถานที่แห้ง เดินร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ พิกัดแรงดัน ๗๕๐ โวลท์ อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน ๗๐ องศา เซลเซียส

รูปที่ ๒.๓๒ สาย THW

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

รูปที่ ๒.๓๓ สาย VCT

(๖) สาย NYY ภายในประกอบด้วยสายทองแดงจำนวนสองแกนหรือมากกว่า หุ้มด้วยฉนวน ๓ ชั้นเหมาะสำหรับการเดินสายใต้ดินโดยตรงหรือใช้งานทั่วไป บางชนิดจะมีแผ่นเหล็กเป็นเกราะกำบัง พิกัดแรงดันและอุณภูมิใช้งานเหมือนกับสาย VCT

รูปที่ ๒.๓๔ สาย NYY

ความนำไฟฟ้าของลวดตัวนำสายไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของลวดตัวนำ โลหะเงินนำไฟฟ้าได้ดีกว่าทองแดง อะลูมิเนียม ทังสเตน เหล็ก และนิโครมตามลำดับ

- ความยาวของลวดตัวนำ ลวดตัวนำชนิดเดียวกันขนาดเท่ากันลวดที่มีความยาวมากจะมีความนำไฟฟ้าได้น้อยและมีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าลวดสั้น

- พื้นที่หน้าตัดหรือขนาดของลวดตัวนำ ลวดตัวนำที่ชนิดเดียวกันความยาวเท่ากัน ลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า (ขนาดใหญ่กว่า) จะมีความนำไฟฟ้ามากกว่าลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็ก

- อุณหภูมิต่ำลวดตัวนำจะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง

๒.๗ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

๒.๗.๑ สภาวะความผิดปกติในระบบไฟฟ้า

(๑) สภาวะการใช้โหลดเกิน เป็นการเกิดสภาวะการใช้งานโหลดเกินพิกัด มักเกิดขึ้นกับการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดพร้อมๆกัน จะทำให้ความต้านทานรวมของระบบไฟฟ้าลดลงกระแสไฟฟ้าก็จะไหลมากขึ้น ถ้ากระแสไหลเกินกว่าความสามารถของสายไฟที่ทนได้ก็จะทำให้ฉนวนของสายไฟเสื่อมคุณภาพและเป็นสาเหตุการเกิดเพลิงไหม้ได้

(๒) สภาวะลัดวงจร สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการชำรุดของฉนวนสายไฟฟ้าทำให้ตัวนำทองแดงของสายไฟมาแตะกัน สภาวะนี้ความต้านทานรวมของระบบไฟฟ้าจะต่ำมากๆ ทำให้กระแสไหลในวงจรสูงมากอย่างทันทีทันใด ถ้าไม่มีอุปกรณ์ป้องกันจะเกิดความเสียหายอย่างรุนแรง

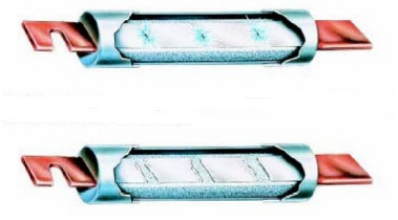
(๓) สภาวะกระแสรั่วลงดิน สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการชำรุดของฉนวนสายไฟฟ้าทำให้ตัวนำทองแดงไปแตะกับโครงโลหะ ทำให้มีกระแสไหลผ่านโครงโลหะลงดินทำให้ผู้ที่ไปสัมผัสกับโครงโลหะเป็นอันตรายจากการถูกไฟดูดได้

๒.๗.๒ ฟิวส์

ฟิวส์ (fuse) เป็นอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เกิดจากการใช้กระแสไฟฟ้าเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่วงจรมากเกินไป ฟิวส์จะหลอมละลายและตัดวงจรไฟฟ้าทันที การต่อฟิวส์ต้องต่อแบบอนุกรมเข้าในวงจร ฟิวส์ที่นิยมใช้ คือคาร์ทริดจ์ฟิวส์ (Cartridge Fuse) ซึ่งมีแบบรูปทรงที่ผลิตใช้งาน ๒ รูปทรง คือฟิวส์รูปทรงกระบอก และฟิวส์แบบใบมีด โครงสร้างภายในฟิวส์ประกอบไปด้วยตัวไส้ฟิวส์ทำจากเส้นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำสามารถหลอมละลายได้ง่ายเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัด บรรจุอยู่ในตัวกระบอกฟิวส์ ซึ่งจะมีการบรรจุผงทรายเพื่อใช้เป็นตัวดับอาร์คที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหลอมละลายของฟิวส์ แบ่งได้เป็น ๒ ประเภทคือ

(๑) ฟิวส์ทำงานไว

โครงสร้างของฟิวส์ชนิดนี้จะมีไส้ฟิวส์เพียงชุดเดียว สามารถใช้ป้องกันสภาวะโหลดเกินและสภาวะลัดวงจรได้โดยไม่มีการหน่วงเวลาการทำงาน ไส้ฟิวส์จะขาดเมื่อเกิดสภาวะโหลดเกินประมาณ ๑–๖ เท่าของพิกัดกระแสฟิวส์



รูปที่ ๒.๓๕ โครงสร้างและการทำงานของฟิวส์ทำงานไว

(๒) ฟิวส์หน่วงเวลา

เป็นฟิวส์ที่มีไส้ฟิวส์ ๒ ชุด ต่อแบบอนุกรมกันอยู่ภายในกระบอกฟิวส์เดียวกัน โดยไส้ฟิวส์ส่วนแรกจะขาดเมื่อเกิดสภาวะลัดวงจรประมาณ ๕๐๐% ของพิกัดกระแสฟิวส์ ไส้ฟิวส์ส่วนที่สองจะทำหน้าที่ป้องกันสภาวะโหลดเกิน จะขาดเมื่ออุณหภูมิภายในตัวฟิวส์มีค่าประมาณ ๑๔๐ องศาเซลเซียส สามารถใช้ในวงจรมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีกระแสเริ่มสตาร์ทสูงได้

รูปที่ ๒.๓๖ ฟิวส์หน่วงเวลา

๒.๗.๓ เซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ หมายถึง “อุปกรณ์ที่ทำงานเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติแต่สามารถเปิดวงจรได้อัตโนมัติ ถ้ามีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนดโดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น” ข้อดีของเซอร์กิตเบรกเกอร์เมื่อเทียบกับฟิวส์คือ ไม่ต้องเปลี่ยนฟิวส์เมื่อเกิดการลัดวงจรและ

เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์เกิดการตัดวงจรออกจากระบบ(ทริป)แล้ว สามารถสับเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้าไปในวงจรเดิมได้ทันที (แต่ต้องแก้ไขปัญหาที่ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริปให้เรียบร้อยเสียก่อน)

ก. เซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบ ๑ Pole และสัญลักษณ์

ข. เซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบ ๒ Pole

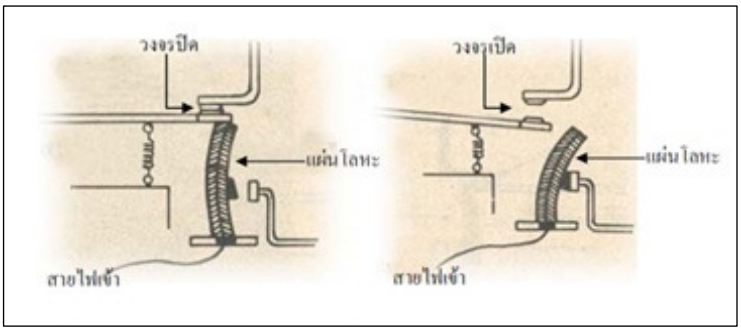
ค. เซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบ ๓ Pole

รูปที่ ๒.๓๗ เซอร์กิตเบรกเกอร์และสัญลักษณ์

กลไกการทริปของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่นิยมใช้จะมี ๒ ลักษณะ คือการทริปด้วยความร้อนและการทริปด้วยแม่เหล็ก

(๑) การทริปด้วยความร้อน

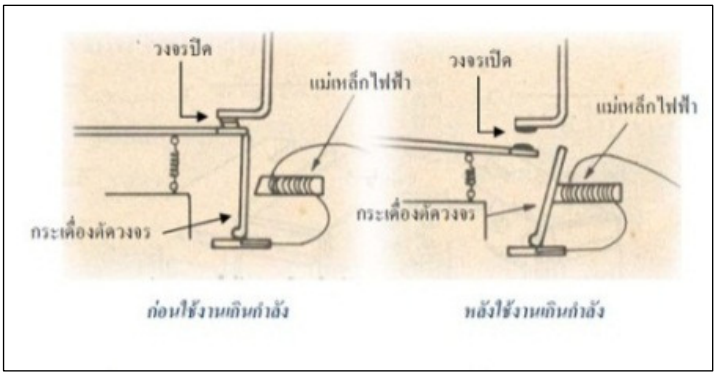
เมื่อมีกระแสไหลเกินผ่านโลหะไบเมทอลซึ่งเป็นโลหะ 2 ชนิดที่มีสัมประสิทธิ์ทางความร้อนไม่เท่ากัน จะทำให้ไบเมทอลโก่งตัวไปปลดอุปกรณ์ทางกลและทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจร เรียกว่าเกิดการ trip การปลดวงจรแบบนี้ต้องอาศัยเวลาพอสมควร ซึ่งขึ้นอยู่กับค่ากระแสไฟฟ้าในขณะนั้นและความร้อนที่เกิดขึ้นจนทำให้ไบเมทอลโก่งตัว



รูปที่ ๒.๓๘ กลไกการทริปด้วยความร้อน

(๒) การทริปด้วยสนามแม่เหล็ก

ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสค่าสูงๆประมาณ ๘-๑๐ เท่าขึ้นไปไหลผ่าน กระแสลัดวงจรจำนวนมากจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงดึงให้อุปกรณ์การปลดวงจรทำงานได้ การตัดวงจรแบบนี้เร็วกว่าแบบแรกมากโอกาสที่เซอร์กิตเบรกเกอร์จะชำรุดจากการตัดวงจรจึงมีน้อย



รูปที่ ๒.๓๙ กลไกการทริปด้วยสนามแม่เหล็ก

คำศัพท์เฉพาะของเซอร์กิตเบรกเกอร์

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

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

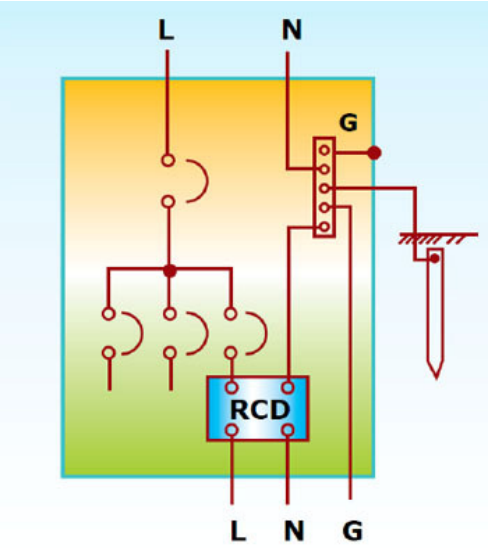
(๓) IC หรือ interrupting Rating หมายถึง ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่เซอร์กิตเบรกเกอร์นั้น สามารถปลดวงจรได้โดยตัวมันเองไม่เกิดความเสียหาย

(๔) Pole หรือขั้ว จะบอกให้ทราบว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นชนิด 1 เฟส หรือ 3 เฟส

(๕) Push to trip คือ ปุ่มที่ใช้สำหรับทดสอบสภาพการทำงานทางกลของเซอร์กิตเบรกเกอร์

๒.๘ การต่อลงดิน

การต่อลงดินมีจุดประสงค์หลักอยู่ ๒ ประการคือ เพื่อให้ระบบไฟฟ้าทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพและเชื่อถือได้และเพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าและผู้ที่เกี่ยวข้องมีความปลอดภัยจากไฟฟ้ารั่ว ตามมาตรฐานการติดตั้งกำหนดให้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องการต่อลงดินต้องเดินสายดินไปต่อลงที่แผงเมนสวิตช์และต่อสายดินเหนือสวิตช์ตัดตอนเนื่องจากต้องการให้เครื่องป้องกันกระแสเกินของบริภัณฑ์นั้นปลดวงจรกรณีที่บริภัณฑ์ไฟฟ้ามีไฟรั่ว การต่อลงดินที่ถูกต้องเป็นไปตามรูปที่ ๒.๔๐



ฯรูปที่ ๒.๔๐ การต่อสายดินที่ถูกต้อง

รูปที่ ๒.๔๑ สัญลักษณ์จุดต่อสายดิน

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้ากำหนดให้บริภัณฑ์ต่าง ๆ ต้องต่อลงดิน ได้แก่

(๑) เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของสายไฟฟ้า แผงเมนสวิตช์ โครงและรางปั้นจั่นที่ใช้ไฟฟ้า โครงของตู้ลิฟต์ 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 (ควรใช้ไขควงลองไฟทดสอบ ถ้ามีสัญลักษณ์ประเภท ๒ แต่ยังมีไฟรั่วก็แสดงว่าผู้ผลิตนั้นผลิตไม่ได้มาตรฐานและจำเป็นต้องมีสายดิน)

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน ๕๐ โวลต์ โดยต่อจากหม้อแปลงชนิดพิเศษที่ได้ออกแบบไว้เพื่อความปลอดภัย มีสัญลักษณ์ เช่น เครื่อง โกนหนวด โทรศัพท์ เป็นต้น

๒.๘.๓ วิธีติดตั้งระบบสายดินที่ถูกต้อง

(๑) จุดต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (จุดต่อลงดินของสายเส้นศูนย์หรือนิวทรอล) ต้องอยู่ด้านไฟเข้าของเครื่องตัดวงจรตัวแรกของตู้เมนสวิตช์

(๒) ภายในอาคารหลังเดียวกันนั้น ไม่ควรมีจุดที่ต่อลงดินมากกว่า ๑ จุด

(๓) สายดินและสายเส้นศูนย์ต่อร่วมกันได้เพียงแห่งเดียวที่จุดต่อลงดินภายในตู้เมนสวิตช์ ห้ามต่อร่วมกันในที่อื่นๆอีกเช่น ในแผงสวิตช์ย่อยจะต้องมีขั้วสายดินแยกจากขั้วต่อสายศูนย์ และห้ามต่อถึงกันโดยมีฉนวนคั่นระหว่างขั้วต่อสายเส้นศูนย์กับตัวตู้ซึ่งต่อกับขั้วต่อสายดิน

(๔) ตู้เมนสวิตช์สำหรับห้องชุดของอาคารชุด และตู้แผงสวิตช์ประจำชั้นของอาคารชุดให้ถือว่าเป็นแผงสวิตช์ย่อย ห้ามต่อสายเส้นศูนย์และสายดินร่วมกัน

(๕) ไม่ควรต่อโครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ลงดินโดยตรง แต่ถ้าได้ดำเนินการไปแล้วให้แก้ไขโดยมีการต่อลงดินที่เมนสวิตย์อย่างถูกต้องแล้วเดินสายดินจากเมนสวิตช์มาต่อร่วมกับสายดินที่ใช้อยู่เดิม

(๖) การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว สามารถเสริมป้องกันการให้สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น เช่นกรณีที่มักจะมีน้ำท่วมขัง หรือกรณีสายดินขาด เป็นต้น และจุดต่อลงดินต้องอยู่ด้านไฟเข้าของเครื่องตัดไฟรั่วเสมอ

(๗) ถ้าตู้เมนสวิตช์ไม่มีขั้วต่อสายดิน และขั้วต่อสายเส้นศูนย์แยกออกจากกัน เครื่องตัดไฟรั่วจะต่อใช้ได้เฉพาะวงจรย่อยเท่านั้นจะใช้ตัวเดียวป้องกันทั้งระบบไม่ได้

(๘) วงจรสายดินที่ถูกต้องในสภาวะที่ปกติจะต้องไม่มีมีกระแสไฟฟ้าไหล

(๙) ถ้าเดินสายไฟในท่อโลหะจะต้องเดินสายดินในท่อโลหะนั้นด้วย

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

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

(๑๒) สายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะถูกเดินร่วมไปกับสายวงจรโดยปลายข้างหนึ่งจะถูกต่ออยู่ที่บัสบาร์สายดินในเมนสวิตซ์หรือแผงจ่ายไฟย่อยส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะต่อเข้ากับโครงโลหะของโหลด ขนาดของสายดินอุปกรณ์ไฟฟ้าจะพิจารณาจากขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ป้องกันวงจร และมีขนาดไม่น้อยกว่า ๑.๕ ตร.มม.

(๑๓) ยอมให้ใช้อาคารที่เป็นโครงโลหะและมีการต่อลงดินอย่างถูกต้อง โดยมีค่าความต้านทานของการต่อลงดินไม่เกิน ๕ โอห์ม

๒.๙ เครื่องจักรกลไฟฟ้าเบื้องต้น

๒.๙.๑ หม้อแปลงไฟฟ้า

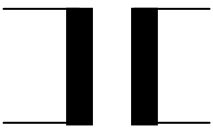
หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) นั้น จะอาศัยการส่งผ่านพลังงานระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) กับขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) โดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลง หรือเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกัน โดยจะทำหน้าที่เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะกับการส่ง การจ่าย และการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการพันขดลวดตัวนำรอบแกนเหล็กบางๆ ที่อัดซ้อนกันหลายๆแผ่น

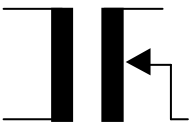
เรียกว่า แกนเหล็กลามิเนท (Laminated Steel) เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current loss) หม้อแปลงขนาดเล็กจะใช้อากาศช่วยในการระบายความร้อน แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่อาจใช้น้ำมันหรือพัดลมเป็นตัวกลางช่วยระบายความร้อน หม้อแปลงไฟฟ้าจะบอกขนาดในหน่วย VA (Volt-Ampare)

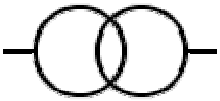
หม้อแปลงไฟฟ้ามีส่วนประกอบสำคัญอยู่ ๓ ส่วน คือ แกนเหล็ก (Core) ขดลวดตัวนำ (Winding) และ ฉนวน (Insulation) อาจจะมีส่วนประกอบย่อยอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดของหม้อแปลง เช่น หม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีถังบรรจุหม้อแปลง น้ำมันหม้อแปลง ครีบระบายความร้อน ขั้วแรงดันด้านสูง ขั้วแรงดันด้านต่ำ และอื่นๆ เป็นต้น

ก. หม้อแปลงขนาดเล็ก ข. หม้อแปลงกำลัง

รูปที่ ๒.๔๒ หม้อแปลงไฟฟ้า





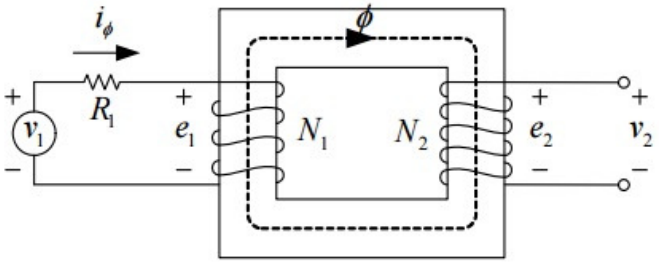


ก. แบบขนาดเล็ก ข. แบบปรับค่าได้ ค. แบบขนาดใหญ่

รูปที่ ๒.๔๓ สัญลักษณ์หม้อแปลงไฟฟ้าแบบต่างๆ

หม้อแปลงกำลังจะใช้ในระบบการส่งจ่ายไฟฟ้า เช่น ลดแรงดันไฟฟ้าจาก 22kV ลงเป็นระบบแรงดันไฟฟ้า ๓ เฟส (400V Line to Line) ส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กจะใช้เป็นส่วนหนึ่งของวงจรภาคจ่ายไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ หรือใช้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน เช่นการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าช่วยในวงจรควบคุมลูกลอยระดับน้ำ เป็นต้น

หลักการทำงานเมื่อขดลวด Primary (N_1) ได้รับแรงดันไฟฟ้า V_1 และขดลวด Secondary (N_2) อยู่ในสภาพเปิดวงจร จะทำให้เกิดค่ากระแสปริมาณหนึ่งไหลในขดลวด (N_1) เรียกว่า กระแสกระตุ้น i_ϕ (Exciting Current) และจะมีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induced Voltage) ขึ้น

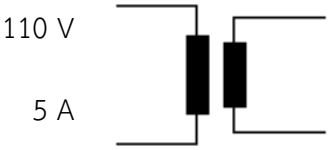


รูปที่ ๒.๔๔ หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในรูป อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า (Voltage ratio) หรือ (Turns ratio) ดังนี้

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = a$$

ตัวอย่างที่ ๒.๙ จงคำนวณหา I_2



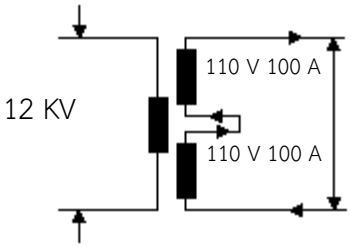
วิธีทำ

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{110V}{220V} = \frac{I_2}{5A}$$

$$I_2 = \frac{110V \times 5A}{220V} = 2.5A$$

ตัวอย่างที่ ๒.๑๐ จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า



วิธีทำ จากรูปขดลวดด้าน Secondary มีจำนวน 2 ชุด ต่ออนุกรมกัน ดังนั้น ค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากัน คือ 100A และมีแรงดันตกคร่อม ขดละ 110V ดังนั้น แรงดันไฟฟ้ารวมคือ 220V (110V+110V)
ดังนั้น แรงดัน และ กระแส ที่เอาท์พุท (Secondary) มีค่า 220V 100A

๒.๙.๒ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ใช้เป็นตัวต้นกำลังหมุนขับโหลดชนิดต่างๆได้มีใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในที่อยู่อาศัย สำนักงานและโรงงานอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งตามระบบการป้อนไฟฟ้ากระแสสลับให้กับมอเตอร์ ซึ่งมีอยู่ ๒ ประเภทคือ มอเตอร์แบบหนึ่งเฟส (Single Phase Motor) และมอเตอร์แบบสามเฟส (Three Phase Motor)

(๑) มอเตอร์แบบหนึ่งเฟส

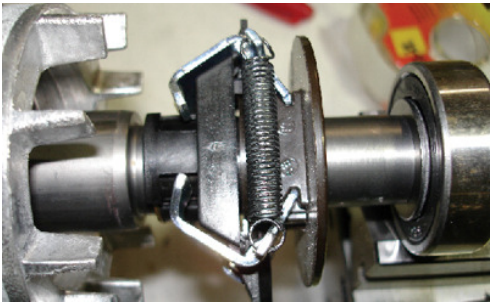
มอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟส ส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีกำลังพิกัดขนาดไม่เกิน ๕ แรงม้า มีการพันขดลวดเป็นแบบ ๑ เฟส และต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ๒๒๐v มอเตอร์เหนี่ยวนำ ๑ เฟส แบ่งตามลักษณะโครงสร้างและลักษณะการเริ่มเดินได้ ๒ กลุ่ม ดังนี้

- สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motor) นิยมเรียก สปลิทเฟสมอเตอร์นี้ว่า อินดักชั่นมอเตอร์ (Induction motor) มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้งานมากในตู้เย็น เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก เครื่องซักผ้า เป็นต้น

รูปที่ ๒.๔๕ สปลิตเฟสมอเตอร์

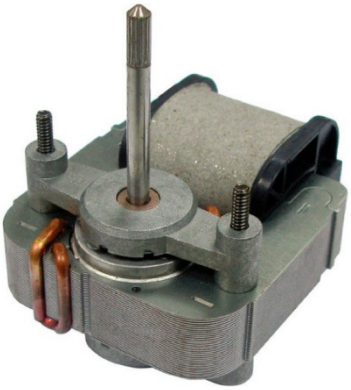
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor) มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์ แต่มีคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นมา ทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์ คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อย มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal switch) เป็นตัวตัดคาปาซิเตอร์และขดสตาร์ทออกจากวงจรเมื่อความเร็วมอเตอร์ประมาณร้อยละ ๗๕ ของความเร็วพิกัด มอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ ๑/๒ แรงม้าถึง ๑๐ แรงม้า นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั๊มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ตู้เย็น

รูปที่ ๒.๔๖ คาปาซิเตอร์มอเตอร์



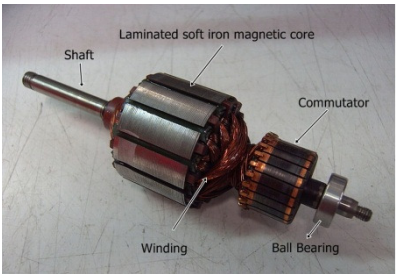
รูปที่ ๒.๔๗ เซนติฟูกรัลสวิตช์ (Centrifugal switch)

- เช็ดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motor) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามอเตอร์แบบบังขั้ว



รูปที่ ๒.๔๘ เช็ดเดดโพลมอเตอร์

- รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion Motor) และ ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor) เป็นมอเตอร์หนึ่งเฟสที่มีตัวหมุนลักษณะเป็นทุ่นอาร์เมเจอร์ใช้ขดลวดทองแดงพันปลายสายต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ เช่น มอเตอร์สว่านไฟฟ้า เป็นต้น



ก. โรเตอร์รีพัลชั่นมอเตอร์

ข. โรเตอร์ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

ค. รีพัลชั่นมอเตอร์ (RepulsionMotor)

รูปที่ ๒.๔๙ รีพัลชั่นมอเตอร์ และ ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

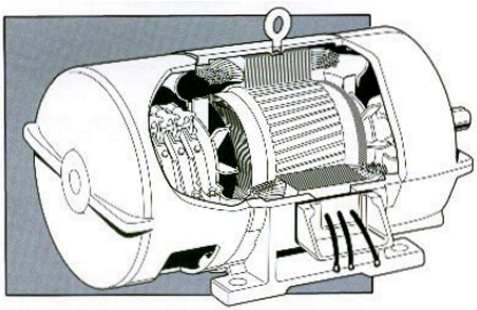
(๒) มอเตอร์แบบสามเฟส

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม มีกำลังพิกัดต่ำกว่า ๑/๒ แรงม้าจนถึงขนาดแรงม้ามากๆ มีการพันขดลวดที่สเตเตอร์ ๓ ชุด ต่อใช้งานกับระบบไฟสามเฟส ๓๘๐ โวลต์ เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์และโรเตอร์จะหมุนตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน ซึ่งแบ่งเป็น ๓ ชนิด ดังนี้

- มอเตอร์เหนี่ยวนำ ๓ เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor Induction Motor) เป็นชนิดที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม สร้างง่าย บำรุงรักษาน้อย ทนทานและราคาถูก

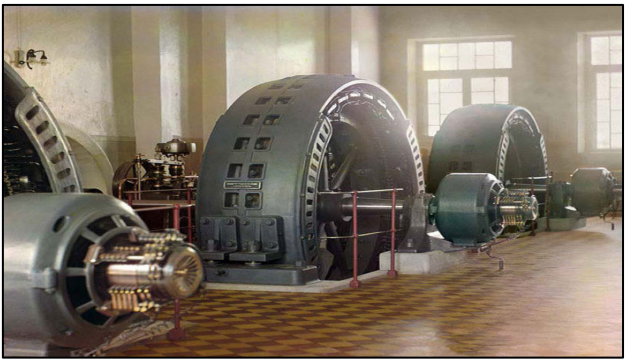
รูปที่ ๒.๕๐ มอเตอร์เหนี่ยวนำ ๓ เฟส

- มอเตอร์เหนี่ยวนำ ๓ เฟส โรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor Induction Motor) หรือ สลิปริงมอเตอร์ (Slip Ring Motor) การพันขดลวดสเตเตอร์มีลักษณะเดียวกันกับแบบแรก แตกต่างเฉพาะส่วนที่เป็นโรเตอร์จะพันด้วยขดลวดทองแดงสามเฟสและต่อแบบสตาร์ ปลายสายของขดลวดทั้งสามเฟสจะต่อเข้ากับสลิปริงสามวงผ่านแปรงถ่านเข้ากับความต้านทานภายนอกที่ปรับค่าได้ (External Variable Resistance) ที่ใช้ในการเริ่มเดิน นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมหนัก เช่น ใช้ในการขับลูกกลิ้ง ลูกรีด โรงงานถลุงเหล็ก แปรรูปเหล็ก



รูปที่ ๒.๕๑ มอเตอร์แบบพันขดลวด

- ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor) เป็นมอเตอร์สามเฟสชนิดหนึ่งมีส่วนประกอบเช่นเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และสามารถทำเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้ มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมหนัก เช่นใช้ขับลูกโม่ในการโม่หิน และยังใช้ในการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ของระบบไฟฟ้าได้ด้วย



รูปที่ ๒.๕๒ ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor)

๒.๙.๓ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

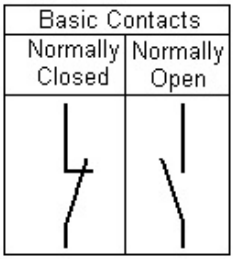
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) หรือ เจนเนอเรเตอร์ คืออุปกรณ์ที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแหล่งที่มาของพลังงานกลอาจเป็นเครื่องยนต์ กังหันไอน้ำ กังหันน้ำ กังหันลม อากาศอัด หรือแหล่งพลังงานกลประเภทอื่น โดยอาศัยหลักการทำงานเริ่มต้นจากการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวดหรือขดลวดเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าออกมา ซึ่งแรงดันจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ ๒ อย่าง คือความเร็วรอบและเส้นแรงแม่เหล็ก

รูปที่ ๒.๕๓ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

๒.๑๐ อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์

๒.๑๐.๑ สวิตซ์ปุ่มกด (Push button switch)

ตัวสวิตซ์จะมีทั้งคอนแทคปกติเปิด (Normally Open :NO) และปกติปิด (Normally Closed :NC) การเลือกขนาดดูจากพิกัดกระแสและแรงดัน



รูปที่ ๒.๕๔ สวิตซ์ปุ่มกด และสัญลักษณ์คอนแทค

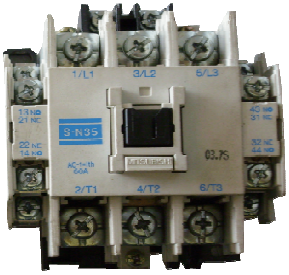
๒.๑๐.๒ หลอดสัญญาณ (Pilot lamp)

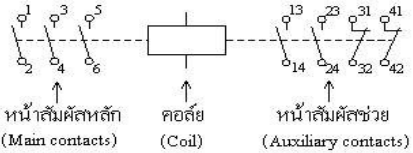
หลอดสัญญาณ ใช้แสดงสถานะในการทำงานของวงจรมีหลายสี หลายแบบ บางชนิดเป็นแบบรวมอยู่กับสวิตซ์ปุ่มกดหรือมีหม้อแปลงเล็กสำหรับจ่ายไฟให้หลอดไฟที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ รายละเอียดทางเทคนิคเวลาเลือกใช้ คือแรงดันใช้งาน รูปแบบ และสีของเลนซ์

รูปที่ ๒.๕๕ หลอดไฟสัญญาณและสัญลักษณ์

๒.๑๐.๓ แมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic contactor)

คอนแทคเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวตัดและต่อวงจรเหมือนกับสวิตซ์โดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กแทนการสับสวิตซ์ด้วยมือ โดยใช้ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือคอยล์ (Magnetic coil) คอนแทคแบ่งเป็น ๒ ประเภทคือ คอนแทคเมน (Main Contact) ตัวคอนแทคออกแบบให้ทนกระแสได้สูงจึงใช้กับวงจรกำลัง (Power circuit) คอนแทคช่วย (Auxilliary Contact) ตัวคอนแทคออกแบบให้ทนกระแสได้ต่ำจึงใช้กับวงจรควบคุม (Control circuit)

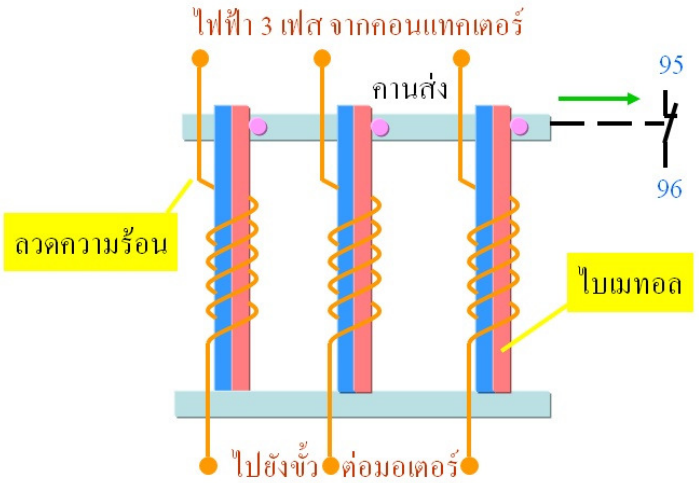




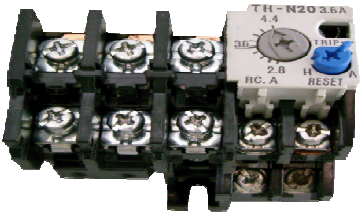
รูปที่ ๒.๕๖ แมกเนติก คอนแทคเตอร์

๒.๑๐.๔ โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload relay)

โอเวอร์โหลดประกอบด้วยขดลวดความร้อนพันอยู่บนแผ่นไบเมทัล (bimetal) ซึ่งจากโลหะ ๒ ชนิดเชื่อมติดกันและโก่งตัวได้ เมื่อเกิดความร้อนขึ้นขดลวดความร้อนเป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปสู่มอเตอร์ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดมีค่าสูงขึ้นจะทำให้แผ่นไบเมทัลร้อนและโก่งตัวดันให้หน้าสัมผัสปกติปิดของโอเวอร์โหลดที่ต่ออนุกรมอยู่กับวงจรควบคุมเปิดวงจรตัดกระแสไฟฟ้าจากคอยล์ของคอนแทคเตอร์ จึงทำให้คอนแทคเมนของคอนแทคเตอร์ปลดมอเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายเป็นการป้องกันมอเตอร์จากความเสียหายได้

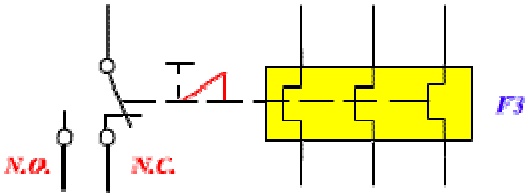


รูปที่ ๒.๕๗ โครงสร้างของโอเวอร์โหลดรีเลย์



รูปที่ ๒.๕๘ โอเวอร์โหลดรีเลย์

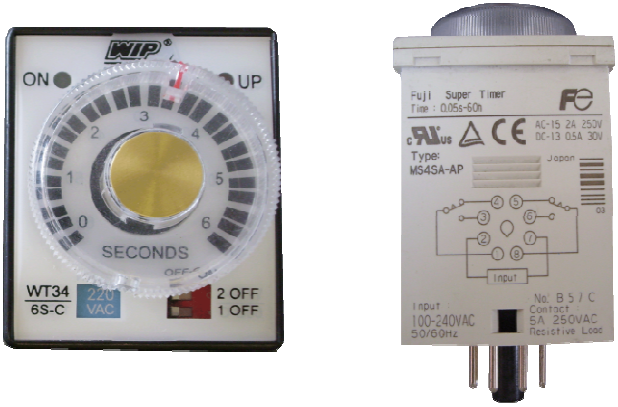
โอเวอร์โหลดมีทั้งแบบธรรมดา คือเมื่อแผ่นไบเมทัลงอตัวไปแล้วจะกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิมเมื่อเย็นตัวลง กับแบบที่มีรีเซ็ท (Reset) คือ เมื่อตัดวงจรไฟแล้วหน้าสัมผัสจะถูกล็อคเอาไว้ ถ้าต้องการจะให้วงจรทำงานอีกครั้งทำได้โดยกดที่ปุ่มรีเซ็ทให้หน้าสัมผัสกลับมาต่อวงจรเหมือนเดิม



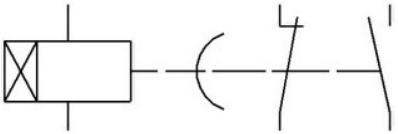
รูปที่ ๒.๕๙ สัญลักษณ์ของโอเวอร์โหลดรีเลย์แบบมีรีเซ็ท

๒.๑๐.๕ รีเลย์ตั้งเวลาหรือไทเมอร์ (Timer relay)

รีเลย์ตั้งเวลาจะใช้ในวงจรควบคุม สามารถปรับตั้งเวลาการทำงานของหน้าคอนแทคได้หมายความว่าจะให้คอนแทคตัดหรือต่อวงจรภายในเวลาที่กำหนดหลังจากจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าตัวรีเลย์ เรียกว่า ไทเมอร์แบบออนดีเลย์ (ON-Delay type) หรือจะให้คอนแทคตัดหรือต่อวงจรภายในเวลาที่กำหนดหลังจากหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าตัวรีเลย์ เรียกว่า ไทเมอร์แบบออฟดีเลย์ (OFF-Delay type)



รูปที่ ๒.๖๐ รีเลย์ตั้งเวลา



รูปที่ ๒.๖๑ สัญลักษณ์รีเลย์ตั้งเวลา

๒.๑๐.๖ ลิมิตสวิตช์ (Limit switch)

ลิมิตสวิตช์เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ซึ่งต้องทำงานร่วมกันกับแมคเนติกคอนแทคเตอร์เสมอ เพื่อควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานโดยอัตโนมัติ เช่นควบคุมให้เลื่อนไปทางซ้ายและขวา ควบคุมให้ขึ้นและลง เป็นต้น

โครงสร้างของลิมิตสวิตช์ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคอนแทคโดยคอนแทคจะเปลี่ยนสถานะการทำงาน เมื่อมีแรงจากวัตถุภายนอกมากระทบกับลูกล้อของลิมิตสวิตช์

รูปที่ ๒.๖๒ ลิมิตสวิตช์และสัญลักษณ์

๒.๑๐.๗ สวิตช์เลือกแบบดรัม (Drum switch)

ประกอบด้วยชุดคอนแทคที่ติดตั้งบนแกนฉนวนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อหมุนรอบแกนจะทำให้หน้าคอนแทคเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น สวิตช์เลือกสำหรับโวลท์

มิเตอร์ (Voltmeter selector switch) สวิตซ์เลือกสำหรับแอมมิเตอร์ (Ammeter selector switch) เป็นต้น

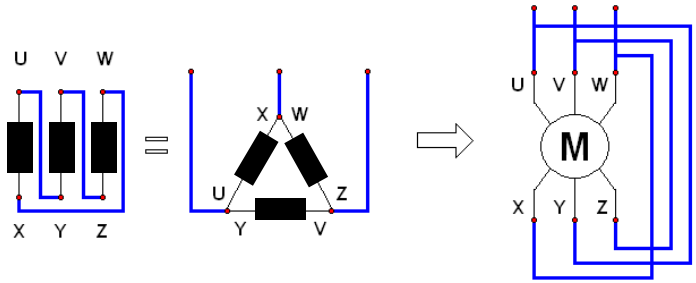
ก. สวิตซ์เลือกสำหรับแอมมิเตอร์ (Ammeter selector switch)

ข. สวิตซ์เลือกสำหรับโวลท์มิเตอร์ (Voltmeter selector switch)

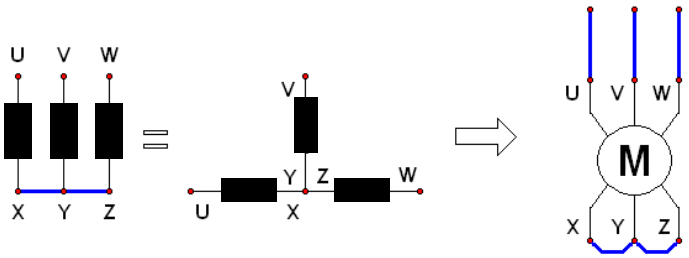
รูปที่ ๒.๖๓ สวิตซ์เลือกแบบดรัม

๒.๑๑ การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส

สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ๓ เฟสนั้นจะมีขดลวดพันอยู่ ๓ ชุด คือเฟส A B และ C สามารถนำมาต่อใช้งานได้ ๒ แบบ คือ การต่อใช้งานแบบสตาร์ (Star) และแบบเดลตา (Delta) การจะต่อมอเตอร์ใช้งานแบบใดจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าที่แผ่นป้ายของมอเตอร์และระบบไฟฟ้าของประเทศนั้นๆ ด้วย



ก. การต่อมอเตอร์สามเฟสแบบเดลต้า



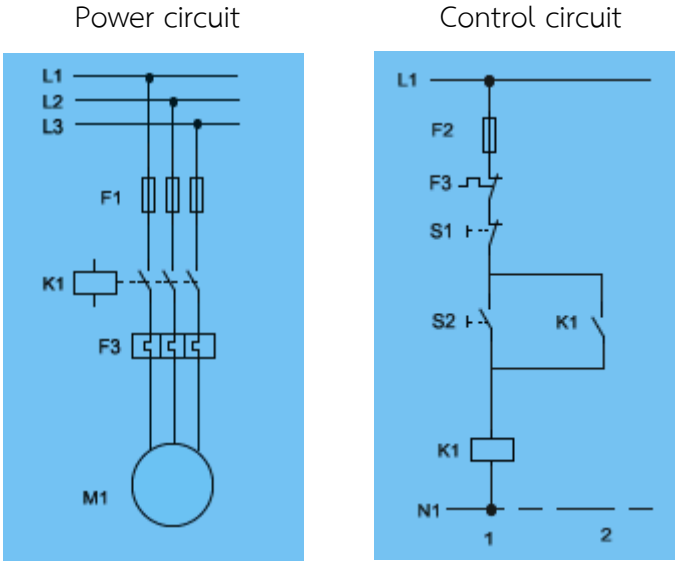
ข. การต่อมอเตอร์สามเฟสแบบสตาร์

รูปที่ ๒.๖๔ การต่อมอเตอร์สามเฟส

๒.๑๒ ตัวอย่างวงจรควบคุมมอเตอร์ด้วยคอนแทคเตอร์

นิยมเขียนวงจรในรูปแบบแสดงการทำงาน (Schematic Diagram) โดยแบ่งตามลักษณะวงจรได้เป็น ๒ แบบ คือ แบบแสดงการทำงานของวงจรกำลัง (Power circuit) และแบบแสดงการทำงานของวงจรควบคุม (Control circuit)

๒.๑๒.๑ วงจรสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง



รูปที่ ๒.๖๕ วงจรสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง

หลักการทำงานของวงจร

(๑) ลักษณะเริ่มต้นของวงจร คอนแทคเตอร์ K1 ยังไม่ทำงาน เพราะสวิตซ์ S2 ยังไม่ถูกกดให้ต่อวงจรมายัง K1 ดังนั้นจึงไม่มีกระแสไหลในแถวที่ 1

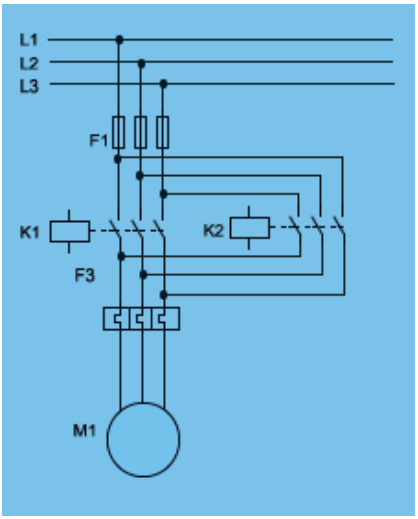
(๒) กดสวิตซ์ S2 ให้ต่อวงจร จะทำให้คอนแทคเตอร์ K1 ทำงาน คอนแทคเตอร์ปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 2 ต่อวงจรให้ตัวเองทำงานตลอดเวลา

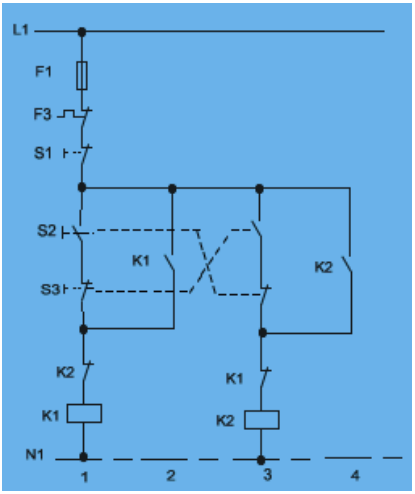
(๓) เมื่อคอนแทคเตอร์ปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 2 ต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว สวิตซ์ S2 ก็ปล่อยออกได้ ขณะนี้คอนแทคเตอร์ K1 ทำงานตลอดเวลา คอนแทคเมนต่อวงจรให้มอเตอร์หมุนตลอดเวลา(คอนแทคที่ใช้ต่อให้ตัวมันเองทำงานได้ตลอดเวลา เรียกว่า Self holding)

(๔) ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดทำงานให้กด S1 ตัดกระแสไม่ให้ไหลผ่านคอยล์ของ K1 ผลก็คือ คอนแทคเตอร์ K1 หยุดทำงาน คอนแทคต่างๆก็จะกลับมาอยู่ที่เดิม ทำให้มอเตอร์ถูกตัดวงจรออกไปด้วย

(๕) หลังจากที่ปล่อยสวิตซ์ S1 ไปแล้ว คอนแทคของ S1 ก็จะต่อวงจรอีกครั้งหนึ่ง แต่คอนแทคเตอร์ K1 ก็ไม่สามารถทำงานได้ เพราะ S2 เปิดวงจรอยู่

๒.๑๒.๒ วงจรกลับทางหมุนแบบต้องหยุดก่อน





รูปที่ ๒.๖๖ วงจรกลับทางหมุนแบบต้องหยุดก่อน

วงจรกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ทำได้โดยสลับสายเมนคู่ใดคู่หนึ่งที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ส่วนอีกเส้นหนึ่งต่อไว้คงเดิม กำหนดให้ K1 ต่อให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วน K2 ต่อให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา ในวงจรกำลังถ้าคอนแทคเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งทำงานอยู่อีกตัวหนึ่งจะต้องไม่ทำงาน เพราะถ้าคอนแทคเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานพร้อมกันจะเกิดการลัดวงจรระหว่าง L1 กับ L3 วิธีป้องกันไม่ให้ K1 และ K2 ทำงานพร้อมกัน ทำได้โดยการต่อคอนแทคปกติปิดของคอนแทคเตอร์แต่ละตัวไว้ก่อนเข้าคอยล์ของคอนแทคเตอร์สลับกัน เรียกว่า Interlocked contact

หลักการทำงาน

(๑) กดสวิตซ์หมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยกดสวิตซ์ S2 จะไม่มีกระแสไหลในแถวที่ 1 แต่จะมีกระแสไหลในแถวที่ 3 ทำให้ K2 ทำงาน และตัดวงจรไม่ให้ K1 ทำงาน

(๒) กดสวิตซ์หมุนตามเข็มนาฬิกา ขณะที่วงจรยังหมุนทวนเข็มนาฬิกาอยู่ กด S3 ,K2 ก็ยังคงทำงานอยู่ ถึงแม้ในแถวที่ 1 จะมีกระแสวิ่งผ่านถึง S3 ก็ตาม แต่คอนแทคของ K2 ยังตัดวงจร K1 อยู่

(๓) การกลับทิศทางการหมุนทันทีจะทำไม่ได้ เพราะมี Interlocked contact กันอยู่ ต้องหยุดวงจรก่อนด้วย S1 ทำให้วงจรหยุดทำงาน คอนแทคเตอร์ปกติปิดของ K2 ในแถวที่ 1 เคลื่อนที่กลับที่เดิม

(๔) กดสวิตซ์หมุนกลับทาง กด S3 ทำให้ K1 ทำงาน มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา คอนแทคปกติปิดของ K1 ในแถวที่ 3 ตัดวงจรไม่ให้ K2 ทำงาน

บันทึก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บรรณานุกรม

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

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

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

อำนาจ ทองผาสุข, **การควบคุมมอเตอร์.** กรุงเทพ

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์(ออนไลน์)

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://bernini-design.com

http://bernini-design.com

http://www.oknation.net/blog/safety-ene201

http://www.supradit.com

บทที่ ๓
บทสรุปคู่มือเตรียมสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑ (ภาคความรู้)

๓.๑ สรุปสาระสำคัญ

๓.๑.๑ ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า

สีที่ใช้เพื่อความปลอดภัยโดยจะแบ่งเป็น ๔ ประเภท ใช้สีแดงแทนเครื่องหมายห้าม สีเหลืองแทนเครื่องหมายเตือน สีฟ้าแทนเครื่องหมายบังคับให้ต้องปฏิบัติ และสีเขียวแทนเครื่องหมายสารนิเทศเกี่ยวกับสภาวะปลอดภัย

การปฏิบัติงานทางด้านไฟฟ้า ต้องกระทำด้วยวิธีการอย่างปลอดภัยไม่เช่นนั้นอาจทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ อันตรายที่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานถูกไฟฟ้าดูดมี ๒ สาเหตุ คือร่างกายมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องกับระบบวงจรไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมนุษย์ลงสู่ดิน

การปฏิบัติงานด้านไฟฟ้าอย่างปลอดภัยจึงเป็นการตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือรวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าและการความพร้อมของผู้ปฏิบัติงาน คืออุปกรณ์ไฟฟ้าต้องไม่ชำรุดอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา ผู้ปฏิบัติงานต้องทำงานด้วยความระมัดระวัง ไม่ประมาท และเชื่อฟังกฎระเบียบต่างๆที่ได้บัญญัติไว้ เพื่อรักษาชีวิตและทรัพย์สินทั้งผู้ปฏิบัติงานเองและผู้ใช้บริการ

๓.๑.๒ การใช้เครื่องมือช่างทั่วไป

การใช้เครื่องมืออย่างปลอดภัยผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ศึกษาคู่มือเกี่ยวกับเครื่องมือนั้นๆดี การใช้เครื่องมือที่ไม่ถูกต้องและไม่ถูกขนาดจะทำให้งานที่ทำไม่เรียบร้อยและผิดพลาดได้ง่าย รวมถึงเป็นสาเหตุที่

ก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากการใช้เครื่องมือได้ เครื่องมือไฟฟ้าควรตรวจสอบฉนวนไฟฟ้าให้อยู่สภาพที่ดีเสมอ

๓.๑.๓ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปจะมีการต่อโหลดอยู่ ๓ ลักษณะ คือ การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบขนาน และการต่อแบบผสม โดยมีข้อแตกต่างกันคือ *การต่อแบบอนุกรม*เป็นการนำโหลดมาต่อเรียงกันไปเรื่อยๆ หากมีโหลดหนึ่งตัวใดเปิดวงจรจะส่งผลให้โหลดไม่ทำงานทั้งหมด *การต่อแบบขนาน*เป็นการนำโหลดมาต่อคร่อมร่วมกันระหว่างจุด ๒ จุด หากมีโหลดหนึ่งตัวใดเปิดวงจรจะไม่มีผลต่อโหลดอื่นๆยังทำงานได้เป็นปกติ ส่วน *การต่อแบบผสม*จะเป็นการนำโหลดมาต่อร่วมกันทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานรวมไว้ในวงจรเดียวกัน การวิเคราะห์จะใช้หลักการของวงจรอนุกรมและวงจรขนานเข้ามาใช้ร่วมกัน การทำความเข้าใจกับวงจรไฟฟ้านั้นใช้กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าเป็นต้น ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของผู้ประกอบอาชีพช่างไฟฟ้า

๓.๑.๔ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า

แอมมิเตอร์ คือเครื่องวัดค่ากระแสไฟฟ้า โครงสร้างประกอบด้วยตัวต้านทานต่อขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ ทำให้แอมมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น *โวลท์มิเตอร์* คือเครื่องวัดค่าแรงดันไฟฟ้า โครงสร้างประกอบด้วยตัวต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดเคลื่อนที่ ทำให้โวลท์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้มากขึ้น *โอห์มมิเตอร์* คือเครื่องวัดค่าความต้านทาน โครงสร้างประกอบด้วย มิลลิแอมมิเตอร์ แบตเตอรี่ และตัวต้านทานปรับค่าได้ *วัตต์มิเตอร์* คือเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าใช้หลักการแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ มีขั้วต่อวัด ๔ ขั้ว ขั้ววัด ๒ ขั้วแรกเป็นขดลวดกระแส อีก ๒ ขั้วที่เหลือเป็นขดลวดแรงดัน การบ่ายเบนของเข็มขึ้นอยู่กับภาระที่ต่อวงจรและแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้วงจร *วัตต์ฮาร์วมิเตอร์* คือมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าโดยวัดกำลังไฟฟ้าออกมาเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) ใช้ตาม

บ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม *แคล้มป์ออนมิเตอร์* คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสลับ โดยใช้แคล้มป์คล้องสายไฟฟ้าและสามารถอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้

๓.๑.๕ สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าเป็นสื่อกลางการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าต้นทางไปยังจุดผู้ใช้งานไฟฟ้าปลายทาง การเลือกใช้งานสายไฟฟ้ามีข้อพิจารณา คือ *ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าสูงสุดของสายไฟฟ้า* พิจารณาได้จากตารางหาขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซีตามมาตรฐานอุตสาหกรรม *แรงดันไฟฟ้าที่ทนได้* เช่น ๓๘๐ หรือ ๗๕๐ โวลท์ *อุณหภูมิแวดล้อมขณะใช้งาน* เช่น ๖๐ หรือ ๗๐ องศาเซลเซียส *ชนิดของฉนวน* เช่น ฉนวนพีวีซีเหมาะสำหรับการเดินสายไฟฟ้าในอาคารทั่วไป และ*ลักษณะการใช้งาน*โดยพิจารณาจากการติดตั้ง สถานที่ใช้งานหรือสภาพความแข็งแรงของสายไฟฟ้าทั้งนี้จะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับสายไฟฟ้าแต่ละชนิดด้วย

๓.๑.๖ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

สภาวะความผิดปกติในระบบไฟฟ้าโดยมากมี ๓ ประเภท คือ สภาวะการใช้โหลดเกิน สภาวะลัดวงจร และสภาวะกระแสรั่วลงดิน ฟิวส์ เป็นอุปกรณ์ป้องกันเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร หรือกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่วงจรมากเกินไปฟิวส์จะหลอมละลายและตัดวงจรไฟฟ้าทันทีการต่อฟิวส์ต้องต่อแบบอนุกรมเข้าในวงจร เซอร์กิตเบรกเกอร์มีกลไกการทริปอยู่ ๒ ลักษณะ คือการรทริปด้วยความร้อนถูกใช้ในกรณีโหลดเกินและการทริปด้วยแม่เหล็กถูกใช้ในกรณีเกิดกระแสลัดวงจรที่มีค่าสูง เซอร์กิตเบรกเกอร์บางรุ่นจะมีการติดตั้งชุดตรวจจับกระแสรั่วลงดินเพื่อตรวจจับการรั่วลงดินของวงจรไว้ด้วย

๓.๑.๗ การต่อลงดิน

การต่อลงดินมีประโยชน์หลายประการคือ การทำให้ศักย์ไฟฟ้าของจุดที่ต่อลงดินมีค่าเป็นศูนย์ทำให้แรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟสของทั้งสามเฟสมีค่าเท่ากัน และใช้สำหรับเป็นจุดต่อไปเข้ากับตัวถังของอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยในการสัมผัส รวมถึงใช้เป็นทางเดินของกระแสลงดินเพื่อให้กระแสลัดวงจรสูงมากพอที่อุปกรณ์ป้องกันลัดวงจร เช่น ฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานได้

๓.๑.๘ เครื่องจักรกลไฟฟ้าเบื้องต้น

หม้อแปลงไฟฟ้า คือเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิ โดยเพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะกับโหลดแต่ความถี่ไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง *มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ* คือเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลใช้เป็นตัวต้นกำลังหมุนขับโหลดชนิดต่างๆ *เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ* คือเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้หลักการขดลวดทองแดงหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก

๓.๑.๙ อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์

อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์แบ่งได้ ๓ ประเภทคือ *อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์*ให้เกิดการทำงานที่หลากหลายรูปแบบ ได้แก่สวิตช์ปุ่มกด คอนแทคเตอร์ รีเลย์ตั้งเวลา และลิมิตสวิตช์ *อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์*ไม่ให้เกิดความเสียหายเนื่องจากโหลดเกินหรือลัดวงจร ได้แก่ ฟิวส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ และโอเวอร์โหลด *อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดและแสดงสัญญาณ*เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการตรวจสอบคุณภาพของไฟฟ้า ได้แก่สวิตช์เลือกสำหรับโวลท์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ มิเตอร์วัดความถี่ไฟฟ้า และหลอดแสดงสัญญาณเป็นต้น

๓.๑.๑๐ การต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส

สามารถแบ่งตามลักษณะการเริ่มต้นทำงานได้ ๒ วิธี คือ *สตาร์ทโดยตรง* เหมาะสำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดไม่เกิน ๑๐ แรงม้า (HP) และ*การสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตา*เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากออกแบบง่ายและเหมาะสำหรับการสตาร์ทมอเตอร์สามเฟสแบบเหนี่ยวนำขนาดใหญ่ ใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีการต่อขดลวดภายในที่มีปลายสายต่อออกมาข้างนอก ๖ ปลายและมอเตอร์จะต้องมีพิกัดแรงดันเป็น ๓๘๐/๖๖๐ โวลท์ ในขณะสตาร์ทมอเตอร์จะทำการต่อแบบสตาร์ (Star หรือ Y) ซึ่งสามารถลดแรงดันขณะสตาร์ทได้ และเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้สักระยะหนึ่งมอเตอร์จะทำการต่อแบบเดลตา (Delta หรือ Δ)

๓.๑.๑๑ ความสามารถของช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

ช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม คือ ช่างซึ่งประกอบอาชีพในงานติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลังแรงดันต่ำกระแสสลับไม่เกิน ๑,๐๐๐ โวลต์ สำหรับระบบไฟฟ้า ๑ เฟส หรือ ๓ เฟส หรือใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงไม่เกิน ๑,๕๐๐ โวลต์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม การแก้ไขปัญหาข้อขัดข้อง และการตรวจสอบระบบไฟฟ้า โดยสามารถปฏิบัติงานเกี่ยวกับการอ่านแบบการทดสอบ การติดตั้งและการเดินสายไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรมตลอดจนการกำหนดค่าขนาด ติดตั้ง ทดสอบ การใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องวัด แผงจ่ายไฟฟ้า ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า แก้ไขปัญหาและซ่อมบำรุงวงจรควบคุมมอเตอร์และบันทึกข้อมูลจากเครื่องวัดได้ ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ ๑ ได้กำหนดกรอบความสามารถไว้กล่าวคือ เป็นผู้ที่สามารถเลือกใช้และตรวจสอบบริภัณฑ์ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า สายไฟฟ้า ท่อร้อยสายไฟฟ้า ตลอดจนอุปกรณ์ในงานไฟฟ้าอุตสาหกรรมเพื่อนำมาติดตั้งตามแบบที่กำหนด แล้วต่อสายวงจรไฟฟ้าควบคุมมอเตอร์กระแสสลับแบบ Direct Start ด้วยวิธีการเดิน

สายไฟฟ้าและการเดินท่อร้อยสายไฟฟ้าชนิดโลหะและพีวีซีเพื่อให้วงจรทำงานได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้การปฏิบัติงานผู้ปฏิบัติงานต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล ต้องใช้เครื่องมืออย่างถูกต้องและถูกวิธีเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน เมื่อปฏิบัติงานเสร็จแล้วสามารถตรวจสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้าด้วยมัลติมิเตอร์ก่อนการทดสอบจ่ายกระแสไฟฟ้า ตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์กระแสสลับด้วยมิเตอร์แบบแคล้มป์ออน ตลอดจนจัดเก็บ บำรุงรักษาเครื่องมือได้

๓.๒ จรรยาบรรณของผู้ประกอบอาชีพช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม

จรรยาบรรณ คือ หลักความประพฤติปฏิบัติอันเหมาะสมแสดงถึงคุณธรรมและจริยธรรมที่พึงปฏิบัติในการประกอบวิชาชีพที่บุคคลในแต่ละวิชาชีพได้ประมวลขึ้นเป็นหลัก เพื่อให้สมาชิกในสาขาวิชาชีพนั้นๆ ยึดถือปฏิบัติโดยมุ่งเน้นถึงการปลูกฝังจริยธรรม และเสริมสร้างให้สมาชิกมีจิตสำนึกบังเกิดขึ้นในตนเองเกี่ยวกับการประพฤติปฏิบัติในทางที่ถูกที่ควรและมุ่งหวังให้สมาชิกได้ยึดถือ เพื่อรักษาชื่อเสียงและส่งเสริมเกียรติคุณของสมาชิกและสาขาวิชาชีพของตน

ผู้ประกอบอาชีพช่างไฟฟ้าภายนอกอาคาร ควรมีจรรยาบรรณ ดังนี้

(๑) ไม่กระทำการใดๆ อันอาจนำมาซึ่งความเสื่อมเสียเกียรติศักดิ์แห่งวิชาชีพ

(๒) ต้องปฏิบัติงานที่ได้รับทำอย่างถูกต้องตามหลักปฏิบัติและวิชาการ

(๓) ต้องประกอบวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต

(๔) ไม่ใช้อำนาจหน้าที่โดยไม่ชอบธรรมหรือใช้อิทธิพลหรือให้ประโยชน์แก่บุคคลใด เพื่อให้ตนเองหรือผู้อื่นได้รับหรือไม่ได้รับงาน

(๕) ไม่เรียก รับ หรือยอมรับทรัพย์หรือผลประโยชน์อย่างใดสำหรับตนเองหรือผู้อื่นโดยมิชอบ จากผู้รับเหมาหรือบุคคลใดซึ่งเกี่ยวข้องในงานที่ทำอยู่กับผู้ว่าจ้าง

(๖) ไม่โฆษณาหรือยอมรับให้ผู้อื่นโฆษณาซึ่งการประกอบวิชาชีพเกินความเป็นจริง

(๗) ไม่ประกอบวิชาชีพเกินความสามารถที่ตนเองจะกระทำได้

(๘) ไม่ละทิ้งงานที่ได้รับทำโดยไม่มีเหตุอันควร

(๙) ไม่เปิดเผยความลับของงานที่ตนได้รับทำ เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากผู้ว่าจ้าง

(๑๐) ไม่แย่งงานจากผู้ประกอบการวิชาชีพบุคคลอื่น

(๑๑) ไม่รับทำงานหรือทำการตรวจสอบผลงานชิ้นเดียวกันกับที่ผู้ประกอบการวิชาชีพบุคคลอื่นทำอยู่ เว้นแต่เป็นการทำงานหรือตรวจสอบตามหน้าที่หรือแจ้งให้ผู้ประกอบวิชาชีพบุคคลอื่นนั้นทราบล่วงหน้าแล้ว

(๑๒) ไม่ใช้หรือคัดลอกแบบ รูป แผนผัง หรือเอกสาร ที่เกี่ยวกับงานของผู้ประกอบวิชาชีพบุคคลอื่น เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากผู้ประกอบวิชาชีพบุคคลอื่นนั้นแล้ว

(๑๓) ไม่กระทำการใดๆ โดยจงใจให้เป็นที่เสื่อมเสียแก่ชื่อเสียงหรืองานของผู้ประกอบวิชาชีพบุคคลอื่น

คณะผู้ดำเนินการ

ที่ปรึกษา

หม่อมหลวงปุณฑริก สมิติ	อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นายวิชัย คงรัตนชาติ	รองอธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นายสิงหเดช ชูอำนาจ	รองอธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นายสุภพ ปิงตา	รองอธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นางอัจฉรา แก้วกำชัยเจริญ	ผู้อำนวยการสำนักพัฒนามาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน

ผู้จัดทำ

สำนักพัฒนามาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน

สำนักพัฒนามาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน

ถนนมิตรไมตรี เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร ๑๐๔๐๐