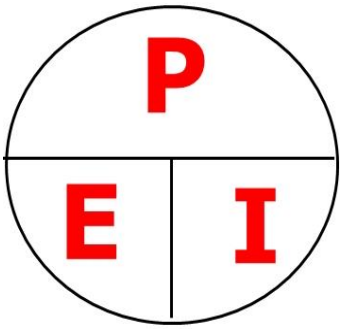
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

ไฟฟ้าเบื้องต้น ว่าด้วย กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ?



กำลังไฟฟ้า (P) มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

แรงดันไฟฟ้า (E) มีหน่วยเป็น โวลท์ (V)

กระแสไฟฟ้า (I) มีหน่วยเป็น แอมป์ (A)

ทั้ง ๓ ค่า ด้านบน จะมีความสัมพันธ์กัน โดยสามารถเขียนเป็นสูตร สมการได้ดังนี้

กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า x กระแสไฟฟ้า ==> P = E I

กระแสไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า ÷ แรงดันไฟฟ้า ==> I = P/E

แรงดันไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า ÷ กระแสไฟฟ้า ==> E = P/I

ขอยกตัวอย่างให้เข้าใจง่ายๆ ดังนี้

๑. พัดลมของบ้านเรา ใช้กำลังไฟฟ้า ๕๐ วัตต์ (w) และใช้ไฟฟ้าบ้านเราคือ ที่แรงดัน ๒๒๐ โวลท์ (v) จงหาว่าพัดลมตัวนี้กินกระแสไฟฟ้าเท่าใด?

เราต้องการรู้ค่ากระแสไฟฟ้า ก็จะได้สูตรสมการนี้

กระแสไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า ÷ แรงดันไฟฟ้า ==> I = P/E แทนค่าตามสูตร I =๕๐÷๒๒๐ = ๐.๒๒๗ แอมป์

ตอบ พัดลมกินกระแสไฟฟ้า ๐.๒๒๗ แอมป์ (A)

๒.มอเตอร์ปั๊มน้ำ ๒ แรงม้า (HorsePower : HP) ใช้ไฟฟ้า ๑เฟส ๒๒๐ v จงหาว่ามอเตอร์ปั๊มน้ำตัวนี้กินกินกระแสไฟฟ้าเท่าใด?

ก่อนอื่นต้องทราบก่อนว่า ๑ แรงม้า (HP) = ๗๔๖ วัตต์(w) [สำหรับที่มาที่ไปว่า ทำไมต้อง ๗๔๖ w มีโอกาสจะมาเล่าให้อ่านอีกที] ดังนั้น มอเตอร์นี้ใช้กำลังไฟฟ้า เท่ากับ ๗๔๖x๒ = ๑๔๙๒ w

จับมาเข้าสูตรotwfh กระแสไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า ÷ แรงดันไฟฟ้า ==> I = P/E แทนค่าตามสูตร I =๑๔๙๒÷๒๒๐ = ๖.๗๘ แอมป์ (A)

ตอบ มอเตอร์ปั๊มน้ำตัวนี้กินกระแสไฟฟ้า ๖.๗๘ แอมป์ (A)

๓. บางครั้งที่เนมเพลทมอเตอร์บอกค่าการกินกระแสไฟฟ้าเป็น ๓.๓๙ แอมป์(A) ใช้ไฟฟ้า ๒๒๐ V จงหาค่ากำลังไฟฟ้า?

เราต้องการรู้ค่ากำลังไฟฟ้า ก็จะได้สูตรสมการนี้

กำลังไฟฟ้า =แรงดันไฟฟ้า x กระแสไฟฟ้า ==> P = E I แทนค่าตามสูตร P =220x3.39 = 745.8 วัตต์ (W)

ตอบ มอเตอร์ปั๊มน้ำใช้กำลังไฟฟ้า 746 W หรือมีขนาด 1 แรงม้า (HP)

๑.มาตรฐานการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า

มารตรฐานการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า มีความสำคัญยิ่ง ทั้งนี้ เพื่อความปลอดภัย คงทนถาวร และเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้อยู่ในระบบให้ยาวนานยิ่งขึ้น การติดตั้งระบบไฟฟ้า มีมาตรฐานกำหนดที่แน่นอน และมีหลายหน่วยงาน เช่น กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหน่วยงานจากต่างประเทศที่ประเทศไทยนำมายึดถือ เช่น National Electric Code (NEC) Amarican National Standard Institute (ANSI) International Electrotechical Commission (IEC) เป็นต้น และหน่วยงานที่รับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ คือ สำนักผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่รู้จักกันในชื่อ มอก.

๒. ศัพท์เฉพาะ หรือคำจำกัดความ ด้านระบบไฟฟ้า ที่ควรรู้

๒.๑ ระบบไฟฟ้าแรงสูง คือ ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้า เกิน ๑,๐๐๐ โวลท์

๒.๒ ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ คือ ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน ๑,๐๐๐ โวลท์

๒.๓ โวลท์ (Volt.) คือ หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า

๒.๔ แอมแปร์ (Amp.) คือ หน่วยวัดกระแสไฟฟ้า

๒.๕ วัตต์ (Watt.) คือ หน่วยของกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง

๒.๖ หน่วย (Unit) คือ หน่วยของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ต่อชั่วโมง มีอุปกรณ์ที่ใช้วัด คือ กิโลวัตต์ ฮอร์มิเตอร์ (Kwh.)

๓.ระบบ ๑ เฟส หรือ ๓ เฟส คือ ระบบไฟฟ้าที่นำมาใช้ โดยแยกออกดังนี้

๓.๑ ระบบ ๑ เฟส จะมี ๒ สายในระบบ ประกอบด้วย สาย LINE (มีไฟ) ๑ เส้น และสาย Neutral (ไม่มีไฟ) ๑ เส้น มีแรงดันไฟฟ้า ๒๒๐ – ๒๓๐ โวลท์

มีความถี่ ๕๐ เฮิร์ซ (Hz)

๓.๒ ระบบ ๓ เฟส จะมี ๔ สายในระบบ ประกอบด้วย สาย LINE (มีไฟ) ๓ เส้น และสาย นิวตรอน (ไม่มีไฟ) ๑ เส้น มีแรงดันไฟฟ้าระหว่าง สาย

LINE กับ LINE ๓๘๐ – ๔๐๐ โวลท์ และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย LINE กับ Neutral ๒๒๐ – ๒๓๐ โวลท์ และมีความถี่ ๕๐ เฮิร์ซ (Hz)

เช่นเดียวกัน

๓.๓ สายดิน หรือ GROUND มีทั้ง ๒ ระบบ ติดตั้งเข้าไปในระบบเพื่อความปลอดภัยของระบบ สายดินจะต้องต่อเข้าไปกับพื้นโลก

ตามมาตรฐานกำหนด

๔. Power Factor

คือ อัตราส่วน ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง (วัตต์) กับ กำลังไฟฟ้าปรากฏ หรือกำลังไฟฟ้าเสมือน (VA) ซึ่ง ค่าที่ดีที่สุด คือ มีอัตราส่วนที่เท่ากัน จะมีค่าเป็นหนึ่ง แต่ในทางเป็นจริงไม่สามารถทำได้ ซึ่งค่า Power Factor เปลี่ยนแปลงไปตามการใช้ LOAD ซึ่ง Load ทางไฟฟ้ามีอยู่ ๓ ลักษณะ คือ

๑. **Load ประเภท Resistive** หรือ ความต้าน จะมีค่า Power Factor เป็นหนึ่ง อันได้แก่ หลอดไฟฟ้าแบบใส้ เตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าว

เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น ถ้าหน่วยงานหรือองค์กร มี Load ประเภทนี้เป็นจำนวนมาก ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงค่า Power Factor

๒. **Load ประเภท Inductive** หรือ ความเหนี่ยวนำ จะมีค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่ง อันได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ขดลวด เช่น มอเตอร์

บาลาสก์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดแกสดิสชาร์จ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าหน่วยงานหรือองค์กรส่วนใหญ่ จะหลีกเลี่ยง

Load ประเภทนี้ไม่ได้ และมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ ค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่ง และ Load ประเภทนี้จะทำให้ค่า Power Factor

ล้าหลัง (Lagging) จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงค่า Power Factor โดยการนำ Load

ประเภทให้ค่า Power Factor นำหน้า (Leading)

มาต่อเข้าในวงจรไฟฟ้าของระบบ เช่น การต่อชุด Capacitor Bank เข้าไปในชุดควบคุมไฟฟ้า

๓. **Load ประเภท Capacitive** หรือ Load ที่มีตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นองค์ประกอบ Load ประเภทนี้จะมีใช้น้อยมาก จะมีค่า Power Factor

ไม่เป็นหนึ่ง Load ประเภทนี้จะทำให้ค่า Power Factor นำหน้า (Leading) คือกระแสจะนำหน้าแรงดัน จึงนิยมนำ Load ประเภทนี้

มาปรับปรุงค่า Power Factor ของระบบที่มีค่า Power Factor ล้าหลัง เพื่อให้ค่า Power Factor มีค่าใกล้เคียงหนึ่ง

ข้อดี ของการปรับปรุง ค่า Power Factor

- กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าลดลง
- หม้อแปลง และสายเมนไฟฟ้า สามารถรับ Load เพิ่มได้มากขึ้น
- ลดกำลังงานสูญเสียในสายไฟฟ้าลง
- ลดแรงดันไฟฟ้าตก
- เพิ่มประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าทั้งระบบ

๕. ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เป็นผู้ผลิตไฟฟ้าให้การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไปจำหน่าย การไฟฟ้านครหลวง จะจำหน่ายไฟฟ้าให้ กทม.และปริมณฑล ส่วนการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะจำหน่ายไฟฟ้าให้กับต่างจังหวัดของทุกภาคในประเทศ

ระบบไฟฟ้าในภาคใต้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตจะผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้า แล้วแปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงถึง ๒๓๐ กิโลโวลท์ (KV.) แล้วส่งไปตามเมืองต่างๆ เข้าที่สถานีไฟฟ้าย่อย ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สถานีไฟฟ้าย่อยจะปรับลดแรงดันไฟฟ้าเหลือ ๓๓ กิโลโวลท์ แล้วจ่ายเข้าในตัวเมือง และผู้ใช้ไฟฟ้าต้องติดตั้งหม้อแปลง เพื่อลดแรงดันไฟฟ้าให้เป็นแรงต่ำ เพื่อนำมาใช้งานต่อไป

กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้ามีด้วยกัน ๓ อย่างคือ

- กำลังไฟฟ้าจริง มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)
- กำลังไฟฟ้าแฝง มีหน่วยเป็น วาร์ (VAR)
- กำลังไฟฟ้าปรากฏ มีหน่วยเป็น โวลท์แอมป์ (VA)

๖. หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น หรือต่ำลง เพื่อให้เหมาะสมกับงานที่จะใช้ งานบางอย่างต้องการใช้แรงดันสูง เช่น การส่งพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ามายังสถานีย่อย ต้องใช้หม้อแปลงแรงไฟฟ้าแรงสูง แต่ การใช้ในบ้านเรือน หรือโรงงานต้องใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำ ซึ่งหม้อแปลงมีหลายชนิด หลายขนาด เลือกใช้ตามความเหมาะสมของงาน

๗. ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

- MDB. (Main distribution board) เป็นตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก มี Main Circuit Breaker เพื่อตัดต่อวงจรไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร
- SDB. (Sub distribution board) เป็นตู้ควบคุมย่อย จ่ายกระแสไฟฟ้าไปตามตู้ PB. หรือ Load Center หลายๆ ตู้ ขึ้นอยู่กับขนาดของอาคาร
- PB (Panel board) หรือ Load Center เป็นแผง Circuit breaker ที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ มีหลายขนาด

ขึ้นอยู่กับจำนวนของ Load

๘. การต่อลงดิน

การต่อลงดิน คือการใช้ตัวนำทางไฟฟ้า ต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า หรือ บริภัณฑ์ไฟฟ้า ต่อเข้ากับพื้นโลกอย่างมั่นคง ถาวร การต่อลงดินมี
วัตถุประสงค์ เพื่อลดอันตรายที่อาจจะเกิดกับบุคคล และลดความเสียหายที่อาจจะเกิดกับเครื่องใช้ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า

หน้าที่หลักของสายดิน มีอยู่ ๒ ประการ คือ

๑. เมื่อเกิดแรงดันเกิน จะจำกัดแรงดันไฟฟ้าของวงจร ไม่ให้สูงจนอาจทำให้เครื่องใช้ ไฟฟ้าเสียหาย และลดแรงดันไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นที่เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ ส่วนประกอบ เนื่องจากการรั่ว

หรือการเหนี่ยวนำ เพื่อลดอันตรายจากบุคคลที่ไปสัมผัส

๒. เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน จะช่วยลดความเสียหายของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือระบบไฟฟ้า การต่อลงดินที่ถูกต้องจะช่วยให้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ป้องกันทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

ชนิดของการต่อลงดิน มีอยู่ด้วยกัน ๓ แบบ คือ

๑. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding)
๒. การต่อลงดินของเครื่องอุปกรณไฟฟ้า (Equipment Grounding)
๓. การต่อลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Grounding)

๙. ระบบป้องกันฟ้าผ่า

เป็นระบบที่ต้องมีในระบบไฟฟ้า โดยมาตรฐานการติดตั้งเป็นตัวบังคับ ประเทศไทยใช้มาตรฐานของ IEC เป็นหลัก ระบบป้องกันฟ้าผ่าจะประกอบด้วย ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร และระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในอาคาร ระบบป้องกันฟ้าผ่า มีวัตถุประสงค์ เพื่อ ป้องกันความเสียหายต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า และบริภัณฑ์ต่างๆ อันเนื่องมาจากฟ้าผ่า

๑๐. อุปกรณ์ตัดตอน หรืออุปกรณ์ปลดวงจร

อุปกรณ์ตัดตอน หรือ อุปกรณ์ปลดวงจร มีหน้าที่ ตัดตอนวงจรไฟฟ้าออกยามไม่ต้องการให้มีกระไฟฟ้าไหลในระบบ เช่น การซ่อมแซม และเพื่อ ป้องกันอันตรายต่อ ระบบ อันเนื่องมาจาก การใช้กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด หรือ เกิดการลัดวงจร อุปกรณ์ตัดตอน ที่ใช้กันส่วนใหญ่ในปัจจุบัน คือ ฟิวส์ และเซอร์กิต เบรกเกอร์ (CB.) แต่การใช้งานและ การออกแบบติดตั้ง ต้องใช้ขนาดและรูปแบบที่เหมาะสมกับงาน มิฉะนั้นอุปกรณ์ดังกล่าวจะไม่ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ เช่น การเลือกขนาด CB สูงเกินไป เมื่อเกิดปัญหาหรือกระแสไหลเกินพิกัดของสาย จะทำให้ อุปกรณ์ จะไม่ตัดวงจร และเกิดความเสียหายเกิดขึ้นตามมา เช่น สายไหม้ หรือ อันตรายต่อหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

อันตรายจากไฟฟ้า

การใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าต้องใช้อย่างระมัดระวัง ต้องเรียนรู้วิธีการใช้ การป้องกัน การเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีคุณภาพและใช้อย่างถูกวิธีเป็นการช่วยลดอันตรายจากไฟฟ้า บุคคลทั่วไป หรือผู้ประกอบอาชีพ ก็อาจเกิดอันตรายได้เช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นผู้ทำงานก่อสร้าง การติดตั้งเสาอากาศโทรทัศน์และการใช้ยานพาหนะเป็นต้น

ทำความรู้จักกับไฟฟ้าสักเล็กน้อยเราใช้ไฟฟ้าทั้งๆ ที่ไม่เคยเห็นไฟฟ้า จะเคยก็เพียงแต่เห็นผลที่เกิดจากการทำงานของไฟฟ้า ไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน โดยไหลผ่านสิ่งที่เรียกว่า"ตัวนำไฟฟ้า" เช่นสายไฟฟ้าเป็นต้น หลักการที่สำคัญคือต้องมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดไหลไปตามสายไฟฟ้าอาจผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือไม่ก็ได้และต้องกลับมาที่แหล่งกำเนิดเดิมอีกครั้งเรียกว่า"ครบวงจร" จึงอาจกล่าวอย่างง่ายๆ ได้ว่าไฟฟ้าจะไหลครบวงจรได้ทั้งกรณีไฟฟ้าดูดและกรณีไฟฟ้าช็อตทั้ง ๒ กรณี เกิดขึ้นได้เพราะไฟฟ้าไหลครบวงจรนั่นเอง แบตเตอรี่รถยนต์จะมีขั้วให้ต่อสายไฟฟ้าอยู่สองขั้วไฟฟ้าจะไหลจากขั้วหนึ่งไปตามสายไฟฟ้า โดยไหลผ่านอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้าและกลับมาครบวงจรที่อีกขั้วหนึ่งของแบต เตอรี่ เราสามารถหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าได้ โดยการทำให้วงจรไฟฟ้าขาด เช่นการใส่สวิตช์ เพื่อเปิดปิดวงจร หรือโดยการใส่ฉนวนไฟฟ้าที่มีค่าความต้านทานสูง เพื่อหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้า จากหลักการนี้จะนำไปสู่แนวทางการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าได้

อันตรายจากไฟฟ้าเกิดได้อย่างไร

ไฟฟ้าก่อให้เกิดอันตรายได้ทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน อันตรายจากไฟฟ้าเกิดได้ ๒ สาเหตุคือ ไฟฟ้าช็อตและไฟฟ้าดูด ทั้งสองอย่างนี้มีสาเหตุของการเกิดที่ต่างกันและอันตรายที่ได้รับก็ต่างกันด้วย

๑. ไฟฟ้าช็อต (Short Circuit) หรือเรียก ไฟฟ้าลัดวงจร คือ กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร โดยไม่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า (Load)

สาเหตุของไฟฟ้าลัดวงจรมีหลายสาเหตุ พอสรุปสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้คือ

– ฉนวนไฟฟ้าชำรุด หรือเสื่อมสภาพ

– เกิดแรงดันเกินในสายไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจึงสามารถทะลุผ่านฉนวนได้ (เนื่องจากฉนวนไฟฟ้ามีความสามารถในการทนแรงดันไฟฟ้าได้ไม่เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน)

– ตัวนำไฟฟ้าในวงจรเดียวกัน แต่ต่างเฟสกัน (คนละเส้น) สัมผัสกัน กรณีนี้มักเกิดในระบบไฟฟ้าแรงสูงที่สายไฟฟ้า หรือตัวนำใช้เป็นสายเปลือย

– มีสิ่งก่อสร้าง ต้นไม้ หรืออื่นๆ ไปสัมผัสสายไฟฟ้า

– สายไฟฟ้าขาดลงพื้นไฟฟ้าลัดวงจรเกิดได้ทั้งในระบบไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำ ลักษณะของการเกิดและความเสียหายก็จะแตกต่างกัน

ไฟฟ้าลัดวงจรเกิดได้ ๒ ลักษณะ คือ

๑) กระแสไฟฟ้าไหลระหว่างสายไฟ สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากฉนวนของสายไฟฟ้าชำรุด หรือจากการสัมผัสกันโดยบังเอิญ ผลจากไฟฟ้าลัดวงจรจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลมากและทำให้มีความร้อนสูง นอกจากนี้ยังมีประกายไฟอีกด้วย

๒) กระแสไฟฟ้าไหลลงดิน หรือเรียก ไฟฟ้าลัดวงจรลงดิน อาจเกิดจากการที่สายไฟฟ้าขาด หรือหลุดที่จุดต่อแล้วไปสัมผัสกับดิน หรือสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะ ซึ่งต่ออยู่กับดิน ฉนวนชำรุด หรือเกิดจากที่มีตัวนำเปลือย เช่นบัสบาร์วางอยู่บนฉนวนรอบรับบัสบาร์และฉนวนเกิดชำรุด หรือสกปรก ลักษณะเช่นนี้จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลลงดิน

การที่กระแสไฟฟ้าไหลลงดินนี้ ถ้าจุดที่สายสัมผัสกับดิน มีความต้านทานต่ำก็จะทำให้มีกระแสไฟฟ้ามาก วงจรป้องกันกระแสเกินที่สายเส้นนี้ต่ออยู่ก็จะตัดวงจร หรือถ้าเป็นฟิวส์ก็จะขาด ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ไหล หากสายที่ขาด หรือหลุดสัมผัสส่วนที่มีความต้านทานสูง กระแสไฟฟ้าก็จะไหลได้น้อยและถ้าน้อยกว่าขนาดของวงจรป้องกันกระแสเกิน (หรือต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ของ Ground Fault Relay สำหรับระบบแรงสูง) กรณีนี้วงจรป้องกันกระแสเกินจะไม่ตัดวงจร ถ้าเป็นฟิวส์ก็จะไม่ขาด ถ้าวงจรป้องกันกระแสเกินไม่ตัดวงจรก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ตลอดเวลาจะเป็นผลให้สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า และที่จุดนี้อาจมีประกายไฟอันเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้ามีวัสดุติดไฟอยู่ใกล้ๆไฟฟ้าไหลลงดินในลักษณะนี้ สามารถป้องกันความเสียหายได้ด้วยวงจรป้องกันกระแสรั่วลงดิน (Ground Fault Circuit Breaker) ซึ่งปัจจุบันยังไม่ค่อยนิยมใช้มากนักแต่สำหรับเมนสวิตซ์ขนาดใหญ่ๆที่มีการใช้ไฟจำนวนมาก การติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดินมีความจำเป็นมากเนื่องจากจะมีความ เสียหายสูง

แนวทางป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรสำหรับไฟฟ้าภายในอาคาร

– เลือกใช้ชนิดอุปกรณ์ป้องกันและขนาดที่เหมาะสม (เป็นฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์) เมื่อฟิวส์ขาดไม่ควรเปลี่ยนขนาดใหญ่ขึ้น หากขาดอีกต้องปรึกษาช่างที่มีความรู้เพื่อทำการแก้ไข

– ตรวจสอบสายไฟฟ้า อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นประจำ เมื่อพบว่าชำรุดควรรีบซ่อมแซม โดย เฉพาะสายไฟฟ้าฉนวนชำรุด

– ดูแลรักษาและทำความสะอาดเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นประจำ เช่นในแผงสวิตซ์ หรือแผงไฟต่างๆ เพราะอาจมีสัตว์เข้าไปทำรังมีฝุ่นละอองเกาะ

– เลือกใช้อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีคุณภาพ อาจดูได้จากเครื่องหมายรับรองคุณภาพของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

– ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างถูกวิธีตามที่ผู้ผลิตแนะนำ

๒. ไฟฟ้าดูด (Electric Shock) การที่กระแสไฟฟ้าไหลจากแหล่งกำเนิดผ่านตัวคนและกลับไปแหล่งกำเนินโดยผ่านทางดิน ไฟฟ้าดูดมีสาเหตุมาจากการที่ร่างกายไปสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า การที่ไฟฟ้าจะดูดได้นั้น ไฟฟ้าต้องไหลครบวงจร คือต้องมีจุดที่กระแสไฟฟ้าไหลออกจากร่างกาย นั่นหมายความว่าร่างกายจะต้องสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าสองจุดพร้อมกันและทั้งสองจุดนั้นจะต้องมีแรงดันไฟฟ้าต่างกันด้วย ตัวอย่างของการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า หรือช่างไฟฟ้าทำงานโดยยืนอยู่บนฉนวนไฟฟ้าทำงาน ซึ่งอาจเป็นพื้นยาง หรือสวมใส่รองเท้ายาง เป็นต้น ปกติพื้นดินคือส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์ ดังนั้นเมื่อเราสัมผัสส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าขณะที่ร่างกายยืนอยู่บนพื้นดิน กระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านร่างกายลงดินกลับไปครบวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟ หรือแหล่งกำเนิดเราจึงถูกไฟดูด

การถูกไฟฟ้าดูดจากการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า สามารถแยกตามลักษณะของการสัมผัสได้ ๒ แบบ คือ

๑) การสัมผัสโดยตรง (Direct Contact) คือการที่ส่วนของร่างกายสัมผัสถูกส่วนที่มีไฟฟ้าโดยตรง เช่นสายไฟฟ้ารั่วเพราะฉนวนชำรุดแล้วมีบุคคลเอามือไปจับ หรือจากการที่เด็กเอาโลหะเล็กๆ เช่นตะปูแหย่เข้าในรูเต้ารับไฟฟ้า เป็นต้น ลักษณะนี้โดยตรงก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงดิน

๒) การสัมผัสโดยอ้อม (Indirect Contact) ลักษณะนี้บุคคลไม่ได้สัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าโดยตรง แต่เกิดจากการที่บุคคลสัมผัสกับส่วนที่ปกติไม่มีไฟฟ้า เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า แต่มีไฟฟ้าเนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้ารั่ว จึงมีไฟฟ้ามารออยู่ที่โครงโลหะของเครื่องไฟฟ้า เมื่อบุคคลไปสัมผัสจึงมีกระแสไฟฟ้า

ไหลผ่าน เช่นเดียวกับการไปสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า การสัมผัสโดยอ้อมมีอันตรายสูงและน่ากลัวเนื่องจากส่วนที่สัมผัสโดยปกติแล้วจะไม่มีไฟฟ้า ผู้สัมผัสจึงขาดความระมัดระวัง

ปัจจัยของความรุนแรงจากไฟฟ้าดูด

๑. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านถ้าปริมาณกระแสที่ไหลผ่านร่างกายสูงอันตรายก็จะสูงตามไปด้วย ไฟฟ้าแรงสูงจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมีปริมาณสูง อันตรายจึงสูงกว่าไฟฟ้าแรงต่ำ

๒. ระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายเป็นเวลานาน อันตรายก็จะสูงตามไปด้วย

๓. เส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย เนื่องจากไฟฟ้ามีผลต่อการทำงานของร่างกายโดยตรง ดังนั้นอันตรายจากกระแสไฟฟ้าจะสูง ถ้าเส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านหัวใจ

ไฟฟ้าดูดป้องกันได้

– หลักพื้นฐานของการป้องกันอันตรายจากไฟดูด คือการไม่สัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า สำหรับผู้ที่มีความรู้เรื่องไฟฟ้าก็จะต้องมีวิธีการและใช้อุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่อเรามีความจำเป็นต้องสัมผัสเครื่องใช้ไฟฟ้าจะต้องมีวิธีการป้องกันไม่ให้ไปสัมผัส ขณะที่เปลือกของเครื่องใช้ไฟฟ้ามีไฟอยู่ การป้องกันที่ดีคือการมีระบบสายดิน หรือเรียกว่า การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าลงดิน แต่ที่สำคัญคือการต่อลงดินต้องทำอย่างถูกต้องโดยผู้ที่มีความรู้จริงเท่านั้น จึงจะได้ผล เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการต่อลงดินไว้แล้ว เมื่อเกิดไฟรั่วเครื่องป้องกันกระแสเกิน (ฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์) จะทำงานตัดเครื่องใช้ไฟฟ้าออกจากวงจร ที่โครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้าก็จะไม่มีไฟ ต้องทำการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ดีเสียก่อน จึงจะนำกลับมาใช้งานใหม่ได้

– การใช้เครื่องตัดไฟรั่ว จะสามารถป้องกันอันตรายจากไฟดูดได้เช่นกัน แต่ใตการใช้งานจะต้องมั่นใจว่า เครื่องตัดไฟรั่วทำงานเป็นปกติตามที่ได้ออกแบบไว้เนื่องจากเครื่องตัดไฟรั่วเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่นกันอาจชำรุดได้ ในการใช้งานจึงต้องมีการทดสอบเป็นประจำตามที่ผู้ผลิตแนะนำ เครื่องตัดไฟรั่วจึงใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันเสริมเท่านั้น ในการใช้งานจำเป็นต้องมีระบบสายดินด้วย จึงจะมั่นใจได้ว่า

ปลอดภัยและถ้าจะให้การป้องกันสมบูรณ์ยิ่งขึ้นก็คือการใช้งานร่วมกันทั้งระบบสายดินและเครื่องตัดไฟรั่ว

– ไฟฟ้าแรงสูงเมื่อเข้าใกล้ก็อาจเกิดอันตรายได้ โดยยังไม่ต้องสัมผัสผู้ที่ทำงานกับไฟฟ้าแรงสูงจึงต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ถึงอันตราย การป้องกันและเลือกใช้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ไม่ได้ปฏิบัติงานไฟฟ้าโดยตรง แต่เกี่ยวข้องเนื่องจากจุดที่ปฏิบัติงานอยู่ใกล้สายไฟฟ้า ต้องทราบถึงอันตรายแนวทางป้องกันและอยู่ห่างในระยะที่ปลอดภัยด้วยเช่นกัน อันตรายจากการปฏิบัติงานใกล้สายไฟแรงสูง การปฏิบัติงานใกล้สายไฟแรงสูงอาจมีอันตรายทั้งต่อผู้ปฏิบัติงานเองและต่อระบบการจ่ายไฟฟ้า รวมทั้งประชาชนอาจเดือดร้อนเนื่องจากไฟฟ้าดับ สาเหตุส่วนใหญ่สามารถป้องกันได้ถ้าผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องให้ความสนใจ

อันตรายจากกระแสไฟฟ้าที่มีต่อชีวิตและร่างกาย

๑. ไฟฟ้าดูด (Electrical Shock) เป็นลักษณะของกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงสู่ดิน และเป็นอันตรายที่มนุษย์ได้รับจากไฟฟ้ามากที่สุด ประมาณ ๘๕% ของผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้าทั้งหมด

๒. ร่างกายเป็นส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้า เป็นลักษณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายแต่ไม่ผ่านลงดิน ทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

๓. อันตรายจากแสงจ้า เสียงดัง หรือประการไฟ จากการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit)

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความรุนแรงของการประสบอันตรายจากไฟฟ้า

เมื่อมนุษย์ถูกไฟฟ้าดูด อันตรายหรืออาการบาดเจ็บที่ได้รับขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ๖ ประการ ดังต่อไปนี้

๑. ความต้านทานของร่างกายต่อกระแสไฟฟ้า ค่าความต้านทานภายในร่างกายมนุษย์คิด

เป็นร้อยละของค่าความต้านทานระหว่างมือถึงมือ กล่าวคือ ผิวหนังแห้งจะมีความต้านทานประมาณ ๑๐๐,๐๐๐ – ๖๐๐,๐๐๐ โอห์ม แต่ถ้าผิวหนังเปียก ความต้านทานจะลดลงเหลือเพียง ๑,๐๐๐ โอห์ม ดังนั้น เมื่อถูกกระแสไฟฟ้าดูด เนื้อเยื่อ กระดูก และระบบประสาท ทั้งหมด

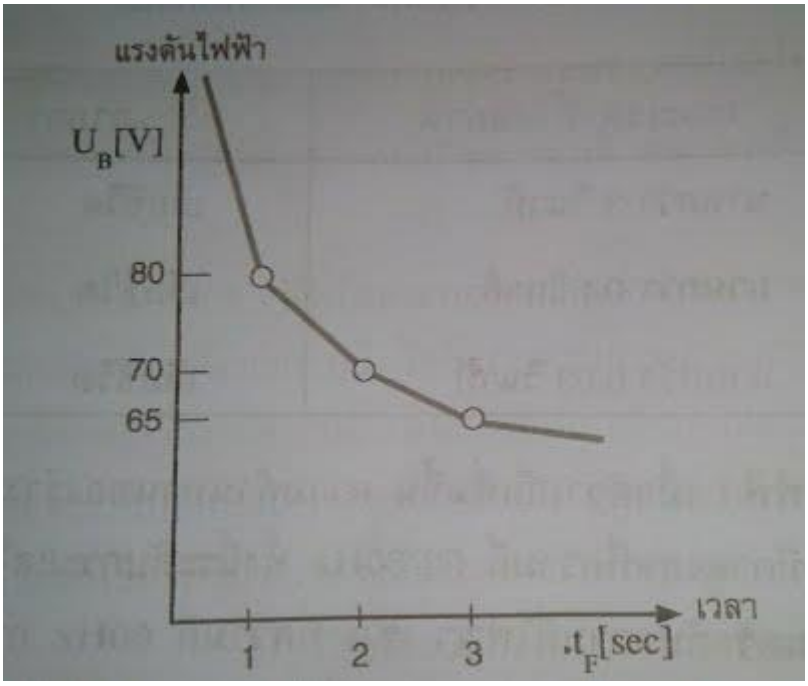
จะเกิดการนำไฟฟ้า ทำให้ความต้านทานของผิวหนังลดลง และกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้

๒.แรงดันไฟฟ้า อันตรายจากกระแสไฟฟ้าจะรุนแรงขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ดังตารางที่ ๑.๑

ตารางที่ ๑.๑ อันตรายจากกระแสไฟฟ้าจากการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า (V)	**อาการ**
๒๐– ๖๐	ช็อค ไม่สามารถสะบัดมือให้หลุดได้
๔๐– ๑๐๐	หยุดหายใจ
๘๐ – ๑๐๐	กล้ามเนื้อหัวใจกระตุก หรือเต้นถี่รัว
> ๒๔๐	ผิวหนังฉีกขาด
> ๖๐๐	ผิวหนังไหม้

ตารางที่ ๑.๑ มาตรฐานของประเทศสวิสเซอร์แลนด์ กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าสัมผัสที่ไม่เป็นอันตรายไม่เกิน ๕๐ โวลท์ แต่มาตรฐาน VDE ๐๔๑ กำหนดขนาดแรงดันไฟฟ้าสัมผัสที่ยอมรับได้ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่สัมผัส ที่แรงดันไม่เกิด ๖๕ โวลท์ ร่างกายมนุษย์จะสามารถต้านทานได้ชั่วขณะ ๘ดังกราฟ รูปที่ ๑.๑



รูปที่ ๑.๑ กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าที่ยอมรับได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลา

ที่กระแสไหลผ่านร่างกาย (มาตรฐาน VDE)

ตารางที่ ๑.๒ แสดงอาการที่ได้รับจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกาย

ปริมาณ กระแสไฟฟ้า (mA)	**อาการ**
ต่ำกว่า ๐.๕	ยังไม่มีผลหรือยังไม่รู้สึก
๐.๕ – ๒	รู้สึกว่าถูกไฟดูด
๒ – ๘	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท กล้ามเนื้อหดตัว เกิดอาการกระตุก
๘ – ๒๐	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท กล้ามเนื้อ เกร็ง หดตัวอย่างรุนแรง บางคนไม่ สามารถปล่อยมือให้หลุดได้
๒๐ – ๒๕	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท กล้ามเนื้อหดตัวอย่างรุนแรง ไม่สามารถปล่อยมือให้หลุดออกได้ ปอดทำงานผิดปกติมีโอกาสเสียชีวิตในเวลา ๒ – ๓ นาที

สูงกว่า ๑๐๐	หัวใจหยุดเต้น ผิวหนังไหม้ กล้ามเนื้อไม่ทำงาน

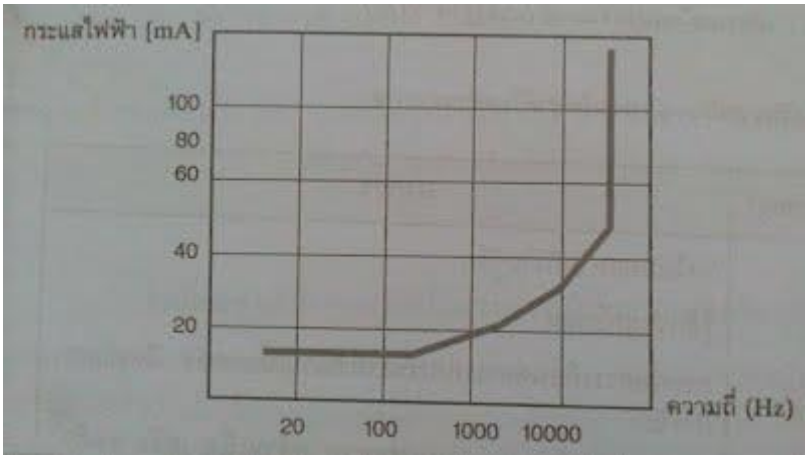
๓. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกาย รายละเอียดดังตารางที่ ๑.๒

๔. ระยะเวลาที่สัมผัสหรือระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หากร่างกายสัมผัสกับวงจรไฟฟ้าเป็นเวลานาน
อันตรายที่ได้รับก็จะมีมากขึ้นและรุนแรง ดังตารางที่ ๑.๓

ตารางที่ ๑.๓ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้า ระยะเวลา และอาการที่ได้รับ

ปริมาณกระแสไฟฟ้า	ระยะเวลาที่ไหลผ่าน	อาการ
๑๐๐ mA	นานกว่า ๓ วินาที	เสียชีวิต
๕๐๐ mA	นานกว่า ๐.๑ วินาที	เสียชีวิต
๑,๐๐๐ mA	นานกว่า ๐.๐๓ วินาที	เสียชีวิต

๕. ความถี่ของระบบไฟฟ้า เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ความต้านทานของร่างกายจะลดลงโดยความต้านทานของร่างกายจะมีค่าสูงสุดที่ความถี่ ๕๐/๖๐ Hz ทั้งนี้ระดับกระแสไฟฟ้าที่ทำให้กล้ามเนื้อควบคุมไม่ได้ จะแปรผันตรงกับความถี่ไฟฟ้า เช่น ที่ความถี่ ๖๐ Hz กระแสไฟฟ้าที่มากกว่า ๑๐ mA จะทำให้กล้ามเนื้อควบคุมไม่ได้ รูปที่ ๑.๒



รูปที่ ๑.๒ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับกระแสไฟฟ้าที่

ทำให้กล้ามเนื้อควบคุมไม่ได้กับความถี่ของระบบไฟฟ้า

๖. ส่วนของร่างกายที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านศีรษะ หัวใจและทรวงอก จะก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้มมากกว่าไหลผ่านส่วนอื่นๆ ของร่างกาย

ผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกาย

๑. กล้ามเนื้อกระตุกหรือหดตัว (Muscular Freezing) ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมือและไหลออกลงสู่ดินทางมืออีกข้างหรือทางเท้า กล้ามเนื้อทรวงอกจะหดตัวมากที่สุด ปอดทำงานไม่ปกติ ทำให้หายใจติดขัด และขาดอากาศในการหายใจ

๒. ระบบประสารทชะงักงัน (Nerve Block) ถ้ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกาย มีปริมาณตั้งแต่ ๑๐ – ๑๕ mA จะทำให้ระบบประสาทชะงักงันไปชั่วขณะ มีการกระตุกอย่างแรง การทำงานของหัวใจเป็นอัมพาตชั่วคราว

๓. หัวใจเกิดอาการเต้นเร็ว ถี่รัว หรือเต้นกระตุก (Veuticular Fibrillation) เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมีปริมาณมากกว่า ๕๐ mA ขึ้นไป การเต้นของหัวใจผิดปกติ การสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงสมองไม่เพียงพอ ต่อมาหัวใจก็จะหยุดเต้นและเสียชีวิต

๔. หัวใจหยุดทำงานทันที (Cardiac Arrest) เกิดจากกระแสไฟฟ้าปริมาณมากไหลผ่านหัวใจ เช่น กระแสไฟฟ้าปริมาณ ๒๕๐ mA ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจหดตัวอย่างแรง และหัวใจหยุดเต้นทันที

๕. ทำให้เกิดแผลไหม้ส่วนต่างๆ ของร่างกาย กระแสไฟฟ้าที่วิ่งผ่านเข้าไปในร่างกายทำให้เกิดแผลไหม้บริเวณกระแสไฟฟ้าเข้าและกระแสไฟฟ้าออก ถ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะมีอันตรายน้อยกว่าไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) ถึง ๓ เท่า ทั้งๆ ที่ความเข้มของไฟฟ้าเท่ากัน

๖. เนื้อเยื่อและเซลล์ต่างๆ ของร่างกายถูกทำลาย เช่น เยื่อบุหลอดเลือดถูกทำลายก้อนเลือดจับตัวกัน เลนส์ตาขุ่นมัวทำให้เป็นต้อกระจก เป็นต้น

การป้องกันอันตรายที่เกิดจากงานไฟฟ้า

เอกสารจากกลุ่ม ไฟฟ้าเพื่อนกัน แจกฟรี เพื่อว่าที่ “นายช่างไฟฟ้า” ท้องถิ่น

การดำเนินชีวิตของคนเราจะต้องเกี่ยวข้องกับไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา ทั้งในและนอกอาคารเพื่อความปลอดภัยต่อตนเองและ

ผู้อื่น จึงควรเอาใจใส่ดูแลอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีอยู่เสมอ สิ่งที่

ควรดูและระมัดระวังมีหลายลักษณะด้วยกันคือ

๑. อย่าเข้าใกล้หรือแตะสายไฟฟ้าที่ห้อยลงมาหรือตกอยู่กับพื้น เพราะอาจมีกระแสไฟฟ้าอยู่ ควรแจ้งการไฟฟ้าใกล้บ้านโดยเร็ว

๒. การก่อสร้างใกล้แนวสายไฟฟ้า ควรติดต่อการไฟฟ้า เพื่อดำเนินการนำฉนวนมาครอบสายไฟฟ้าแรงสูงเพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูด

๓. พบกิ่งไม้ใกล้แนวสายไฟฟ้าแรงสูง ไม่ควรตัดเอง เพราะอาจถูกกระแสไฟฟ้าดูดได้ ควรแจ้งการไฟฟ้าใกล้บ้านทำการตัดออก

๔. ไม่ควรยิงนกที่เกาะสายไฟฟ้า หรือใช้ไฟฟ้าจับปลา เพราะอาจได้รับอันตรายจากไฟฟ้าดูด

๕. ติดตั้งเสาอากาศโทรทัศน์ ต้องห่างสายไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๓ เมตร หรือระยะเสาล้มต้องไม่โดนสายไฟฟ้า

๖. เมื่อไม่มีความรู้ทางไฟฟ้าอย่าแก้ไขอุปกรณ์ไฟฟ้าเอง หากเครื่องใช้ไฟฟ้าชำรุดหรือพบสิ่งผิดปกติเกี่ยวกับไฟฟ้าให้แจ้งช่างมาแก้ไข

๗. ควรติดตั้งเต้ารับในระดับสูงพอเหมาะ เพ่อป้องกันน้ำท่วมถึงและเด็กเล็กอาจใช้นิ้วหรือวัสดุตัวนำ (กุญแจ) แหย่เต้ารับเล่น ซึ่งทำให้ถูกกระแสไฟฟ้าดูดได้

๘. เครื่องใช้ไฟฟ้าชำรุด ควรติดป้ายห้ามใช้ เพื่อรอนำส่งช่างซ่อมไฟฟ้าต่อไป

๙. การถอดปลั๊กไฟฟ้า ควรจับดึงที่ตัวปลั๊ก อย่าดึงสายปลั๊กเพราะอาจทำให้สายไฟขาด เกิดอันตรายได้

๑๐. ไม่ควรนำอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิดมาใช้กับเต้ารับเพียงอันเดียว เพราะอาจทำให้เกิดไฟลุกไหม้ได้

๑๑. การตรวจสอบกระแสไฟฟ้าห้ามใช้มือสัมผัสโดยตรงควรกระทำโดยช่างผู้ชำนาญและใช้ไขควงทดสอบไฟฟ้า

ตรวจสอบระบบไฟฟ้าดังกล่าว

๑๒. สว่านไฟฟ้า กบไฟฟ้า เลื่อยไฟฟ้า ก่อนใช้ควรตรวจเช็คสภาพก่อนเสมอ เพราะเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ถ้าใช้งานมามากอาจมีการชำรุดเกิดขึ้นได้ง่าย และถ้าเป็นสว่านชนิดมีสายดิน ควรต่อสายดินให้เรียบร้อยก่อนใช้งาน

๑๓. เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทให้ความร้อน เช่น กาต้มน้ำ เตารีด กระทะไฟฟ้า หม้อหุงข้าว เตาไฟฟ้า เมื่อใช้เสร็จควรถอดเต้าเสียบ

ออกทันที เพื่อป้องกันอัคคีภัย

๑๔. การปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้าทุกครั้ง ต้องสวมถุงมือยาง หรือถุงมือหนัง เพื่อป้องกันไฟฟ้าดูด

๑๕. ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอไลติก ที่มีค่าความจุสูง สามารถทำอันตรายแก่ผู้สัมผัสได้ถึงแม้ว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าจะปิดใช้งานไปแล้วก็ตาม ดังนั้น ตัวเก็บประจุจึงควรคายประจุให้หมดด้วยการลัดวงจรด้วยตัวนำที่หุ้มฉนวนระหว่างขั้วทั้งสองของตัวเก็บประจุจะทำให้ประจุไฟฟ้าหมดไป

๑๖. หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานในบริเวณที่มีความเข้มของคลื่นไมโครเวฟ หรืออุปกรณ์กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ

๑๗. หลอดไฟฟ้าที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งาน ต้องนำไปทิ้งด้วยความระมัดระวัง ถ้าหากหลอดแตกจะทำให้เกิดการระเบิด เนื่องจากความกดอากาศภายในหลอดกับความกดอากาศภายนอกมีค่าต่างกัน ผลจากการระเบิดอาจทำให้ผู้ที่อยู่ใกล้เคียงได้รับอันตราย

๑๘. ขณะบัดกรี ไม่ควรสะบัดปลายหัวแร้ง อาจทำให้ตะกั่วบัดกรีกระเด็นไปถูกผู้ร่วมงานอาจก่อให้เกิดอันตรายได้

๑๙. ไม่ควรสัมผัสน้ำยากัดพรินต์ (Print) โดยตรง เพื่อป้องกันอันตรายต่อผิวหนัง

๒๐. ควรตัดกระแสไฟฟ้าออกทุกครั้ง ก่อนที่จะทำการตรวจซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า

การช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากกระแสไฟฟ้า

การช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากไฟฟ้าดูดต้องปฏิบัติโดยทันที เพื่อให้ผู้บาดเจ็บหลุดจากกระแสไฟฟ้าเร็วที่สุด โดย

ปฏิบัติดังนี้

๑. ปิดสวิตซ์ไฟฟ้าหรือตัดกระแสไฟฟ้า

๒. ถ้าหาทางปิดสวิตซ์หรือตัดกระแสไฟฟ้าไม่ได้ ให้สวมถุงมือยาง แล้วยืนบนพื้นที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า จากนั้นให้ดึงผู้บากเจ็บออกมา

๓. หากหาถุงมือยางไม่ได้ ให้ใช้ไม้เขี่ยสายไฟออก หรือใช้ผ้าหรือเชือกคล้องตัวผู้ป่วยดึงกระตุกออกมา ดังรูปที่ ๑.๓

๔. ห้ามสัมผัสตัวผู้บาดเจ็บโดยตรงอย่างเด็ดขาด เพราะจะทำให้ผู้ช่วยเหลือถูกไฟฟ้าดูดด้วย

๕. เมื่อนำผู้บาดเจ็บออกจากกระแสไฟฟ้าได้แล้ว ให้รีบทำการปฐมพยาบาล และนำส่งโรงพยาบาลโดยเร็ว

รูปที่ ๑.๓ การช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากกระแสไฟฟ้า

โดยใช้เชือกคล้องดึงกระตุกออก

การปฐมพยาบาลผู้บาดเจ็บจากกระแสไฟฟ้า

เมื่อช่วยเหลือผู้บาดเจ็บออกจากกระแสไฟฟ้าได้แล้ว เพื่อช่วยชีวิตผู้บาดเจ็บ การปฐมพยาบาลก่อนนำส่งโรง

พยาบาล จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นที่สุด ซึ่งการปฐมพยาบาลผู้บาดเจ็บจากกระแสไฟฟ้า มีข้อสังเกตและหลักปฏิบัติ ดังนี้

๑. กรณีผู้บาดเจ็บหมดสติ

๑.๑ พยายามหงายศีรษะผู้บาดเจ็บไปข้างหลังเท่าที่จะหงายได้ เพื่อเปิดทางอากาศเข้าสู่ปอดได้สะดวก

๑.๒ ใช้ผ้าหนาๆ ม้วนแล้วสอดเข้าใต้ช่วงไหล่ เพื่อหนุนหงายศีรษะไว้

๑.๓ ล้วงสิ่งที่อาจค้างอยู่ในปากซึ่งจะขัดขว้างทางลม เช่น หมากฝรั่ง ของขบเคี้ยว ฟันปลอม โดยอาจใช้ผ้าพันนิ้วมือก่อน เพราะหากผู้ป่วยไม่หมดสติเสียทีเดียว อาจงับนิ้วมือได้ ดังรูปที่ ๑.๔

รูปที่ ๑.๔ แสดงการล้วงสิ่งที่ขวางทางเดินลมหายใจออกมาจากช่องปาก

๒. กรณีผู้บาดเจ็บไม่หายใจ

หากพบว่าผู้บาดเจ็บไม่หายใจต้องช่วยหายใจ หรือเรียกว่า **การผายปอด** เพื่อให้ปอดได้รับออกซิเจนเพียงพอ และป้องกันไม่ให้เกิดความพิการแก่สมองและอวัยวะอื่นๆ ซึ่งอาจใช้วิธีให้ลมหายใจทางปาก (Mouth to Mouth Breathing) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

๒.๑ หงายศีรษะผู้บาดเจ็บไปด้านหลัง เพื่อเปิดทางอากาศเข้าสู่ปอด

๒.๒ สอดนิ้วหัวแม่มือเข้าไปในปาก จับขากรรไกรล่างยกขึ้นจนปากอ้า

๒.๓ ใช้นิ้วควานล้วงสิ่งที่อาจค้างอยู่ในปาก เช่น ของขบเคี้ยว ออกให้หมด

๒.๔ เริ่มเป่าอากาศเข้าสู่ปอดของผู้บาดเจ็บ ถ้าผู้บาดเจ็บมีลมรั่วออกทางจมูกอาจใช้มือบีบจมูกไว้ ดังรูปที่ ๑.๕

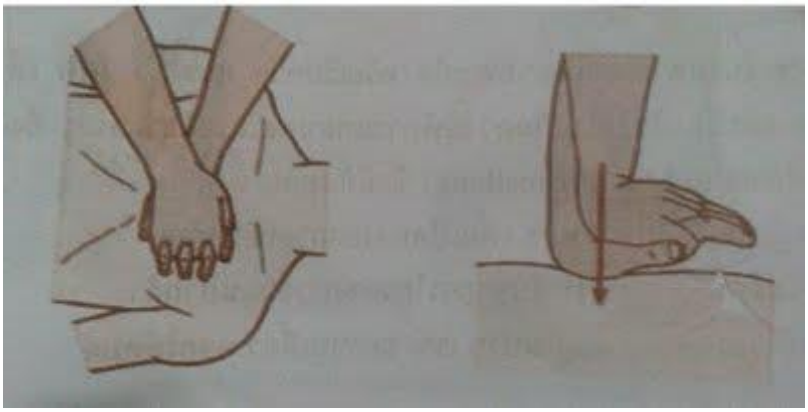
๒.๕ ถอนปากออกจากผู้บาดเจ็บ สูดลมหายใจเต็มที่ แล้วเริ่มเป่าอากาศเข้าทางปากผู้บาดเจ็บอีกในอัตรา ๑๒ – ๑๕ ครั้ง/นาที

๒.๖ สังเกตว่าผู้บาดเจ็บหายใจได้เองหรือยังโดยคลำดูชีพจร ถ้าผู้บาดเจ็บยังไม่หายใจเอก็เป่าต่อไปอีก ถ้ายังไม่พบชีพจรแสดงว่า ผู้บาดเจ็บหัวใจหยุดเต้นต้องช่วยกระตุ้นหัวใจ พร้อมๆ กับการช่วยหายใจ

รูปที่ ๑.๕ แสดงการเป่าปากผู้ป่วย ถ้ามีลมรั่วอาจใช้มือบีบจมูกไว้

๓. กรณีผู้บาดเจ็บหัวใจหยุดเต้น

หากหัวใจของผู้บาดเจ็บหยุดเต้นเป็นครั้งคราว การนวดหัวใจโดยทันท่วงทีสามารถช่วยให้ฟื้นขึ้นมาได้ โดยใช้น้ำหนักคนโถมกดเป็นจังหวะๆ ให้หน้าอกยุบลงไป ซึ่งอาจทำให้เลือดไหลออกจากหัวใจไปเลี้ยงร่างกาย



รูปที่ ๑.๖ แสดงการใช้นิ้วล็อกกันไว้เพื่อใช้แรงกดกระดูกสันอกถ่ายเทผ่านฝ่ามือล่าง

ขั้นตอนการนวดหัวใจ

๑. นำผู้บาดเจ็บเข้าที่ร่ม แล้วนอนหงายบนพื้นราบแข็งพอสมควร

๒. หงายศีรษะผู้บาดเจ็บไปข้างหลัง เพื่อเปิดทางอากาศเข้าสู่ปอด

๓. ใช้นิ้วล้วงสิ่งที่อาจค้างอยู่ในปากหรือลำคอ ซึ่งอาจขัดขวางทางอากาศเข้าสู่ปอด

๔. คุกเข่าด้านขวาของผู้บาดเจ็บ วางฝ่ามือขวาบนทรวงอกบริเวณหัวใจ ใช้ฝ่ามือซ้ายวางซ้อนฝ่ามือขวา หรือตามที่ถนัด โถมกดให้กระดูกสันอกยุบเข้าหาแนวสันหลังประมาณ ๓ – ๔ ซม. อย่ากดแรงเกินไป เพราะกระดูกซี่โครงอาจหักได้

๕. ทำการนวดหัวใจเป็นจังหวะซ้ำๆ กัน ครั้งละ ๑ วินาที ทำเนิบๆ ไม่ควรลุกลี้ลุกลน

๖. การนวดหัวใจต้องกระทำจนกว่าหัวใจจะเต้น หรือจนถึงมือแพทย์

๗. หากพบว่าผู้บาดเจ็บหยุดหายใจ จะต้องช่วยให้ลมหายใจทางปาก พร้อมกับการนวดหัวใจตลอดเวลา โดยเป่าปาก ๑ ครั้ง นวดหัวใจ ๓ – ๔ ครั้ง หรือเป่าปาก ๒ ครั้ง

รูปที่ ๑.๗ แสดงตำแหน่งวางมือเพื่อนวดหัวใจ

รูปที่ ๑.๘ แสดงการนวดหัวใจและให้ลมหายใจทางปาก

สรุป

• ร่างกายของมนุษย์เป็นตัวนำไฟฟ้าดังนั้น จึงต้องระมัดระวังไม่ให้ร่างกายทุกส่วนสัมผัสกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

• แรงดันไฟฟ้าที่สามารถทำอันตรายแก่มนุษย์ได้มีขนาดแรงดัน ตั้งแต่ ๒๕ โวลต์ขึ้นไป

• ปริมาณกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมากกว่า ๑๐๐ มิลลิแอมป์จะทำให้หัวใจหยุดเต้น เนื้อหนังไหม้

• การช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้าดูด มีวิธีการช่วยเหลือดังนี้คือ ตัดทางเดินกระแสไฟฟ้าออกจากผู้ประสบอันตรายก่อน และไม่ควรใช้มือเปล่าสัมผัสโดยตรงกับผู้ประสบอันตราย

• การปฏิบัติงานด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ปลอดภัย มีดังนี้

– รักษากฎของความปลอดภัยขณะทำงาน

– ก่อนการปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ต้องถือว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้น มีไฟฟ้าจ่ายอยู่ต้องตรวจสอบว่า ไม่มีไฟฟ้าจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว

– รักษาสุขภาพให้มีความพร้อมก่อนการปฏิบัติงานไฟฟ้าควรสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าทุกครั้ง

– การปฏิบัติงานไฟฟ้าต้องตัดระบบกระแสไฟฟ้าออกทุกครั้ง

– การปฏิบัติงานแต่ละครั้งควรมีผู้ร่วมปฏิบัติงานด้วยอย่างน้อย ๒ คน

• การปฐมพยาบาลผู้ถูกไฟฟ้าดูดมี ๒ วิธีคือ

– การผายปอดโดยวิธีให้ลมหายใจทางปาก
– การนวดหัวใจภายนอก

วิธี คำนวณค่าไฟฟ้า ด้วยตนเองสามารถทำได้อย่างไร

เนื่องจากในปัจจุบันเป็นยุคที่เศรษฐกิจไม่สู้ดีเท่าไรนัก ส่งผลให้ต้องควบคุมค่าใช้จ่ายหลาย ๆ อย่าง ภายในบ้าน ไม่ว่าจะเป็น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าน้ำมันรถ และค่าใช้จ่ายส่วนตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าไฟฟ้า ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นเราจึงควรทราบวิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายว่าที่ผ่านมานั้น ใช้ไฟฟ้าไปกี่หน่วย จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนเงินเท่าไร และมีวิธีการในการ ลดค่าไฟ อย่างไร

ค่าไฟฟ้าสามารถคำนวณได้โดยวิธีง่าย ๆ ดังนี้

ก่อนอื่นเราต้องทราบก่อนว่าอัตราค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นใช้ไฟมากน้อยเพียงใด โดยจะต้องสังเกตว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่องมีกำลังไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นวัตต์เท่าไร ยิ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีจำนวนวัตต์มาก ก็หมายความว่าจะใช้ไฟฟ้ามากขึ้นไปด้วย ดังนั้นก่อนที่จะทำการคำนวนค่าใช้ไฟฟ้า จะต้อง

สำรวจว่าภายในที่อยู่อาศัยนั้นมีเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทไหนบ้าง และเปิดใช้งานประมาณเดือนละกี่ชั่วโมง จากนั้นนำมาคำนวณค่าใช้ไฟฟ้าด้วยสูตรดังต่อไปนี้

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) x จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า ÷ ๑๐๐๐ x จำนวนชั่วโมงที่ใช้ใน ๑ วัน = จำนวนหน่วยต่อวัน (ยูนิต)

ยกตัวอย่างการ คำนวณค่าไฟฟ้า ของบ้านพัก A ซึ่งมีเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ๙ ชนิดดังนี้

- หลอดไฟขนาด ๕๐ วัตต์จำนวน ๑๐ ดวงเปิดใช้งานวันละประมาณ ๖ ชั่วโมง

วิธีคำนวณ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ของหลอดไฟ คือ ๕๐ วัตต์ x มีจำนวนทั้งหมด ๑๐ ดวง ÷ ๑๐๐๐ x ๖ ชม. = ๓ หน่วย/วัน (เดือนละ ๙๐ หน่วย)

- ไมโครเวฟขนาด ๖๐๐ วัตต์จำนวนหนึ่งเครื่อง เปิดใช้งานวันละ ๓๐ นาที

วิธีคำนวณ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) คือ ๖๐๐ วัตต์ x มีจำนวนทั้งหมด ๑ เครื่อง ÷ ๑๐๐๐ x ๐.๕ ชม. = ๐.๓ หน่วย/วัน (เดือนละ ๙ หน่วย)

- ตู้เย็นขนาด ๑๒๕ วัตต์หนึ่งตู้เปิดใช้งานตลอด ๒๔ ชั่วโมง

วิธีคำนวณ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) คือ ๑๒๕ วัตต์ x มีจำนวนทั้งหมด ๑ ตู้ ÷ ๑๐๐๐ x ๒๔ ชม. = ๓ หน่วย/วัน (เดือนละ ๙๐ หน่วย)

- แอร์ขนาด ๒๐๐๐ วัตต์จำนวน ๒ เครื่องเปิดใช้งานวันละ ๖ ชั่วโมง

วิธีคำนวณ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) คือ ๒๐๐๐ วัตต์ x มีจำนวนทั้งหมด ๒ เครื่อง ÷ ๑๐๐๐ x ๖ ชม. = ๒๔ หน่วย/วัน (เดือนละ ๗๒๐ หน่วย)

- เตาอบ ขนาด ๘๕๐ วัตต์จำนวน ๑ เครื่อง เปิดวันละ ๓๐ นาที

วิธีคำนวณ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) คือ ๘๕๐ วัตต์ x มีจำนวนทั้งหมด ๑ เครื่อง ÷ ๑๐๐๐ x ๐.๕ ชม. = ๐.๔๒๕ หน่วย/วัน (เดือนละ ๑๒.๗๕ หน่วย)

- เครื่องชงกาแฟขนาดเล็ก ๑๐๐ วัตต์ จำนวน ๑ เครื่อง เปิด ๑ ชั่วโมง

วิธีคำนวณ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) คือ ๑๐๐ วัตต์ x มีจำนวนทั้งหมด ๑ เครื่อง ÷ ๑๐๐๐ x ๑ ชม. = ๐.๑ หน่วย/วัน (เดือนละ ๓ หน่วย)

- ทีวี ขนาด ๓๐๐ วัตต์ จำนวน ๑ เครื่อง เปิดใช้งานวันละ ๕ ชั่วโมง

วิธีคำนวณ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) คือ ๓๐๐ วัตต์ x มีจำนวนทั้งหมด ๑ เครื่อง ÷ ๑๐๐๐ x ๕ ชม. = ๑.๕ หน่วย/วัน (เดือนละ ๔๕ หน่วย)

สรุปได้ว่าบ้านพัก A จะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ๙๖๙.๗๕ หน่วยต่อเดือน

วิธีการคำนวณค่าไฟฟ้า

บ้านพัก A นั้นใช้ค่าไฟฟ้าไปประมาณ ๙๖๙.๗๕ หน่วยต่อเดือน ดังนั้นจะสามารถคำนวณค่าไฟฟ้า ที่อ้างอิงจาก การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ได้ดังนี้

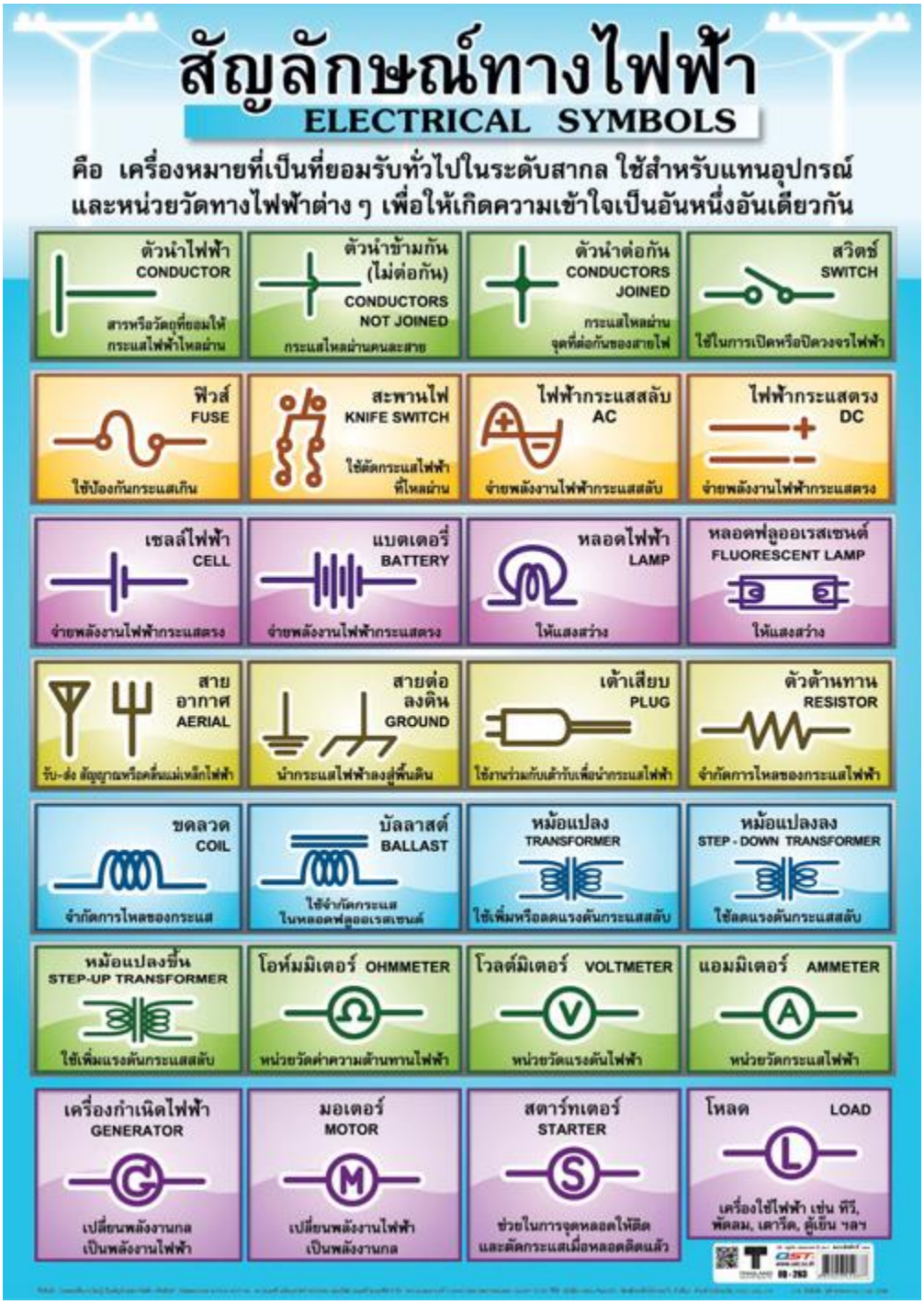
- ๓๕ หน่วยแรก เหมารวมทั้งสิ้นเป็นจำนวนเงิน ๘๕.๒๑ บาท

- ๑๑๕ หน่วยต่อไป หน่วยละ ๑.๑๒๓๖ บาท = ๑๑๕ x ๑.๑๒๓๖ บาท รวมทั้งสิ้น ๑๒๙.๒๑ บาท

- ๒๕๐ หน่วยต่อไป หน่วยละ ๒.๑๓๒๙ บาท = ๒๕๐ x ๒.๑๓๒๙ บาท รวมทั้งสิ้น ๕๓๓.๒๓ บาท

• ส่วนที่เกินกว่า ๔๐๐ หน่วย หน่วยละ ๒.๔๒๒๖บาท = (๙๖๙.๓/๕ – ๔๐๐) = ๕๖๙.๓/๕ x ๒.๔๒๒๖บาท) ๑,๓๘๐.๒๘ บาท

รวมเป็นเงิน (๘๕.๒๑ + ๑๒๙.๒๑ + ๕๓๓.๒๓ + ๑,๓๘๐.๒๘) = ๒,๑๒๗.๙๓ บาท



เต้ารับต่างๆและอุปกรณ์เสริม

สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
	เต้ารับตัวๆไปรเปิดสำรับคู่		สวิทช์กดปุ่ม
3	เต้ารับสามตัว		ออกไฟฟ้า
G R	เต้ารับคู่มีสายดิน		กระดิ่งไฟฟ้า
W P	เต้ารับชนิดกันน้ำ		โทรศัพท์ภายใน
R	เต้ารับสำหรับเต้าไฟฟ้า	TV	สายอากาศโทรทัศน์
8	เต้ารับแบบมีสวิทช์ในตัว	D	ประตูปิดด้วยไฟฟ้า
	เต้ารับสำหรับเครื่องใช้ทุกชนิด	F	กระดิ่งไฟฟ้าเตือนไฟ
	เต้ารับที่ติดตั้งฝังดิน	FS	อุปกรณ์เตือนไฟฟ้าอัตโนมัติ

ELECTRICAL SYMBOL NOTES			
P	PHASE PROTECTOR	PS	POWER SUPPLY 220VAC/24VDC
F-...	FUSE	M	THREE-PHASES INDUCTION MOTOR
	LAMP	M	SINGLE-PHASE INDUCTION MOTOR
CT	CURRENT TRANSFORMER	CG CL GENERATOR	AUTOMATION CHLORINE GENERATOR
G	GROUND	U/L	UNDER WATER LIGHT
V	VOLTMETER	STOP	STOP PUSHBUTTONS SWITCH
A	AMPMETER	START	START PUSHBUTTONS SWITCH
	MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER 3 POLE	T	"NC" CONTACT TIMMER RELAY
	MINIATURE CIRCUIT BREAKER 1 POLE	T	TIMER DELAY
K...	MAGNETIC CONTACTOR (K.)	TS-...	TIMER 24 HOUR
OL.	OVERLOAD RELAY (OL.)	OL	OVERLOAD RELAY CONTROL
S	SELECTOR SWITCH 2 WAY	R...	RELAY
S	SELECTOR SWITCH 3 WAY		TRANSFORMER 220VAC/24VAC
Tr	TRANSFORMER 220VAC/12VAC	N	NEUTRAL
R, L1	LINE 1		
S, L2	LINE 2		
T, L3	LINE 3		

Ferrite Bead	Fuse	Galvanometer (G)
Globe	Ground Chassis	Ground Earth
Heater (immersion heater) (cooker etc)	IC Integrated Circuit (power, ground)	Inductor Air Core
Headphone		Inductor Iron Core or ferrite core
Inductor Tapped	Inductor Variable	Integrated Circuit
Inverter (NOT Gate)	INVERTER (NOT Gate)	
Jack Co-axial	Jack Phone (Phone Jack)	Jack Phone (Switched)
Jack Phone (3 conductor)	Key Telegraph (Morse Key)	Lamp Incandescent
Lamp - Neon	LASCR (Light Activated Silicon Controlled Rectifier)	LDR (Light Dependent Resistor)
LASER diode (laser diode, photo diode)	Light Emitting Diode (LED)	Light Emitting Diode (LED - flashing) (Indicates chip inside LED)
Mercury Switch	Micro-amp meter (micro-ammeter) (µA)	Microphone (see Electret Mic)
Microphone (Crystal - piezoelectric)	Milliamp meter (milli-ammeter) (mA)	Motor (MOT)
NAND Gate	NAND Gate	Nitinol wire "Muscle wire"
Negative Voltage Connection	NOR Gate	NOR Gate
NOT Gate Inverter	NOT Gate Inverter	Ohm meter (Ω)
Operational Amplifier (Op Amp)	Optocoupler (Transistor output)	Opto Coupler (Opto-isolator) (a, c, k, e) Photo-transistor output
Optocoupler (Darlington output)	Opto Coupler (Opto-isolator) (a, c, k, e) TRIAC output	OR Gate
OR Gate	Oscilloscope see CRO	Outlet (Power Outlet)
Piezo Diaphragm	Photo Cell (photo sensitive resistor)	Photo Diode
Photo Darlington Transistor	Photo FET (Field Effect Transistor) (Gate, Drain, Source)	Photo Transistor

ค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ (k)

แรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำข้ามไปยังขดลวดทุติยภูมินั้น ขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นระหว่างขดลวดปฐมภูมิ และทุติยภูมิ ซึ่งจะถูกกำหนดโดยจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดด้านปฐมภูมิเคลื่อน ที่ไปตัดกับขดลวดด้านทุติยภูมิ

อัตราส่วนระหว่างจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ เปรียบเทียบกับจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กทั้งหมดที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิเรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ (Coefficient of Coupling, k) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง ๐ และ ๑

$$k = \frac{\text{จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดผ่านไปยังขดลวดทุติยภูมิ}}{\text{จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กทั้งหมดที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิ}}$$

ตัวอย่างเช่น ถ้าเส้นแรงแม่เหล็กทั้งหมดที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิเคลื่อนที่ไปตัดกับขดลวด ทุติยภูมิ ค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากับ ๑ แต่ถ้ามีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้นที่เคลื่อนที่ไปตัดกับ ขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำที่ได้ก็จะมีค่าเท่ากับ ๐.๕

ตัวอย่าง

จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิมีจำนวน 65 μ Wb (ไมโครเวเบอร์) จงคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ เมื่อจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดทุติยภูมิมีจำนวนเท่ากับ 52 μWb

วิธีทำ $k = \frac{52\mu W}{65\mu Wb}$

คำตอบ $= 0.8$

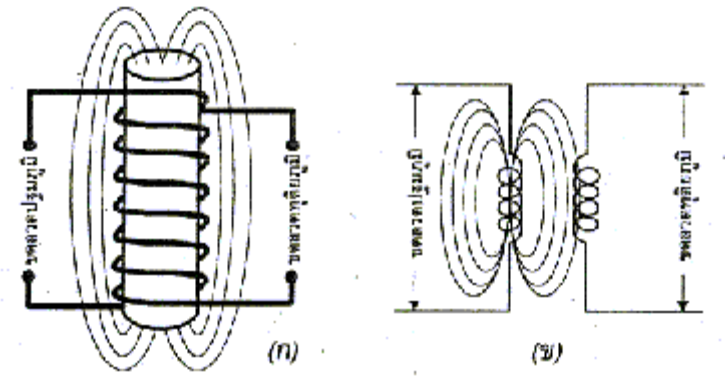
ซึ่งหมายความว่า มีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก 80% ที่เกิดจากขดลวดทางด้านปฐมภูมิสามารถเหนี่ยวนำข้ามไปยังขดลวดทุติยภูมิ

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ มีดังนี้

๑. ระยะห่างระหว่างขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ

๒. ชนิดของแกนที่ใช้พันขดลวด

จากรูป แสดงระยะห่างของขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ



การใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า

โดยทั่วไปแล้วหม้อแปลงไฟฟ้าจะใช้งานอยู่ ๓ แบบ ได้แก่

๑. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เพื่อเพิ่ม หรือลดขนาดแรงดันไฟฟ้า

๒. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เพื่อเพิ่ม หรือลดปริมาณกระแสไฟฟ้า

๓. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เพื่อแมทช์ค่าอิมพีแดนซ์ (Impedances)

ซึ่งทั้ง ๓ กรณี สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio) ของขดลวดปฐมภูมิเปรียบเทียบกับจำนวนขดลวดทุติยภูมิ

อัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio)

อัตราส่วนจำนวนรอบ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ (NS) ต่อจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (NP)

$$\text{อัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio)} = \frac{N_S}{N_P}$$

ตัวอย่าง

หม้อแปลงไฟฟ้ามีจำนวนขดลวดปฐมภูมิเท่ากับ ๒๐๐ รอบ และขดลวดทุติยภูมิเท่ากับ ๖๐๐ รอบ จงคำนวณหาอัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio) ของหม้อแปลงไฟฟ้านี้

วิธีทำ

$$\text{อัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio)} = \frac{N_S}{N_P}$$

$$= \frac{600}{200}$$

คำตอบ $$= \frac{3}{1} = 3$$

ในกรณีนี้จะเห็นว่า จะต้องใช้จำนวนขดลวดทางด้านทุติยภูมิจำนวน ๓ ขด ต่อขดลวดทางด้านปฐมภูมิ ๑ ขด ซึ่งการเพิ่มจำนวนรอบจากน้อย (๑ รอบ) ไปจำนวนมากรอบ (๓ รอบ) จะหมายถึง การทำให้ค่า “Step Up” ซึ่งผลลัพธ์ของอัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio) ที่ได้จะมีค่ามากกว่า ๑

ตัวอย่าง

ถ้าหม้อแปลงไฟฟ้ามีจำนวนขดลวดปฐมภูมิ ๑๒๐ รอบ และขดลวดทุติยภูมิ ๓๐ รอบ อัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio) ของหม้อแปลงไฟฟ้านี้เป็นเท่าใด

วิธีทำ

$$\text{อัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio)} = \frac{N_S}{N_P}$$

$$= \frac{30}{120}$$

$$\text{คำตอบ} = \frac{1}{4} = 0.25$$

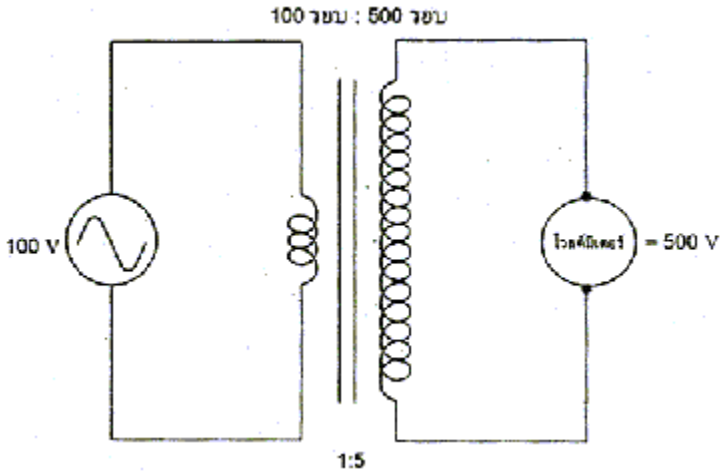
ซึ่งในกรณีนี้จะต้องใช้จำนวนขดลวดปฐมภูมิ ๔ ขด ต่อขดลวดทุติยภูมิ ๑ ขด การเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบจากมาก (๔ รอบ) ไปจำนวนรอบน้อย (๑ รอบ) หมายถึง การทำให้ค่า “Step Down” ซึ่งผลลัพธ์ของอัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio) ที่ได้จะมีค่าน้อยกว่า ๑

อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้า (Voltage Ratio)

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกชนิดส่วนใหญ่แล้วจะทำหน้าที่ทั้งแปลงขนาดของแรงดัน ไฟฟ้าให้เพิ่มขึ้น (Step-Up) หรือลดขนาดของแรงดันให้น้อยลง (Step-Down) จากแรงดันไฟ ๒๒๐ V ที่จ่ายออกมาจากเต้าเสียบไฟฟ้าภายในบ้าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในของอุปกรณ์นั้นๆ ว่าต้องการแรงดันไฟฟ้ามากหรือน้อย

หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step-Up Transformer)

ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES) มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (EP) จะเรียกหม้อแปลงชนิดนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step-Up Transformer) หรือ ES > EP ดังแสดงในรูป ถ้าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ ๑๐๐ V และอัตราส่วนจำนวนรอบคือ ๑:๕ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากด้านทุติยภูมิจะมีขนาด ๕ เท่าของแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ นั่นคือ เท่ากับ ๕๐๐ V ทั้งนี้เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดปฐมภูมิไปตัดกับขดลวดที่มีจำนวนมากทางด้านทุติยภูมิ ดังนั้น การเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าจึงเกิดขึ้นมากตามไปด้วย



จากตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิต่อแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนจำนวนรอบ (Turns Ratio) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ

$$\frac{E_S}{E_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

หรือ

$$\frac{500}{100} = \frac{500}{100}$$

เพื่อที่จะคำนวณหาค่า VS ดังนั้นจึงจัดสมการใหม่ ดังนี้

เพื่อที่จะคำนวณหาค่า V_s ดังนั้นจึงจัดสมการใหม่ ดังนี้

$$E_s = \frac{N_S}{N_P} \times E_P$$

ซึ่งจากตัวอย่างนี้

$$E_s = \frac{500}{100} \times 100V$$
$$= 500\,V$$

ตัวอย่าง

จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES) ถ้าใช้หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step–Up Transformer) ที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบ ๑:๖ โดยมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด ๒๔ V จ่ายเข้า

ทางด้านปฐมภูมิ

วิธีทำ $E_s = \frac{N_s}{N_P} \times E_P$

$= \frac{1}{6} \times 24\,V$

คำตอบ $= 144\,V$

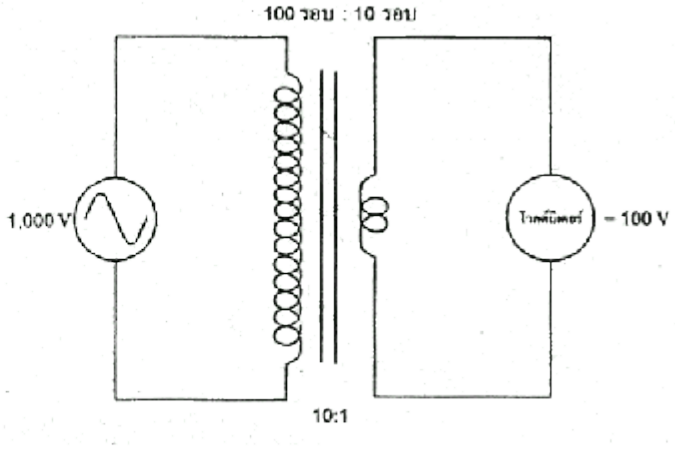
หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง (Step-Down Transformer)

ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES) มีค่าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (EP) จะเรียกหม้อแปลงชนิดนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง (Step-Down Transformer) หรือ ES < EP ดังแสดงในรูป ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ

$E_s = \frac{N_s}{N_P} \times E_P$

$= \frac{10}{100} \times 1{,}000\,V$

$= 100\,V$



ดังนั้นจะเห็นว่า หม้อแปลงไฟฟ้าสามารถที่จะแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านปฐมภูมิให้เป็นค่าแรงดันใดๆ โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดภายในหม้อแปลงเท่านั้น

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ (k) จากสมการนี้จะสมมติให้มีค่าเท่ากับ ๑ เสมอ ซึ่งหมายความว่า แกนที่ใช้พันขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นแกนเหล็ก (k = ๑)

กำลังงานไฟฟ้าและค่าอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้า

กำลังงานที่ได้จากด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าใดๆ จะมีค่าเท่ากำลังงานที่มาจากด้านปฐมภูมิเสมอ (PP = PS) และ กำลังงาน (Power) สามารถคำนวณได้จากสูตร P= E X I ซึ่งถ้าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลงหรือเพิ่มขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรง ดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อที่จะทำให้กำลังงานที่ได้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมีค่าเพิ่มขึ้น $(E_s \uparrow)$ จะทำให้กระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมีปริมาณลดลง $(I_s \downarrow)$ จึงจะทำให้กำลังงานด้านเอาต์พุตมีค่าเท่ากับกำลังงานด้านอินพุต

$$P_S = E_S \uparrow \times I_S \downarrow$$

สำหรับกำลังงานทางด้านปฐมภูมิก็จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในลักษณะเดียวกันกับด้านทุติยภูมิ และทำให้ PS = PP ซึ่งแสดงว่ากำลังงานที่ได้ออกมานั้นไม่สามารถจะเกิดขึ้นได้มากกว่ากำลังงานที่ป้อนเข้าไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้า

$$\frac{E_S}{E_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

และจากการที่อัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดด้วยเช่นกัน

$$\frac{I_P}{I_S} = \frac{E_S}{E_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

จัดสมการใหม่ให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าและจำนวนรอบของขดลวด จะได้สมการใหม่ซึ่งใช้ในการคำนวณหากระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ ดังนี้

$$I_S = \frac{N_S}{N_P} \times I_P$$

ตัวอย่าง

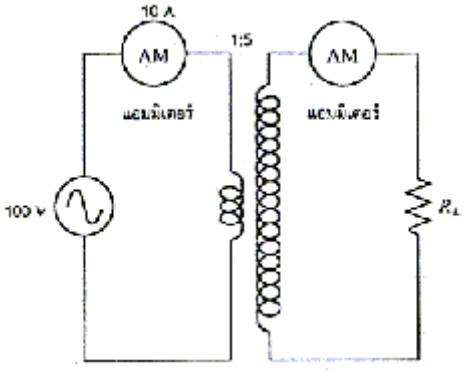
หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step-Up Transformer) ดังแสดงในรูป มีอัตราส่วนจำนวนรอบเท่ากับ ๑:๕ จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้

ก. แรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES)

ข. กระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (IS)

ค. กำลังงานทางด้านปฐมภูมิ (PP)

ง. กำลังงานทางด้านทุติยภูมิ (PS)



รูปแสดงตัวอย่างหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น

วิธีทำ

เนื่องจากขดลวดทางด้านทุติยภูมิมีจำนวนมากกว่าทางด้านปฐมภูมิ ๕ เท่า ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิจึงถูกแปลงให้มีค่าสูงขึ้น ๕ เท่า เมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ ส่วนกระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมินั้นจะมีปริมาณลดลง ๑ ใน ๕ ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในด้านปฐมภูมิ

ก. $E_s = \frac{N_s}{N_p} \times E_p$

$= \frac{5}{1} \times 100\,V$

ตอบ $= 500\,V$

ข. $I_s = \frac{N_s}{N_p} \times I_p$

$= \frac{1}{5} \times 10\,A$

ตอบ $= 2\,A$

ค. $P_p = E_p \times I_p$

$= 100\,V \times 10\,A$

ตอบ $= 1{,}000\,VA$

ง. $P_s = E_s \times I_s$

$= 500\,V \times 2\,A$

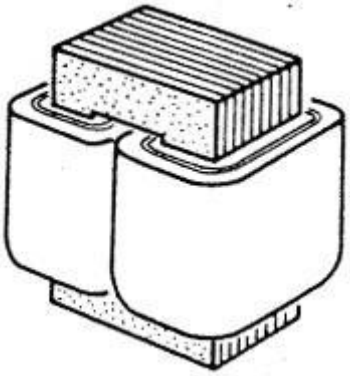
ตอบ $= 1{,}000\,VA$

จะเห็นว่ากำลังงานทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับกำลังงานทางด้านทุติยภูมิ ($P_p = P_s$)

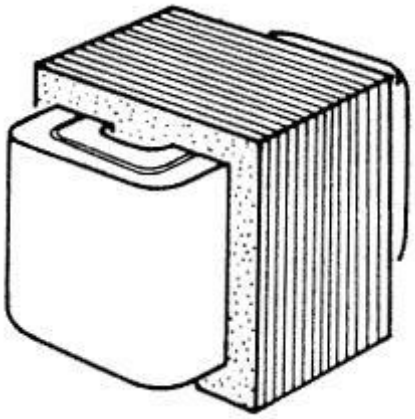
ชนิดของหม้อแปลงสามารถจำแนกตามประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

จำแนกตามลักษณะของแกนเหล็ก

๑ แกนแหล็กแบบคอร์ (Core Type) เป็นแกนเหล็กแผ่นบางๆ มีลักษณะเป็นรูปตัว L สองตัวประกบเข้าหากัน หรือเป็นรูปตัว U กับตัว I นำมาประกอบเข้าด้วยกัน มีวงจรแม่เหล็กเป็นแบบวงจรเดี่ยวหรือวงจรอนุกรม ซึ่งมีขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิพันอยู่บนแกนเหล็กทั้งสองด้านแยกกันอยู่คนละข้าง

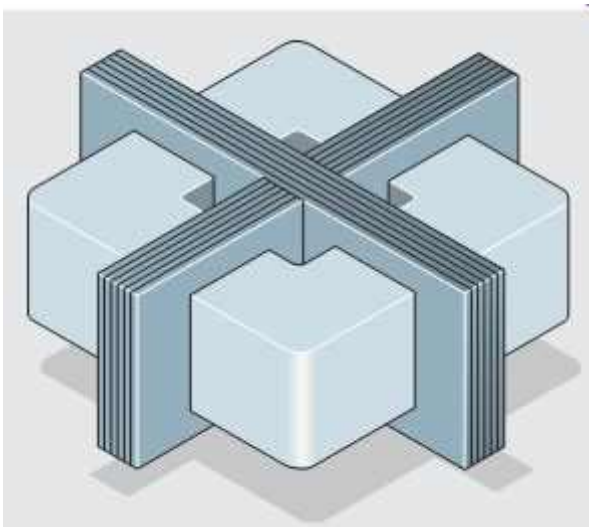


๒ แกนเหล็กแบบเชลล์ (Shell Type) แกนเหล็กแบบนี้มีลักษณะเป็นรูปตัว E กับ I เมื่อประกอบเข้าด้วยกันจะมีวงจรแม่เหล็ก ๒ วง หรือ วงจรแม่เหล็กแบบขนาน ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิจะพันอยู่ที่ขากลางของแกนเหล็ก



๓ แกนเหล็กแบบตัว H หรือแบบกระจาย เป็นการรวมกันระหว่างแกนเหล็กแบบคอร์กับแบบเชลล์หรือรวมตัว L เข้ากับตัว

EI มีวงจรแม่เหล็กล้อมรอบขดลวดหม้อแปลง ขดลวดแรงดันสูงจะพันไว้ระหว่างขดลวดแรงดันต่ำทั้งสองชุด และระหว่างขดลวดแต่ละชุดจะกั้นด้วยฉนวนไฟฟ้า การพันขดลวดหม้อแปลงแบบนี้จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลน้อยที่สุด



จำแนกตามระบบไฟฟ้า

๑ หม้อแปลงไฟฟ้าเฟสเดียว (Single Phase Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับระบบไฟฟ้า ๑ เฟส มีขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิอย่างละหนึ่งชุด

๒ หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส (Three Phase Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับระบบไฟฟ้า ๓ เฟส มีขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิอย่างละ ๓ ชุด ต่อเข้าด้วยกันเป็นแบบ วาย (Wye) หรือแบบเดลตา(Delta)

จำแนกตามพิกัดของแรงดันไฟฟ้าเข้าและออก

๑ หม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่ม (Step up Transformer) เป็นหม้อแปลงที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าออกมากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าหม้อแปลง เช่น หม้อแปลงที่ใช้ในระบบส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต โดยใช้ปรับระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดในโรงไฟฟ้า ซึ่งปกติจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าประมาณ ๒๐ กิโลโวลต์ ให้สูงขึ้นเป็น ๖๙,๑๑๕,๒๓๐ และ๕๐๐ กิโลโวลต์ ส่งไปตามสายส่งไฟฟ้าแรงสูง หรืออาจจะมีหม้อแปลงมากกว่า หนึ่งตัวใช้ยกระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นเป็นช่วงๆก็ได้ นอกจากนี้หม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มยังใช้กับหลอดนีออนที่ทำเป็นรูปอักษรหรือตกแต่งเป็นรูปต่างๆ

๒ หม้อแปลงไฟฟ้าลด (Step down Transformer) หม้อแปลงชนิดนี้จะจ่ายแรงดันด้านออกน้อยกว่าแรงดันด้านเข้า เช่น หม้อแปลงขนาดเล็กที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดร้านขายอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ หม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งหม้อแปลงของการไฟฟ้าภูมิภาคมีแรงดันไฟฟ้าด้านสูง ๑๑,๒๒ และ ๓๓ กิโลโวลต์ และแรงดันไฟฟ้าด้านต่ำในระบบ ๓ เฟส ๔๐๐/๒๓๐ โวลต์ และระบบ ๑ เฟส ๔๖๐/๒๓๐ โวลต์ ส่วนหม้อแปลงของการไฟฟ้านครหลวงใช้กับแรงดันไฟฟ้าด้านสูง ๑๒,๒๔ กิโลโวลต์ และแรงดันไฟฟ้าด้านต่ำในระบบ ๓ เฟส ๔๑๖/๒๔๐ โวลต์ และระบบ ๑ เฟส ๔๘๐/๒๔๐ โวลต์

๓ หม้อแปลงไอโซเลติ้ง (Isolating Transformer) หม้อแปลงชนิดนี้จะจ่ายแรงดันไฟฟ้าด้านออกเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า เช่น หม้อแปลงที่ใช้กับโต๊ะทดลองของห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิแยกออกจากกัน เมื่อเกิดข้อบกพร่องในการทดลองหรือเกิดการลัดวงจร จะเกิดความรุนแรงน้อยกว่าเมื่อไม่มีหม้อแปลง สาเหตุมาจากการยุบตัวของเส้นแรงแม่เหล็กทำให้ไม่เกิดการอาร์กที่รุนแรง นับเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันระบบไฟฟ้าชนิดหนึ่ง และยังใช้กับเครื่องจักรที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งใช้กับแรงดันไฟฟ้า ๒๒๐ โวลต์ โดยการแปลงไฟจาก ๓๘๐ โวลต์ ๓ เฟส ๓ สาย ให้เป็น ๓๘๐/๒๒๐ โวลต์ ๓ เฟส ๔ สาย

จำแนกตามพิกัดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า

๑ หม้อแปลงขนาดเล็ก มีพิกัด ๑๐๐๐ โวลต์ –แอมป์ลงมา เป็นหม้อแปลงที่นำมาใช้กับภาคจ่ายไฟของเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ยังรวมถึงหม้อแปลงขนาดเล็กที่ใช้ในการเชื่อมโยงสัญญาณของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วย

๒ หม้อแปลงขนาดกลาง มีพิกัด ๑–๑๐๐๐ กิโลโวลต์–แอมป์ ส่วนใหญ่จะใช้กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง ใช้กับโรงงาน โรงพยาบาล สำนักงาน อาคารสูงและที่พักอาศัย

๓ หม้อแปลงกำลัง มีขนาดตั้งแต่ ๑๐๐๐ โวลต์–แอมป์ขึ้นไป เป็นหม้อแปลงที่มีใช้งานกับระบบส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ใช้กับสถานีไฟฟ้าแรงสูง การผลิตและการส่งจ่ายไฟฟ้า

จำแนกตามการใช้งานของเครื่องมือวัด

เป็นหม้อแปลงที่ใช้สำหรับเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เช่น เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า หรือ กิโลวัตต์–ฮาวมิเตอร์ เพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าแต่ละเดือน ซึ่งการวัดโดยตรงของแรงดันหรือกระแสสูงๆ ทำให้ต้องใช้เครื่องวัดขนาดใหญ่ซึ่งมีราคาแพง หม้อแปลงเครื่องมือวัดจะมีขนาดเล็กและราคาไม่แพง ถูกออกแบบให้มีขนาดที่เหมาะสมสำหรับเครื่องมือวัด มีความปลอดภัยและเที่ยงตรงสูง มี ๒ ชนิดด้วยกัน

๑ หม้อแปลงแรงดัน (Potential Transformer) เป็นหม้อแปลงแรงดันขนาดเล็กใช้แปลงแรงดันไฟฟ้าสูงๆ เป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำๆใช้กับโวลต์มิเตอร์ วัตต์มิเตอร์ และกิโลวัตต์ฮาวมิเตอร์ พิกัดกำลังเอาต์พุตจะบอกเป็นโวลต์–แอมป์(VA) ส่วนพิกัดแรงดันจะบอกแรงดันไฟฟ้าของขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ เช่น ๑๕๐๐/๑๐๐ โวลต์ , ๔๘๐๐/๑๒๐ โวลต์ , ๒๒๐๐๐/๒๒๐ โวลต์ เป็นต้น

๒ หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานสำหรับลดกระแสสูงๆ ที่ไหลในสายไฟฟ้าให้มีค่าลดต่ำลง เพื่อนำไปต่อเข้ากับแอมมิเตอร์ วัตต์มิเตอร์ และ กิโลวัตต์–ฮาวมิเตอร์

เช่นเดียวกัน ขนาดกำลังเอาต์พุตจะบอกเป็นโวลต์–แอมป์ (VA) พิกัดกระแสบอกเป็นอัตราส่วน เช่น ๑๐๐/๕ , ๒๐๐/๕, ๓๐๐/๕ เป็นต้น

จำแนกตามลักษณะของการพันขดลวด

๑ หม้อแปลงแบบแยกขดลวด ซึ่งขดลวดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิที่พันอยู่บนแกนเหล็กทั้งสองชุดแยกออกจากกัน โดยไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของขดลวดต่อถึงกัน เป็นหม้อแปลงที่มีใช้งานโดยทั่วไป

๒ หม้อแปลงแบบใช้ขดลวดชุดเดียวร่วมกัน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หม้อแปลงออโต (Auto Transformer) หม้อแปลงแบบนี้มีขดลวดเป็นชุดเดียวที่ทำหน้าที่เป็นทั้งขดปฐมภูมิ และขดทุติยภูมิ จึงทำให้ประหยัดลวดทองแดง และมีราคาถูกกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบขดลวด ๒ ชุด อัตราส่วนของหม้อแปลงแบบออโตจะต่ำ ซึ่งส่วนมากแล้วจะไม่เกินกว่า ๔ : ๑ สามารถแปลงแรงดันได้ทั้งลดลงและเพิ่มขึ้น ส่วนมากจะนำไปใช้เพื่อชดเชยแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของสายเคเบิลที่จ่ายไปยังโหลด ใช้เป็นอุปกรณ์สตาร์ตของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ใช้กับหม้อแปลงของเตาหลอมโลหะ(Furnace Transformer) และใช้เป็นหม้อแปลงกำลังในสถานีไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

จำแนกตามลักษณะการปรับแรงดันไฟฟ้า

๑ หม้อแปลงแบบมีแทปแยก ซึ่งลักษณะของแทปแยกจะอยู่ทางด้านขดทุติยภูมิ มีให้เลือกใช้งานตามความต้องการ เช่น ๖,๑๒,๒๔,๔๘ โวลต์ หรืออาจจะเป็นแบบมีแทปศูนย์อยู่ตรงกลาง เช่น ๓๖–๐–๓๖ โวลต์ และ ๔๘–๐–๔๘ โวลต์ เป็นต้น ส่วนมากจะนำไปใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก เครื่องขยายเสียง

๒ หม้อแปลงแบบปรับค่าแรงดันไฟฟ้าต่อเนื่อง ซึ่งเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต ชนิดหนึ่ง เรียกว่า แวรีแอก หรือ สไลด์ เรกกูเลเตอร์ (Slide regulator) ขดลวดจะพันอยู่รอบๆ แกนทอรอยด์ (Toroid) ที่ด้านบนของขดลวดจะถูกกดให้แบนเพื่อให้แปรงถ่านสัมผัสกับขดลวดได้ดี

จำแนกตามการผลิตของโรงงาน

๑ หม้อแปลงชนิดจุ่มน้ำมันแบบมีถังพัก (Conservator Type) เป็นหม้อแปลงแบบถังเปิด (Open Type) คือมีช่องทางให้อากาศถ่ายเทเข้าและออกจากตัวถังได้ตามกระแสเพิ่ม–ลด ของปริมาตรน้ำมันจากความร้อนของการใช้งาน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดความดันสูงในตัวถัง โดยหม้อแปลงจะมีช่องในการระบายอากาศ หม้อแปลงระบบถังเปิดได้รับการปรับปรุงพัฒนาเรื่อยมาจนกระทั่งกลายมาเป็นแบบที่มีถังน้ำมันสำรองขนาดเล็กอยู่บนตัวถังหลัก และติดตั้งสารดูดความชื้นเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นจากภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยากับน้ำมันหม้อแปลงที่จะเป็นอันตรายต่อหม้อแปลงได้

๒ หม้อแปลงชนิดจุ่มน้ำมันแบบปิดผนึก (Hermetically Sealed Fully Oil Filled) หม้อแปลงชนิดนี้จะป้องกันความชื้นและออกซิเจนได้ ๑๐๐ % ไม่มีถังพักน้ำมันสำรอง น้ำมันของหม้อแปลงจะเติมเต็มถังปิดผนึกอย่างดีไม่ให้อากาศจากภายนอกเข้าได้ น้ำมันจะช่วยในการระบายความร้อนให้กับ Bushing และประเก็นบริเวณฝาถังได้ เมื่อหม้อแปลงจ่ายกระแสให้กับโหลดความร้อนในหม้อแปลงจะเพิ่มขึ้น ปริมาตรของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตาม ครีบระบายความร้อนแบบลูกฟูก (Corrugated) จะเกิดการพองตัวทำให้รักษาระดับของความดันในตัวถังมีค่าเท่าเดิม และเมื่อน้ำมันลดปริมาตรลงครีบลูกฟูกก็จะหุบตัวลง เรียกตัวถังแบบนี้ว่า ตัวถังแบบยืดหยุ่น (Elastic Tank) ดังนั้นการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาตรภายในหม้อแปลงจึงไม่ต้องกังวลเรื่องความดันสูงที่จะเกิดกับตัวถังของหม้อแปลง

๓ หม้อแปลงชนิดจุ่มน้ำมันแบบปิดผนึกและบรรจุก๊าซไนโตเจน (N๒ Gas Sealed) หม้อแปลงชนิดจุ่มน้ำมันแบบปิดผนึกและบรรจุก๊าซไนโตเจน ตัวถังของหม้อแปลงจะออกแบบทำให้มีความสูงเพิ่มขึ้นและจะต้องเติมน้ำมันให้ท่วมชุดขดลวดและแทป แต่เติมไม่เต็มถัง โดยปล่อยให้มีช่องว่างใต้ฝาถัง ซึ่งมีปริมาตรเพียงพอต่อการขยายตัวของน้ำมัน และที่ช่องว่างจะเติมด้วยก๊าซเฉื่อยที่ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำมัน ส่วนใหญ่จะใช้ก๊าซไนโตเจน ในขณะที่น้ำมันหม้อแปลงมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและถึงแม้ว่าภายในถังมีช่องว่างอากาศไว้รองรับการขยายตัว แต่น้ำมันที่เพิ่มขึ้นจะไปอัดให้ปริมาตรของอากาศลดลง ทำให้เกิดความดันภายในตัวถังหม้อแปลง

๔ หม้อแปลงชนิดแห้งแบบหล่อเรซิน (Dry Type Cast Resin) เป็นหม้อแปลงที่มีความปลอดภัยมากที่สุด เหมาะสำหรับติดตั้งภายในอาคาร เนื่องจากสารเรซิน (Resin) และส่วนผสมที่ใช้หล่อหุ้มขดลวดหม้อแปลงมีคุณสมบัติคงทนต่อไฟไหม้ได้ดี หม้อแปลงชนิดนี้ขดลวดแรงดันสูงจะห่อหุ้มด้วยฉนวน Class F ซึ่งเป็นไฟเบอร์กลาสเทหล่อด้วยเรซิน มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุทุกส่วนใกล้เคียงกันมากที่สุด จะไม่มีโอกาสแตกร้าวอันเกิดจากการใช้งานที่อุณหภูมิสูงๆ ส่วนไฟเบอร์กลาสที่หล่ออยู่ในเรซินมีคุณสมบัติทำให้ขดลวดคงทนต่อความเค้นเชิงกลได้ดี สำหรับขดลวดแรงดันต่ำของหม้อแปลงจะมีลักษณะเป็นทองแดงแผ่นบางหุ้มด้วยฉนวน Prepreg ขดลวดทองแดงแผ่นบางมีคุณสมบัติทนต่อกระแสกระชากและกระแสลัดวงจร เนื่องจากสามารถกระจายกระแสสลับที่วิ่งตามผิวได้ดีกว่า และสามารถรักษาสมดุลย์ของแรงที่เกิดจากขดลวดแรงดันสูง ทำให้แรงในแนวแกนจะถูกหักล้างให้เป็นศูนย์ตลอดเวลาแม้ในสภาวะลัดวงจร

ฉนวน Prepreg ที่ห่อหุ้มแผ่นทองแดงเป็นวัสดุที่คงทนและมีความยืดหยุ่นสูงสามารถรองรับการขยายตัวของขดลวดทองแดงจากการจ่ายกระแสสูงๆ และยังป้องกันความชื้นในอากาศได้ ๑๐๐ % ขดลวดแรงดันต่ำจะถูกเคลือบผิวด้วยแผ่นเรซินในขั้นตอนสุดท้ายก่อนการอบความร้อน ทำให้ขดลวดคงทนต่อแรงในแนวรัศมี อันเกิดจากกระแสลัดวงจร ทำให้หม้อแปลงที่ผลิตมีคุณภาพสูง

๕ หม้อแปลงชนิดแห้งแรงดันต่ำ (Low Volt Dry Type) เป็นหม้อแปลงขนาดไม่ใหญ่มากนัก ใช้สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้าให้กับเครื่องจักรเป็นการเฉพาะ เช่น แปลงไฟจาก ๓๘๐ โวลต์ เป็น ๒๒๐ โวลต์ หรือแปลงไฟ ๓๘๐ โวลต์ ๓ เฟส ๓ สาย ให้เป็น ๓๘๐ โวลต์ ๓ เฟส ๔ สาย นิยมติดตั้งในบริเวณพื้นที่ทำงานของเครื่องจักร เพราะเป็นการประหยัดและมีความปลอดภัย

หม้อแปลง 1 เฟส

หากระแส

$$I_{(LV)} = \frac{S \times 1000}{V_{(LV)}}$$

$$I_{(HV)} = \frac{S \times 1000}{V_{(HV)}}$$

หากำลังไฟฟ้า [kVA]

$$S = \frac{V_{(LV)} \times I_{(LV)}}{1000} = \frac{V_{(HV)} \times I_{(HV)}}{1000}$$

I = กระแสหม้อแปลง [A]

V = แรงดันไฟฟ้า [V]

S = กำลังไฟฟ้าปรากฏ [kVA]

LV = Low voltage

HV = High voltage

FB : คลังความรู้ วิชาชีพไฟฟ้า

หม้อแปลง 3 เฟส

หากระแส

$$I_{(LV)} = \frac{S \times 1000}{1.732 \times V_{(LV)}}$$

$$I_{(HV)} = \frac{S \times 1000}{1.732 \times V_{(HV)}}$$

หากำลังไฟฟ้า [kVA]

$$S = \frac{1.732 \times V_{(LV)} \times I_{(LV)}}{1000} = \frac{1.732 \times V_{(HV)} \times I_{(HV)}}{1000}$$

I = กระแสหม้อแปลง [A]

V = แรงดันไฟฟ้า [V]

S = กำลังไฟฟ้าปรากฏ [kVA]

LV = Low voltage

HV = High voltage

หมายเหตุ : I และ V เป็นกระแสในสาย และแรงดันในสาย

FB : คลังความรู้ วิชาชีพไฟฟ้า

มอเตอร์และหลักการทำงานของมอเตอร์

ความหมายและหลักการทำงานของมอเตอร์

๑.ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงานดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆและสามารถเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับงานออกแบบระบบประปาหมู่บ้านหรืองานอื่นที่เกี่ยวข้องได้

๑.๑ความหมายของมอเตอร์และการจำแนกชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR) หมายถึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

๑.๒ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ ๒ ชนิดดังนี้

๑.๒.๑ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น๓ ชนิดได้แก่

๑.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด ๑ เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Sing Phase)

- สปลิทเฟส มอเตอร์(Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
- รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion-type motor)

- ยูนิเวอร์แวซลมอเตอร์ (Universal motor)
- เช็ดเดดโพล มอเตอร์ (Shaded-pole motor)

๒.มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด ๒ เฟสหรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two phas Motor)

๓.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด ๓ เฟสหรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor)

๑.๒.๒.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเอตร์ (D.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น ๓ ชนิดได้แก่

๑.มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)

๒.มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)

๓.มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

๒.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้ เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จัก อุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

๒.๑ ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ ๒ ส่วนดังนี้

๑ ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

๑) เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนื้อไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย ๒ ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด

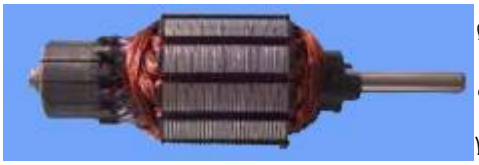
ภาพขดลวดพันอยู่รอบขั้วแม่เหล็ก

ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque)

ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก

ส่วนที่สอง ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

๒ ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์



ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย ๔ ส่วนด้วยกัน คือ

๑.แกนเพลา (Shaft)

๒. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core)

๓.คอมมิวเตอร์ (Commutator)

๔. ขอลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Widing)

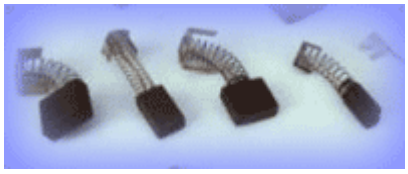
๑.แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Croe) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

๒. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

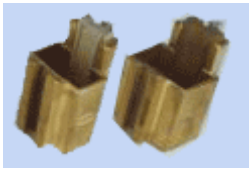
๓. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสาย ของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลา เป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยัง ขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังกล่าวมาแล้ว เรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

๔. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการ ควรศึกษาต่อไปในเรื่องการพันอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) ในโอกาสต่อไป

แปรงถ่าน (Brushes)



แปรงถ่าน



ซองแปรงถ่าน

ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าในซองแปรงมีสปิงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้ถ่านนี้สัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาเพื่อรับกระแส และส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาร์มาเจอร์ กับวงจรไฟฟ้าจากภายนอก คือถ้าเป็นมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ให้ลวดอาร์มาเจอร์เกดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้

๒.๒ หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action)

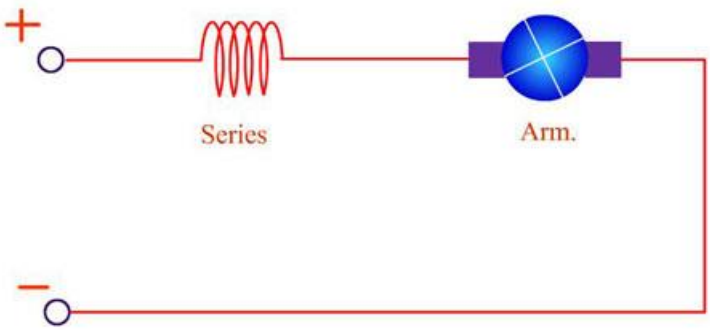
หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะ แปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ–ใต้ขึ้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก ๒ สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุน การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming’left hand rule)

ชนิดของมอเตอร์

๓.ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

๓.๑ มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)

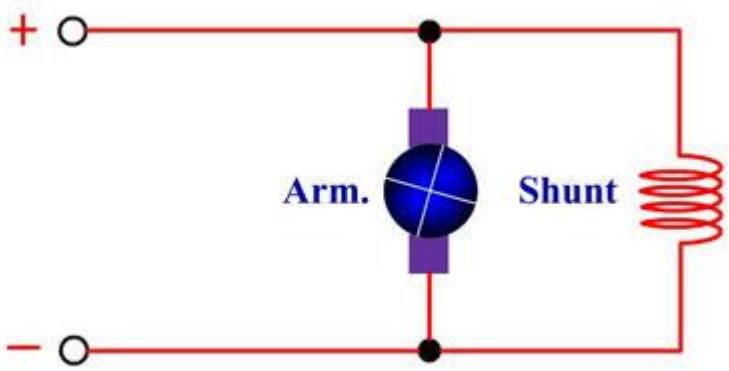
คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า ซีรีสฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยกของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็ว ก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวด ของมอเตอร์ ไม่เป็นอันตราย จากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ในบ้านหลายอย่าง เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม ใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบ จะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบอนุกรม

๓.๒ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)

หรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ (Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ ชันท์มอเตอร์ส่วนมากเหมะกับงานดังนี้พัดลมเพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่ และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย



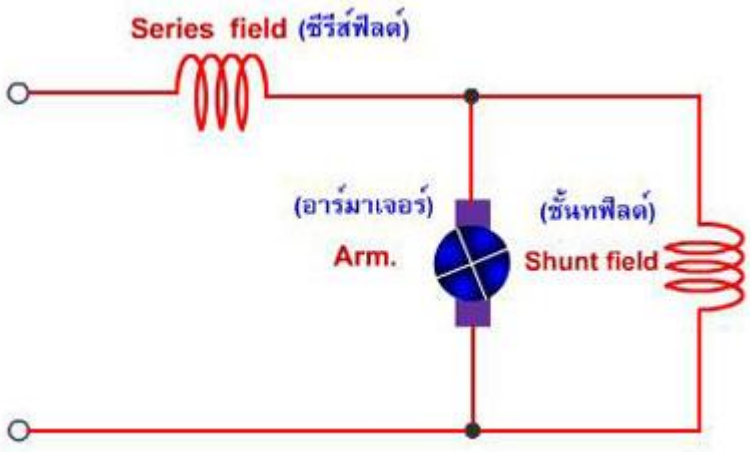
วงจรแสดงการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

๓.๓ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)

หรือเรียกว่าคอมเปาว์ดมอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้ จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสม มีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High staring torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่

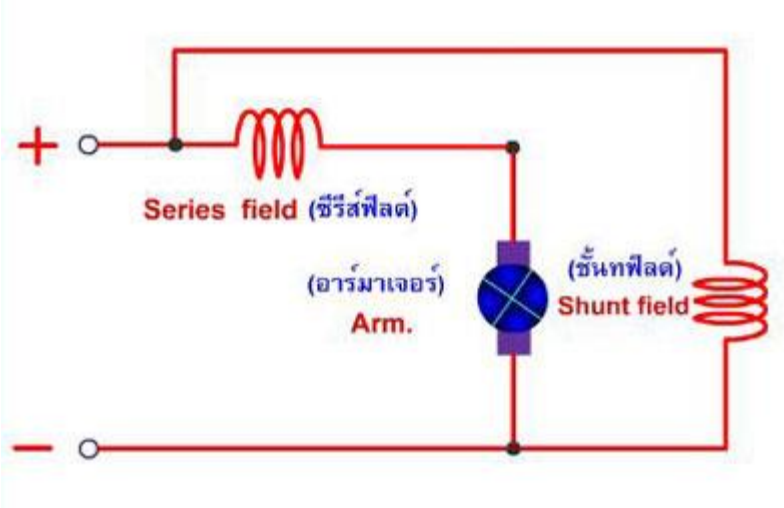
มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์อยู่ ๒ วิธี

วิธีหนึ่งใช้ต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า ชอทชันท์ (Short Shunt Compound Motor) ดังรูปวงจร



วงจรแสดงการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบชอร์ทชั้นท์คอมเปาว์ด

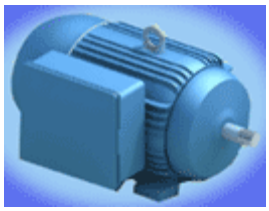
อีกวิธีสองคือต่อขดลวด ขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า ลองชั้นท์คอมเปาวด์มอเตอร์ (Long shunt motor) ดังรูปวงจร



วงจรแสดงการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบลองชั้นท์เปาว์ดมอเตอร์

มอเตอร์ที่นิยมใช้ในโรงงาน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส

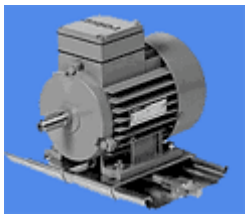


มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส

แบ่งออกตามโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ ๒ แบบ คือ

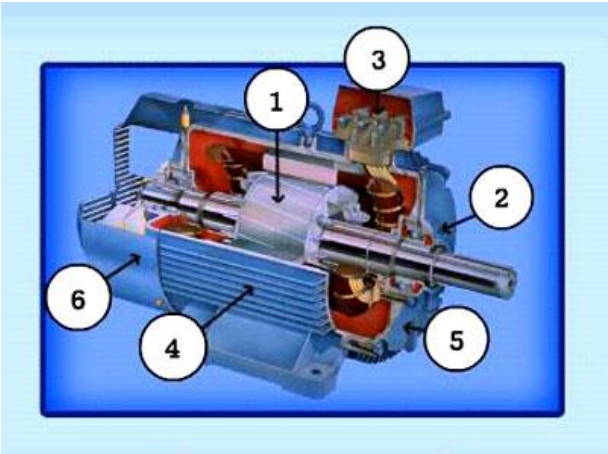
๑. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส แบบอินดักชั่น (๓ Phase Induction Motor)

๒. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส แบบซิงโครนัส (๓ Phase Synchronous Motor)



๑. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส แบบอินดักชั่น

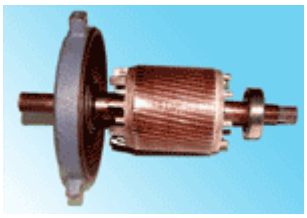
มอเตอร์ไฟสลับ ๓ ที่มีคุณสมบัติที่ดี คือมีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มีราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์ (Invertor) สามารถควบคุมความเร็ว (Speed) ได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์ นิยมใช้กันมาก เป็นต้น กำลังในโรงงานอุตสาหกรรม ขับเคลื่อนลิฟท์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า เช่น เครื่องไส เครื่องกลึง มอเตอร์อินดักชั่นมี ๒ แบบ แบ่งตามลักษณะตัวหมุน คือ



๑.โรเตอร์
๒. ขดลวดสนามแม่เหล็ก
๓. ขั้วต่อสาย
๔. โครงมอเตอร์
๕. ฝาครอบหัว
๖. ฝาครอบท้าย

๑.๑ อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Induction Motor)

อินดักชั่นมอเตอร์แบบนี้ ตัวโรเตอร์จะมีโครงสร้างแบบกรงกระรอกเหมือนกับโรเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์



รูปโรเตอร์แบบกรงกระรอก **รูปสเตเตอร์ ของอินดักชั่นมอเตอร์**

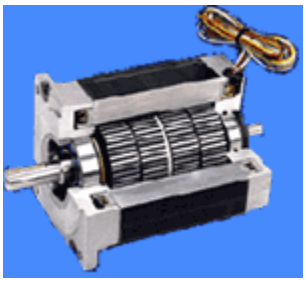
๑.๒ อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด (Wound Rotor Induction Motors)

อินดักชั่นมอเตอร์ชนิดนี้ตัวโรเตอร์จะทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวทุ่นคล้าย ๆอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีร่องสำหรับวางขดลวดของตัวโรเตอร์เป็นขดลวด ๓ ชุด สำหรับสร้างขั้วแม่เหล็ก ๓ เฟส เช่นกันปลายของขดลวดทั้ง ๓ ชุดต่อกับสปริง(Slip Ring) จำนวน ๓ อันสำหรับเป็นทางให้กระแสไฟฟ้าครบวงจรทั้ง ๓ เฟสการทำงานของอินดักชั่นมอเตอร์
เมื่อจ่ายไฟฟ้าสลับ ๓ เฟสให้ที่ขดลวดทั้ง ๓ ของตัวสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนรอบ ๆ ตัวสเตเตอร์ ทำให้ตัวหมุน(โรเตอร์) ได้รับการเหนี่ยวนำทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์ และขั้วแม่เหล็กนี้ จะพยายามดึงดูดกับสนามแม่เหล็กที่หมุนอยู่รอบ ๆ ทำให้มอเตอร์
ของอินดักชั่นมอเตอร์หมุนไปได้ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนที่ตัวสเตเตอร์นี้จะคงที่ตามความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นโรเตอร์ของอินดักชั่น ของมอเตอร์ จึงหมุนตามสนามหมุนดังกล่าวไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน

๒. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสแบบซิงโครนัสเป็นมอเตอร์ได้ใหญ่ที่สุด

ซิงโครนัสมอเตอร์เป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่สุด ที่ขนาดพิกัดของกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ ๑๕๐ kW (๒๐๐ hp) จนถึง ๑๕ MW (๒๐,๐๐๐ hp) มีความเร็วตั้งแต่ ๑๕๐ ถึง ๑,๘๐๐ RPM

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสแบบซิงโครนัส (๓ Phase Synchronous Motor)



โครงสร้างของซิงโครนัสมอเตอร์ ที่สำคัญมี ๒ ส่วนคือ

๑. สเตเตอร์ (Stator)

๒. โรเตอร์ (Rotor)

๑. สเตเตอร์ (Stator) ของซิงโครนัสมอเตอร์เหมือนกับสเตเตอร์ของ ๓ เฟส

อินดักชั่นมอเตอร์มีร่องสำหรับพันขดลวดจำนวน ๓ ชุด เฟสละ๑ ชุด เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส ให้กับสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนอินดักชั่นมอเตอร์

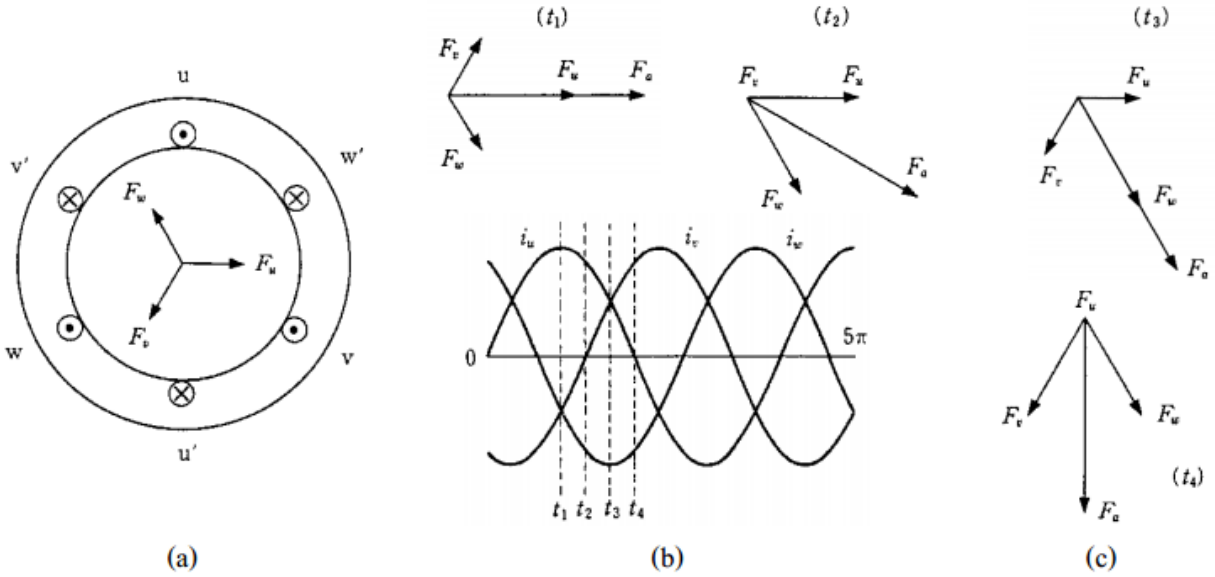
๒. โรเตอร์ (Rotor) ของซิงโครนัสมอเตอร์ เป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient Poles) และมีขดลวดพันข้าง ๆ ขั้วแม่เหล็กยื่นเหล่านั้น ขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันรอบขั้วแม่เหล็กยื่นต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก เพื่อสร้างขั้วแม่เหล็กขึ้นที่ตัวโรเตอร์ การทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส ให้กับสเตเตอร์ของซิงโครนัสมอเตอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากตัวหมุน (โรเตอร์)

ของซิงโครนัสมอเตอร์เป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น และมีขดลวดสนามแม่เหล็กพันอยู่รอบ ๆโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสภายนอก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโรเตอรจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ขึ้น ขั้วแม่เหล็กนี้จะเกาะตามการหมุนของสนามหมุนของสเตเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์

พื้นฐานของเครื่องกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า

เครื่องกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำเป็นเครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยสเตเตอร์และโรเตอร์ ซึ่งต่างมีขดลวดอาร์เมเจอร์ที่เป็นอิสระต่อกัน และทำงานด้วยการถ่ายทอดกำลังไฟฟ้าโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดลวดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ในสภาวะที่มีเครื่องหมุนด้วยความเร็วคงที่ ความเร็วนี้จะไม่เท่ากับความเร็วซิงโครนัส ขดลวดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับเรียกว่า ขดลวดปฐมภูมิ ส่วนขดลวดอีกขดหนึ่งเรียกว่า ขดลวดทุติยภูมิ

(2) หลักการของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส



รูปที่ 1 การเกิดสนามแม่เหล็กหมุน

(a) สนามแม่เหล็กหมุน

รูปที่ ๒.๑๖ (a) แสดงขดลวดที่เหมือนกัน ๓ ขด ได้แก่ uu′, vv′ และ ww′ เรียงตัวโดยทำมุม ๒π/๓ [rad] ซึ่งกันและกัน เมื่อลัดวงจรขั้ว u′, v′ และ w′ และจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสตามที่แสดงในรูปที่ ๒.๑๖ (b) ให้กับขั้ว u, v และ w แล้ว เมื่อเวลาเท่ากับ $t_๑$ $t_๒$ $t_๓$ และ $t_๔$ ในขดลวดแต่ละขดตามทิศทางแกนหมุนจะเกิดแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำตัดกัน และ ที่มีขนาดแปรผันตามกระแสตามรูป ๑ (c) แรงลัพธ์ของแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำ จะมีขนาดคงที่ค่าหนึ่งตามรูป เป็นแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่หมุนด้วยความเร็วเชิงมุม $\omega_{๐}$ = ๒πf [rad/s] ทำให้ในบริเวณนั้นเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น

(b) การเกิดแรงบิด

เมื่อวางทรงวัตถุกระบอกที่นำไฟฟ้าไว้ในสนามแม่เหล็กหมุน เส้นแรงแม่เหล็กจะตัดผ่านวัตถุกระบอกที่นำไฟฟ้าทรงกระบอก ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในวัตถุกระบอกที่นำไฟฟ้า และมีกระแสไหลวนเกิดขึ้น แรงแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างกระแสนี้กับเส้นแรงแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงบิดขึ้นตามทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็ก และวัตถุกระบอกที่นำไฟฟ้าจะหมุนตามทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็ก หรือแทนที่จะใช้วัตถุกระบอกที่นำไฟฟ้าจะใช้ขดลวด ๓ เฟสที่ต่อลัดวงจรแล้วก็จะได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกัน นี่เป็นหลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

(๓) คุณสมบัติพื้นฐานของ**มอเตอร์**เหนี่ยวนำ

- ความเร็วซิงโครนัส n_s

$$n_s = \frac{120\, f_1}{p} \qquad [\text{min}^{-1}]$$

ในที่นี้ f_1 คือ ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ

p คือ จำนวนขั้ว

- ความเร็วรอบ n

$$n = n_s(1 - s) \qquad [\text{min}^{-1}]$$

ทั้งนี้ $S = \text{สลิป} = \frac{n_s - n}{n_s}$

- ความถี่ทุติยภูมิ (ความถี่สลิป) f_2

$$f_2 = sf_1 \qquad [\text{Hz}]$$

$$\therefore \quad n_s - n = \frac{120 f_2}{p}$$

- แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ : แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำปฐมภูมิ E_1 [V] และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำทุติยภูมิ E_{2s} [V] เมื่อเดินเครื่องด้วยสลิปเท่ากับ S คำนวณได้ตามสูตรต่อไปนี้

$E_1 = 4.44\, f_1 \omega_1 k_{\omega_1} \Phi_1$ และ $E_{2s} = 4.44\, f_2 \omega_2 k_{\omega_2} \Phi_1$

ทั้งนี้ Φ_1 คือ เส้นแรงแม่เหล็กของคลื่นมูลฐานของทุกขั้ว [Wb]

ω_1 และ ω_2 คือ จำนวนรอบของขวดลวด 1 เฟสด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ

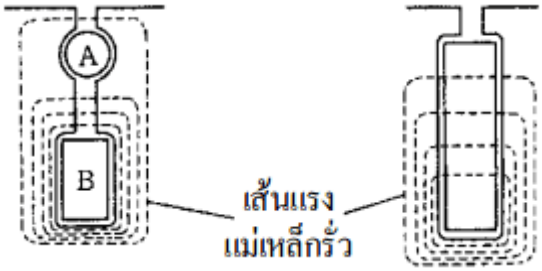
f_1 และ f_2 คือ ความถี่ด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ [Hz]

k_{ω_1}และ k_{ω_2} คือ สัมประสิทธิ์ของขดลวดด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ

ตารางที่ 1 จะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการเดินเครื่อง สลิป ความถี่ทุติยภูมิและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำทุติยภูมิ

สถานะการเดินเครื่อง	สลิป (s)	ความถี่ทุติยภูมิ (f_2)	แรงเคลื่อนไฟฟ้าทุติยภูมิ (E_{2s})
หยุด	1	f_1	E_2
มอเตอร์	$0 < s < 1$	sf_1	sE_2

ความเร็วซิงโครนัส	0	0	0



รูปที่ 3 รูปร่างโรเตอร์ของมอเตอร์

กรงกระรอกแบบพิเศษ

(๔) ประเภทของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ๓ เฟส

แบ่งประเภทตามโครงสร้างของโรเตอร์ได้ดังต่อไปนี้

- มอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอกธรรมดา โครงสร้างของโรเตอร์ประกอบด้วยตัวนำ รูปแท่งจำนวนมากซึ่งมีขดลวดทุติยภูมิฝังอยู่ในสล็อต กับวงแหวนลัดวงจรซึ่งทำหน้านี้ลัดวงจรขดลวดเหล่านี้

- มอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอกแบบพิเศษ โรเตอร์มีโครงสร้างขดลวดทุติยภูมิแบบพิเศษเพื่อควบคุมกระแสขณะเริ่มหมุนและเพิ่มแรงบิดขณะเริ่มหมุน แบ่งเป็นมอเตอร์กรงกระรอกสองชั้นกับมอเตอร์กรงกระรอกร่องลึก (รูปที่ ๒)

- มอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบรูปขดลวด โครงสร้างของโรเตอร์มีขดลวดทุติยภูมิเป็นขดลวดหลายเฟส และต่อขั้วสายขดลวดออกมาภายนอกโดยใช้สลิปริง

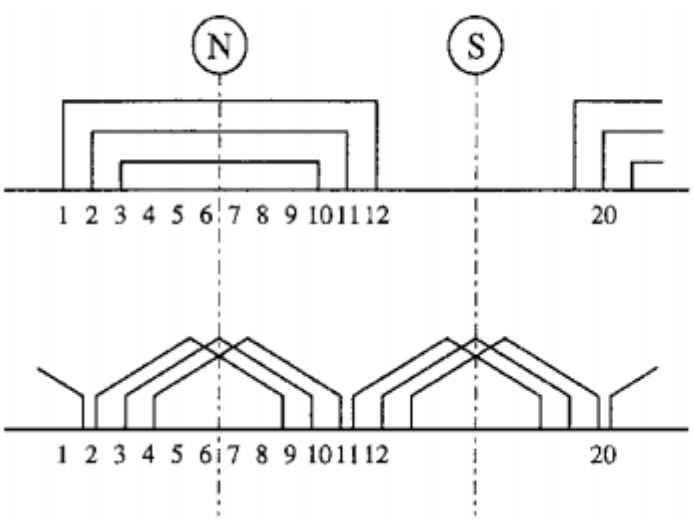
(๕) ขดลวดสเตเตอร์

- Concentrated winding กับ Distributed widing : หากจำนวนสล็อตของแต่ละขั้วและแต่ละเฟสเท่ากับ 1 ช่องจะเรียกว่า Concentrated winding หากมีจำนวนตั้งแต่ 2 ช่องขึ้นไปจะเรียกว่า Distributed widings แบบที่นิยมใช้กันในเกือบทุกกรณีได้แก่ Distributed widings เนื่องจากจะมีอัตราการใช้งานแกนเหล็กของสเตเตอร์สูงกว่า

- Full pitch widings กับ Fractional pitch winding: หากความกว้างของขดลวดเท่ากับระยะห่างระหว่างขั้วแม่เหล็กจะเรียกว่า Full pitch widings หากสั้นกว่าระยะห่าง

ระหว่างขั้วแม่เหล็กจะ เรียกว่า Fractional pitch winding โดยทั่วไปจะใช้ Fractional pitch winding เพื่อลดคลื่นฮาร์โมนิก

– Lap widings กับ Concentric winding: Lap widings จะมีคลื่นฮาร์โมนิกของเส้นแรง แม่เหล็กน้อยกว่า แต่ Concentric winding จะพันขดลวดด้วยเครื่องจักรได้ง่ายกว่า



รูปที่ 3 เปรียบเทียบขดลวดได้ศูนย์กับขดลวดซ้อน (ต่อ 1 เฟส)

๑.๒ คุณลักษณะ

(๑) วงจรของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ๓ เฟส

– กระแสทุติยภูมิ กำหนดให้กระแสทุติยภูมิของมอเตอร์ที่เดินเครื่องด้วยสลิป s คำนวณได้ตามสูตรต่อไปนี้

$$\dot{I}_2 = \frac{s\dot{E}_2}{r_2 + jsx_2}$$

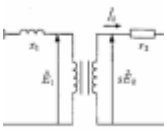
ทั้งนี้ $\dot{E}_2$ คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อหยุดนิ่ง [V]

r_2 คือ ความต้านทานทุติยภูมิ [Ω]

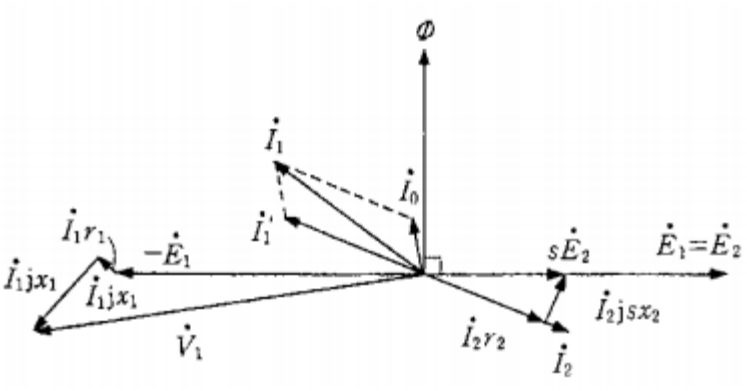
x_2 คือ รีแอกแตนซ์รั่วด้านทุติยภูมิ (ที่ความถี่ปฐมภูมิ) [Ω]

โดยทุกค่าต้องแปลงเทียบเป็นด้านปฐมภูมิ

- วงจรกับเวกเตอร์ เวกเตอร์เมื่อต่อวงจรแบบสตาร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสตามที่แสดงในรูปที่ 1 (a) และ (b)

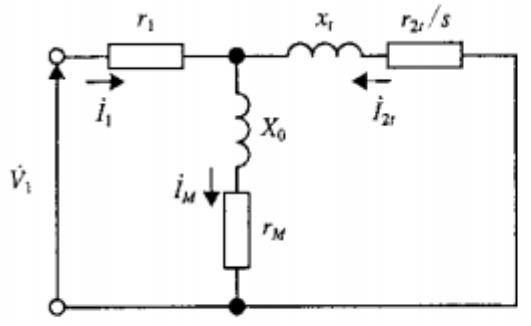


รูปที่ 4 (a) ผังวงจรของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (ต่อ 1 เฟส)



รูปที่ 4 (b) ผังเวกเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (ต่อ 1 เฟส)

(2) วงจรสมมูล



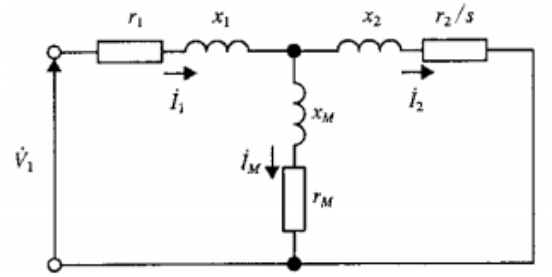
$$r_{2t} = a^2 r_2$$

$$x_t = a^2(x^2 + x_M) - ax_M \approx x_1 + x_2$$

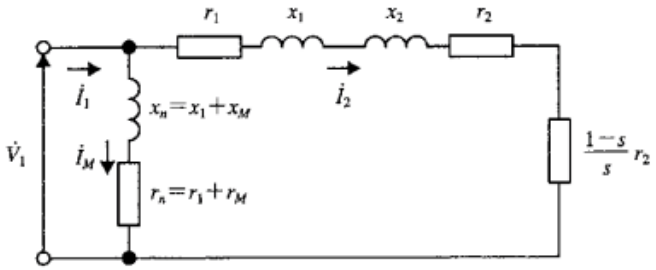
$$x_0 = ax_M = x_M + x_1$$

ทั้งนี้ $$a = \frac{x_M + x_1}{x_M}$$

(c) วงจรสมมูลรูปตัว T-II



(a)วงจรสมมูลรูปตัว T



(b)วงจรสมมูลรูปตัว L

$\dot{V}_1$: แรงดันวงจรแบบสตาร์ปฐมภูมิ
$\dot{I}_1$: กระแสปฐมภูมิ
$\dot{I}_2$: กระแสทุติยภูมิ (แปลงเทียบเป็นด้านปฐมภูมิ)
$\dot{I}_n$: กระแสสร้างสนามแม่เหล็กขณะที่ไม่มีโหลด
$\dot{I}_M$: กระแสสร้างสนามแม่เหล็ก
s: สลิป
r_1: ความต้านทานปฐมภูมิ
r_2: ความต้านทานทุติยภูมิ (แปลงเทียบเป็นด้านปฐมภูมิ)
x_1: รีแอกแตนซ์รั่วปฐมภูมิ
x_2: รีแอกแตนซ์รั่วทุติยภูมิ
r_M: ความต้านทาน Iron loss
x_M: รีแอกแตนซ์สร้างสนามแม่เหล็ก

(๓) การคำนวณคุณลักษณะ

การคำนวณคุณลักษณะของเครื่องกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะนิยมใช้วิธีผังวงกลมกันมาก แต่เมื่อมีการปรับปรุงมาตรฐาน JEC “เครื่องกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ” ก็มีการเปลี่ยนไปใช้วิธีโหลดจริงหรือวิธีวงจรสมมูล อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการใช้วงจรสมมูลรูปตัว T–II ซึ่งกำหนดโดย JEC นั้น การคำนวณค่อนข้างจะซับซ้อน ในที่นี้จึงจะอธิบายการคำนวณคุณลักษณะโดยใช้วงจรสมมูลรูปตัว L ตามรูป ๕ (b)

$$\dot{I}_n = \frac{\dot{V}_1}{r_n + jx_n} \text{ [A]}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_1}{(r_n + r_2/s) + j(x_1 + x_2)} \text{ [A]}$$

กระแสปฐมภูมิ $\dot{I}_1 = \dot{I}_n + \dot{I}_2$ [A]

เมื่อให้ $\dot{I}_1 = \dot{V}_1 / (R + jX)$ แล้ว

เพาเวอร์แฟกเตอร์: $\cos\varphi = R/\sqrt{R^2 + X^2}$

กำลังขาเข้าปฐมภูมิ: $P_1 = m_1 V_1 I_1 \cos\varphi$ [W]

(m_1คือจำนวนเฟสปฐมภูมิ และ $I_1 = |\dot{I}_1|$)

กำลังขาเข้าทุติยภูมิ: $P_2 = m_1 I_2^2 \cdot \frac{r_2}{s}$ [W]

Copper loss ทุติยภูมิ: $P_{r2} = m_1 I_2^2 r_2 = sP_2$ [W]

กำลังขับที่เกิดขึ้น: $P_0 = P_2 - P_{r2} = P_2(1-s) = m_1 I_2^2 \left(\frac{1-s}{s}\right) r_2 = \frac{m_1 V_1^2 (1-s)\frac{r_2}{s}}{\left(r_1 + \frac{r_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2)^2}$ [W]

$$\eta = \frac{P_0}{P_1} \times 100 \quad \%$$

ประสิทธิภาพ :

$$\text{แรงบิด: } T = \frac{\text{กำลังขับที่เกิดขึ้น}}{\text{ความเร็วเชิงมุม}} = \frac{P_0}{\omega} = \frac{P_2(1-s)}{\omega_0(1-s)} = \frac{P_2}{\omega_0}$$

แรงบิด :

$$T = \frac{m_1 I_2^2 \frac{r_2}{s}}{\omega_0} = \frac{m_1 V_1^2 \frac{r_2}{s}}{\omega_0 \left\{ \left(r_1 + \frac{r_2}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2)^2 \right\}} \quad [\mathrm{N \cdot m}]$$

$$\text{แรงบิดสูงสุด: } \quad T_m = \frac{m_1 V_1^2}{2\omega_0 \{ r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2)^2} \}} \quad [\mathrm{N \cdot m}]$$

$$\left(\text{ที่สลิป } s_t = \frac{r_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2)^2}} \right)$$

$$\text{กำลังขาออกสูงสุด: } \quad P_m = \frac{m_1 V_1^2}{2\{(r_1 + r_2) + \sqrt{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2}\}} \quad [\mathrm{W}]$$

$$\left(\text{ที่สลิป } s_p = \frac{r_2}{r_2 + \sqrt{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2}} \right)$$

หมายเหตุ: การคำนวณประสิทธิภาพและแรงบิด แต่เดิมใช้วิธีคำนวณเทียบกับกำลังขับที่เกิดขึ้น แต่ในมาตรฐาน JEC ฉบับปรับปรุงได้กำหนดให้คำนวณเทียบกับกำลังขาออกที่เพลาของมอเตอร์ซึ่งได้จากกำลังขับที่เกิดขึ้นลบกำลังสูญเสียทางกลและกำลังสูญเสียจากสเตรย์โหลด

(4) การคำนวณคุณสมบัติพื้นฐานเพื่อคำนวณคุณลักษณะตามวงจรสมมูล

(ก) ความต้านทานขดลวดปฐมภูมิ คำนวณค่าความต้านทานขดลวดปฐมภูมิ r1 [Ω] จากค่าเฉลี่ย R1 ของความต้านทานขดลวดปฐมภูมิที่วัดได้ระหว่างทั้ง 3 ขั้วได้ดังต่อไปนี้

$$r_1 = \frac{R_1}{2} \cdot \frac{235 + T}{235 + t}$$

ทั้งนี้ T คือ อุณหภูมิมาตรฐานของขดลวด [°C]

t คือ อุณหภูมิของขดลวดขณะที่วัด [°C]

(ข) คุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบโดยไม่มีโหลด จากพิกัดแรงดัน V_1 กระแสขณะไม่มีโหลด I_0 และกำลังขาเข้า ๓ เฟส P_{10} จะคำนวณ r_n (= r_1 + r_M) [W] และ x_n (= x_1 + x_M) [W] ดังต่อไปนี้

$$r_n = \frac{P_{10}}{3I_0^2} \qquad r_n^2 + x_n^2 = \left(\frac{V_1}{I_0}\right)^2 \qquad x_n = \sqrt{\left(\frac{V_1}{I_0}\right)^2 - \left(\frac{P_{10}}{3I_0^2}\right)^2}$$

หมายเหตุ มาตรฐาน JEC ฉบับปรับปรุงได้กำหนดให้หักกำลังสูญเสียทางกลจากกำลังขาเข้า ๓ เฟส และคำนวณหาค่าอิมพิแดนซ์เมื่อไม่มีโหลดโดยไม่คิดกำลังสูญเสียทางกล

(ค) คุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบโดยตรึงอยู่กับที่ จากแรงดันปฐมภูมิ V_{1s} กระแสปฐมภูมิ I_{1s} และกำลังขาเข้า ๓ เฟส P_{1s} จะคำนวณอิมพิแดนซ์สมมูล Z_s (ความต้านทาน R_s และรีแอกแตนซ์ X_s) [W] ดังต่อไปนี้

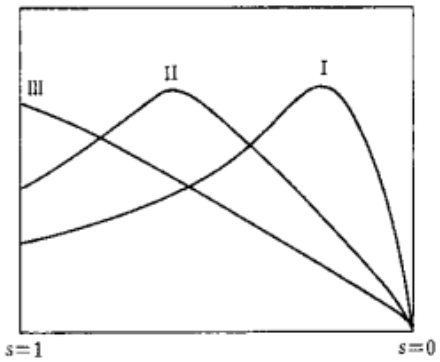
$$Z_s = \frac{V_{1s}}{I_{1s}} \qquad R_s = \frac{P_{1s}}{3I_{1s}^2} \qquad X_s = \sqrt{\left(\frac{V_{1s}}{I_{1s}}\right)^2 - \left(\frac{P_{1s}}{3I_{1s}^2}\right)^2}$$

ในวงจรสมมูลรูปตัว L จะคำนวณค่าคงที่ของวงจรสมมูลโดยให้ $R_s = r_1 + r_2$ และ $X_s = x_1 + x_2$

หมายเหตุ: กรณีที่จะคำนวณค่าคงที่ของวงจรสมมูลจากอิมพิแดนซ์ขณะที่ทำการทดสอบโดยตรึงอยู่กับที่ แต่เดิมในการทดสอบโดยตรึงอยู่กับที่จะคำนวณโดยถือว่า $I_{0s} << I_{1s}$ และไม่คำนึงถึงวงจรสร้างสนามแม่เหล็ก แต่มาตรฐาน JEC ฉบับปรับปรุงได้กำหนดให้คำนวณค่าคงที่โดยต้องคำนึงถึงวงจรสร้างสนามแม่เหล็กด้วย

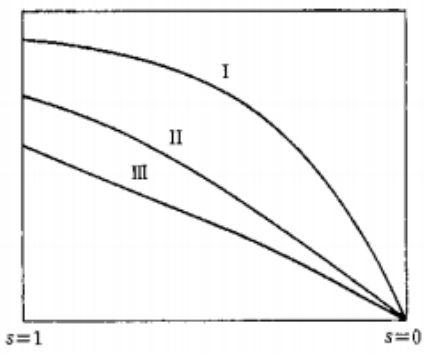
(5) คุณลักษณะแรงบิด

– Proportional shifting คุณสมบัติใดๆ ที่ขึ้นอยู่กับความต้านทานทุติยภูมิและสลิปในรูป r_2/s เพียงพจน์เดียวนั้น หาก r_2/s มีค่าคงที่ คุณสมบัตินั้นก็จะมีค่าคงที่ด้วย กล่าวคือ เมื่อแรงบิดหรือกระแสมีค่าคงที่ สลิปของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงแปรผันตามความต้านทานของวงจรทุติยภูมิ คุณลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Proportional shifting



r_2 ของ I < r_2 ของ II < r_2 ของ III

รูปที่ 6 Proportional shifting ของแรงบิด

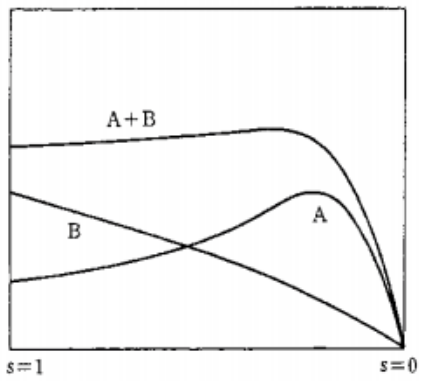


r_2 ของ I < r_2 ของ II < r_2 ของ III

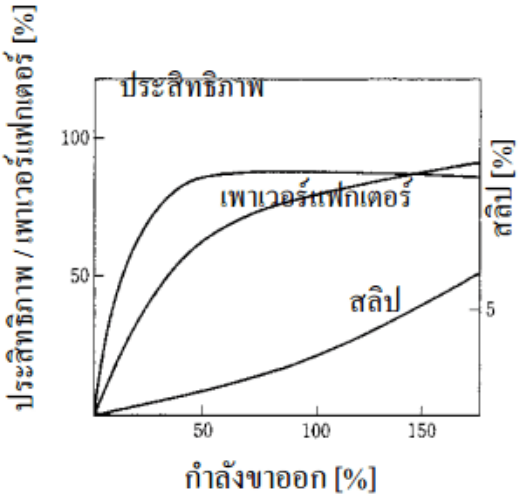
รูปที่ 7 Proportional shifting ของกระแสปฐมภูมิ

– คุณลักษณะแรงบิดของมอเตอร์กรงกระรอกสองชั้น: ขณะเริ่มหมุนมอเตอร์จะมีความถี่สลิปสูง และอิมพิแดนซ์ของตัวนำภายในจะมีค่าสูงกว่าตัวนำภายนอก กระแสส่วนใหญ่จึงไหลผ่านตัวนำภายนอก มอเตอร์จึงเริ่มหมุนโดยมีความต้านทาน ทุติยภูมิสูง ทำให้คุณลักษณะขณะเริ่มหมุนดีขึ้น แต่ขณะที่กำลังเดินเครื่องมอเตอร์จะมีความถี่สลิปต่ำ กระแสส่วนใหญ่จึงไหลผ่านตัวนำภายในซึ่งมีความต้านทานต่ำ จึงช่วยป้องกันไม่ให้มีกำลังสูญเสียมาก

– คุณลักษณะกำลังขาออก รูปที่ ๘ แสดงตัวอย่างหนึ่งของประสิทธิภาพ เพาเวอร์แฟกเตอร์ และสลิปเทียบกับกำลังขาออก



รูปที่ 8 คุณลักษณะแรงบิดของกรงกระรอกสองชั้น



รูปที่ 9 ตัวอย่างประสิทธิภาพ เพาเวอร์แฟกเตอร์ และสลิป

1.3 การเดินเครื่องกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

(1) การสตาร์ท

(a) มอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอก (กรงกระรอกธรรมดาและกรงกระรอกแบบพิเศษ)

- การสตาร์ตด้วยแรงดันเต็มที่ ใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก แรงบิดขณะเริ่มหมุนจะเท่ากับ 100-200% ของพิกัด กระแสเริ่มหมุนจะเท่ากับ 500-700% ของพิกัด กรณีที่แหล่งจ่ายไฟมีกำลังมากอาจใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดปานกลางด้วยก็ได้

- การสตาร์ตแบบสตาร์-เดลต้า แรงดันของขดลวดจะเท่ากับ 1/ ทั้งกระแสเริ่มหมุนกับแรงบิดเริ่มหมุนจะเท่ากับ 1/3

- การสตาร์ตด้วยรีแอกเตอร์ เลือกแท็ปตามแรงบิดของโหลด หากกระแสเป็น 1/a แรงบิดจะเป็น $1/a^2$
- การสตาร์ตด้วยเครื่องชดเชย ใช้หม้อแปลงขดลวดเดี่ยว เมื่อลดแรงดันเป็น 1/a แรงบิดจะเป็น $1/a^2$ กระแสจะเป็น $1/a^2$

(b) มอเตอร์เหนี่ยวนำรูปขดลวดใช้ตัวต้านทานสตาร์ต

(2) การควบคุมความเร็ว

(a) มอเตอร์เหนี่ยวนำรูปขดลวด

– การควบคุมความต้านทานทุติยภูมิ ใช้คุณลักษณะ Proprotional shifting ของแรงบิด เพิ่มหรือลดความต้านทานทุติยภูมิเพื่อควบคุมความเร็ว มีข้อเสียคือกำลังสูญเสียจากโหลดจะเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพจะลดลง

– การควบคุมการสร้างสนามแม่เหล็กทุติยภูมิ ปรับแรงดันของความถี่สลิปที่จ่ายให้วงจรทุติยภูมิ รับและจ่ายกำลังไฟฟ้าระหว่างแหล่งจ่ายไฟทุติยภูมิไปพร้อมๆ กับควบคุมความเร็วอย่างมี ประสิทธิภาพ มีทั้งวิธีเครเมอร์ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าทุติยภูมิของมอเตอร์เป็นกำลังขับทางกล และแบบ Scherbius ซึ่งนำกลับมาใช้เป็นกำลังไฟฟ้า

(b) มอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอก

– การควบคุมความถี่ปฐมภูมิ ความเร็วซิงโครนัสจะแปรผันตามความถี่ และปรับแรงดันให้แปรผันตามความถี่ด้วยเพื่อรักษาความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กให้คงที่ (ควบคุม V/f ให้คงที่)

– การควบคุมแรงดันปฐมภูมิ ควบคุมความเร็วโดยใช้ประโยชน์จากการที่ เส้นกราฟ แรงบิด–ความเร็วจะเปลี่ยนแปลงแปรผันตามกำลังสองของแรงดัน

– การแปลงจำนวนขั้ว มีโครงสร้างซับซ้อน และการปรับความเร็วจะทำได้เป็นขั้นๆ

(3) การเบรก

– Regenerative braking ใช้เฟืองหรือการแปลงจำนวนขั้วทำให้มอเตอร์ทำงานเหมือนกับเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วยความเร็วเท่ากับหรือสูงกว่าความเร็วซิงโครนัส และกำเนิดไฟฟ้า

– Dynamic braking ตัดวงจรปฐมภูมิจากแหล่งจ่ายไฟ ให้สนามแม่เหล็กกระแสตรงเพื่อให้ด้านปฐมภูมิกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับและเปลี่ยนเป็นความร้อน

– Counter current braking (Plugging) สลับการต่อวงจร 2 เฟสจาก 3 เฟส เพื่อทำให้สนามแม่เหล็กหมุนกลับทิศ

- Single phase braking: รวมสาย 2 เส้นของขดลวดด้านปฐมภูมิเข้าด้วยกัน แล้วจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับระหว่างสองเส้นนั้นกับอีก 1 เส้นที่เหลือ ส่วนด้านทุติยภูมิให้ต่อกับตัวต้านทานเพื่อให้เกิดแรงเบรก (จากการกลับเฟส)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ (1)สนามแม่เหล็ก (2)ขดลวดตัวนำ (3)คอมมิวเตเตอร์ และ (4)แปรงถ่าน สนามแม่เหล็กสามารถที่จะหาได้จากแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แต่ในขณะที่นี้จะสมมุติให้ใช้แม่เหล็กถาวรก่อน สนามแม่เหล็กจะประกอบด้วยฟลักซ์แม่เหล็กที่อยู่ในลักษณะครบวงจร ฟลักซ์แม่เหล็กจะพุ่งออกจากขั้วเหนือของแม่เหล็กผ่านช่องว่างระหว่างขั้วแม่เหล็กเข้าสู่ขั้วใต้แล้วเคลื่อนที่ผ่านเนื้อในแม่เหล็กกลับไปยังขั้วเหนือ

ขดลวดตัวนำรอบเดียวตั้งอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก เพราะฉะนั้นขดลวดดังกล่าวนี้จึงอยู่ในสนามแม่เหล็ก ตราบใดที่ขดลวดไม่เคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กก็ไม่ส่งผลใดๆ ต่อขดลวด แต่ถ้าวงขดลวดเคลื่อนที่หมุนตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก มันก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวด

การแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1. เครื่องกำเนิดชนิดกระตุ้นแบบแยก (Separaly excited generator)

2. เครื่องกำเนิดชนิด (Self excited generator)

    2.1 เครื่องกำเนิดแบบอนุกรม (Series generator)

    2.2 เครื่องกำเนิดแบบขนาน (Shunt generator)

    2.3 เครื่องกำเนิดแบบผสม (Compound generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

อาศัยหลักการขดลวดตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก ขดลวดตัวนำที่สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้เรียกว่าขดลวดอาร์เมเจอร์(armature) ซึ่งวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กและสามารถหมุนได้โดยมีต้นกำลังงานกลมาขับ เมื่อขดลวดนี้ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับเกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์

เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับไหลมาถึงซี่คอมมิวเตเตอร์(commutator) ไฟฟ้ากระแสสลับนี้ถูกเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและไหลออกสู่วงจรภายนอกโดยผ่านแปรงถ่าน(brushes)

เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับไหลมาถึงวงแหวนลื่น(slip ring) แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับนี้ไหลออกสู่วงจรภายนอกโดยผ่านแปรงถ่าน(brushes) หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก มีหลักการดังนี้ให้ขั้วแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วนำขดลวดตัวนำมาวางระหว่างขั้วแม่เหล็กแล้วหาพลังงานมาหมุนขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้

หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด มีหลักการดังนี้ให้ขดลวดลวดตัวนำอยู่กับที่แล้วหาพลังงานกลมาขับให้สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดตัวนำ ทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น (The basic d.c. generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

(1) สนามแม่เหล็ก

(2) ขดลวดตัวนำ

(3) คอมมิวเตเตอร์ และ

(4) แปรงถ่าน

สนามแม่เหล็กสามารถที่จะหาได้จากแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แต่ในขณะที่นี้จะสมมุติให้ใช้แม่เหล็กถาวรก่อนสนามแม่เหล็กจะประกอบด้วยฟลักซ์แม่เหล็กที่อยู่ในลักษณะครบวงจร ฟลักซ์แม่เหล็กจะพุ่งออกจากขั้วเหนือของแม่เหล็กผ่านช่องว่างระหว่างขั้วของแม่เหล็กเข้าสู่ขั้วใต้แล้วเคลื่อนที่ผ่านเนื้อในแม่เหล็กกลับไปยังขั้วเหนือ

ขดลวดตัวนำรอบเดียวตั้งอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก เพราะฉะนั้นขดลวดดังกล่าวนี้จึงอยู่ในสนามแม่เหล็ก ตราบใดที่ขดลวดไม่เคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กก็ไม่ส่งผลใดๆ ต่อขดลวด แต่ถ้าวงขดลวดเคลื่อนที่หมุนตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก มันก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวด

การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เมื่อใดก็ตามที่มีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (Relative motion) ระหว่างตัวนำและสนามแม่เหล็กในทิศทางที่ซึ่งตัวนำตัดกับฟลักซ์แม่เหล็กหรือตัดกับสนามแม่เหล็ก แรงดันไฟฟ้าก็จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในตัวนำ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น ค่าหรือขนาด (Magnitude) ของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับความเข้มของสนามแม่เหล็กโดยตรง และอัตราที่ซึ่งฟลักซ์แม่เหล็กตัด โดยที่สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มมากกว่าหรือจำนวนของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดในเวลาที่กำหนดให้มีค่ามากกว่า ก็จะทำให้แรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่า ส่วนทิศทางหรือขั้วของแรงดันที่เกิดขึ้นสามารถหาได้ โดยการใช้กฎมือขวาสำหรับเครื่องกำเนิด โดยความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับกฎนี้คือ ให้กางมือขวาออกโดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางต่างตั้งฉากซึ่งกันและกัน ถ้าให้นิ้วชี้ชี้ในทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือชี้ในทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วกลางก็จะชี้ในทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในเส้นลวดตัวนำ

เมื่อนำกฎมือขวามาใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้นที่มีขดลวดเพียงรอบเดียว ก็จะพิจารณาเห็นได้ว่า จะมีแรงดันสองปริมาณที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นบนด้านทั้งสองของวงขดลวดและมีขนาดต่างกัน ทิศทางของมันจะอยู่ในลักษณะอนุกรมกัน ผลคือ ค่าหรือขนาดของแรงดันที่คร่อมอยู่

ระหว่างปลายทั้งสองของวงขดลวด จะมีค่าหรือขนาดเป็นสองเท่าของแรงดันที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในแต่ละด้านของวงขดลวด

การทำงานของคอมมิวเตเตอร์

คอมมิวเตเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนแรงดันไฟสลับที่เกิดขึ้นภายในวงขดลวด ให้เป็นแรงดันไฟตรง อย่างไรก็ตามมันเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างแปรงถ่านไปยังขดลวดหมุนด้วย วิธีที่มันเปลี่ยนไฟสลับไปเป็นไฟตรงจะมีความเกี่ยวพันโดยตรงกับบทบาทหน้าที่ของมัน

ส่วนจุดประสงค์ของแปรงถ่าน ก็คือ เป็นตัวเชื่อมต่อแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังวงจรภายนอก เพื่อที่จะกระทำสิ่งนี้ แปรงถ่านแต่ละอันจะต้องต่อเชื่อมจะต้องต่อเชื่อมเข้ากับปลายแต่ละข้างของวงขดลวด แต่การเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยตรงไม่สามารถจะกระทำได้เนื่องจากวงขดลวดเป็นตัวเคลื่อนที่หมุน ดังนั้นแปรงถ่านทั้งสองจึงถูกต่อเชื่อมเข้ากับปลายทั้งสองของวงขดลวดโดยการผ่านคอมมิวเตเตอร์แทนคอมมิวเตเตอร์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกผ่าครึ่งสองชิ้นประกบกัน มีผิวเรียบทำจากวัสดุตัวนำและมีวัสดุที่เป็นฉนวนคั่นกลาง แต่ละชิ้นหรือแต่ละซีกของคิมมวิเตเตอร์จะต่อเข้ากับปลายข้างหนึ่งของวงขดลวดถาวร เพราะฉะนั้นในขณะที่วงขดลวดหมุนคอมมิวเตเตอร์ก็จะหมุนตามไปด้วย แปรงถ่านแต่ละอันจะถูกกดให้สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์แต่ละซีกและมันจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาในขณะที่วงขดลวดเคลื่อนที่หมุน ในวิธีนี้จะทำให้แปรงถ่านแต่ละอันถูกต่อเข้ากับปลายทั้งสองของวงขดลวดโดยผ่านคอมมิวเตเตอร์แต่ละซีกที่แปรงถ่านกดอยู่ เมื่อคอมมิวเตเตอร์หมุนในขณะที่แปรงถ่านอยู่กับที่ ในตอนแรกแปรงถ่านแต่ละอันจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ซีกหนึ่ง และหลังจากนั้นก็จะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์อีกซีกหนึ่ง ซึ่งสิ่งนี้ให้ความหมายว่า ในตอนแรกแปรงถ่านแต่ละอันจะต่อเข้ากับปลายข้างหนึ่งของวงขดลวด และต่อมาก็จะต่อเข้ากับปลายอีกข้างหนึ่งของวงขดลวด โดยที่แปรงถ่านทั้งสองอันวางอยู่ในตำแหน่งที่ตรงข้ามกับซีกทั้งสองข้างของคอมมิวเตเตอร์ ดังนั้นมันจึงสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์จากซีกหนึ่งไปสู่อีกซีกหนึ่ง ณ เวลาในขณะเดียวกันกับที่ วงขดลวดเคลื่อนที่หมุนมาถึงจุดที่มันเปลี่ยนขั้วของแรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นพอดี ดังนั้นที่ทุกๆ ขณะเวลาที่ปลายทั้งสองของวงขดลวดเปลี่ยนขั้ว แปรงถ่านทั้งสองอันจะเปลี่ยนจุดสัมผัส(สวิตซ์) จากซีกหนึ่งของคอมมิวเตเตอร์ไปสู่อีกซีกหนึ่ง ซึ่งในวิธีการนี้จะทำให้แปรงถ่านอันหนึ่งเป็นบวกเสมอเมื่อเทียบกับอีกอันหนึ่ง

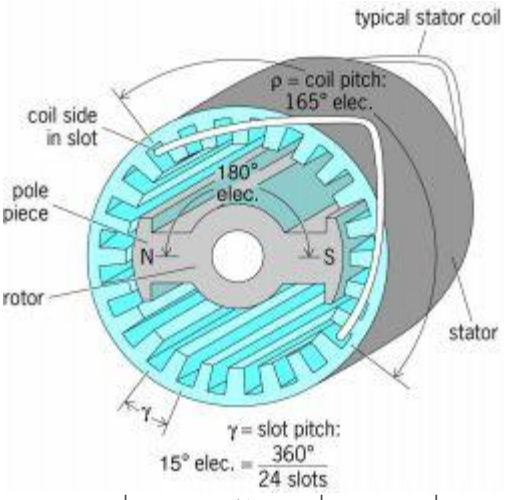
เพราะฉะนั้นค่าหรือขนาดของแรงดันระหว่างแปรงถ่านทั้งสองอันจึงขึ้นลงหรือแกว่งไปมาระหว่างค่าศูนย์และค่าสูงสุด แต่มันมีขั้วเดียวเสมอ ดังนั้นแรงดันไฟตรงขึ้นลงหรือแกว่งไปมาจึงเป็นเอาต์พุตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้งานในทางปฏิบัติ วงของขดลวดและคอมมิวเตเตอร์จะประกอบเข้าด้วยกันอยู่บนแกนหมุน ซึ่งเรียกว่า อาร์เมเจอร์ และบางครั้งเรียกว่าโรเตอร์ (Rotor) ดังนั้นอาร์เมเจอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนี้จึงเป็นส่วนที่หมุน

หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

โดยทั่วไปแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๒ ส่วน คือส่วนที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งจะมีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องรอบแกนโรเตอร์ที่ทำจากแผ่นเหล็กซิลิคอน (Silicon Steel Sheet) ขนาดหนาประมาณ ๐.๓๕–๐.๕ มิลลิเมตร นำมาอัดแน่นโดยระหว่างแผ่นเหล็กซิลิคอนจะมีฉนวนเคลือบ ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) ภายในแกนเหล็กของโรเตอร์จะได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจากเอ็กไซเตอร์(Excitor) เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น อีกส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือส่วนที่อยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์(Stator) ภายในร่องแกนสเตเตอร์ มีขดลวดซึ่งทำจากแผ่นเหล็กอัดแน่นเช่นเดียวกับโรเตอร์ฝังอยู่ อาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กผ่านลวดตัวนำ จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สเตเตอร์และนำแรงดันไฟฟ้านี้ไปใช้ต่อไป

หลักการง่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนผ่านขดลวดบนสเตเตอร์จะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสและแรงดันขึ้นที่ขดลวด สนามแม่เหล็กเกิดขึ้นได้จากการป้อนไฟ DC เข้าขดลวดของโรเตอร์ กระแสไฟ DC จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์และเมื่อโรเตอร์หมุนจะเหนี่ยวนำแรงดัน AC และกระแส ขึ้นที่ขดลวดสเตเตอร์



จากรูปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่แสดง เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนผ่านทุกๆ ขดลวด ในการหมุนครบ 1 รอบของโรเตอร์ เราเรียกว่า 1 cycle ถ้าโรเตอร์ หมุน 50 รอบใน 1 วินาที สนามแม่เหล็กจะหมุนผ่านทุกๆ ขดลวด 50 ครั้งใน 1 วินาที เราอาจจะพูดได้ว่า electrical power มีความถี่(Frequency) เท่ากับ 50cycle/sec(Hz) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

F = N

คือความถี่(Frequency) เท่ากับจำนวนรอบของการหมุนต่อวินาที ดังนั้น

F = N/60 = รอบ/วินาที

จากสมการที่ได้ใช้เฉพาะ Machine ที่เป็นแบบ ๒ pole(ขั้ว) N กับ S (North and South) หรือ ๑ คู่ของ pole

ถ้าโรเตอร์มี ๔ pole ทุกๆการหมุน ๑ รอบ ของโรเตอร์ จะได้ความถี่ออกมา ๒ cycle ดังนั้นจำนวน pole ต้องนำมาพิจารณาด้วย เมื่อจะคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความเร็วรอบ

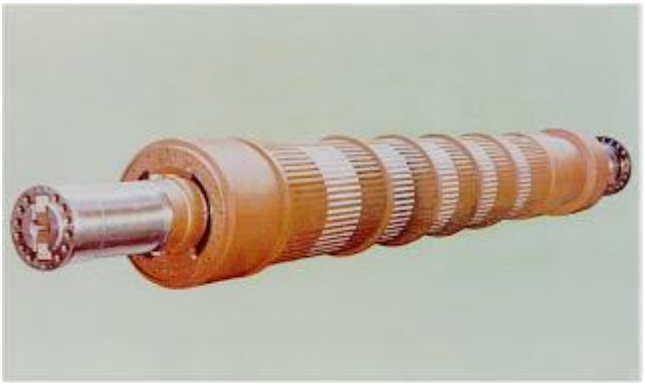
ดังนั้นเราจะได้สมการใหม่ดังนี้

F = N x P (P = จำนวนคู่ของ pole)

P คือ จำนวนคู่ของ pole (pair of pole) ไม่ใช่จำนวน pole เช่น ๒-pole ของโรเตอร์ จะมี ๑ คู่ของ pole, โรเตอร์ ๔-pole จะมี ๒ คู่ของ pole เช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอันหนึ่งมีความถี่ ๕๐ cycle/sec, ๒ pole จะหมุนด้วยความเร็ว ๓,๐๐๐ RPM แต่ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวเดียวกัน แต่โรเตอร์เป็นแบบ ๔ pole จะหมุนด้วยความเร็ว ๑,๕๐๐ RPM

แต่ในทางกลับกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวหนึ่งหมุนที่ความเร็วรอบ ๓๐๐ RPM จำนวน pole ที่ต้องใช้ในการทำให้ได้ความถี่ ๕๐ cycle/sec จะต้องทำให้โรเตอร์ มีขนาด ๑๐ คู่ pole หรือ ๒๐ pole ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชนิดนี้ส่วนมากใช้กับ Hydro turbine เป็นตัวหมุนโรเตอร์(โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งใช้กับ Steam turbine หรือ Gas turbine เป็นตัวหมุนโรเตอร์ส่วนมากเป็นพวก High speed และรูปร่างโรเตอร์เป็นทรงกระบอกดังรูปด้านล่าง



Turbo Generator Rotor หรือโรเตอร์ทรงกระบอก

ขดลวดโรเตอร์จะวางลงในช่อง slot และต่อเข้าด้วยกันที่ปลายของแต่ละชุด เพื่อวางรูปให้เป็นขดลวดและกำหนดขั้ว N และ S ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการหมุนของสนามแม่เหล็ก

ความถี่(Frequency) คือตัววัดความเร็ว ถ้าเพิ่มพลังงานที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยไม่เพิ่มพลังงานให้กับ turbine จะทำให้ความเร็วลดลง ซึ่งเราสามารถรู้ได้ด้วยความถี่ลดลงด้วย

ควรจำไว้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไม่ได้เป็นตัวสร้างพลังงานไฟฟ้า แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนพลังงานทางกล ไปเป็น พลังงานไฟฟ้า

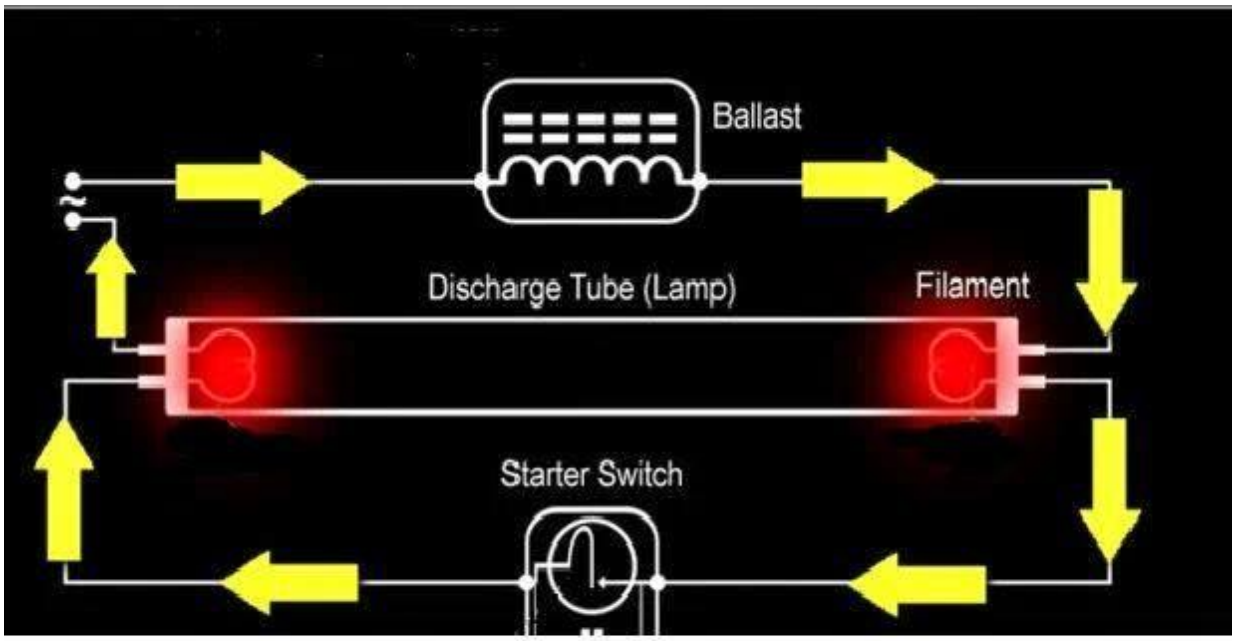
หลักการของหลอดฟลูออเรสเซนต์

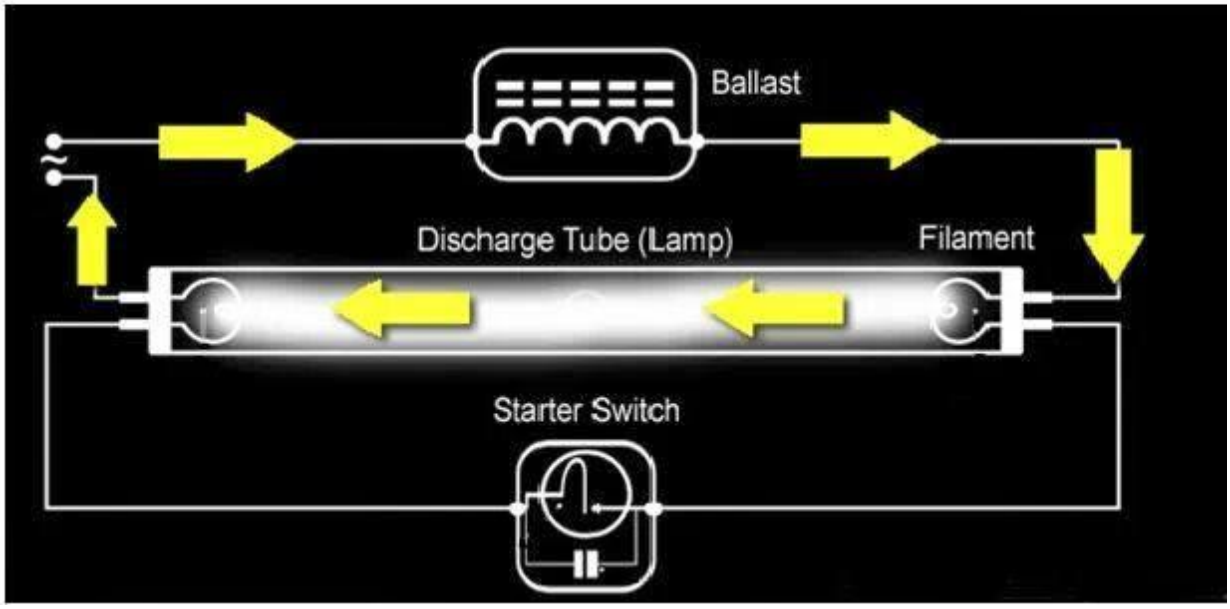
ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent tube) จะบรรจุไอของปรอทและก๊าซอาร์กอนแรงดันต่ำที่ผิวภายในของหลอดเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สองชิ้นคือบัลลาสต์ (ballast) และสตาร์ทเตอร์(starter)

กระแสไฟฟ้าไหลตามสาย ผ่านขั้วหลอดด้านหนึ่งไปยังสตาร์ทเตอร์ที่ต่ออยู่กับขั้วหลอดอีกด้านหนึ่งแล้วไหลต่อไปยังบัลลาสต์ แล้วกลับเข้าสู่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าใหม่
ในตอนแรกขั้วทั้งสองของสตาร์ทเตอร์จะแยกออกจากกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะอาศัยการนำ

ไฟฟ้าของก๊าซอาร์กอนแรงดันต่ำในหลอดทำให้เกิดแสงสีแดงเข้ม ในขณะเดียวกันความร้อนในหลอดจะทำให้แผ่นโลหะคู่ร้อนขึ้นจนโค้งงอเข้าหากัน ขั้วทั้งสองจึงสัมผัสกันทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ กระแสไฟฟ้าที่ขั้วหลอดจะเพิ่มสูงขึ้นจึงปล่อยอิเล็กตรอนอิสระออกมาจำนวนมาก ขณะเดียวกันเนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโลหะคู่ทำให้ส่วนที่ไหลผ่านก๊าซอาร์กอนลดลง แสงสีแดงส้มจึงดับไป อุณหภูมิจะลดลง ทำให้โลหะคู่แยกออกจากกันจึงเกิดไฟฟ้าไม่ครบวงจร
ในช่วงที่กระแสไฟขาดตอนนี่เองขดลวดในบัลลาสต์จะเกิดการเหนี่ยวนำตัวเอง ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น อาศัยก๊าซอาร์กอนในหลอดฟลูออเรสเซนต์นำไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านขั้วหลอดด้านหนึ่งผ่านก๊าซภายในหลอดไปยังขั้วหลอดอีกด้านหนึ่ง โดยไม่ผ่านสตาร์ทเตอร์ในขณะเดียวกันบัลลาสต์ยังทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าให้มีค่าพอเหมาะกับความต้องกันของหลอดไฟ

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอด อิเล็กตรอนความเร็วสูงจะวิ่งเข้าชนโมเลกุล ของปรอทภายใน ทำให้เกิดรังสีอัตราไวโอเลตซึ่งเป็นรังสีที่มีพลังงานสูงมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น แต่เมื่อรังสีอัตราไวโอเลตกระทบกับผงเรืองแสงที่ฉาบผิวในของหลอด ผงเรืองแสงจะเปล่งแสงสว่างที่เรามองเห็นได้


Ballast
Discharge Tube (Lamp)
Filament
Starter Switch


Ballast
Discharge Tube (Lamp)
Filament
Starter Switch