สารบัญ

คู่มือระดับ 1

หน้า

บทที่ 1 ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงาน 4

1.1 ความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ป้องกัน 5

1.2 การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า 5

1.3 การป้องกันอันตรายจากการใช้ไฟฟ้า 8

1.4 การใช้ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย 10

1.5 การช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้า 11

1.6 การปฐมพยาบาลเบื้องต้น 12

บทที่ 2 การสร้างนิสัยอุตสาหกรรมในการปฏิบัติงาน 14

2.1 ความหมายของอุตสาหกรรม 14

2.2 ประเภทของจริยธรรม 15

2.3 ประโยชน์ของจริยธรรม 16

2.4 คุณธรรมจริยธรรมสำหรับการประกอบอาชีพ 17

2.5 คุณธรรมจริยธรรมที่ต้องการในการประกอบอาชีพ 17

บทที่ 3 เครื่องมือช่างทั่วไป 21

3.1 คีม (Pliers) 21

3.2 ไขควง (Screw Drivers) 21

3.3 ค้อน (Hammers) 22

3.4 สว่านไฟฟ้า (Electric Drill) 22

3.5 เลื่อยเหล็กและเลื่อยไฟฟ้า 23

3.6 เครื่องมือทั่วไป 23

หน้า

บทที่ 4 เครื่องมือวัดและหน่วยวัดทางไฟฟ้า 24

4.1 เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ (Multi Meter) 25

4.2 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Voltage) 25

4.3 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. Voltage) 27

4.4 การวัดกระแสไฟฟ้าตรง (D.C. Current) 28

4.5 การวัดค่าความต้านทาน (Resistance Measuring Circuit) 29

4.6 เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt Meter) 32

4.7 แคล้มป์ออนมิเตอร์ (Clamp-On Meter) 33

บทที่ 5 อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าเบื้องต้น **36**

5.1 สะพานไฟฟ้า (Cut-Out) 36

5.2 แผงจ่ายไฟฟ้า (Load Center) 36

5.3 อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker) 37

5.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (A.C. Moter1 ∅) 42

5.5 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชนิด 1 เฟส (Transformer 1 ∅) 62

5.6 ท่อไฟฟ้าชนิดต่างๆ 68

5.7 สวิตช์ (Switch) 69

5.8 เต้าเสียบ (Plug) 71

5.9 เต้ารับ (Outlet) 72

5.10 ฟิวส์ (Fuse) 73

บทที่ 6 ระบบไฟฟ้ากำลังแรงดันต่ำ **75**

6.1 ระบบ 1 เฟส 2 สาย 220 โวลท์ 75

6.2 ระบบ 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลท์ 75

หน้า

บทที่ 7 ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุเบื้องต้น **78**

7.1 สายไฟฟ้าประเภทต่างๆ และการใช้งาน 78

7.2 สีของสายไฟฟ้า 83

7.3 การต่อสายไฟฟ้าแบบต่างๆ 84

7.4 กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า 87

7.5 การเดินสายไฟฟ้าแบบลอย 91

7.6 การเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย 93

บทที่ 8 การอ่านแบบและเขียนแบบงานไฟฟ้าเบื้องต้น **111**

8.1 การอ่านแบบงานไฟฟ้า 109

8.2 การเขียนแบบงานไฟฟ้า 110

8.3 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า 113

บทที่ 9 วงจรไฟฟ้า **116**

9.1 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม 116

9.2 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน 118

9.3 วงจรไฟฟ้าแบบผสม 120

9.4 การต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบหลอดธรรมดา 121

9.5 การต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ 120

9.6 วงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบควบคุมด้วยสวิตช์ทางเดียว 124

9.7 วงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบควบคุมด้วยสวิตช์ 2 ทาง 125

9.8 การต่อวงจรเต้ารับ 125

บทที่ 1 ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงาน

คู่มือการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับช่างไฟฟ้าได้แบ่งเนื้อหาเป็น 3 ระดับด้วยกัน โดยเริ่มที่ระดับ 1 ซึ่งเป็นระดับต้น ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 9 หัวข้อด้วยกัน หัวข้อแรกจะกล่าวถึงเรื่อง ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงาน การสร้างนิสัยอุตสาหกรรมในการปฏิบัติงาน เครื่องมือช่างทั่วไป เครื่องมือวัดและหน่วยวัดทางไฟฟ้า อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าเบื้องต้น ระบบไฟฟ้ากำลังแรงดันต่ำ ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุเบื้องต้น การอ่านแบบและเขียนแบบงานไฟฟ้าเบื้องต้น และเรื่องวงจรไฟฟ้า ในคู่มือทั้ง 3 ระดับจะกล่าวถึงเรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักที่ช่างทุกคนจะต้องตระหนัก และให้ความสำคัญเป็นลำดับแรกก่อนที่จะลงมือปฏิบัติงานแต่ละครั้ง ปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน มีหน้าที่ความรับผิดชอบแตกต่างกัน ตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย แม้ในสถานศึกษาด้านอาชีวศึกษา หรือหน่วยงานที่ทำหน้าที่ด้านการพัฒนาฝีมือแรงงาน ก็ได้บรรจุหัวข้อเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานเข้าไว้ในหลักสูตรทุกสาขาช่าง เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคนมีจิตสำนึกที่ดีและสามารถปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานได้แบ่งเป็น 6 หัวข้อย่อย คือความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ป้องกัน การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า การป้องกันอันตรายจากการใช้ไฟฟ้า การใช้ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย การช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้าและการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ตามรายละเอียดดังนี้

1.1 ความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ป้องกัน

อุบัติเหตุคือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่คาดหมาย และเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการทำงานทำให้ทรัพย์สินเสียหาย บุคคลได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต ซึ่งนับว่าเป็นความสูญเสียอย่างมาก

สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ เกิดได้จากสาเหตุหลายประการแต่สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

1. คน เป็นผู้กระทำ เช่น ฝ่าฝืนกฎระเบียบข้อบังคับ ใช้เครื่องมือผิดประเภท ไม่มีความรู้และทักษะ
2. เครื่องมือ เครื่องจักร การใช้เครื่องมือ เครื่องจักรที่ชำรุด หรือหมดอายุการใช้งาน
3. สภาพแวดล้อม หมายถึงการปฏิบัติงานในที่แสงสว่างไม่เพียงพอ หรือสถานที่คับแคบ

การป้องกันเพื่อให้เกิดความปลอดภัยควรปฏิบัติดังนี้

1. รองเท้าที่ใช้ในการปฏิบัติงานต้องสวมให้ถูกประเภท เช่น งานที่มีเศษโลหะ หรือเศษวัสดุตกอยู่บนพื้น ขณะปฏิบัติงานต้องสวมรองเท้าพื้นแข็งเท่านั้น

2. การปฏิบัติงานที่มีเศษโลหะ เช่น งานสกัด งานเจาะ จะต้องสวมแว่นตานิรภัยทุกครั้ง เพื่อป้องกันเศษหรือสะเก็ดโลหะกระเด็นเข้าตา

3. การแต่งกายในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องจักรต้องมีความรัดกุม กระดุมทุกเม็ดต้องติดให้เรียบร้อย เพราะขณะปฏิบัติงานส่วนของแขนเสื้อ หรือชายเสื้ออาจจะเข้าไปพันกับส่วนเคลื่อนไหวของเครื่องจักรได้

4. เครื่องจักรควรมีฝาครอบส่วนที่เคลื่อนไหว เช่น สายพาน เฟือง เพื่อป้องกันส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายเข้าไปสัมผัส

5. การซ่อมเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องปิดเมนสวิตช์ก่อนทุกครั้ง

6. ก่อนใช้เครื่องจักรทุกครั้งควรมีการตรวจสอบว่า อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้หรือไม่ หากไม่พร้อมให้รีบแจ้งช่างเพื่อตรวจซ่อมทันที

7. การใช้เครื่องมือ เครื่องจักร ในการปฏิบัติงานจะต้องใช้ให้ถูกประเภท และเลือกให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน

8. การจับยึดชิ้นงานไม่ควรจับด้วยมือ โดยเฉพาะชิ้นงานที่ต้องอาศัยแรงตัด เฉือน เช่น งานเจาะที่เจาะรูโตๆ ชิ้นงานอาจหลุดออกมาตีมือได้

9. การเชื่อมงานในสถานที่อับอากาศเป็นอันตรายอย่างยิ่งสำหรับผู้เชื่อมงาน เนื่องจากจะขาดอ๊อกซิเจนในการหายใจ

10. การเชื่อมถังน้ำมันที่มีน้ำมันตกค้างอยู่ในถัง ความร้อนจากการเชื่อมอาจทำให้เกิดการลุกไหม้หรือระเบิดทำอันตรายได้

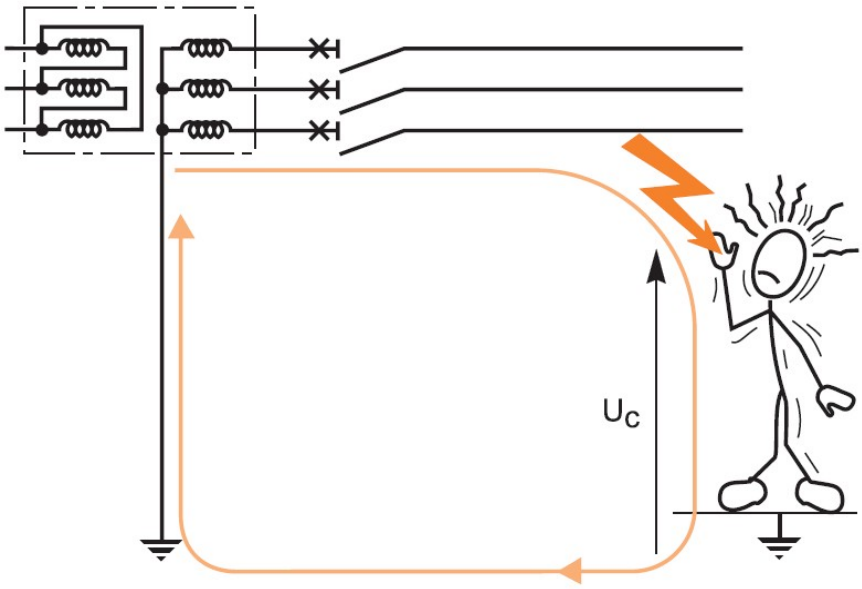
1.2 การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

ไฟฟ้าเป็นพลังงานชนิดหนึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย เพราะพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่สามารถนำไปแปรรูปให้เปลี่ยนไปในลักษณะต่างๆ ได้อย่างสะดวก จะเห็นได้จากความต้องการพลังงานของมนุษย์โลกมีเพิ่มขึ้นเรื่อยมา สังเกตได้จากอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ และผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ต้องใช้พลังงานเป็นตัวช่วยในการทำงาน นอกจากนี้พลังงานไฟฟ้ายังเป็นตัวผลักดันให้มีการศึกษาค้นคว้าเทคโนโลยีใหม่ๆ มาประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

ไฟฟ้าแม้ว่าจะมีประโยชน์มากมาย แต่ก็มีโทษมหันต์แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าอย่างไม่ถูกต้อง หรือไม่มีความระมัดระวัง อันตรายของไฟฟ้าอาจก่อให้เกิดความสูญเสียถึงแก่ชีวิต หรืออาจก่อให้เกิดความพิการตลอดจนทำให้เกิดเพลิงไหม้และสูญเสียทรัพย์สิน ดังนั้นในการใช้ไฟฟ้าจึงต้องมีความระมัดระวัง และต้องใช้ไฟฟ้าอย่างถูกต้องปลอดภัย โดยผู้เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าต้องรู้กฎความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า เพื่อจะได้นำประโยชน์ของไฟฟ้าไปใช้งาน และหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้

1.2.1 อันตรายของไฟฟ้าต่อร่างกาย

ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นไฟฟ้าจึงถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางแพร่หลาย ในขณะเดียวกันไฟฟ้าก็มีโทษมากมายเช่นกัน ถ้าการใช้งานไม่ถูกต้องปลอดภัย อันตรายของไฟฟ้าที่เกิดกับร่างกายมนุษย์ เนื่องจากร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งไปสัมผัสถูกตัวนำไฟฟ้าหรือวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอยู่ และในเวลาเดียวกันร่างกายส่วนอื่นๆ สัมผัสอยู่กับพื้นดิน โลหะที่ต่อลงดิน หรือพื้นน้ำ เป็นเหตุให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงพื้นดิน หรือพื้นน้ำ ร่างกายจึงกลายเป็นส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมนุษย์ลงดินดังแสดงในรูป



รูปแสดงกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลงดิน

สิ่งที่ทำให้ร่างกายเป็นอันตรายถึงบาดเจ็บหรือเสียชีวิตนั้น เกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านส่วนต่างๆ ของร่างกาย กระแสไฟฟ้าปกติวัดออกมาหน่วยเป็นแอมแปร์ (A) หรือหน่วยที่เล็กลงเป็นมิลลิแอมแปร์ (mA) และไมโครแอมแปร์ (μA) โดยแรงดันไฟฟ้าจะเป็นเท่าไรก็ตาม (ปกติแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ตามบ้านมีค่า 220 โวลต์) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าขนาดใดก็ตามที่สามารถทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายอยู่ในขนาดที่เป็นอันตรายก็ส่งผลต่อร่างกายก่อให้เกิดอันตรายขึ้นได้ อันตรายที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกาย ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์เป็นมิลลิแอมแปร์ (mA)	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
น้อยกว่า 0.5	ยังไม่รู้สึก
0.5 – 2	รู้สึกกระตุกเล็กน้อย
2 – 10	กล้ามเนื้อหดตัว กระตุกปานกลางถึงรุนแรง
10 – 25	เจ็บปวดกล้ามเนื้อ เกร็งไม่สามารถปล่อยให้หลุดออกได้
25 – 50	กล้ามเนื้อเกร็ง กระตุกรุนแรง
50 – 100	หัวใจเต้นผิดปกติ (เต้นอ่อน , เต้นระรัว) และเสียชีวิต
มากกว่า 100	หัวใจหยุดเต้น เนื้อหนังไหม้

คนที่ถูกกระแสไฟฟ้าไหลผ่านส่วนมากไม่สามารถบังคับ และควบคุมตัวเองให้หลุดพ้นจากไฟฟ้าได้ จึงถูกกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายเป็นเวลานานๆ ดังนั้นถ้าไม่มีบุคคลอื่นช่วยเหลืออย่างทันท่วงที อาจได้รับอันตรายสาหัสจนถึงเสียชีวิตได้ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้าและระยะเวลากระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายจนทำให้เสียชีวิตแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย

ปริมาณกระแสไฟฟ้าเป็นมิลลิแอมแปร์ (mA)	ระยะเวลาเป็นวินาที (s)	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
100	นานกว่า 3	เสียชีวิต
500	นานกว่า 0.11	เสียชีวิต
1000	นานกว่า 0.03	เสียชีวิต

ส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีผลคือ ตำแหน่งสัมผัสและสภาพของผิวหนังตรงจุดสัมผัส กล่าวคือถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายตรงบริเวณอวัยวะที่สำคัญ เช่น บริเวณศีรษะและทรวงอก อันตรายที่ได้รับจะสาหัสกว่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายส่วนอื่น ทั้งนี้หากถูกกระแสไฟฟ้าที่ร่างกายเป็นบริเวณกว้างอันตรายก็จะมากขึ้นด้วย

ผิวหนังของร่างกายเป็นส่วนที่มีความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าอยู่บ้าง ผิวหนังส่วนที่หนาและแห้งสนิท ย่อมมีความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าดีกว่าผิวหนังที่บาง และเปียกชื้น ฉะนั้นผิวหนังส่วนที่สัมผัสกับกระแสไฟฟ้าเปียกชื้นด้วยเหงื่อหรือน้ำ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกายได้มากขึ้น อันตรายที่ได้รับก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าของร่างกายที่มีสภาพแตกต่างกันแสดงให้เห็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้ากับสภาพร่างกายมนุษย์

ส่วนของร่างกาย	ความต้านทานเป็นโอห์ม (Ω)
ผิวหนังแห้ง	100,000 - 600,000
ผิวหนังเปียก	1,000
ภายในร่างกายหรือมือถึงเท้า	400 - 600
หูถึงหู	100

1.3 การป้องกันอันตรายจากการใช้ไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวและเกิดอาการเกร็ง ผู้ถูกกระแสไฟฟ้าไหลผ่านส่วนมากไม่สามารถควบคุม หรือบังคับตัวเองให้หลุดพ้นจากกระแสไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจะไปทำให้ศูนย์บังคับการทำงานของหัวใจหยุดทำหน้าที่ตามปกติ หัวใจหยุดเต้น โลหิตหยุดการหมุนเวียนไปตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย ผู้ถูกกระแสไฟฟ้าไหลผ่านส่วนมากจึงหมดสติและเสียชีวิตในที่สุด

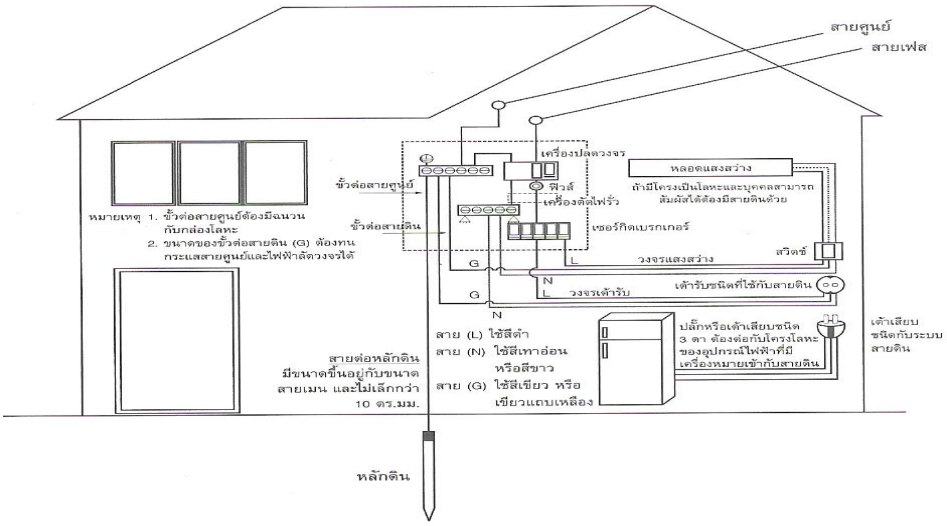
ธรรมชาติของกระแสไฟฟ้าจะไหลไปตามทางที่เป็นตัวนำที่ดี ถ้ามีทางให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลายทาง กระแสไฟฟ้ามักไหลผ่านไปตามทางที่มีความต้านทานน้อยที่สุดคือ เป็นตัวนำที่ดีที่สุด จากคุณสมบัตินี้เอง หากต้องการป้องกันไม่ให้ร่างกายเป็นทางที่มีความต้านทานน้อยที่สุด มีวิธีการป้องกันได้ 2 วิธีดังนี้ วิธีแรกคือ จัดให้มีทางที่มีความต้านทานน้อยกว่าความต้านทานของร่างกายให้เป็นทางไหลของกระแสไฟฟ้า

โดยการต่อสายดิน (Ground Wire) เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำมาจากโลหะ วิธีที่สองคือใช้ฉนวนกั้นกระแสไฟฟ้าไว้ไม่ให้ไหลผ่านร่างกายขณะที่ต้องเกี่ยวข้องกับไฟฟ้า

1.3.1 สายดินของเครื่องใช้ไฟฟ้า

สายดินมีประโยชน์มากในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ช่วยป้องกันการไหลของกระแสไฟฟ้าจากตัวถังเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านร่างกายมนุษย์ลงดินในขณะที่เกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสายดินแทน ช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

การต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าคือ การเดินสายดินจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เต้ารับ กล่องเมนสวิตช์ และโครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้ามายังขั้วต่อสาย ซึ่งต่อกับสายศูนย์ในเมนสวิตช์



รูปการต่อสายดินของระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า

สายดินอาจใช้สายวีเอเอฟ (สายไฟฟ้า มอก. 11-2531) ชนิดที่มี 3 แกน แต่สายชนิดนี้หายากในท้องตลาด จึงนิยมใช้สายพีวีซีเดี่ยวชนิดไอวีหรือทีเอชดับบลิวเดินควบคู่ไปกับสายพีวีซีคู่ กรณีเดินสายเกาะผนัง หรือเดินร่วมไปกับสายไฟกรณีเดินในท่อโลหะ โดยใช้ฉนวนที่เป็นสีเขียว หรือสีเขียวแถบเหลือง แม้ว่าในกรณีที่เดินสายในท่อโลหะ และท่อโลหะนั้นติดต่อกันทั้งระบบ สามารถใช้ท่อโลหะทำหน้าที่เป็นสายดินได้ แต่แนะนำให้เดินสายดินแยกต่างหาก เพื่อความปลอดภัยในระยะยาว

อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดที่ต้องมีการต่อลงดิน ผู้ผลิตได้เดินสายดินมารอที่เต้าเสียบแล้ว สังเกตได้จากเต้าเสียบจะเป็นชนิดมีขั้วสายดิน เมื่อเสียบเข้ากับเต้ารับชนิดที่มีสายดินด้วย ก็จะทำให้ระบบสายดินใช้งานได้ เต้ารับและเต้าเสียบจะต้องเป็นแบบที่สามารถใช้กันได้ โดยเมื่อเสียบแล้วทั้งสามขั้วจะต่อถึงกัน เพราะถ้าสายดินไม่ต่อถึงกันก็จะทำให้ระบบสายดินใช้งานไม่ได้ ข้อสำคัญคือ เต้ารับที่ติดตั้งต้องเป็นชนิดที่มีขั้วสายดิน หากไม่ได้ติดตั้งไว้จะต้องติดตั้งเพิ่มเติม

ทั้งนี้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางรายการที่ต้องต่อลงดิน แต่ผู้ผลิตไม่เดินสายดินมาให้ เต้าเสียบที่ใช้เป็นชนิด 2 ขา เช่น หม้อหุงข้าว และกระทะไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งต้องปรับปรุงโดยการเดินสายดินเพิ่มเติม วิธีที่ดีคือ การเปลี่ยนสายไฟฟ้าที่ต่อจากเครื่องใช้ไฟฟ้าเสียใหม่เป็นชนิด 3 แกน และเปลี่ยนเต้าเสียบเป็นแบบมีขั้วสายดิน เต้ารับชนิด 3 รูและเต้าเสียบชนิด 3 ขา ดังรูป

รูปแสดงเต้ารับชนิด 3 รู

เต้าเสียบชนิด 3 ขา

1.3.2 ฉนวนกั้นกระแสไฟฟ้า

จะสังเกตได้ว่า สายไฟฟ้าที่เข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้ามีเปลือกหุ้มเป็นฉนวน ส่วนตอนกลางของสายไฟเป็นโลหะตัวนำ เพราะกระแสไฟฟ้าสามารถผ่านโลหะตัวนำได้ดี แต่ผ่านฉนวนไม่ได้ ดังนั้นฉนวนที่หุ้มสายไฟนั้น ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายของผู้ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าควรหมั่นดูแลสายไฟที่ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย โดยสำรวจการชำรุดเสียหายของฉนวนหุ้มอย่างสม่ำเสมอ ถ้ามีความผิดปกติ เช่น แตกลายงา มีรอยไหม้ ชำรุด หรือ หลวมตัว ควรเปลี่ยนสายไฟใหม่ทันที

ในกรณีที่ต้องทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้าต้องมีความระมัดระวัง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามขั้นตอน มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายอย่างเพียงพอ ทั้งนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องรอบคอบ มีความระมัดระวังขณะปฏิบัติงานตลอดเวลา ไม่ควรสวมใส่เครื่องประดับต่างๆ ที่เป็นสื่อไฟฟ้า เช่น สร้อยคอ แหวน สร้อยข้อมือ เป็นต้น อุปกรณ์ฉนวนที่ช่วยป้องกันกระแสไฟฟ้าขณะปฏิบัติงาน เช่น ถุงมือป้องกันไฟฟ้า ปลอกแขนยาง ผ้าคลุมยาง และ เสื่อยาง เป็นต้น

1.4 การใช้ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

เครื่องมือ เครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย และใช้งานเป็นประจำจนเคยชิน ถ้าผู้ใช้ขาดความระมัดระวัง ไม่มีการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดี และปลอดภัย อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องทำควบคู่ไปกับการดูแลบำรุงรักษา และต้องทำความเข้าใจต่อการใช้งานเพื่อความปลอดภัยอยู่เสมอ สิ่งที่ควรปฏิบัติในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าควรปฏิบัติดังนี้

1. เลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม (ตรา มอก.) หรือมาตรฐานอื่นๆ ที่สากลยอมรับ

2. เลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยคำนึงถึงคุณภาพ และประสิทธิภาพในการใช้งานมากกว่าการยึดราคาที่ถูกที่สุดเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

3. ตรวจสอบเต้าเสียบกับเต้ารับที่ใช้งานต้องเหมาะสมกัน เมื่อเสียบใช้งานต้องมีความแน่นเพียงพอ

4. หมั่นตรวจสอบเต้ารับ เต้าเสียบ และสายไฟเป็นประจำและก่อนการใช้งาน

5. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดความร้อนขณะใช้งาน ควรจัดหาวัสดุที่ไม่ติดไฟ เช่น กระเบื้อง หรืออิฐทำเป็นพื้นรองขณะใช้งานทุกครั้ง

6. ดวงไฟโคมธรรมดาหรือหลอดไฟขณะที่ใช้งานแล้วเกิดความร้อน ควรติดตั้งห่างจากวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย เช่น มุ้ง ม่าน เสื้อผ้า กระดาษ หรือ น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

7. รั้ว หรือหลังคาที่เป็นโลหะเช่น สังกะสีที่มีสายไฟแตะอยู่อาจมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ด้วย ควรที่จะตรวจสอบอยู่เสมอ และระวังตะปูที่ตอกตรึงกับสังกะสีทะลุไปยังสายไฟฟ้า

8. ดวงไฟโคมฟลูออเรสเซนต์ควรตรวจสอบสภาพอยู่เสมอ หากชำรุดหรือหลอดผิดปกติควรเปลี่ยนใหม่ทันที อย่าใช้ต่อไปเพราะอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้

9. สายอากาศวิทยุโทรทัศน์ควรติดตั้งให้ห่างจากเสาไฟฟ้า หรือสายไฟฟ้า หากสายอากาศล้มจะต้องไม่พาดกับสายไฟฟ้าและสายอากาศ ทั้งนี้ควรติดตั้งสายดินไว้ด้วย

10. ควรหมั่นดูแลต้นไม้อย่าให้แผ่กิ่งก้านขึ้นไปติดกับสายไฟ เมื่อจะตัดหรือโค่นต้นไม้ที่อยู่ใกล้กับสายไฟฟ้าควรแจ้งขอความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าฯ ให้ช่วยดูแลความปลอดภัยให้ และต้องระมัดระวังในการเล่นว่าว หรือเก็บว่าวที่ติดสายไฟฟ้า

11. เมื่อเกิดอุบัติเหตุรถยนต์ชนเสาไฟฟ้าหัก สายไฟฟ้าอาจขาด หรือหลุดตกลงมาพาดอยู่กับตัวถังรถ ซึ่งตัวถังรถจะมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ทั่ว การแตะหรือจับต้องตัวถังรถในขณะที่ร่างกายส่วนอื่นแตะอยู่กับพื้นดินอาจได้รับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตได้ ควรรอรับความช่วยเหลืออยู่ภายในรถจนกว่าเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าฯ หรือเจ้าหน้าที่ตำรวจ หรือเจ้าหน้าที่บรรเทาสาธารณภัยจะมาช่วยเหลือ

1.5 การช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้า

การช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้า ให้หลุดพ้นจากไฟฟ้าเป็นสิ่งแรกที่ต้องกระทำด้วยความรวดเร็ว มีความรอบคอบและต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อให้ผู้เคราะห์ร้ายมีโอกาสรอดพ้นจากอันตรายขั้นร้ายแรง และผู้ช่วยเหลือไม่เกิดอันตรายไปด้วยอีกคน ควรปฏิบัติดังนี้

1. อย่าใช้มือเปล่าแตะต้องตัวผู้ที่กำลังติดอยู่กับสายไฟ หรือตัวนำไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลเป็นอันขาด เพื่อป้องกันมิให้ได้รับอันตรายไปด้วยอีกคน

2. รีบหาตัดทางเดินของไฟฟ้าโดยถอดเต้าเสียบหรือตัดเมนสวิตช์ ถ้าทำไม่ได้ให้ใช้วัตถุที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า เช่น ไม้ เชือก สายยาง ผ้า หรือพลาสติกที่แห้งสนิทช่วยผู้ประสบภัยหลุดพ้นจากไฟฟ้าโดยเร็ว

3. เมื่อไม่อาจทำวิธีอื่นได้ให้ใช้มีด หรือขวานที่มีด้ามเป็นไม้หรือฉนวนหุ้ม ตัดสายไฟฟ้าให้ขาดหลุดออกจากผู้ประสบภัยโดยเร็วที่สุด และต้องแน่ใจว่า สามารถทำได้อย่างปลอดภัย

4. อย่าลงไปในน้ำ ในกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าอยู่ในบริเวณที่มีน้ำขังให้หาทางเขี่ยสายไฟฟ้าออกให้พ้นหรือตัดกระแสไฟฟ้าออกก่อนจะลงไปช่วยผู้ประสบภัยที่อยู่ในบริเวณนั้น

1.6 การปฐมพยาบาลเบื้องต้น

ผู้ประสบภัยที่หลุดพ้นจากกระแสไฟฟ้าแล้วยังต้องการความช่วยเหลือ และต้องการการปฐมพยาบาล เพราะไฟฟ้าอาจทำให้ระบบหายใจหยุดทำงาน หัวใจหยุดเต้นต้องรีบช่วยชีวิตโดยเร็ว ด้วยวิธีการให้ลมหายใจทางปาก และ การนวดหัวใจ การปฏิบัติทำดังนี้

1.6.1 การให้ลมหายใจทางปาก

1. วางคนเจ็บนอนหงายราบ ให้ศีรษะแหงนต่ำ และลำคอยืด

2. สอดนิ้วหัวแม่มือเข้าไปในปากคนเจ็บ จับขากรรไกรล่างยกขึ้นจนปากอ้า

3. ล้วงเอาสิ่งอื่นๆ ที่ติดค้างอยู่ในปากและลำคอออกให้หมด เพื่อไม่ให้ขวางทางลมแล้วบีบจมูกคนเจ็บให้สนิท

4. ทาบปากกับคนเจ็บให้แน่นสนิท เป่าลมเข้าไปเป็นจังหวะประมาณ 12 ถึง 15 ครั้งต่อนาที

5. ถ้าไม่สามารถอ้าปากของคนเจ็บได้ ให้ใช้มือปิดปากคนเจ็บให้สนิทแล้วเป่าลมเข้าทางจมูก

6. ขณะนำส่งโรงพยาบาลให้ทำการเป่าปากไปด้วยจนกว่าคนเจ็บจะฟื้นขึ้นมา หรือได้รับการช่วยเหลือจากแพทย์แล้ว

1.6.2 การนวดหัวใจ

1. วางคนเจ็บนอนหงายราบ ให้ศีรษะแหงน และลำคอยืด

2. ล้วงเอาสิ่งต่างๆ ที่อาจติดค้างอยู่ในปากและลำคอออกให้หมด เพื่อไม่ให้ขวางทางเดินลม

3. นั่งคุกเข่าลงระหว่างแขนซ้ายกับลำตัวของคนเจ็บ วางสันมือซ้อนทับกันลงบนทรวงอกบริเวณหัวใจ เหยียดแขนตรงแล้วกดสันมือลงด้วยน้ำหนักตัวประมาณหนึ่งนิ้วถึงหนึ่งนิ้วครึ่ง เป็นจังหวะๆ ประมาณ 60 ครั้งต่อนาที

4. ขณะนำส่งโรงพยาบาลให้นวดต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าหัวใจจะกลับเต้นขึ้นมาอีก หรือคนเจ็บได้รับการช่วยเหลือจากแพทย์แล้ว

การปฐมพยาบาลผู้ประสบภัยอันตรายจากไฟฟ้าควรทำร่วมกันทั้ง 2 วิธี ถึงแม้ในขณะนำส่งโรงพยาบาล เมื่อผู้ประสบอันตรายฟื้นขึ้นมาจากการได้รับการปฐมพยาบาลดังกล่าวจะต้องให้นอนอยู่นิ่งๆ ห้ามลุกนั่ง ยืน หรือเดิน ห้ามดื่มเครื่องดื่มที่ผสมแอลกอฮอล์เป็นอันขาด จนกว่าจะได้รับอนุญาตจากแพทย์ที่ทำการตรวจรักษาเท่านั้น

บทสรุป

ไฟฟ้ามีทั้งประโยชน์และโทษ ดังนั้นผู้ที่ต้องเกี่ยวข้องกับไฟฟ้า จำเป็นต้องรู้หลักการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย ร่างกายมนุษย์เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จึงต้องระมัดระวังไม่ให้ส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายไปสัมผัสกับตัวนำไฟฟ้า เพราะอาจทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายจนทำให้เสียชีวิตได้ ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ฉนวนช่วยป้องกันไฟฟ้าในขณะปฏิบัติงาน

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า มีจุดประสงค์เพื่อความปลอดภัยต่อบุคคลที่ใช้งานทั้งในภาวะปกติ และเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่ว เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีเปลือกนอกเป็นโลหะควรมีสายดิน เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน จะต้องต่อลงดิน เพื่อจำกัดแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ฉนวนช่วยป้องกันไฟฟ้าในขณะปฏิบัติงาน

การใช้ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัยควรปฏิบัติดังนี้ ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีเครื่องหมายมาตรฐานคำนึงถึงคุณภาพมากกว่าราคา ตรวจสอบเต้ารับและเต้าเสียบให้อยู่ในสภาพปกติก่อนการใช้งาน เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความร้อนต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง รั้วและหลังคาที่เป็นโลหะเมื่อมีสายไฟพาดผ่านต้องทำด้วยความระมัดระวัง การติดตั้งสายอากาศวิทยุโทรทัศน์ต้องให้ห่างจากเสาไฟฟ้า และสายไฟฟ้า ต้นไม้ที่อยู่ใกล้เสาไฟฟ้า หรือสายไฟฟ้าต้องหมั่นตัดแต่งกิ่งไม้ไม่ให้ไปพาดโดนสายไฟฟ้า อุบัติเหตุทางรถยนต์ชนเสาไฟฟ้าหักคนที่อยู่ในรถต้องรอจนกว่าจะมีผู้มาช่วยเหลือ

การช่วยเหลือผู้ประสบอันตรายจากไฟฟ้าต้องกระทำด้วยความรวดเร็วและรอบคอบ โดยไม่ใช้มือเปล่าแตะต้องตัวผู้ประสบภัย ควรใช้ไม้ เชือก ยาง ผ้า หรือพลาสติกที่แห้งสนิทช่วยผู้ประสบภัยให้หลุดพ้นจากไฟฟ้าโดยเร็ว อย่าลงไปในน้ำในกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าอยู่ในบริเวณนั้น

การปฐมพยาบาลหลังจากคนเจ็บถูกช่วยออกมาแล้วเป็นสิ่งจำเป็น และต้องทำอย่างรีบด่วน ด้วยการให้ลมหายใจทางปาก และการนวดหัวใจ

บทที่ 2 การสร้างนิสัยอุตสาหกรรมในการปฏิบัติงาน

ปัจจุบันกระบวนการผลิตในสังคม ได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงรูปแบบเป็นแบบอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น ในระยะแรกมนุษย์ทำการผลิตเพื่อใช้เองในครอบครัว ต่อมาจึงทำเพื่อขายหรือแลกเปลี่ยน ซึ่งต้องทำการผลิตในปริมาณมากขึ้น จากเดิมการผลิตใช้มือ ใช้แรงคน ก็เปลี่ยนมาใช้เครื่องมืออุปกรณ์ เครื่องทุ่นแรงหรือเครื่องจักรที่มีเทคโนโลยีมากขึ้น ในที่สุดก็พัฒนาการผลิตเป็นระบบโรงงาน มีการขยายตัวเป็นอุตสาหกรรมในแขนงการผลิตต่างๆ เช่น ของใช้ ของกิน มีการแปรรูปวัตถุดิบให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น สะดวกในการอุปโภคบริโภคได้ง่ายขึ้น การผลิตในระบบอุตสาหกรรมนอกจากคำนึงถึงปริมาณแล้ว จะต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลผลิต การทำงานในระบบผลิตนี้จะต้องมีการแบ่งงาน แบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจนตามขั้นตอนการผลิต นับตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนกระทั่งผ่านกระบวนการผลิตแล้วแปรรูปเป็นวัตถุสำเร็จรูป มีการบริหารงานการจัดองค์กร ซึ่งมีผลต่อความสัมพันธ์ของผู้คนในองค์การที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม

2.1 ความหมายของอุตสาหกรรม

นิคม จันทรวิทูร ได้ให้ความหมายคำว่า “ อุตสาหกรรม ” คือ กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับกำลังคน และเครื่องจักรทำการเปลี่ยนแปลง แปรสภาพวัตถุดิบ หรือวัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์สำหรับประชาชนไว้อุปโภคบริโภค ตลอดจนกิจการซึ่งให้บริการด้านความสะดวกสบายแก่ประชาชน

ณรงค์ เส็งประชา ได้สรุปความหมายของคำว่า “ อุตสาหกรรม ” คือ การประกอบการซึ่งจำเป็นต้องอาศัยกำลังคน วัสดุและเทคโนโลยี เพื่อก่อให้เกิดผลผลิตซึ่งอาจอยู่ในรูปของสินค้าบริโภคอุปโภค หรือบริการในอันที่จะสนองความต้องการของมนุษย์

การประกอบการทางอุตสาหกรรม ถ้าจะให้ได้ผลดีต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างลูกจ้างกับนายจ้าง ระหว่างคนงานกับฝ่ายจัดการ การที่ฝ่ายนายจ้างและฝ่ายลูกจ้างร่วมกันคิด ร่วมกันทำ ร่วมกันได้รับผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นธรรมนั้น เรียกว่า การร่วมมือร่วมใจกันทางอุตสาหกรรม ส่วนการรวมตัวและร่วมมือร่วมใจกับคนงาน หรือการรวมกลุ่มของนายจ้าง และร่วมมือร่วมใจกันเป็นการร่วมมือกันเฉพาะส่วนขององค์ประกอบทางอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละกลุ่มอาจไม่มีความร่วมใจกันและเกิดความสัมพันธ์ที่ไม่ดีต่อกัน อันเป็นผลเสียทั้งทางเศรษฐกิจและสังคม ต่อส่วนตัว ต่อองค์กร และต่อสังคมส่วนรวม

ความร่วมมือระหว่างนายจ้างกับลูกจ้างจะเป็นไปด้วยดี ถ้าทั้งสองฝ่ายจริงใจต่อกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ไม่หวังผลประโยชน์ส่วนตน และให้เกียรติกับอีกฝ่ายหนึ่ง การร่วมมือร่วมใจกันพึ่งพาอาศัยกันในการประกอบธุรกิจจะก่อให้เกิดผลทางเศรษฐกิจ ดังนั้นทั้งสองฝ่ายควรปฏิบัติต่อกันเพื่อให้เกิดความร่วมมือร่วมใจ และสร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน

ฝ่ายนายจ้างควรปฏิบัติต่อลูกจ้าง ดังต่อไปนี้

- ปฏิบัติตามกฎหมายแรงงาน และบันทึกข้อตกลงเกี่ยวกับสภาพการจ้าง
- ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎหมาย และวิธีปฏิบัติงาน
- ปรับปรุงสื่อข้อความภายในสถานประกอบการ และรับฟังข้อเสนอแนะจากฝ่ายลูกจ้างรวมทั้งการมีระบบเรื่องราวร้องทุกข์
- กำหนดนโยบายการบริหารงานบุคคลให้ชัดเจน รวมทั้งหน้าที่ในแต่ละตำแหน่ง เพื่อสร้างความมั่นคงในการทำงาน
- ยอมรับให้มีสหภาพแรงงาน และใช้ประโยชน์จากสหภาพแรงงานในการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างนายจ้างกับลูกจ้าง
- ให้ความสนใจกับปัญหาค่าครองชีพของคนงาน มีการจัดสวัสดิการตามความเหมาะสม และด้วยความเป็นธรรม
- ให้เกียรติความเป็นมนุษย์ของกันและกัน ถ้อยทีถ้อยอาศัยกัน เอาใจเขามาใส่ใจเรา
- จ่ายค่าจ้างด้วยความยุติธรรมและตรงเวลา

ฝ่ายลูกจ้างควรถือปฏิบัติในบรรทัดฐาน ดังต่อไปนี้

- ปฏิบัติตามกฎหมายแรงงาน และตามบันทึกข้อตกลงเกี่ยวกับสภาพการจ้าง
- มีทัศนคติที่ดีต่องานและผู้บังคับบัญชา
- ศึกษางาน ศึกษาระเบียบปฏิบัติงาน เพื่อจะได้ทำงานให้กับนายจ้างได้ตามวัตถุประสงค์ และอย่างมีประสิทธิภาพ
- ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความเต็มใจ ขยัน ซื่อสัตย์และให้ได้ผลงาน
- เอาใจใส่รักษาทรัพย์สินและประโยชน์ของนายจ้าง เสมือนเป็นของตนเอง
- ใช้ความสุภาพในการพูดจาหารือ
- รู้จักสถานภาพของตน ปรับสภาพตนเองให้เข้ากับงานและหน่วยงาน หมั่นศึกษาหาความรู้และพัฒนาความสามารถของตนอย่างสม่ำเสมอ

2.2 ประเภทของจริยธรรม

จริยธรรมปรากฏขึ้นมากมายทั้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และที่มนุษย์เป็นผู้บัญญัติหรือสร้างขึ้นมา แยกออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภท คือ

- จริยธรรมที่สร้างความเจริญให้ปัจเจกชนหมายถึง จริยธรรมที่บุคคลแต่ละคนนำมาประพฤติปฏิบัติแล้วเกิดความสุข ความเจริญ จริยธรรมประเภทนี้ ได้แก่

- ความขยัน
- ความอดทน
- ความพากเพียรพยายาม
- การรู้จักพึ่งตนเอง

● จริยธรรมที่ส่งเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างมนุษย์หมายถึง จริยธรรมที่เสริมสร้างให้มนุษย์อยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข เกิดสันติสุข เกิดความสามัคคี จริยธรรมประเภทนี้ ได้แก่

- ความสุภาพอ่อนโยน
- ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่
- การรู้จักเคารพสิทธิของผู้อื่น

● จริยธรรมที่ส่งเสริมความเจริญมั่นคงให้แก่ชาติบ้านเมือง หมายถึง จริยธรรมที่ส่งเสริมให้ชาติบ้านเมืองมั่นคงเป็นปึกแผ่น เป็นเอกราช จริยธรรมประเภทนี้ ได้แก่

- ความรักชาติ
- ความกล้าหาญ
- ความเห็นแก่ส่วนรวม
- ความรักในศิลปวัฒนธรรม

2.3 ประโยชน์ของจริยธรรม

จริยธรรมมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนี้

● ประโยชน์ต่อผู้ประพฤติปฏิบัติคือ ผู้ศึกษา และประพฤติปฏิบัติชอบตามหลักจริยธรรมย่อมมีความสุขความเจริญ จริยธรรมบางข้อ เช่น ความมัธยัสถ์ ความรับผิดชอบ การรู้จักประมาณตน ฯลฯ เมื่อเราปฏิบัติตามย่อมทำให้ได้รับความสำเร็จและความเจริญในชีวิต

● ประโยชน์ต่อสังคม การปฏิบัติตามหลักจริยธรรม นอกจากผู้ปฏิบัติจะได้รับประโยชน์แล้วยังก่อให้เกิดประโยชน์แก่ส่วนรวมด้วย จริยธรรมบางข้อ เช่น ความมีวินัย ความกตัญญูกตเวที การรู้จักเคารพในความคิดเห็นของผู้อื่น การไม่เบียดเบียนกัน เป็นต้น ถือเป็นหลักสำคัญที่ทำให้คนในครอบครัวและสังคมอยู่ร่วมกันได้อย่างสงบสุข

● ประโยชน์ต่อประเทศชาติ ประเทศที่มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน จริยธรรมย่อมอำนวยคุณประโยชน์ให้เกิดความสุข ความเจริญขึ้นในประเทศนั้น เกิดความสงบสุข มีความมั่นคงทางเศรษฐกิจ

● ประโยชน์ต่อโลก เมื่อประชากรของโลกมีความประพฤติปฏิบัติตามหลักจริยธรรม ทำให้เกิดความสงบและสันติสุขขึ้นในโลก ปราศจากสงครามระหว่างลัทธิการเมืองที่แตกต่างกัน

● จริยธรรมให้อาหารทางใจ การปฏิบัติตามจริยธรรม นอกจากจะช่วยให้เราประสบความสำเร็จด้านความเป็นอยู่ การประกอบอาชีพการงาน และก่อให้เกิดความสงบสุขในสังคมแล้ว ยังทำให้เราอิ่มใจด้วย เช่น ความละอายต่อความชั่ว การเสียสละ ความบริสุทธิ์ใจ เป็นต้น ล้วนทำให้เราเป็นสุขใจ ทำให้จิตใจเป็นอิสระปราศจากความเร่าร้อน

2.4 คุณธรรมจริยธรรมสำหรับการประกอบอาชีพ

ในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงจากสังคมเกษตรกรรมเป็นสังคมอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุให้การเคลื่อนย้ายแรงงานจากชนบทสู่ตัวเมืองมากขึ้น แต่เดิมแรงงานดังกล่าวทำงานขึ้นอยู่กับดินฟ้าอากาศ ไม่มีระเบียบกฎเกณฑ์ต่างๆ ต้องทำการปรับตัวเข้าสู่ระบบธุรกิจที่มีกฎเกณฑ์ระเบียบต่างๆ มากมาย สถานประกอบการและโรงงานต่างๆ มีความต้องการบุคลากรที่มีคุณภาพ มีความประพฤติที่ดี การเลือกบุคลากรที่มีคุณภาพมีความประพฤติดี มีเครื่องมือหรือเครื่องบ่งชี้ที่เราเรียกว่า “ คุณธรรม จริยธรรม ”

คุณธรรม หมายถึง สภาพคุณงามความดี

จริยธรรม หมายถึง ธรรมที่เป็นข้อประพฤติปฏิบัติ ศีลธรรม

ดังนั้น คุณธรรมจริยธรรม จึงมีความหมายเกี่ยวกับการประพฤติปฏิบัติที่ดีที่ชอบ ทั้งกาย วาจาและใจ การประพฤติปฏิบัตินั้นเป็นไปด้วยความจริงใจ ไม่เสแสร้ง เป็นไปโดยธรรมชาติของแต่ละบุคคล

บุคคลที่มีคุณธรรมจริยธรรมย่อมเป็นที่ต้องการของชุมชน สังคม และสถานประกอบการต่างๆ เนื่องจากเป็นบุคคลที่มีความเห็นอกเห็นใจกัน ไม่เอารัดเอาเปรียบ ช่วยสร้างและพัฒนาสังคม และสถานประกอบการ ให้มีระเบียบวินัย มีความเจริญก้าวหน้า เกิดความสงบสุขทั้งต่อตนเอง ครอบครัว สังคม และประเทศชาติ

การประกอบอาชีพในสังคมอุตสาหกรรม การทำงานเป็นระเบียบมีผู้จัดการ หรือเจ้าของสถานประกอบการ คัดเลือกบุคคลที่จะทำงานร่วมกัน มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

● คุณลักษณะทางด้านคุณธรรมจริยธรรม ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องปลูกฝังมาตั้งแต่เกิด หรือใช้เวลาในการพัฒนาพอสมควร เช่น ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ การตรงต่อเวลา เป็นต้น

● ความรู้ความสามารถด้านวิชาการเป็นหน้าที่ของสถานประกอบการในการพัฒนาบุคลากร ผู้ประกอบการจึงจัดให้เป็นอันดับรองจากคุณลักษณะทางด้านคุณธรรมจริยธรรม

2.5 คุณธรรมจริยธรรมที่ต้องการในการประกอบอาชีพ

คุณธรรมจริยธรรมในการประกอบอาชีพที่คนส่วนใหญ่ยอมรับว่า เป็นความดี เป็นสิ่งที่ควรประพฤติเพื่อความสงบสุขของสังคม ได้แก่ พฤติกรรมที่เกี่ยวกับ

- ความซื่อสัตย์
- ความรับผิดชอบ
- ความเสียสละ
- ความอดทน
- ความขยันหมั่นเพียร
- การตรงต่อเวลา
- การงดเว้นอบายมุข

- ความซื่อสัตย์ หมายถึง พฤติกรรมของมนุษย์ที่แสดงออกถึงความจริง ตรงไปตรงมา ไม่พูดคำหยาบ และไม่ใส่ร้ายผู้อื่นให้เกิดความแตกแยกในหมู่คณะ การแสดงออกต้องเป็นไปตามธรรมชาติทั้งกาย วาจา และใจ บุคคลที่มีความซื่อสัตย์ ส่วนใหญ่จะเป็นคนที่มีระเบียบวินัยในตนเอง มีความละอายต่อการทำชั่ว ไม่พูดปด มีสัจจะและความจริงใจ มีสติรู้ว่าอะไรดีอะไรชั่ว เป็นต้น

ดังนั้น บุคคลที่ทำงานด้วยความซื่อสัตย์ ทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความเต็มใจ เต็มกำลังความสามารถ ตลอดจนช่วยเหลือแนะนำแนวทางที่ดีต่อเพื่อนร่วมงานเกิดการยกย่อง การยอมรับนับถือ ความเชื่อถือจากผู้บังคับบัญชา และความรักจากเพื่อนร่วมงาน ทำให้ได้รับความเจริญก้าวหน้าในชีวิตการทำงานและการดำรงชีวิตในสังคม

- ความรับผิดชอบ หมายถึง ความรู้สึกสำนึกในหน้าที่ ไม่ทอดทิ้งงาน ทำงานโดยไม่ต้องมีผู้ใดมาบังคับ และสามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จลุล่วง ยอมรับผลแห่งการกระทำนั้น ไม่ว่าจะเป็นด้านดีหรือด้านร้าย รวมทั้งงานที่เป็นส่วนรวมและสังคม

บุคคลที่มีความรับผิดชอบ รู้จักหน้าที่และปฏิบัติงานได้สำเร็จลุล่วงตรงตามเวลา ย่อมเป็นที่ยอมรับนับถือ และได้รับความไว้วางใจจากบุคคลอื่น ก่อให้เกิดผลดีมีความเจริญก้าวหน้าในการดำเนินชีวิต และหน้าที่การงาน การปฏิบัติตนให้เป็นคนมีความรับผิดชอบ ได้แก่ การเอาใจใส่และรอบคอบในการทำงาน มีความตั้งใจจริง มีความพยายาม มีระเบียบวินัย มีความพอใจในหน้าที่การงานที่ได้กระทำ เป็นต้น

- ความเสียสละ หมายถึง การให้หรือบริจาคทรัพย์สินสิ่งของตลอดจนความมีน้ำใจ ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่แก่บุคคลอื่นหรือสังคม โดยไม่คำนึงถึงผลตอบแทนที่จะได้รับ

บุคคลที่มีความเสียสละมีคุณลักษณะ หรือคุณธรรมที่สำคัญ เช่น มีความเมตตากรุณา มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ไม่เห็นแก่ตัว มีความโอบอ้อมอารี เอาใจเขามาใส่ใจเรา แสดงออกถึงความชื่นชม และปรารถนาดีต่อผู้อื่น

ดังนั้น การเสียสละจึงมีความสำคัญช่วยให้ทุกคนในครอบครัว สังคม และประเทศชาติมีความสุข เพราะเมื่อทุกคนมีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ กิจการหรืองานต่างๆ จะประสบความสำเร็จ สังคมและประเทศชาติก็จะมีแต่ความสงบสุข

- ความอดทน หมายถึง การอดกลั้น การยับยั้งชั่งใจ ความหนักแน่นไม่หวั่นไหว สามารถรักษาอารมณ์ให้ปกติอยู่เสมอถึงแม้จะไม่พอใจก็ตาม ใช้สติปัญญาแก้ไขสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเรียบร้อย

การฝึกตนให้มีความอดทน ต้องเป็นบุคคลที่มีจิตใจมั่นคงมีสมาธิ มีความพยายาม มีระเบียบวินัย เกรงกลัวต่อความชั่ว มีความละอายต่อบาป เป็นผู้มีเหตุผลและใช้เหตุผลในการตัดสินใจ

บุคคลที่มีความอดทนจะเป็นผู้ที่มีความเข้มแข็ง สามารถเอาชนะปัญหาอุปสรรคต่างๆ ได้ และเป็นที่รักใคร่ของผู้อื่น ถ้าขาดความอดทนการดำเนินชีวิตในสังคมหรือการทำงานจะมีแต่ความขัดแย้ง ทำให้เกิดความทุกข์

- ความขยันหมั่นเพียร หมายถึง ความเพียรพยายาม ความมานะบากบั่น ความอดทนในการทำงานหรือกิจกรรมนั้นให้บรรลุผลสำเร็จ

การพัฒนาและฝึกฝนให้เป็นผู้มีความขยันหมั่นเพียรนั้น ต้องเป็นคนช่างสังเกต มีเหตุผล มีความอดทน มีความรับผิดชอบ ทำงานด้วยความจริงใจ เอาใจใส่งาน และทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ

บุคคลที่มีความขยันหมั่นเพียรจะเป็นผู้ที่มีเป้าหมายของชีวิตที่แน่นอน ทั้งในด้านการทำงาน และการดำเนินชีวิตในครอบครัว สังคม โดยการพัฒนาตนเองอยู่เสมอ ประกอบอาชีพด้วยความสุจริตเป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับจากสังคม

- การตรงต่อเวลา หมายถึง การทำภารกิจหรือกิจกรรมใดๆ ให้บรรลุสำเร็จตามกำหนดเวลา การตรงต่อเวลาเป็นพฤติกรรม หรือการกระทำที่เกิดจากความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น มีความรับผิดชอบ ไม่เห็นแก่ตัว ความมีระเบียบวินัยในตนเอง

การตรงต่อเวลาเป็นคุณธรรมที่สำคัญ ถ้าหน่วยงานหรือสังคมใดมีแต่คนที่ตรงต่อเวลา งาน หรือกิจกรรมนั้นๆ จะสำเร็จตามเป้าหมาย ทำให้เกิดประโยชน์ มีความเป็นระเบียบต่อตนเองและหน่วยงาน

- การงดเว้นอบายมุข อบายมุข หมายถึง ทางแห่งความเสื่อม หรือวิถีทางที่ทำให้คนเสื่อมจากฐานะ ชื่อเสียงเกียรติยศ ผู้ที่สามารถงดเว้นอบายมุข ก็สามารถหลุดพ้นจากความหายนะ เพราะอบายมุขทำให้สูญเสียทั้งทรัพย์สิน ความไว้วางใจ ความเคารพนับถือ เกียรติยศชื่อเสียง

การหลีกเลี่ยงอบายมุข ได้แก่ การทำจิตใจให้มั่นคงและเข้มแข็ง เลือกคบเพื่อนที่ดี มีความอดทน มีสติ มีความละอายต่อการทำชั่ว หมั่นเล่นกีฬา หรือ ออกกำลังกายอยู่เสมอ

ประเด็นจริยธรรมที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นแนวทางสำหรับบุคคลในการดำเนินชีวิต และประกอบอาชีพเป็นสิ่งที่ต้องอาศัยเวลาในการพัฒนาให้เกิดขึ้นในจิตใจ ตามปกติแล้วการพัฒนาทางจริยธรรมจะเกิด

ขึ้นในช่วงเยาว์วัย หรือในช่วง 10 ปีแรกของชีวิตและฝังรากลึก อย่างไรก็ตามการปรับปรุงความคิดทางด้านจริยธรรมนี้เกิดขึ้นได้หากบุคคลมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการสังเกต เรียนรู้ และควบคุมให้มีการปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ ก็จะพัฒนาเป็นนิสัยหรือพฤติกรรมที่ดี **เป็นการสร้างนิสัยอุตสาหกรรมในการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการขององค์กร**

ข้อปฏิบัติเพื่อการเป็นช่างที่ดี

ตรงต่อเวลา
เอาใจใส่หน้าที่
มีความอดทน
รีบหาความรู้ใหม่
หัดบำรุงรักษาเครื่องมือ
ใฝ่คิดสร้างสรรค์
รักษาวินัย
สมานสามัคคี
หมั่นฝึกฝนอาชีพ
ใช้วัสดุประหยัด
ถือกฎความปลอดภัย
ยึดมั่นคุณธรรม

บทที่ 3 เครื่องมือช่างทั่วไป

ในการปฏิบัติงานติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือการติดตั้งระบบไฟฟ้า ตามอาคารบ้านพักอาศัย ช่างไฟฟ้านอกจากมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับทางด้านไฟฟ้าแล้ว ยังจะต้องมีความรู้ความสามารถ และมีทักษะในการใช้เครื่องมือช่างทั่วไปให้ถูกต้องตามประเภทของงาน เครื่องมือที่ช่างไฟฟ้าควรรู้จักมีดังต่อไปนี้

3.1 คีม (Pliers)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการหยิบหรือจับชิ้นงาน มีทั้งแบบมีฉนวนหุ้ม (หุ้มด้าม) และไม่มีฉนวนหุ้มที่ด้าม คีมที่มีฉนวนหุ้มเหมาะที่จะใช้กับงานเกี่ยวกับสายไฟฟ้าที่มีไฟ (Hot wire) คีมที่มีฉนวนหุ้มนอกจากจะป้องกันอุบัติเหตุให้กับตนเองแล้ว ยังป้องกันอุบัติเหตุให้แก่ผู้อื่นอีกด้วย คีมที่ใช้สำหรับช่างไฟฟ้าทั่วไป ได้แก่ คีมไฟฟ้า (หุ้มยาง) คีมปากแหลม คีมช่างรวม คีมตัด และคีมชนิดต่างๆ ดังแสดงในรูป

คีมปากแหลม

คีมช่างรวม

คีมตัด

คีมย้ำหางปลา

คีมตัดท่อพีวีซี

คีมปลอกสาย

ประแจคอม้า

รูปคีมชนิดต่างๆ และประแจคอม้าที่ใช้ในงานเดินสายไฟฟ้า

3.2 ไขควง (Screw drivers)

ไขควงที่ใช้ในงานช่างไฟฟ้ามีหลายชนิด ดังในรูป ไขควงที่ใช้เฉพาะงานไฟฟ้าควรมีด้ามเป็นฉนวนอย่างดีตลอดเวลาใช้งานจะได้มีประสิทธิภาพ ปลายของไขควงมีทั้งแบบแบน และแบบสี่แฉก (หัวฟิลลิป) เวลาใช้กับตะปูเกลียวชนิดใดควรเลือกไขควงให้ถูกชนิดและถูกขนาด เพื่อจะทำให้การยึดชิ้นงานมีความมั่นคงแข็งแรง ไม่ทำให้ไขควงและตะปูเกลียวเกิดการเสียหายด้วย

ไขควงทดสอบไฟฟ้า

ไขควงแบบสี่แฉก (หัวฟิลลิป)

ไขควงปากแบน

ไขควงแบบสี่แฉก(ด้ามยาง)

รูปแสดงไขควงชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานช่างไฟฟ้า

3.3 ค้อน (Hammers)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตอกตะปู ตอกสกัด ตลอดทั้งการตอก เคาะ ตกแต่งต่างๆ ดังแสดงในรูป แสดงให้เห็นค้อนสำหรับช่างไม้ สำหรับช่างไฟฟ้า และสำหรับช่างเหล็ก

ค้อนสำหรับช่างไฟฟ้า

ค้อนสำหรับช่างไม้

ค้อนสำหรับช่างเหล็ก

รูปแสดงค้อนชนิดต่างๆ

3.4 สว่านไฟฟ้า (Electric Drill)

สว่านและดอกสว่านใช้ประโยชน์ในการเจาะรู เพื่อการสอดสายเข้าท่อ มีทั้งดอกคว้าน ดอกเจาะปูน ดอกเจาะไม้ เวลาใช้ต้องเลือกประเภทให้ถูกต้อง เช่น การเจาะปูนก็ควรใช้สว่านไฟฟ้าแบบกระแทกจะทำให้งานเสร็จเร็วขึ้น ในการเจาะรูที่ใหญ่ควรใช้สว่านดอกเล็กเจาะนำก่อน เป็นต้น

สว่านไฟฟ้าไร้สาย

สว่านไฟฟ้าทั่วไป

สว่านไฟฟ้าแบบกระแทก

รูปแสดงสว่านไฟฟ้าชนิดต่างๆ

3.5 เลื่อยเหล็ก และเลื่อยไฟฟ้า

เลื่อยที่ใช้สำหรับช่างไฟฟ้ามีหลายแบบ เช่น แบบเลื่อยลันดา เลื่อยฉลุ เลื่อยเหล็ก และเลื่อยไฟฟ้า ดังรูป

เลื่อยเหล็ก

เลื่อยไฟฟ้า

รูปแสดงแบบต่างๆ ของเลื่อยเหล็ก และเลื่อยไฟฟ้า

3.6 เครื่องมือทั่วไป

การเดินสายหรือติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ช่างอาจพบทั้งงานไม้และงานคอนกรีตจะต้องใช้ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เช่น การเข้ามุมต้องใช้บรรทัดวัดมุม การวัดความลึกใช้เวอร์เนีย การวัดระยะใช้ตลับเมตร หรือบรรทัดเหล็ก การปลอกสายใช้คัดเตอร์ การเจาะคอนกรีต หรือเจาะโลหะ จะต้องใช้เหล็กนำศูนย์ตอกนำก่อน เพื่อป้องกันการหนีศูนย์กลาง เป็นต้น

บรรทัดวัดมุม

เวอร์เนีย

ตลับเมตร

บรรทัดเหล็ก

คัดเตอร์

เหล็กตอกนำศูนย์

รูปเครื่องมือทั่วไป

บทที่ 4 เครื่องมือวัดและหน่วยวัดทางไฟฟ้า

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ช่างไฟฟ้าใช้ในการตรวจวัดค่าอุปกรณ์ รวมทั้งตรวจสอบระบบการทำงานต่างๆ ทางด้านช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้มีความถูกต้องตามข้อกำหนด เช่น วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร เป็นต้น ปัจจุบันสามารถใช้เครื่องมือวัดเพียงเครื่องเดียววัดค่าทางไฟฟ้าดังที่กล่าวข้างต้นได้ทั้งหมด เราเรียกเครื่องมือวัดชนิดนี้ว่า “ มัลติมิเตอร์ ” ในบทนี้จะกล่าวถึงการใช้เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ในการวัดค่าต่างๆ

4.1 เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ (Multi Meter)

เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ หรือเรียกย่อว่า VOM (ย่อจาก Volt Ohm Milliamp Meter) เป็นเครื่องมือวัดชนิดหนึ่งที่สามารถใช้วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ วัดกระแสไฟฟ้า วัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า และใช้สำหรับตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ทางด้านไฟฟ้าและทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ มัลติมิเตอร์ที่ใช้กันทั่วๆ ไป จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. อะนาล็อก มัลติมิเตอร์ (Analog Multimeter) หรือมัลติมิเตอร์ชนิดเข็มเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน โดยการทำงานของกัลวาโนมิเตอร์ (Galvano Meter) หรือ มูฟวิ่งคอยล์ (Moving coil) ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าดีซี (DC) ต่ำๆ ไม่เกิน 50 ไมโครแอมป์ ป้อนให้ขดลวดทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ผลักเข็มมิเตอร์ให้ชี้อ่านค่าบนหน้าปัด มิเตอร์ชนิดเข็มที่ดีจะต้องมีความไวสูง (Sensitivity) ไม่ต่ำกว่า 20 KΩ/VDC หรือ 8 KΩ/VAC

2. ดิจิตอล มัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) เป็นมิเตอร์ที่ใช้หลักการแสดงผลเป็นตัวเลข โดยนำเอาหลักการทำงานในรูปแบบของดิจิตอลเข้ามาเพื่อการตรวจสอบค่าต่างๆ มีความเที่ยงตรงในการวัดค่าสูง อ่านค่าง่าย สามารถบอกรายละเอียดได้มากกว่าชนิดเข็ม

เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter)

เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter)

เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ทั้ง 2 แบบโดยทั่วไปสามารถใช้วัดค่าทางไฟฟ้าได้ 4 ประเภท คือ

- วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Voltage)
- วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. Voltage)
- วัดกระแสไฟฟ้าตรง (D.C. current)
- วัดความต้านทานทางไฟฟ้า (Resistance - Ω)

การใช้งานเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ทั้ง 2 แบบ สิ่งที่สำคัญที่ผู้ใช้งานต้องทำความรู้จักก่อนที่จะทำการวัด คือส่วนที่เรียกว่าสวิตช์เลือกการวัด (Range Switches) ดังแสดงตามรูป

สวิตช์เลือกการวัดแบบเข็ม

สวิตช์เลือกการวัดแบบตัวเลข

รูปแสดงส่วนของสวิตช์เลือกการวัด (Range Switches) ของเครื่องมือวัด

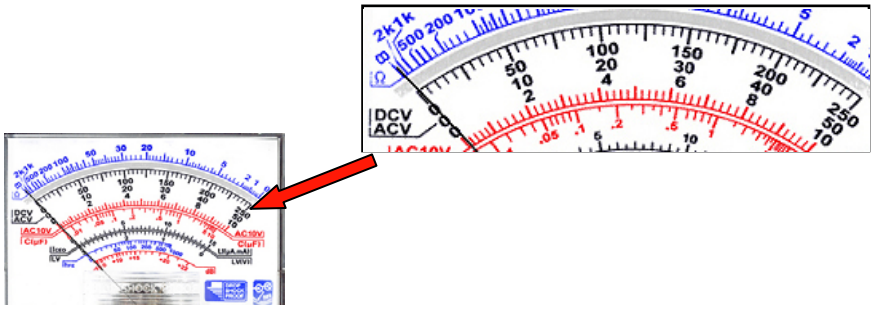
สวิตช์เลือกการวัด (Range Switches) เป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องมือวัดที่ผู้ใช้งานควรรู้จัก เป็นสวิตช์แบบหมุน ใช้สำหรับเปลี่ยนสภาวะการทำงานในการวัดค่าต่างๆ ตามความต้องการ ในกรณีไม่ใช้งานหรือเลิกการใช้งาน ให้หมุนสวิตช์เลือกการวัดไปที่ตำแหน่ง OFF

4.2 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Voltage)

การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Voltage) ให้หมุนสวิตช์เลือกการวัด (Range Switches) ไปที่ DCV ถ้าไม่แน่ใจค่าแรงดันที่จะทำการวัดมีค่าสูงหรือต่ำ ให้ตั้งสวิตช์เลือกการวัดไปที่ตัวเลขสูงสุดไว้ก่อน คือ 1000 แล้วจึงเริ่มทำการวัด ถ้าเข็มไม่ขึ้นให้ปรับลดลงที่ 250,50,10,2.5,0.5,0.1 ตามลำดับจนกว่าเข็มจะชี้จนสามารถอ่านค่าที่วัดได้ สายวัดสีแดงคือขั้วบวก สายวัดสีดำคือขั้วลบ ในกรณีที่เข็มตีกลับ แสดงว่าวัดผิดขั้วให้รีบสลับสายวัดทันที

รูปการตั้งสวิตช์เลือกการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง DCV

การอ่านค่าให้ดูขีดแถวล่างแถบสะท้อน อ่านจากซ้ายไปขวา แถว DCV,A มีรายละเอียดดังนี้



4.2.1 ตำแหน่ง 0.1 วัดแรงไฟดีซีได้สูงสุด 0.1 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 10 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.002 โวลต์

4.2.2 ตำแหน่ง 0.5 วัดแรงไฟดีซีได้สูงสุด 0.5 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 50 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.01 โวลต์

4.2.3 ตำแหน่ง 2.5 วัดแรงไฟดีซีได้สูงสุด 2.5 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.05 โวลต์

4.2.4 ตำแหน่ง 10 วัดแรงไฟดีซีได้สูงสุด 10 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 10 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.2 โวลต์

4.2.5 ตำแหน่ง 50 วัดแรงไฟดีซีได้สูงสุด 50 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 50 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 1 โวลต์

4.2.6 ตำแหน่ง 250 วัดแรงไฟดีซีได้สูงสุด 250 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 5 โวลต์

4.2.7 ตำแหน่ง 1000 วัดแรงไฟดีซีได้สูงสุด 1000 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 10 (x 100) อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.01 โวลต์

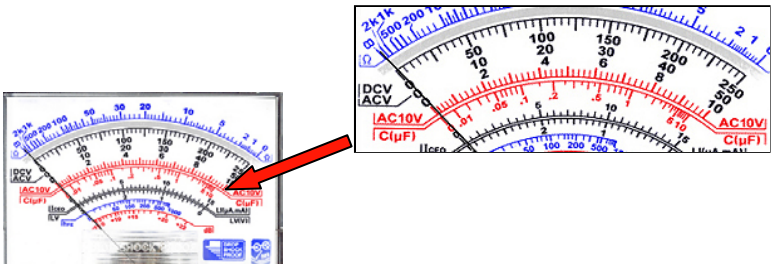
4.3 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. Voltage)

การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. Voltage) ให้หมุนสวิตช์เลือกการวัด (Range Switches) ไปที่ ACV ถ้าไม่แน่ใจค่าแรงดันที่จะทำการวัดมีค่าสูงหรือต่ำให้ตั้งสวิตช์เลือกการวัดไปที่ตัวเลขสูงสุดไว้ก่อน คือ 1000 แล้วจึงเริ่มทำการวัด ถ้าเข็มไม่ขึ้นให้ปรับลดลงที่ 250,50,10 ตามลำดับจนกว่าจะสามารถอ่านค่าที่ทำการวัดได้ ในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับใช้สายวัดขั้วไหนก็ได้

รูปการตั้งสวิตช์เลือกการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ACV

รูปภาพ ลักษณะการวัดแรงดันไฟฟ้าเอซี

การอ่านค่าให้ดูขีดแถวล่างแถบสะท้อน อ่านจากซ้ายไปขวา แถว DCV,A มีรายละเอียดดังนี้



4.3.1 ตำแหน่ง 2.5 วัดแรงไฟเอซีได้สูงสุด 2.5 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.05 โวลต์

4.3.2 ตำแหน่ง 10 วัดแรงไฟเอซีได้สูงสุด 10 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 10 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.2 โวลต์

4.3.3 ตำแหน่ง 50 วัดแรงไฟเอซีได้สูงสุด 50 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 50 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 1 โวลต์

4.3.4 ตำแหน่ง 250 วัดแรงไฟเอซีได้สูงสุด 250 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละโวลต์

4.3.5 ตำแหน่ง 1000 วัดแรงไฟเอซีได้สูงสุด 1000 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 10 (x 100) อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 20 โวลต์

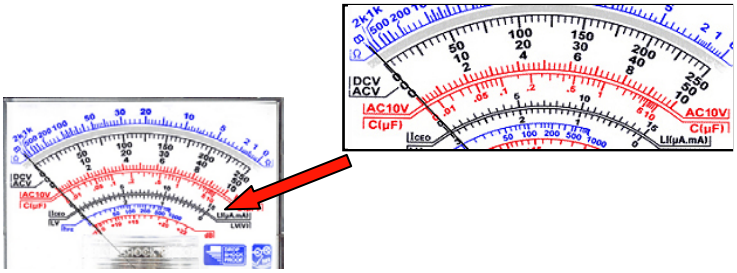
4.4 การวัดกระแสไฟฟ้าตรง (D.C. Current)

การวัดกระแสไฟฟ้าตรง (D.C. Current) ให้หมุนสวิตช์เลือกการวัด (Range Switches) ไปที่ DCmA ถ้าไม่แน่ใจค่ากระแสไฟฟ้าตรงที่จะทำการวัดมีค่าสูงหรือต่ำ ให้ตั้งสวิตช์เลือกการวัดไปที่ตัวเลขสูงสุดไว้ก่อนคือ 250 mA แล้วจึงเริ่มทำการวัด ถ้าเข็มไม่ขึ้นให้ปรับลดลงที่ 25mA, 2.5mA,50uA ตามลำดับจนกว่าจะสามารถอ่านค่าที่ทำการวัดได้

รูปการตั้งสวิตช์เลือกการวัดกระแสไฟฟ้าตรง DCA

ในการวัดกระแสไฟฟ้าตรง (D.C. Current) เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ทั่วๆ ไป จะมีความสามารถในการวัดกระแสตรง (กระแสดีซี) ได้เพียงอย่างเดียว แม้ว่ามูฟวิ่งคอยล์จะมีความสามารถในการรับกระแสสูงสุดเพียง 50 ไมโครแอมป์ก็สามารถทำให้วัดกระแสได้สูงกว่า โดยกำหนดค่ารีซิสเตอร์ในวงจรที่มาต่อขนานกับมูฟวิ่งคอยล์ แต่ในลักษณะของการวัดต้องนำมิเตอร์ไปอันดับกับวงจรไฟฟ้าที่ต้องการทราบค่ากระแส มิเตอร์โดยทั่วไปออกแบบให้วัดกระแสดีซีไม่สูงมาก วัดได้ไม่เกิน 250 มิลลิแอมป์ หรือ 0.25 แอมป์ ถ้าต้องการวัดกระแสเอซีจะใช้มิเตอร์ที่วัดกระแสเฉพาะ ซึ่งเรียกว่า “ แคล้มป์มิเตอร์ (Clamp meter) ”

การอ่านค่าบนหน้าปัด ให้ดูจากสเกลแถวเดียวกับการอ่าน DCV/DCA มีรายละเอียดดังนี้



4.4.1 ตำแหน่ง 50 uA วัดกระแสดีซีได้สูงสุด 50 ไมโครแอมป์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 50 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 1 ไมโครแอมป์

4.4.2 ตำแหน่ง 2.5 mA วัดกระแสดีซีได้สูงสุด 2.5 มิลลิแอมป์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.05 มิลลิแอมป์

4.4.3 ตำแหน่ง 25 mA วัดกระแสดีซีได้สูงสุด 25 มิลลิแอมป์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 0.5 มิลลิแอมป์

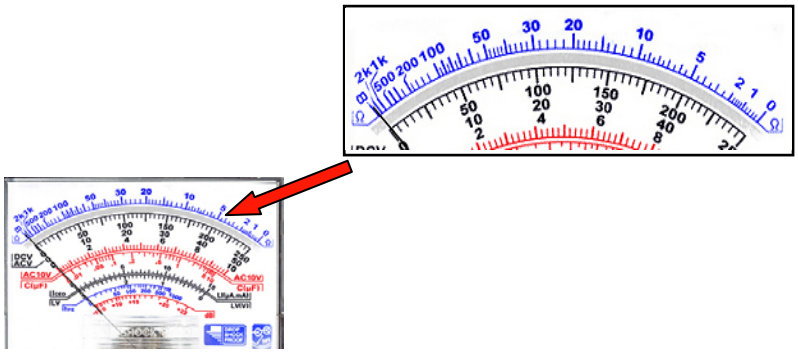
4.4.4 ตำแหน่ง 250 mA (0.25A) วัดกระแสดีซีได้สูงสุด 250 มิลลิแอมป์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัดช่องละ 5 มิลลิแอมป์

4.5 การวัดค่าความต้านทาน (Resistance Measuring Circuit)

การวัดความต้านทานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต้องวัดในสภาวะที่ไม่มีแรงดันไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่วงจรภายในของมิเตอร์ต้องมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ภายใน เพื่อกำหนดค่ากระแสของวงจร การวัดความต้านทาน จึงเป็นการนำเอาความต้านทานที่ต้องการทราบค่าไปกำหนดการไหลของกระแสในวงจร เพื่อกำหนดการอ่านค่าขั้วแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะตรงข้ามกับขั้วภายนอกของมิเตอร์ จากการที่ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ทำให้ค่ากระแสที่กำหนดในเบื้องต้นของการวัด (สภาวะ 0 โอห์ม) ไม่แน่นอนตามสภาพของแบตเตอรี่ จึงต้องมีวงจรส่วนที่กำหนดค่ากระแสเริ่มต้นคงที่เรียกว่า “ การปรับ 0 โอห์ม ” (0 Ω ADJ) โดยใช้วอลลุ่มปรับค่า 0 โอห์ม ทุกครั้งก่อนวัดค่าความต้านทาน

รูปภาพการปรับ 0 โอห์มก่อนวัดค่าความต้านทาน

การอ่านค่าความต้านทานให้ดูรายละเอียดจากขีดแถวบนสุด อ่านจากขวาไปซ้าย ค่าที่อ่านได้จะตรงข้ามกับลักษณะของเข็มที่ขึ้น เช่น เข็มมิเตอร์ขึ้นมากจะอ่านได้ค่าความต้านทานน้อย โดยมีรายละเอียดแต่ละช่วงบนหน้าปัด ดังนี้



4.5.1 ตำแหน่ง X 1 ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ 0 Ω - 2 kΩ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทานระหว่าง 0 Ω - 100 Ω มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัด ดังนี้

ตั้งแต่ 0-2 อ่านช่องละ 0.2 Ω
ตั้งแต่ 2-10 อ่านช่องละ 0.5 Ω
ตั้งแต่ 10-20 อ่านช่องละ 1 Ω
ตั้งแต่ 20-50 อ่านช่องละ 2 Ω
ตั้งแต่ 50-100 อ่านช่องละ 5 Ω

4.5.2 ตำแหน่ง X 10 ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ 0 Ω - 20 kΩ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทานระหว่าง 10 Ω - 1 kΩ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัด ดังนี้

ตั้งแต่ 0-2 อ่านช่องละ 2 Ω
ตั้งแต่ 2-10 อ่านช่องละ 5 Ω
ตั้งแต่ 10-20 อ่านช่องละ 10 Ω
ตั้งแต่ 20-50 อ่านช่องละ 20 Ω
ตั้งแต่ 50-100 อ่านช่องละ 50 Ω

4.5.3 ตำแหน่ง X 100 ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ 0 Ω - 20 kΩ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทานระหว่าง 100 Ω - 10 kΩ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัด ดังนี้

ตั้งแต่ 0-2 อ่านช่องละ 20 Ω
ตั้งแต่ 2-10 อ่านช่องละ 50 Ω
ตั้งแต่ 10-20 อ่านช่องละ 100 Ω
ตั้งแต่ 20-50 อ่านช่องละ 200 Ω
ตั้งแต่ 50-100 อ่านช่องละ 500 Ω

4.5.4 ตำแหน่ง X 1k ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ 0 Ω - 20 kΩ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทาน ระหว่าง 1 kΩ - 2 MΩ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัดดังนี้

ตั้งแต่ 0-2 อ่านช่องละ 200 Ω
ตั้งแต่ 2-10 อ่านช่องละ 500 Ω
ตั้งแต่ 10-20 อ่านช่องละ 1 KΩ
ตั้งแต่ 20-50 อ่านช่องละ 2 KΩ
ตั้งแต่ 50-100 อ่านช่องละ 5 KΩ
ตั้งแต่ 100-200 อ่านช่องละ 20 KΩ

4.5.5 ตำแหน่ง X 10K ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ 0 Ω - 20 MΩ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทาน ระหว่าง 10 KΩ - 2 MΩ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัด ดังนี้

ตั้งแต่ 0-2 อ่านช่องละ 2 KΩ
ตั้งแต่ 2-10 อ่านช่องละ 5 KΩ
ตั้งแต่ 10-20 อ่านช่องละ 10 KΩ
ตั้งแต่ 20-50 อ่านช่องละ 20 KΩ
ตั้งแต่ 50-100 อ่านช่องละ 50 KΩ
ตั้งแต่ 100-200 อ่านช่องละ 200 KΩ
ตั้งแต่ 200-300 อ่านช่องละ 500 KΩ
ตั้งแต่ 300-500 อ่านช่องละ 1 MΩ
ตั้งแต่ 500-1K อ่านช่องละ 5 MΩ
ตั้งแต่ 1K-2K อ่านช่องละ 10 MΩ

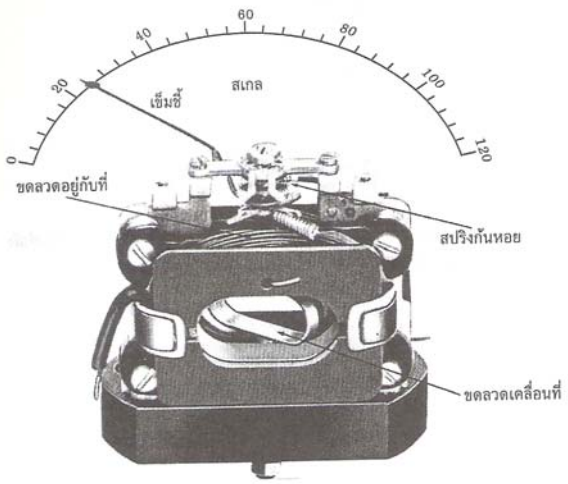
4.6 เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt Meter)

วัตต์มิเตอร์ คือเครื่องมือที่ใช้วัดกำลังไฟฟ้าจริงของโหลด วัตต์มิเตอร์มีทั้งที่ใช้ในระบบไฟฟ้า 1 เฟส และไฟฟ้า 3 เฟส ลักษณะภายนอกของวัตต์มิเตอร์ 1 เฟส และ 3 เฟส ดังรูป

วัตต์มิเตอร์ 1 เฟส

วัตต์มิเตอร์ 3 เฟส

โครงสร้างภายในของวัตต์มิเตอร์มีหลายชนิด แต่ที่ใช้วัดได้ทั้งกำลังไฟฟ้ากระแสตรง และกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ คือ วัตต์มิเตอร์แบบไดนาโมมิเตอร์ ประกอบไปด้วยขดลวดกระแสอยู่ในลักษณะเคลื่อนไหวไม่ได้ติดตั้งอยู่กับที่ จึงถูกเรียกว่า “ ขดลวดอยู่กับที่ ” เป็นขดลวดที่ใช้วัดกระแสที่ผ่านโหลด ขดลวดกระแสและขดลวดแรงดันเป็นขดลวดที่พันอยู่บนแท่งเหล็กรูปทรงกระบอกที่เคลื่อนที่มีความต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวด ใช้สำหรับวัดค่าแรงดันคร่อมโหลดดังแสดงในรูป



โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์แบบไดนาโมมิเตอร์

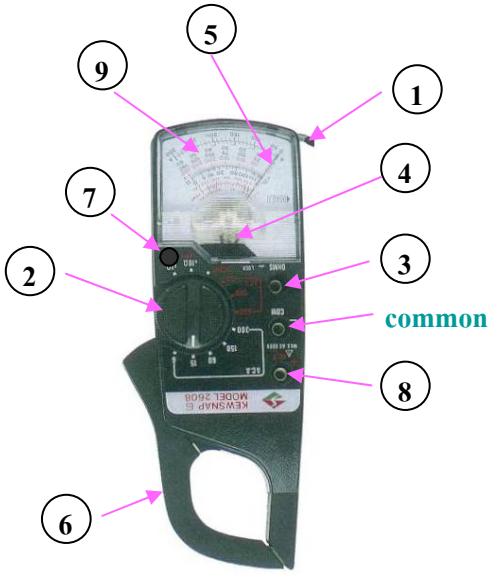
4.7 แคล้มป์ออนมิเตอร์ (Clamp-on meter)

แคล้มป์ออนมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดกระแสไฟสลับ ด้วยวิธีคล้องเข้ากับสายไฟเส้นใดเส้นหนึ่งของวงจร ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากกว่าแอมมิเตอร์ทั่วไป นอกจากนี้แคล้มป์ออนมิเตอร์ถูกออกแบบให้สามารถใช้วัดแรงดันไฟสลับ และความต้านทานได้อีกด้วย แคล้มป์ออนมิเตอร์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบคือ แคล้มป์ออนมิเตอร์แบบเข็ม และแคล้มป์ออนมิเตอร์แบบตัวเลข แสดงดังรูป

รูปแคล้มป์ออนมิเตอร์แบบเข็ม

รูปแคล้มป์ออนมิเตอร์แบบตัวเลข

ส่วนประกอบภายนอกของแคล้มป์ออนมิเตอร์



แคล้มป์ออนมิเตอร์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ก้ามคล้องสาย (Clamp Core) เป็นแกนเหล็กเปิด-ปิดได้ สำหรับใช้คล้องสายไฟเวลาวัดกระแสไฟฟ้า
2. สวิตช์เลือกย่านวัด (Range selector switch knob) เป็นสวิตช์ที่ใช้เลือกย่านวัดและประเภทการวัด
3. รูเสียบสายวัดความต้านทาน(Ohm Terminal)เป็นรูสำหรับเสียบสายวัดความต้านทานมี 2 แบบคือ

- แคล้มป์ออนมิเตอร์แบบที่มีแบตเตอรี่อยู่ในตัว แบบนี้สายวัดความต้านทานจะเป็นสายธรรมดา
- แคล้มป์ออนมิเตอร์แบบไม่มีแบตเตอรี่อยู่ในตัว แบบนี้สายวัดความต้านทานจะต้องมีแบตเตอรี่อยู่ภายในด้วย ซึ่งนิยมเรียกสายแบบนี้ว่า “ Ohm-probe ”

4. สกรูปรับศูนย์ (Zero adjuster) เป็นสกรูที่ใช้ปรับให้เข็มอยู่ในตำแหน่งศูนย์
5. เข็มชี้ (Pointer) เป็นเข็มที่ชี้แสดงค่าที่วัดได้
6. ตัวเปิดก้ามคล้องสาย (Clamp opener) เป็นคันสำหรับเปิดก้ามคล้องสาย เพื่อคล้องสายไฟฟ้าในวงจรเวลาวัดกระแสไฟฟ้า
7. ปุ่มปรับศูนย์โอห์ม (Zero-ohm adjuster) เป็นปุ่มสำหรับปรับให้เข็มชี้อยู่ในตำแหน่งศูนย์โอห์มก่อนทำการวัดค่าความต้านทาน
8. รูเสียบสายวัดแรงดัน (Voltage terminal) เป็นรูเสียบสายสำหรับวัดแรงดันไฟฟ้า
9. สเกล (Scale) ประกอบด้วยสเกลของกระแสไฟฟ้าสลับ แรงดันไฟสลับ และสเกลความต้านทาน

การใช้แคล้มป์ออนมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าสลับ

การใช้แคล้มป์ออนมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าสลับ มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

1. ตั้งย่านวัดกระแสโดยเลือกย่านวัดให้เหมาะกับขนาดกระแสที่จะทำการวัด (หากไม่สามารถประมาณค่าของกระแสได้ ให้ตั้งย่านวัดที่วัดกระแสได้สูงสุดไว้ก่อน เมื่อเห็นว่ากระแสที่วัดมีค่าต่ำกว่าค่าเต็มสเกล จึงลดย่านวัดให้ต่ำลง)
2. คล้องก้ามคล้องสายเข้ากับสายไฟเพียงเส้นหนึ่งเส้นใดของวงจร ในกรณีคล้องสาย 2 เส้นพร้อมกัน มิเตอร์จะไม่สามารถแสดงค่าที่ถูกต้องของกระแสที่ใช้งาน เช่น เมื่อคล้องสาย 2 เส้นพร้อมกันในระบบไฟ 1 เฟส มิเตอร์อ่านค่าศูนย์แอมป์ เพราะกระแสในสายไฟแต่ละเส้นมีค่าเท่ากัน มีทิศทางการไหลสวนทางกัน ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกันหมด
3. อ่านค่ากระแสจากสเกลในกรณีที่กระแสมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การวัดกระแสสตาร์ทของมิเตอร์ อาจใช้วิธีล็อกเข็มช่วย โดยกดที่ปุ่มล็อกเข็ม

การนำแคล้มป์ออนมิเตอร์ไปวัดกระแสที่มีค่าน้อยๆ

ในกรณีที่ใช้ย่านวัดต่ำสุดวัดกระแสไฟฟ้าแล้วเข็มยังไม่บ่ายเบนแสดงว่า กระแสที่วัดมีค่าน้อยมาก ทำให้ไม่สามารถอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้ แต่สามารถแก้ไขปัญหาได้ด้วยการนำสายไฟ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวงจรที่วัดกระแสไฟฟ้ามาพันคล้องกับก้ามคล้องสายหลายๆ รอบ ถ้าเข็มยังบ่ายเบนไม่มากให้เพิ่มจำนวน

รอบที่พันขึ้นอีก จนสามารถอ่านค่ากระแสได้สะดวก เมื่ออ่านค่าได้แล้วให้นำจำนวนรอบที่พันไปหาค่ากระแสที่อ่านได้ ผลลัพธ์ก็คือ ค่าของกระแสซึ่งไหลผ่านสายไฟเส้นนั้น

ถ้าไม่สามารถใช้สายไฟ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวงจรที่จะวัดกระแสมาพันคล้องกับก้ามคล้องสายได้ อาจเป็นเพราะสายไฟสั้นเกินไป เป็นสายแข็ง หรือสายเดินยึดติดกับผนัง ฯลฯ ก็ให้ใช้สายอ่อนพันคล้องกับก้ามคล้องสายหลายๆ รอบ แล้วนำปลายสายอ่อนทั้ง 2 ข้างไปต่ออนุกรมเข้ากับวงจรที่วัดระแสไฟฟ้า

ข้อควรระวังในการใช้งาน และการบำรุงรักษาเครื่องวัดไฟฟ้า

1. ไม่ควรให้เครื่องมือวัดได้รับการกระทบกระเทือนเป็นอันขาด
2. ก่อนใช้ควรตรวจสอบสภาพของเครื่องวัดและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ว่าอยู่ในสภาพที่ดีหรือไม่
3. ก่อนใช้งานควรตั้งสวิตช์เลือกย่านวัดให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องทุกครั้ง
4. ควรตั้งสวิตช์เลือกย่านวัดให้อยู่ในตำแหน่งที่วัดค่าได้สูงๆ ก่อน เมื่อเห็นว่า ค่าที่วัดมีค่าต่ำจนอ่านค่าได้ลำบากจึงค่อยลดย่านวัดลง เพื่อให้อ่านค่าได้สะดวกตามปกติ ค่าที่อ่านได้จะมีค่าผิดพลาดอันเนื่องมาจากตัวมิเตอร์เองมีน้อยมาก เมื่อเข็มชี้ค่าอยู่บริเวณมากกว่า 2 ใน 3 ของค่าเต็มสเกล
5. อย่าเปลี่ยนตำแหน่งสวิตช์เลือกย่านวัดขณะที่เครื่องวัดกำลังวัดอยู่
6. อย่าใช้เครื่องวัดในขณะที่มีความชื้นสูง หรือ ขณะที่มีละอองฝน
7. หากฟิวส์ของเครื่องวัดขาด ห้ามใช้ฟิวส์ที่มีขนาดสูงกว่าพิกัด หรือลวดใส่แทนเป็นอันขาด
8. หลังจากการใช้งานควรทำความสะอาดภายนอก แล้วเก็บใส่ซอง หรือกล่องพร้อมสายวัดให้เรียบร้อย
9. อย่าเก็บเครื่องวัดไว้ในที่ที่มีความชื้น หรือความร้อนสูง
10. เมื่อพบว่าเครื่องวัดชำรุด หรือแสดงค่าคลาดเคลื่อนให้ส่งซ่อมทันที ห้ามมิให้ดำเนินการแก้ไขหรือซ่อมเองโดยเด็ดขาด

บทที่ 5 อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าเบื้องต้น

5.1 สะพานไฟ (Cut-Out)

หมายถึง ชุดประกอบสำเร็จของที่รองรับฟิวส์ ซึ่งอาจมีตัวยึดฟิวส์ ตัวรับฟิวส์ หรือใบมีดปลดวงจรอย่างใดอย่างหนึ่ง ตัวยึดฟิวส์หรือตัวรับฟิวส์อาจมีส่วนนำกระแส (ไส้ฟิวส์) รวมอยู่ด้วย หรืออาจทำหน้าที่เป็นใบมีดปลดวงจรโดยร่วมกับส่วนที่ไม่หลอมละลาย โดยสะพานไฟจะทำหน้าที่ปลดวงจร มีฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน โดยจะตัดวงจรไฟฟ้าอัตโนมัติเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกินค่าที่กำหนด และเมื่อฟิวส์ทำงานแล้วจะต้องเปลี่ยนฟิวส์ใหม่ ขนาดพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรของฟิวส์ต้องไม่ต่ำกว่าขนาดกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์

สะพานไฟ(Cut-Out)

5.2 แผงจ่ายไฟฟ้า (Load Center)

โหลดเซนเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นแผงวงจรย่อย ในงานติดตั้งระบบไฟฟ้าภายใน นิยมใช้อย่างแพร่หลายประกอบด้วย กล่องโลหะ หรือกล่องพลาสติกภายในมีฐานสำหรับติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย มีขั้วต่อสายสำหรับต่อสายศูนย์ของสายเมนเข้าอาคาร สายต่อหลักดิน สายดินและสายศูนย์ของวงจรย่อย บางแบบก็มีเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำหน้าที่เป็นเมนสวิตช์ มีทั้งที่ใช้กับระบบแรงดัน 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย และระบบแรงดัน 380/220 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย

รูปแผงจ่ายไฟฟ้า (Load Center) ชนิดต่างๆ

5.3 อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสเกิน ซึ่งทำหน้าที่เหมือนฟิวส์ แต่มีข้อดีกว่าฟิวส์คือ สามารถสับกลับมาทำงานใหม่โดยไม่ต้องเปลี่ยนใหม่เหมือนฟิวส์ และมีเครื่องหมายให้สังเกตได้ว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานตัดวงจร เนื่องจากเกิดการลัดวงจร หรือมีผู้ไปกดขาโยกให้ปลดวงจร ข้อเสียของเซอร์กิตเบรกเกอร์ คือ ราคาค่อนข้างสูง แต่มีพิกัดตัดกระแสลัดวงจรต่ำกว่าฟิวส์มาก ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำที่ใช้ในระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1,000 โวลต์ โดยมีค่าต่างๆ ที่ใช้สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์ ดังนี้

1. แอมแปร์ทริป (Ampere trip – AT)

แอมแปร์ทริป คือ พิกัดกระแสป้องกันปกติ ซึ่งเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ตั้งไว้ให้อุปกรณ์ป้องการทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ มักแสดงค่าไว้ที่ Name plate หรือ ที่ด้ามโยกของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เช่น 15 AT

2. แอมแปร์เฟรม (Ampere Frame – AF)

แอมแปร์เฟรม คือ พิกัดการทนกระแสสูงสุด (แอมแปร์ทริป) ที่สูงสุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์รุ่นนั้น เช่น 100 AF แอมแปร์เฟรมมีประโยชน์คือ สามารถเปลี่ยนพิกัดแอมแปร์ทริป ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม

3. ขั้ว (Pole – P)

ขั้ว คือ ขั้วของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มี 1 , 2 , 3 , 4 ขั้ว หมายถึง

- 1 ขั้ว ใช้กับระบบ 1 เฟส ป้องกันสายไลน์อย่างเดียว
- 2 ขั้ว ใช้กับระบบ 1 เฟส ป้องกันสายไลน์ และ สายนิวทรัล
- 3 ขั้ว ใช้กับระบบ 1 เฟส ป้องกันสายไลน์อย่างเดียว
- 4 ขั้ว ใช้กับระบบ 1 เฟส ป้องกันสายไลน์ และ สายนิวทรัล

4. พิกัดกระแสลัดวงจร (Interrupting capacity – IC)

พิกัดกระแสลัดวงจร คือ ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ทนได้ โดยไม่เกิดความเสียหายจากการปลดวงจรที่กระแสไฟฟ้าเกินค่าแอมป์ทริป ปกติแล้วจะกำหนดเป็นค่ากิโลแอมป์ (kA) เช่น 25 kA และส่วนใหญ่จะแสดงที่แผ่นป้ายประจำเครื่องของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ค่า IC จะบอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ที่ใช้มีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด

5. ขนาดเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไปจะทำงานได้ไม่เต็มพิกัด ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการผลิตและปัจจัยต่างๆ เช่นเดียวกับฟิวส์ ตัวแปรที่สำคัญที่จะทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานผิดไปจากค่าที่กำหนดคืออุณหภูมิ

โดยรอบ ปกติเซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำงานตามพิกัดกระแสที่อุณหภูมิโดยรอบ 90°C ถ้าอุณหภูมิโดยรอบเปลี่ยนไปการทำงานก็จะเปลี่ยนไปด้วย ปกติเซอร์กิตเบรกเกอร์จะใช้งานไม่เกิน 80% ของพิกัดกระแส

เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำมีหลายชนิด และมีการติดตั้งที่แผงไฟฟ้าดังต่อไปนี้

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อ (Molded case circuit breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้ถูกห่อหุ้มมิดชิด มีหน้าที่หลัก 2 อย่างคือ เป็นสวิตช์ที่เปิด หรือปิดวงจรด้วยมือ และเปิดวงจรโดยอัตโนมัติเมื่อกระแสเกินหรือลัดวงจร โดยเบรกเกอร์จะอยู่ในภาวะ TRIP ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างตำแหน่ง ON และ OFF เราสามารถ RESET ใหม่ได้โดยกดคันโยกให้อยู่ในตำแหน่ง OFF เสียก่อน แล้วค่อยโยกไปตำแน่ง ON เซอร์กิตเบรกเกอร์มี 2 ชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ

1.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อชนิดตัดด้วยความร้อนและแม่เหล็ก (Thermal magnetic)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้มีอุปกรณ์ปลดวงจร 2 ส่วนในตัวเดียวกันคือ ส่วนความร้อนที่ปลดวงจรเมื่อกระแสเกินจากโลหะ 2 ชนิดที่สัมประสิทธิ์ความร้อนไม่เท่ากัน ซึ่งเกิดงอตัวเมื่อกระแสเกิน และส่วนแม่เหล็กที่ปลดวงจรเมื่อกระแสลัดวงจรจากสนามแม่เหล็กเกิดแรงดึงให้ปลดวงจร ตามรูป

รูปเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อชนิดตัดด้วยความร้อนและแม่เหล็ก (Thermal magnetic) ชนิดต่างๆ

1.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อชนิดตัดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic trip)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์วิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร โดยที่มีหม้อแปลงกระแส (Current transformer – CT) อยู่ภายในเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อแปลงกระแสให้ต่ำลงให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ทำการวิเคราะห์กระแส หากกระแสเกินก็จะสั่งขดลวดทริปดึงอุปกรณ์ทางกลให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร ที่ด้านหน้าของเบรกเกอร์ชนิดนี้จะมีปุ่มปรับค่ากระแสปลดวงจร เวลาปลดวงจร และอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมที่เรียกว่า Amp Meter & Fault Indicator ซึ่งสามารถแสดงสาเหตุการ Fault ของวงจร และค่ากระแสได้ ทำให้ทราบสาเหตุของการปลดวงจรได้

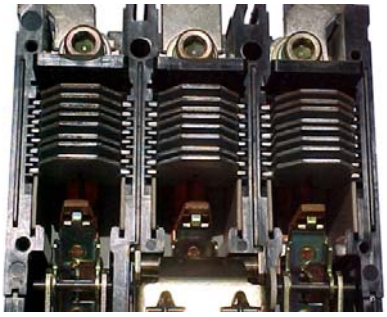
รูปเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อชนิดตัดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic trip) ชนิดต่างๆ

โครงสร้าง และส่วนประกอบของเบรกเกอร์

1. Name Plate ปรากฏที่ด้านหน้า หรือด้านข้างของเบรกเกอร์ โดยมักกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับเบรกเกอร์นั้น ๆ เช่น จำนวนขั้ว แรงดัน กระแส ในส่วนของกระแสจะระบุ 3 จำนวน ประกอบด้วย Ampere Trip , Ampere Frame และ Interruption Capacity

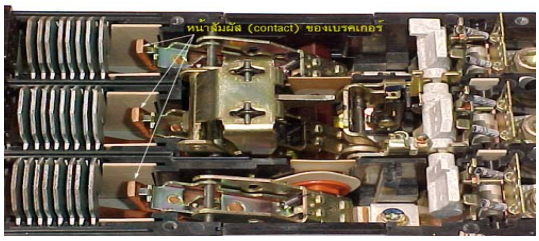
รูป Name Plate

2. Arcing Chamber บางครั้งเรียกว่า Arc Chute มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ อยู่เหนือหน้าสัมผัส (Contact) ของเบรกเกอร์ ทำหน้าที่ช่วยดับอาร์ก

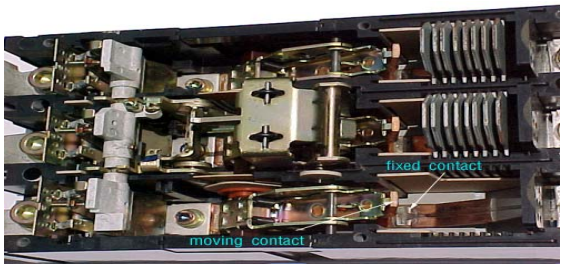


รูปแสดง Arcing Chamber

3. หน้าสัมผัส (Contact) นิยมทำด้วยทองแดงเคลือบผิวหน้าด้วยเงิน เพื่อให้ทนต่อเปลวอาร์กได้ดี ประกอบด้วย Fixed contact และ movable contact



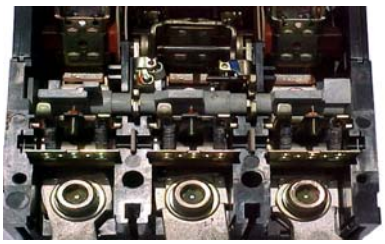
รูปแสดงหน้าสัมผัส (Contact)



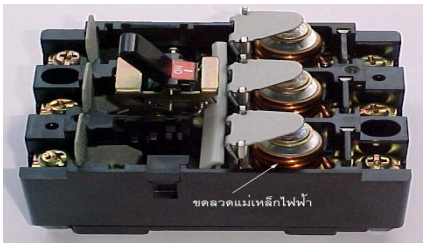
รูปแสดง Fixed contact และ movable contact

4. กลไกตัดวงจร สำหรับเบรกเกอร์ขนาดเล็กทั่วไป แบ่งเป็นอาศัยความร้อน และอาศัยอำนาจแม่เหล็ก แบบอาศัยความร้อนใช้หลักการโก่งตัวของโลหะ Bimetal เพื่อปลดกลไก ส่วนแบบอาศัยอำนาจแม่เหล็กใช้แรงดึงดูดของแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดที่กระทำต่อแผ่นโลหะ เพื่อปลดกลไก

รูปแสดงกลไกตัดวงจร



รูปแสดงกลไกตัดวงจรอาศัยความร้อน



รูปแสดงกลไกตัดวงจรอาศัยอำนาจแม่เหล็ก

2. เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอากาศขนาดใหญ่ (Air Circuit Breaker)

โดยทั่วไปมีพิกัดกระแสตั้งแต่ 225–6,300 แอมป์ และมีค่า Interrupting capacity (IC) ตั้งแต่ 35–150 กิโลแอมป์ (kA) โครงสร้างทั่วไปทำด้วยเหล็กมีช่องดับอาร์กที่ใหญ่โตแข็งแรง เพื่อให้สามารถรับกระแสลัดวงจรจำนวนมากได้ มักใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวตรวจจับ และวิเคราะห์กระแสเพื่อปลดวงจร

รูปเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอากาศขนาดใหญ่ (Air Circuit Breaker) ชนิดต่างๆ

3. เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ป้องกันกระแสรั่ว (Earth leakage)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้ภายใน นอกจากจะมีการปลดวงจรด้วยชุดความร้อน และชุดแม่เหล็กแล้ว ยังมีอุปกรณ์ตรวจกระแสไฟฟ้าว่า มีการรั่วจากวงจรเกินกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าเกินค่าที่ตั้งไว้ก็จะสั่งปลดวงจรทันที โดยกระแสรั่วไหลจะกำหนดตายตัวไม่สามารถปรับตั้งได้ เช่น 10 mA. , 15 mA. , 30 mA. เป็นต้น เนื่องจากเป็นเบรกเกอร์ขนาดเล็กมักใช้ป้องกันวงจรย่อย เช่น วงจรแสงสว่าง วงจรเต้ารับ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กทั่วไป นอกจากนี้ยังมีรุ่นที่สามารถป้องกันไฟฟ้าดูดได้ด้วย เรียกว่า Earth leakage circuit breaker (ELCB)

รูปเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ป้องกันกระแสรั่ว (Earth leakage) ชนิดต่างๆ

5.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (A.C. Motor 1 ø)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส เป็นมอเตอร์ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ นิยมใช้กันแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เพราะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับง่ายต่อการใช้งาน โดยแบ่งออกได้เป็นดังนี้

5.4.1 สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split phase motor)

5.4.2 คาพาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)

5.4.3 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)

5.4.1 สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split phase motor)

สปลิทเฟสมอเตอร์หมายถึง อินดักชั่นมอเตอร์ 1 เฟส ซึ่งมีขดลวดช่วย (Auxiliary winding) สร้างสนามแม่เหล็กนำหน้าสนามแม่เหล็กของขดลวดเมน (Main winding)

ส่วนประกอบของสปลิทเฟสมอเตอร์มี 4 ส่วน คือ ตัวหมุน (Rotor) ตัวอยู่กับที่ (Stator) ฝาปิดหัวท้าย (End Plate) และสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Switch)

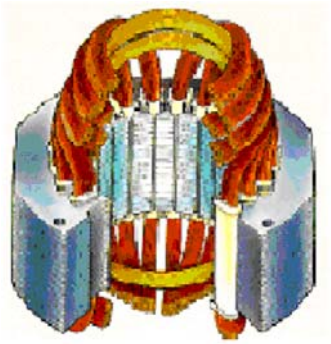
1. ตัวหมุน (Rotor)

ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ แกนเหล็ก (Core) ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดเป็นปึกเรียกว่าแกนเหล็กลามิเนต (Laminated Iron Core) และมีเพลาร้อยทะลุเหล็กแผ่นบางๆ เหล่านี้ เพื่อยึดให้แน่น รอบโรเตอร์นี้จะมีร่องไปตามทางยาว และในร่องมีทองแดงหรืออะลูมิเนียมเส้นโตๆ ฝังอยู่โดยรอบ หัวท้ายของทองแดงหรืออะลูมิเนียมเชื่อมยึดติดกับวงแหวนทองแดงหรืออะลูมิเนียม มีลักษณะคล้ายกรงกระรอก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกว่า “ โรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel cage rotor) ”

รูปตัวหมุน (Rotor) ชนิดต่างๆ

2. ตัวอยู่กับที่ (Stator)

ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆ ปั้มช่องสล็อต (Slot) ไว้เสร็จ อัดอยู่ในเฟรม (Frame) ซึ่งสร้างมาจากเหล็กหล่อ (Cast Iron) หรือ เหล็กเหนียว (Steel) ที่สเตเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟสจะมีขดลวดพันอยู่ 2 ชุดด้วยกัน ชุดที่หนึ่งมีไว้สำหรับใช้งานตามปกติเรียกว่า “ ขดรัน หรือ ขดเมน” (Running winding หรือ Main winding) ขดรันเป็นชุดที่มีไฟผ่านอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นขณะเริ่มสตาร์ท หรือขณะทำงานปกติ ชุดที่สองเป็นชุดสำหรับเริ่มทำให้หมุนหรือขดสตาร์ท (Starting winding) พันด้วยลวดเส้นเล็ก และจำนวนรอบน้อยกว่าขดรัน ดังนั้นขดสตาร์ทจะมีความต้านทานของขดลวดสูงแต่รีแอกแทนซ์ (Reactance) ต่ำกว่าขดรัน ขดลวดชุดนี้จะวางในช่องสล็อตเป็นมุมห่างจากขดรัน 90° ไฟฟ้าขดสตาร์ทจะต่ออนุกรมกับสวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางแล้วจึงนำไปต่อขนานกับขดรัน



รูปตัวอยู่กับที่ (Stator)

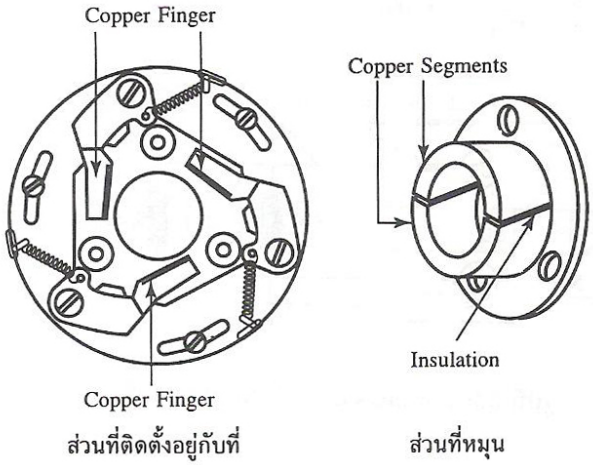
3. ฝาปิดหัวท้าย (End plate)

ฝาปิดหัวท้ายทั้ง 2 ข้างของมอเตอร์ ส่วนมากสร้างด้วยเหล็กหล่อ หรือเหล็กเหนียว ยึดติดอยู่กับสเตเตอร์ด้วยสลักเกลียว และมีแบริ่ง (Bearing) สำหรับรองเพลา เพื่อรักษาให้หมุนตรงอยู่ในแนวศูนย์กลางของโรเตอร์พอดี และยังเป็นการป้องกันไม่ให้โรเตอร์สัมผัสกับส่วนที่อยู่นิ่ง ซึ่งจะทำให้ขดลวดไหม้ ที่ฝาปิดหัวท้ายข้างหนึ่งจะมีส่วนของสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

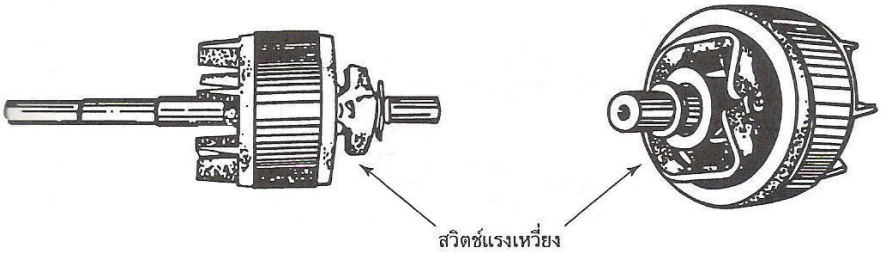
รูปฝาปิดหัวท้าย (End plate)

4. สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Switch)

มีอยู่หลายแบบหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในมอเตอร์แต่ละชนิด มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่ติดตั้งอยู่กับที่ (Stationary part) จะติดอยู่กับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ ส่วนนี้มีจุดสัมผัส (Contact) หรือ หน้าทองขาวอยู่ 2 อัน สำหรับเป็นสวิตช์ปิดเปิดวงจรของขดสตาร์ท และส่วนที่หมุน (Rotating part) จะติดอยู่ที่ตัวโรเตอร์ มีแบบแตกต่างกันออกไป แต่มีจุดประสงค์เพียงเพื่อให้ตัดขดสตาร์ทออกจากวงจรได้เท่านั้น เมื่อมอเตอร์หมุนไปด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วสูงสุดของมอเตอร์แล้ว ด้วยแรงเหวี่ยงจากการหมุนนี้จะทำให้สวิตช์แรงเหวี่ยงส่วนที่ติดตั้งอยู่กับแกนของตัวโรเตอร์ผลักส่วนที่ติดตั้งอยู่กับฝาของมอเตอร์ให้หน้าทองขาวแยกออกจากกัน คือ ตัดวงจรของขดสตาร์ทโดยอัตโนมัติ



รูปสวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง

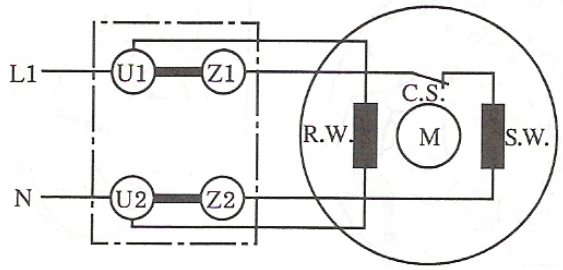


รูปส่วนที่หมุนของสวิตช์แรงเหวี่ยงที่ติดตั้งอยู่กับโรเตอร์

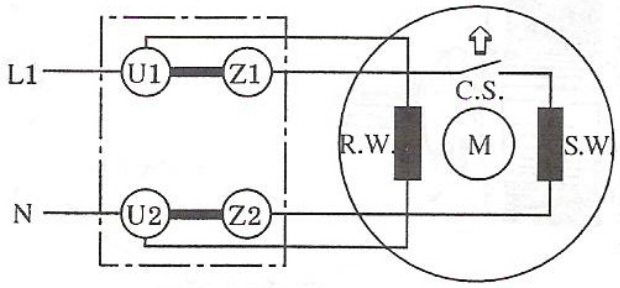
หลักการทำงานของสปลิทเฟสมอเตอร์

อาศัยการทำงานของขดรันและขดสตาร์ทที่วางทำมุมกัน 90° เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating magnetic field) ไปเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดกรงกระรอก (Squirrel cage winding) กระแส

ส่วนนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ เกิดแรงบิดขึ้นที่โรเตอร์ให้หมุนไป เมื่อโรเตอร์หมุนไปได้ประมาณ 75% ของความเร็วในการหมุนสูงสุด สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal switch) จะตัดขดสตาร์ทออกจากวงจรได้เอง โดยแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางสังเกตได้ว่า ขดสตาร์ทมีความจำเป็นในตอนเริ่มหมุนตอนแรกเท่านั้น ดังนั้นเมื่อนำมอเตอร์ชนิดนี้ไปใช้งาน จึงต้องให้หมุนตัวเปล่า (Free load) เสียก่อน จึงทำการต่อโหลดได้เมื่อโรเตอร์ยังไม่หมุน



รูปวงจรขณะจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์



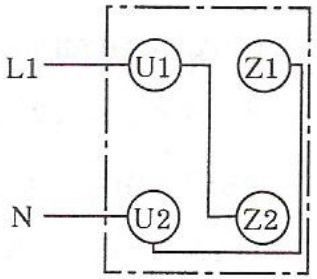
รูปการทำงานของสวิตช์แรงเหวี่ยง

การต่อวงจรใช้งาน

การต่อวงจรมอเตอร์สปลิทเฟสเพื่อนำไปใช้งาน สามารถต่อได้หลายลักษณะด้วยกัน เช่น การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ หรือ การต่อมอเตอร์ความเร็วสองอัตรา

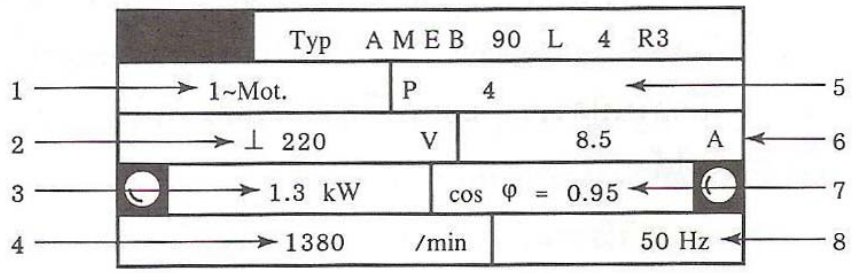
การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

เมื่อสปลิทเฟสมอเตอร์หมุนไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ถ้าต้องการหมุนกลับมายังทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางเดิมให้กลับทิศทางกระแสที่เข้าขดรัน หรือขดสตาร์ทก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสะดวกเวลาปฏิบัติงาน แต่ไม่ว่าจะเป็นวิธีใด ผลที่ได้เหมือนกันทุกประการ



รูปการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ตัวอย่างแผ่นป้ายของสปลิทเฟสมอเตอร์



จากแผ่นป้าย ทำให้ทราบว่า

1. เป็นอินดักชั่นมอเตอร์ 1 เฟส
2. มอเตอร์ใช้กับแรงดัน 220 โวลต์
3. มอเตอร์ให้กำลังสูงสุด 1.3 กิโลวัตต์
4. ความเร็วใช้งานสูงสุดของมอเตอร์ 1,380 รอบ/นาที
5. จำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ 4 ขั้ว
6. มอเตอร์ใช้กระแสสูงสุด 8.5 แอมแปร์
7. เพาเวอร์แฟกเตอร์ของมอเตอร์ 0.95
8. ความถี่ของแรงดัน 50 เฮิรตซ์

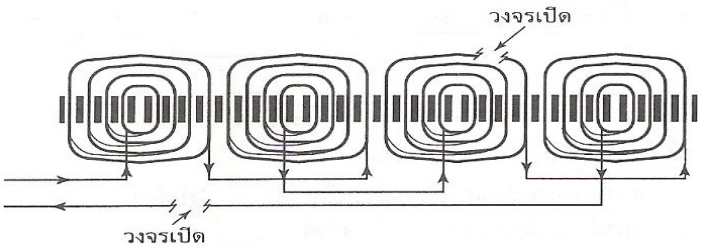
สาเหตุขัดข้อง และการแก้ไข

สาเหตุขัดข้องต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับมอเตอร์สปลิทเฟส ซึ่งต้องทำการแก้ไข โดยทั่วๆ ไปมีดังต่อไปนี้

1. ไฟรั่วลงดิน (Ground) คอยล์ที่พันอยู่ในร่องสล็อตของสเตเตอร์สัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะตัวมอเตอร์ เนื่องจากน้ำยาเคลือบลวดถลอก ซึ่งอาจเกิดได้จากสาเหตุดังนี้

- การลงคอยล์บกพร่อง ขดลวดสัมผัสกับมุมสล็อต ทำให้น้ำยาอาบขดลวดถลอก
- คอยล์ยาวเกินไป ทำให้สัมผัสกับฝาทั้ง 2 ข้าง หรือ สกรูยึดฝาทั้ง 2 ข้าง
- กดคอยล์ลงมากเกินไป คอยล์จึงแตะกับขอบแกนเหล็กในช่องสลอต
- สวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง อาจสัมผัสกับฝาปิดข้างของมอเตอร์

2. วงจรเปิด (Open Circuit) เกิดจากหัวต่อไม่สนิท สกปรก ลวดขาดในขดรัน หรือในขดสตาร์ท และสวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางเปิดวงจรตลอดเวลา ถ้าลวดขาดในขดรันมอเตอร์จะไม่หมุน แต่กรณีที่ลวดในขดสตาร์ทขาด หรือสวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางเปิดวงจร มอเตอร์จะไม่สามารถสตาร์ทได้ ต้องใช้มือหมุนช่วยสตาร์ท มอเตอร์จึงจะหมุนได้



รูปแสดงวงจรเปิดของขดลวด

3. ลัดวงจร หรือ ช๊อร์ตเทอร์น (Short turns) เกิดจากรอยถลอกของฉนวนที่หุ้มขดลวดขดหนึ่งแตะกับรอยถลอกของขดลวดอีกขดหนึ่ง ทำให้กระแสไหลลัดวงจร ถ้าสวิตช์ไม่ตัดออกอาจทำให้ขดลวดไหม้ได้ สาเหตุอาจเกิดจาก

- การลงคอยล์บกพร่อง บางทีลวดแน่นเกินไป ทำให้ลวดถลอกที่แตะกันได้
- ความร้อนของมอเตอร์ที่ใช้เกินกำลัง ทำให้น้ำยาที่เคลือบลวดกรอบ และหลุดออกจากลวด ทำให้เส้นลวดทองแดงแตะกัน
- น้ำยาที่เคลือบไว้หมดอายุการใช้งาน

เมื่อเกิดการลัดวงจรมอเตอร์จะสตาร์ทไม่ได้ หากลัดวงจรไม่มากมอเตอร์อาจสตาร์ทได้ แต่เวลาหมุนจะมีเสียงคราง หรือ ฮัม มอเตอร์ใช้กระแสมากกว่าปกติอาจมีควันเกิดขึ้นได้

4. ตัวโรเตอร์บาร์ขาดหรือร้าว หากตัวโรเตอร์บาร์กับวงแหวน 2 ข้างเชื่อมกันไม่สนิทหรือมีรอยร้าวรอบๆ โรเตอร์บาร์ มอเตอร์หมุนแต่ไม่มีกำลัง สตาร์ทยาก หมุนช้า ถ้ารอยร้าวมากจะไม่สตาร์ทเลย มีข้อสังเกตอย่างหนึ่งคือ เมื่อมอเตอร์หมุนช้ากระแสไฟไม่มาก หรือน้อยกว่าปกติ ควรตรวจดูตัวโรเตอร์บาร์ก่อน เมื่อมีรอยร้าวต้องซ่อมให้อยู่ในสภาพปกติ

5. ใช้งานเกินกำลัง ทำให้มอเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติ มอเตอร์จะร้อนหรือสตาร์ทไม่ได้ การทดสอบว่า ใช้มอเตอร์เกินกำลังหรือไม่ โดยการปลดเอางานที่มอเตอร์นั้นหมุนออก ลองสตาร์ทมอเตอร์

หากมอเตอร์มีกำลังดี และกระแสไฟฟ้าที่วัดปกติไม่มาก หรือน้อยเกินไป ก็ลองทดลองให้มอเตอร์ทำงานเต็มที่วัดกระแสไฟฟ้า หากกระแสไฟฟ้ามากกว่าที่กำหนดไว้บนแผ่นป้าย (Name plate) แสดงว่า มอเตอร์ทำงานเกินกำลังต้องเปลี่ยนมอเตอร์ให้มีขนาดสูงขึ้น

6. สวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางไม่ตัดวงจรขดลวดสตาร์ทออก อาจเป็นเพราะเหตุขัดข้องส่วนต่างๆ ของสวิตช์แรงเหวี่ยงเอง หรืออาจเป็นเพราะมอเตอร์หมุนช้า ความเร็วไม่ถึงที่สวิตช์แรงเหวี่ยงจะทำงานก็ได้ ในกรณีที่สวิตช์แรงเหวี่ยงไม่ทำงาน ถ้าจ่ายไฟให้มอเตอร์ทำงานแล้วจะมีเสียงคราง และ ร้อนเร็ว

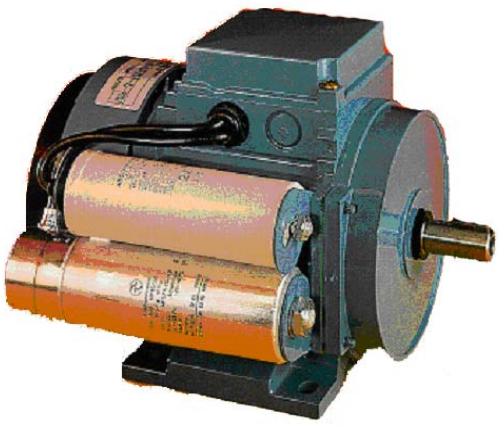
5.4.2 คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)

คาปาซิเตอร์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสชนิดหนึ่ง ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.37 กิโลวัตต์ถึง 7.5 กิโลวัตต์ มอเตอร์แบบนี้มีลักษณะคล้ายกับสปลิทเฟสมอเตอร์มาก หากแต่เพิ่มคาปาซิเตอร์ขึ้นเท่านั้น ทำให้มอเตอร์มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์คือ ใช้กระแสในตอนสตาร์ทน้อย แต่ให้แรงบิดขณะสตาร์ทสูง

ส่วนประกอบของคาปาซิเตอร์มอเตอร์

โครงสร้างของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เหมือนกับแบบสปลิทเฟสเกือบทุกอย่างคือ

1. โรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก
2. สเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ชุดสตาร์ท และ ชุดรัน
3. ฝาปิดหัวท้ายประกอบด้วย ปลอกทองเหลือง (Bush) หรือ ตลับลูกปืน (Ball bearing) สำหรับรองรับเพลา
4. คาปาซิเตอร์ หรือ คอนเดนเซอร์ (Capacitor or Condenser)



รูปคาปาซิเตอร์มอเตอร์

หลักการทำงานของคาปาซิเตอร์มอเตอร์

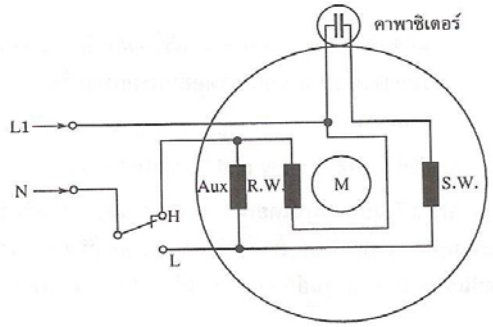
การทำงานของคาปาซิเตอร์มอเตอร์เหมือนกับแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ แต่เนื่องด้วยขดลวดชุดสตาร์ทต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์ ทำให้กระแสที่ไหลเข้าขดลวดสตาร์ทถึงจุดสูงสุดก่อนขดลวดชุดรัน จึงทำให้กระแสในขดลวดสตาร์ทนำหน้าขดลวดชุดรัน ซึ่งนำหน้ามากกว่าแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ คาปาซิเตอร์มอเตอร์จึงมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงมาก

การกลับทางหมุน

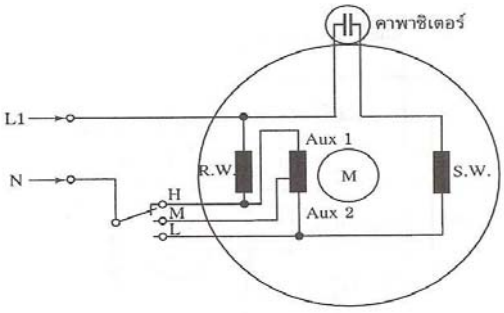
การกลับทางหมุนของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ คือ การกลับขดลวดขดใดขดหนึ่งของขดสตาร์ท หรือขดรัน เช่นเดียวกับสปลิทเฟสมอเตอร์

การต่อคาปาซิเตอร์มอเตอร์แบบหลายความเร็ว

การเปลี่ยนแปลงความเร็วมอเตอร์แบบนี้ คือ การลดสนามแม่เหล็กในขดรัน โดยการต่อขดลวดอีกชุดหนึ่งอนุกรมกับขดรันภายในมอเตอร์ หรือแบบแยกขดอยู่ภายนอก ทำให้แรงดันตกคร่อมขดรันลดลง สนามแม่เหล็กจึงลดลงด้วย ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์จึงลดลง

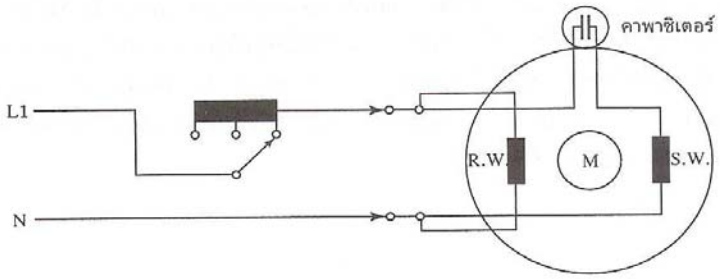


รูป ก



รูป ข

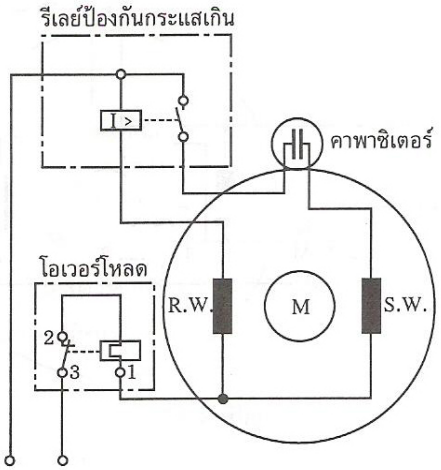
รูป ก และรูป ข แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วด้วยหลักการลดสนามแม่เหล็กของขดรัน โดยการเพิ่มขดลวดช่วย (Auxiliary winding) ต่ออนุกรมกับขดรัน



รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วด้วยหลักการลดสนามแม่เหล็กของขดลวดรัน
โดยการเพิ่มขดลวดภายนอกมอเตอร์ต่ออนุกรมกับขดรัน

การต่อแบบใช้ Current relay and Potential relay

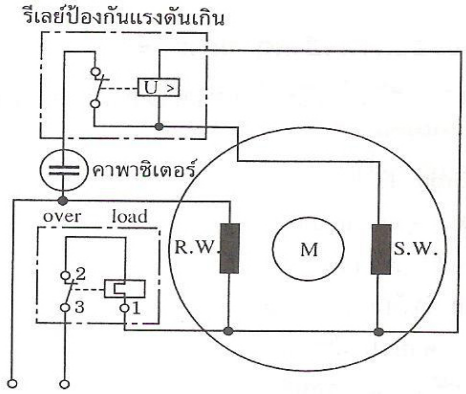
การต่อแบบนี้ใช้รีเลย์ควบคุมโดยกระแส หรือแรงดันแทนสวิตช์แรงเหวี่ยง และใช้สวิตช์ป้องกันกระแสเกิน (Overload) เหมาะสำหรับมอเตอร์ที่ไม่สามารถเปิดลวดออกมาแก้ไขได้ เมื่อสวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางเสีย เช่น คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในตู้เย็น หรือ เครื่องเย็น เป็นต้น



รูปแสดงการต่อแบบใช้รีเลย์ควบคุมโดยกระแส

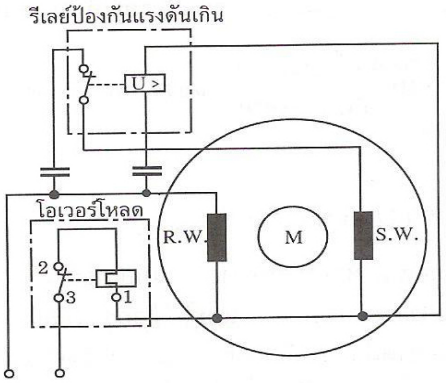
จากรูปเป็นการต่อแบบใช้รีเลย์ควบคุมโดยกระแส ขณะต่อวงจรเข้ากับแหล่งจ่าย กระแสจะไหลเข้าขดลวดชุดรัน 2–3 เท่าของกระแสปกติ ดังนั้นคอยล์ของรีเลย์จะมีกระแสสูงพอที่จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดูดให้คอนแทคปิดวงจรขดลวดชุดสตาร์ทได้ และเมื่อมอเตอร์หมุนถึงประมาณ 75% ของความเร็วสูงสุด

กระแสของขดลวดรันลดลงเท่ากับกระแสปกติ ทำให้รีเลย์มีอำนาจแม่เหล็กไม่พอที่จะดูดคอนแทคอีกต่อไป จึงเปิดวงจรตัดขดลวดชุดสตาร์ทออก



รูปแสดงการต่อแบบใช้รีเลย์ควบคุมโดยแรงดัน

จากรูปเป็นการต่อแบบใช้รีเลย์ควบคุมโดยแรงดัน ขณะต่อวงจรเข้ากับแหล่งจ่ายมีกระแสไหลผ่านทั้งของสตาร์ท และขดรัน มอเตอร์เริ่มหมุน ขณะที่ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น แรงดันของขดลวดชุดสตาร์ทเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อความเร็วของมอเตอร์สูงถึงประมาณ 75% ของความเร็วสูงสุด ทำให้แรงดันตกคร่อมขดลวดชุดสตาร์ทสูงพอที่จะทำให้รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน ซึ่งต่อขนานอยู่กับขดลวดชุดสตาร์ททำงานได้ คอนแทคถูกดูด ทำให้เปิดวงจรขดลวดชุดสตาร์ทออก



รูปแสดงการต่อลักษณะเดียวกันหลังสตาร์ทแล้วรีเลย์จะตัดคาปาซิเตอร์ 1 ชุด

จากรูปเป็นคาปาซิเตอร์มอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน หลักการการทำงานก็เช่นเดียวกัน คือ หลังจากสตาร์ทแล้ว รีเลย์ป้องกันแรงดันเกินจะตัดคาปาซิเตอร์ออก 1 ชุด (Electrolytic)

สาเหตุขัดข้องของคาปาซิเตอร์มอเตอร์

สาเหตุขัดข้องต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับคาปาซิเตอร์มอเตอร์เสมอๆ และโดยทั่วไปมีดังนี้

1. ไฟรั่ว (Ground)
2. วงจรขาด (Open circuit)
3. ลัดวงจร (Short turn)
4. ใช้งานเกินกำลัง (Overload)
5. สวิตช์แรงเหวี่ยงไม่ทำงาน
6. โรเตอร์บาร์ขาด หรือ รอยร้าว
7. คาปาซิเตอร์เสีย

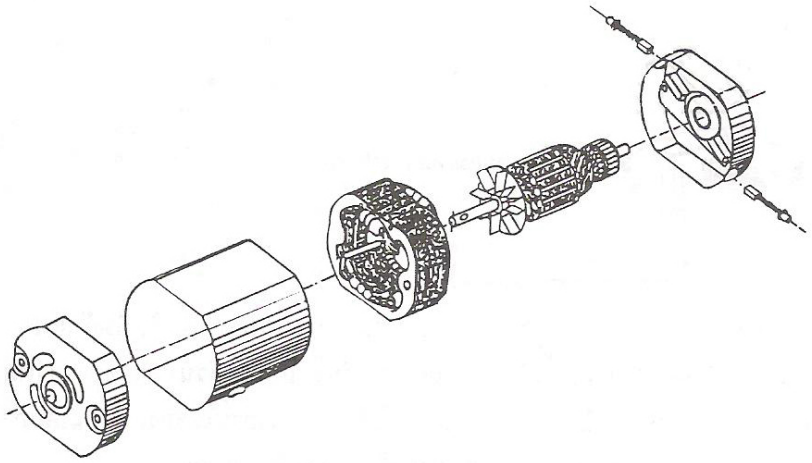
ซึ่งเหตุขัดข้องดังกล่าวจะมีลักษณะคล้ายกับสปลิทเฟสมอเตอร์ แต่ในคาปาซิเตอร์มอเตอร์มีเหตุขัดข้องเกี่ยวกับคาปาซิเตอร์อีกสาเหตุหนึ่ง

สาเหตุขัดข้องของคาปาซิเตอร์มอเตอร์เนื่องจากคาปาซิเตอร์เสีย

1. มอเตอร์สตาร์ทไม่ได้ เนื่องจากคาปาซิเตอร์ขาดเพราะกระแสไม่ผ่านขดลวดชุดสตาร์ท แต่ผ่านขดลวดชุดรันเพียงชุดเดียว ทำให้มอเตอร์ใช้กระแสมาก จะมีเสียงคราง หรือ ฮัม
2. มอเตอร์หมุนช้า เนื่องจากคาปาซิเตอร์เสื่อม สาเหตุนี้ทำให้มอเตอร์ไม่มีกำลังด้วย
3. มอเตอร์ร้อนมาก หมุนช้า เนื่องจากคาปาซิเตอร์ลัดวงจรจะมีเสียงคราง หรือฮัม และใช้กระแสมาก

5.4.3 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ หรือ ซีรีส์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current) และไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current) 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดเล็กกำลังต่ำประมาณ 30 วัตต์จนถึง 300 วัตต์ บางครั้งอาจถูกสร้างให้มีกำลังสูงขึ้น เพื่อใช้กับเครื่องใช้ที่ต้องการกำลังสูงโดยเฉพาะ เนื่องจากตอนสตาร์ทมีแรงบิด (Torque) สูงกว่ามอเตอร์ชนิดอื่น โดยมีค่าประมาณ 3–4 เท่าของแรงบิดพิกัด สามารถใช้กับไฟที่มีแรงเคลื่อนอยู่ในช่วง 32 ถึง 250 โวลต์ และความถี่ 0 ถึง 60 เฮิรตซ์ มีความเร็วในการหมุนตั้งแต่ 3,000 รอบต่อนาที มอเตอร์ชนิดนี้บางตัวจะหมุนถึง 10,000 หรือ 20,000 รอบต่อนาที ความเร็วในการหมุนนี้เปลี่ยนแปลงไปตามงานที่ใช้ ถ้าหมุนในสภาวะที่ไม่มีโหลด ความเร็วสูงขึ้นอยู่ตลอดเวลาอาจทำให้มอเตอร์เสียหายได้ เพราะฉะนั้นเมื่อจะใช้หมุนอะไรมักติดตั้งอยู่กับสิ่งนั้นเสมอ ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ถูกนำไปใช้ในเครื่องใช้ต่างๆ มากมาย เช่น จักรเย็บผ้า เครื่องดูดฝุ่น สว่าน เครื่องผสมอาหาร เป็นต้น



รูปแสดงส่วนประกอบของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

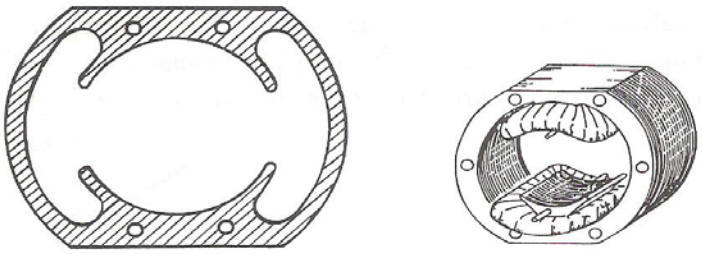
ส่วนประกอบที่สำคัญของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

โครงสร้างของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์แบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

1. สเตเตอร์ (Stator) หรือขั้วสนามแม่เหล็ก (Field core)
2. อาร์เมเจอร์ (Armature)
3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)
4. ฝาปิดหัวท้าย (End plate)
5. แปรงถ่าน (Brush)

1. สเตเตอร์ (Stator) หรือ ขั้วสนามแม่เหล็ก (Field core)

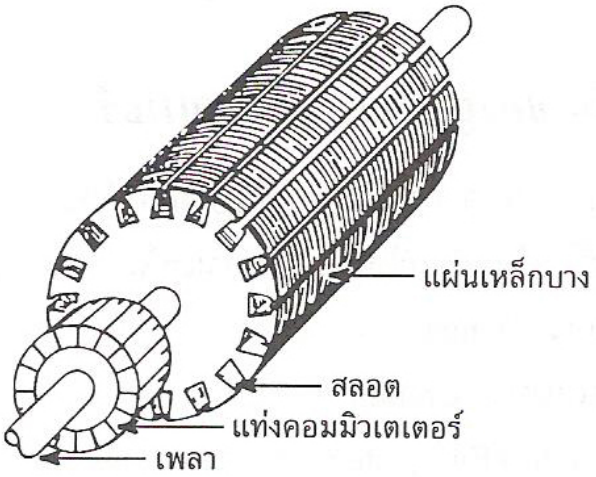
สเตเตอร์นี้บางทีเรียกว่า ขั้วสนามแม่เหล็ก ประกอบด้วยเหล็กแผ่นบางๆ (Laminated iron core) อัดติดแน่นด้วยสกรู หรือน๊อต หรือหมุดย้ำและมักจะสร้างให้มี 2 ขั้ว (Pole) เพื่อต้องการให้มีรอบหมุนเร็ว สเตเตอร์มีขดลวดทองแดงพันรอบขั้วสนามแม่เหล็ก ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในขดลวด



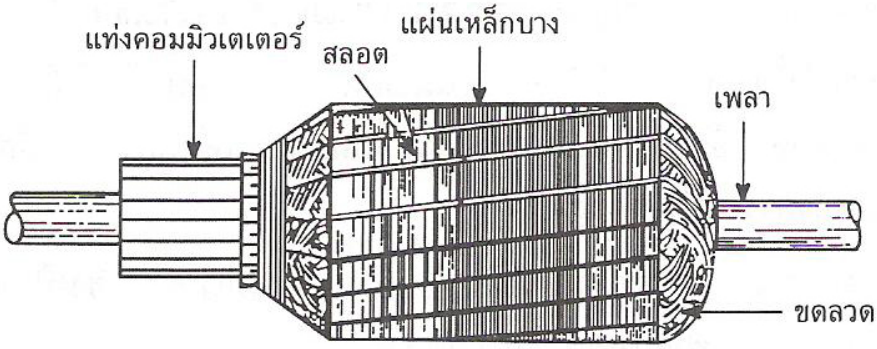
รูปแสดงขั้วสนามแม่เหล็กซึ่งประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆ

2. อาร์เมเจอร์ (Armature)

อาร์เมเจอร์ หรือตัวหมุนนี้ ทำด้วยแกนเหล็กแผ่นบางๆ อัดติดกันแน่น มีร่องสล็อต (Slot) ซึ่งถูกสร้างให้มีทั้งร่องตรง และร่องเฉียง ในส่วนปลายของอาร์เมเจอร์นี้มีคอมมิวเตเตอร์ติดตั้งอยู่ ซึ่งจะต่อเข้ากับที่จ่ายไฟด้วยแปรงถ่านในร่องสล็อตมีเส้นลวดทองแดงพันอยู่ โดยที่ปลายของเส้นลวดทองแดงต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์



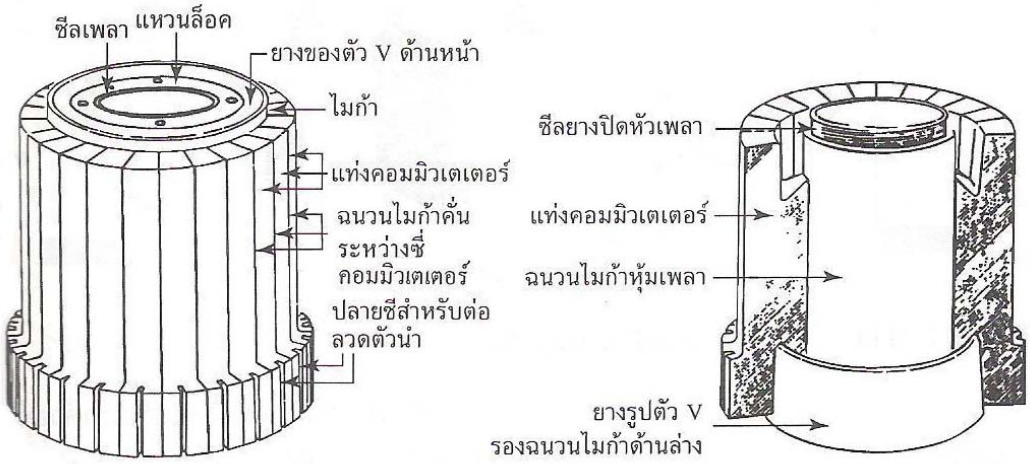
รูปอาร์เมเจอร์ลักษณะร่องสลอตตรง



รูปอาร์เมเจอร์ลักษณะร่องสลอตเฉียง

3. คอมมิวเตเตอร์ (Cmmutator)

คอมมิวเตเตอร์เป็นตัวเพิ่มความสะดวกในการนำกระแสจากภายนอกเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ และเป็นตัวกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าภายในขดลวดอาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ประกอบด้วย ซี่ทองแดงหลายซี่มาวางเรียงกันเป็นรูปทรงกระบอก โดยมีฉนวนไมก้าคั่นระหว่างซี่ทองแดงแต่ละซี่



รูปคอมมิวเตเตอร์

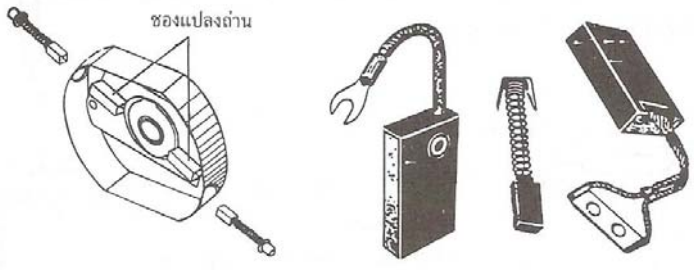
4. ฝาปิดหัวท้าย (End plate)

ฝาปิดหัวท้ายทั้ง 2 ข้างของมอเตอร์นี้เป็นตัวยึดส่วนหมุนให้อยู่ศูนย์กลาง และเป็นที่ติดตั้งแบริ่งรองรับเพลา หรือแกนของมอเตอร์ที่ฝาข้างหนึ่งของมอเตอร์มีแปรงถ่านอยู่ 2 ชุด

รูปฝาปิดหัวท้าย(End plate)

5. แปรงถ่าน (Brush)

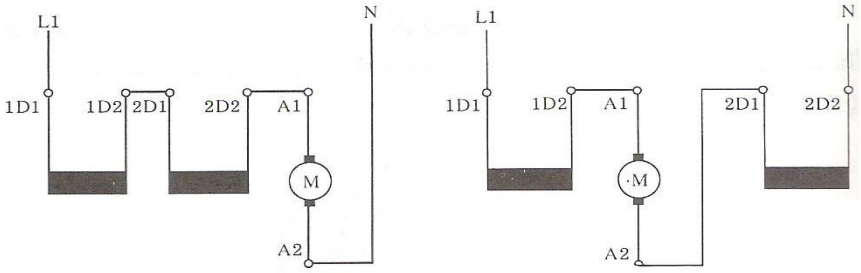
นิยมใช้แกรไฟต์ (Graphite) ทำแปรงถ่าน มีหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ แปรงถ่านจะติดตั้งอยู่ในซองถ่านอย่างพอดี ไม่หลวม หรือ แน่นจนเกินไป



รูปแปรงถ่าน

หลักการทำงานของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์นี้ อาร์เมเจอร์กับขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อเข้าด้วยกันเป็นแบบอนุกรม เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไป กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านทั้งอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็ก จึงทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นทั้ง 2 ส่วนคือ อาร์เมเจอร์ และขดลวดสนามแม่เหล็กผลักและดูดกัน อาร์เมเจอร์จึงเคลื่อนที่หมุนไปได้



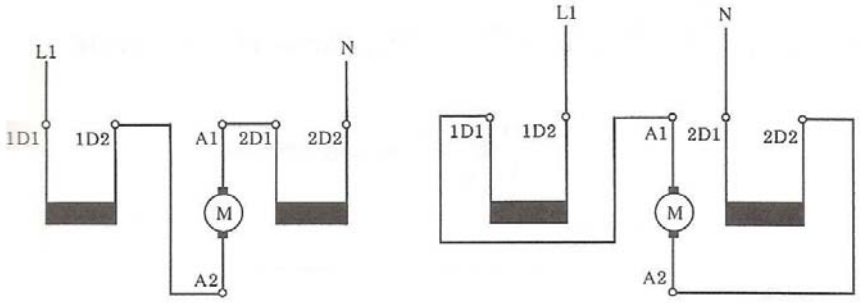
รูปการต่ออาร์เมเจอร์กับขดลวดสนามแม่เหล็ก

การต่อวงจรใช้งาน

การต่อวงจรยูนิเวอร์แซลนั้น นอกจากต่อเพื่อใช้งานตามปกติแล้ว ยังสามารถต่อวงจรเพื่อกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และการต่อวงจรเพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้อีกด้วย

การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

เมื่อมอเตอร์หมุนไปทางหนึ่งแล้วต้องการให้หมุนไปอีกทิศทางหนึ่ง สามารถทำได้โดยกลับทิศทางการไหลของกระแสในอาร์เมเจอร์ หรือ กลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดสนามแม่เหล็ก



รูปการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

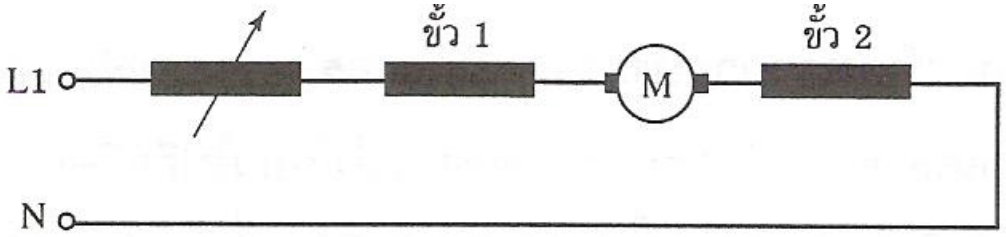
การควบคุมความเร็วของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

สามารถที่จะควบคุมความเร็วของการหมุนได้ด้วยวิธีการดังนี้ คือ

1. การใช้ความต้านทาน (Resistance method)
2. การลด หรือ เพิ่มขดลวดสนามแม่เหล็ก (Tapped Field)
3. การใช้สวิตช์แรงเหวี่ยง (Centrifugal switch)

1. การใช้ความต้านทาน

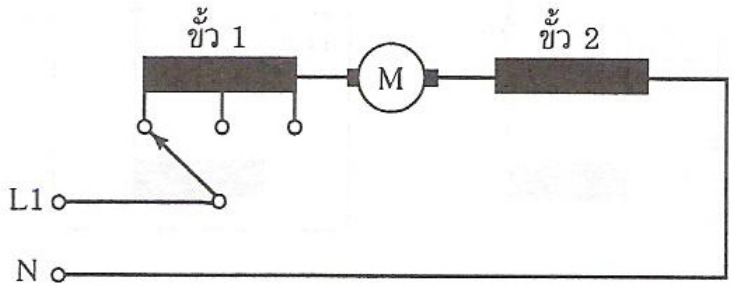
ตัวต้านทานนี้ใช้ควบคุมความเร็ว ใช้ได้ทั้งลวดความต้านทาน (Resistance wire) หรือ แท่งคาร์บอน (Carbon pile) ซึ่งต่ออันดับกับตัวมอเตอร์เช่น มอเตอร์จักรเย็บผ้า ค่าความต้านทานเปลี่ยนได้โดยใช้เท้าเหยียบกล่องควบคุมความเร็ว (Foot pedal) ถ้าใช้ลวดความต้านทานควบคุมความเร็ว เวลาไม่ได้กดกล่อง ค่าความต้านทานมากมอเตอร์หมุนช้า เมื่อเพิ่มน้ำหนักกดลงไปลดค่าความต้านทานให้น้อยลงมอเตอร์หมุนเร็วขึ้น หรือกล่องควบคุมความเร็วที่ใช้แท่งคาร์บอนทำเป็นแผ่นหลายๆ แผ่นเรียงซ้อนกันอยู่ ถ้ากดให้แผ่นถ่านชิดกันแน่นมอเตอร์หมุนเร็ว เมื่อปล่อยให้แผ่นถ่านติดกันหลวมๆ จะมีความต้านทานเกิดขึ้นมอเตอร์หมุนช้าลง วิธีนี้ใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็ก



รูปการต่อความต้านทานอันดับกับวงจร เพื่อควบคุมความเร็ว

2. การลด หรือ เพิ่มขดลวดสนามแม่เหล็ก

การลดหรือเพิ่มจำนวนรอบของขดลวด ทำให้สนามแม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นความเร็วสามารถที่จะเพิ่ม หรือลดลงได้

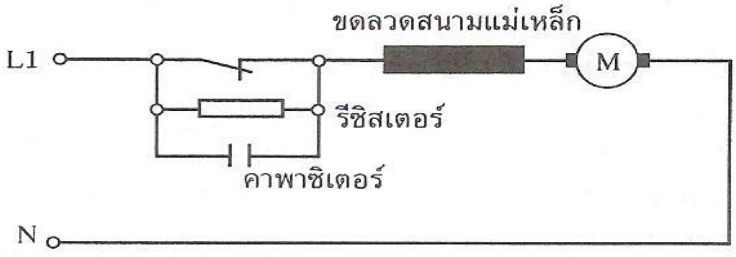


รูปการแทป (Tap) ขดลวด เพื่อควบคุมความเร็ว

เมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนเร็วก็ใช้ขดลวดรอบน้อยๆ หากต้องการให้มอเตอร์หมุนช้าก็ใช้ขดลวดรอบมากๆ

3. การใช้สวิตช์แรงเหวี่ยง

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ที่ใช้สวิตช์แรงเหวี่ยงเป็นตัวควบคุมความเร็วนั้น ส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องผสมอาหาร เครื่องบดอาหาร ซึ่งสามารถปรับให้มอเตอร์หมุนเร็ว หรือช้าเท่าไรก็ได้ การทำงานของสวิตช์แรงเหวี่ยงนี้ เมื่อมอเตอร์หมุนทำให้เกิดแรงเหวี่ยง ทำให้ส่วนหนึ่งของสวิตช์ไปดันหน้าทองขาวให้ตัดวงจรของมอเตอร์ออกไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ มอเตอร์หมุนช้าลงถึงจุดความเร็วที่ตั้งไว้ สวิตช์แรงเหวี่ยงจะต่อวงจรอีก มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น เมื่อหมุนเร็วเกินกำหนดที่ตั้งไว้ สวิตช์แรงเหวี่ยงจะต้องตัดวงจรอีกเป็นจังหวะสลับกันไป แต่จังหวะตัดและต่อวงจรนี้เกิดขึ้นเร็วมากจนแทบไม่รู้ว่า มีการตัดต่อวงจรตลอดเวลา เนื่องจากการตัดต่อวงจรนี้ถี่มากทำให้หน้าทองขาวสึกเร็ว จึงใช้คาปาซิเตอร์และตัวต้านทานคร่อมไว้ระหว่างหน้าทองขาวทั้งสองนั้น เพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟเนื่องจากการสปาร์ก ช่วยให้การสึกหรอของหน้าทองขาวน้อยลง ระยะเวลาการใช้งานนานขึ้น



รูปการใช้สวิตช์แรงเหวี่ยงควบคุมความเร็ว

อาการขัดข้องของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

1. เกิดประกายไฟที่แปรงถ่านมาก
2. มอเตอร์ร้อน
3. มอเตอร์หมุนแล้วมีควัน
4. มอเตอร์หมุนช้า หรือ หมุนไม่มีกำลัง

สาเหตุที่เกิดการขัดข้องของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

1. ขดลวดที่ขั้วสนามแม่เหล็กลัดวงจร
2. ขดลวดที่อาร์เมเจอร์ลัดวงจร
3. ซี่คอมมิวเตเตอร์สกปรก หรือไม่เรียบ
4. แบริ่งชำรุด หรือ หลวม หรือไม่มีน้ำมันหล่อลื่นในแบริ่ง
5. ฉนวนไมก้า (Mica) สูงกว่าซี่ของคอมมิวเตเตอร์

6. ต่อปลายคอยล์เข้ากับซี่คอมมิวเตเตอร์ผิด
7. มอเตอร์ใช้งานเกินกำลัง
8. แปรงถ่านอยู่ผิดตำแหน่ง

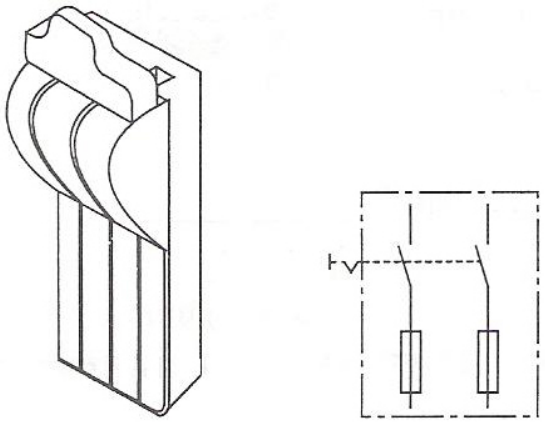
การควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส (Single phase motor control)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสปลิทเฟสมอเตอร์ และคาปาซิเตอร์มอเตอร์ ซึ่งมีการควบคุม 2 ประเภท คือ

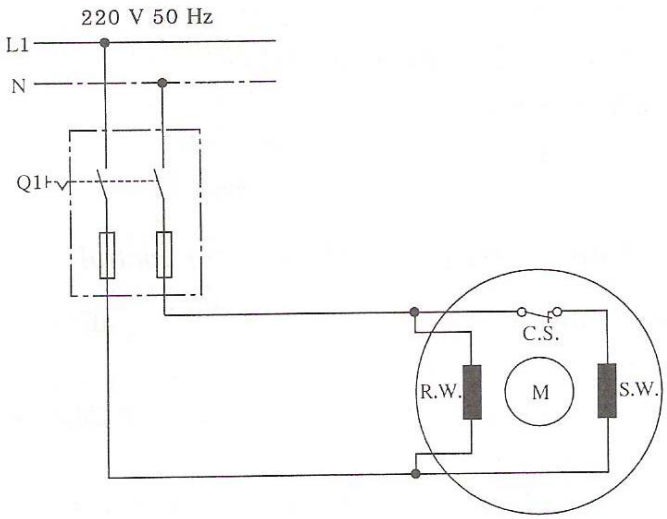
1. การควบคุมมอเตอร์หมุนทางเดียวด้วยสวิตช์ตัดตอน (Main switch)
   1.1 คัตเอาต์ (Cutout)
   1.2 สวิตช์ป้องกันมอเตอร์ (Motor – protection switch)
2. การควบคุมมอเตอร์หมุน 2 ทางด้วยคัตเอาต์

การควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส หมุนทางเดียวด้วยคัตเอาต์ (Single-phase motor control via cutout)

ในการสตาร์ทมอเตอร์ 1 เฟส ส่วนใหญ่เป็นการสตาร์ทด้วยวิธีต่อมอเตอร์โดยตรง (Direct on line) เพราะมอเตอร์ 1 เฟส มีขนาดไม่เกิน 7.5 กิโลวัตต์ โดยทั่วไปแล้วภายในคัตเอาต์มีฟิวส์ต่ออยู่ ฉะนั้นการเลือกขนาดของฟิวส์ และขนาดของคัตเอาต์จึงมีความสำคัญมาก การเลือกขนาดฟิวส์ต้องพิจารณาขนาดกระแสของมอเตอร์ ซึ่งดูได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์



รูปคัตเอาต์และสัญลักษณ์ของคัตเอาต์



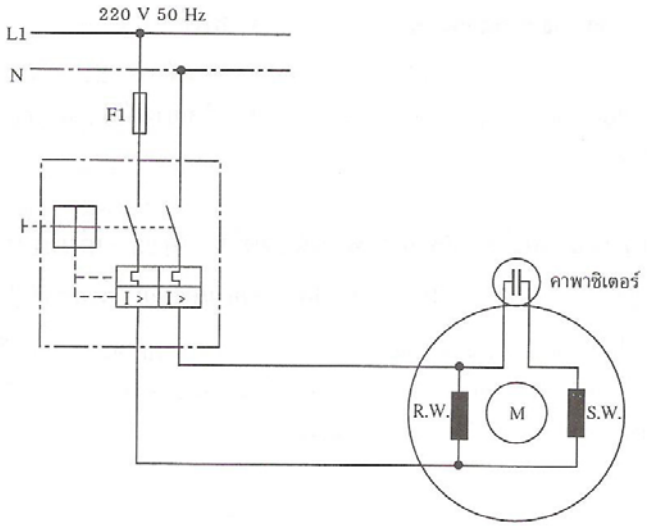
รูปการต่อคัตเอาต์เพื่อควบคุมมอเตอร์

การทำงานของวงจร

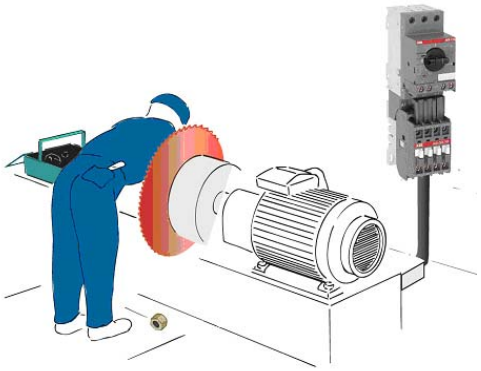
เมื่อโยกคัตเอาต์ขึ้น (ON) มอเตอร์หมุน เพราะคัตเอาต์ทำการต่อแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเข้ามอเตอร์ เมื่อโยกคัตเอาต์ลง (OFF) คัตเอาต์ตัดมอเตอร์ออกจากแหล่งจ่าย มอเตอร์หยุดหมุน

การควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส หมุนทางเดียวด้วยสวิตช์ป้องกันมอเตอร์ (Single-phase motor control via Motor-protection switches)

ในสวิตช์ป้องกันมอเตอร์มีโลหะคู่ (Bimetal) สำหรับป้องกันโอเวอร์โหลด และมีระบบแมกเนติก (Magnetic system) สำหรับป้องกันการลัดวงจร ดังนั้นสวิตช์ป้องกันมอเตอร์ จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ควบคุมมอเตอร์



การต่อสวิตช์วงจรป้องกันมอเตอร์เพื่อควบคุมมอเตอร์



รูปการต่อสวิตช์ป้องกันมอเตอร์เพื่อควบคุมมอเตอร์

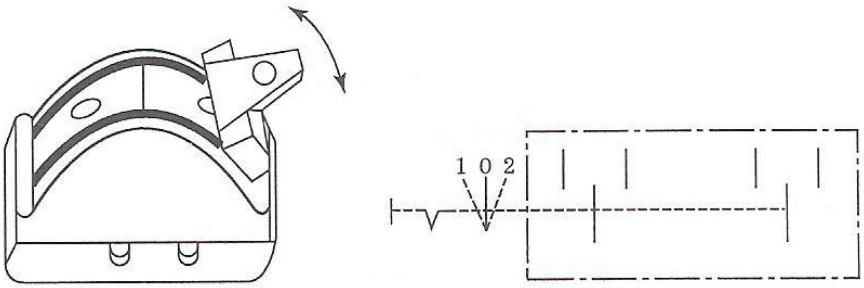
การทำงานของวงจร

เมื่อกดสวิตช์ Q1 (ON) สวิตช์ต่อแหล่งจ่ายเข้ากับวงจรของมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุน แต่ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนก็กดสวิตช์ Q1 (OFF) จะเห็นว่า สวิตช์ป้องกันทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจรของมอเตอร์กับแหล่งจ่าย

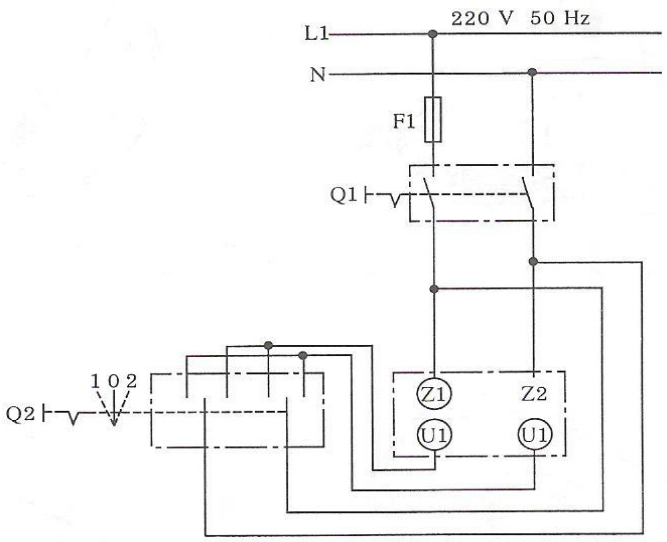
การกลับทางหมุนมอเตอร์ 1 เฟส ด้วยคัตเอาต์ 2 ทาง (Single-phase motor reversing via cutout)

ดังที่ทราบแล้วว่า สปลิทเฟสมอเตอร์และคาปาซิเตอร์มอเตอร์ มีขดลวดพันอยู่ที่สเตเตอร์ 2 ชุดคือ ขดรัน (Running winding) และขดสตาร์ท (Starting winding) มีสวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางต่ออนุกรมกับขดสตาร์ท เพียงแต่คาปาซิเตอร์มอเตอร์มีคาปาซิเตอร์ต่ออนุกรมกับสวิตช์แรงเหวี่ยงเพิ่มเข้าไปอีก

การกลับทางหมุนของมอเตอร์ทั้งสองสามารถทำได้โดยกลับขดรัน หรือ กลับขดสตาร์ท วิธีการนี้ทำได้โดยใช้คัตเอาต์ 2 ทางที่เรียกว่า Double Pole Double Throw Switch (D.P.D.T.)



รูปคัตเอาต์ 2 ทาง และสัญลักษณ์ของคัตเอาต์ 2 ทาง



รูปวงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ 1 เฟส ด้วยคัตเอาต์ 2 ทาง

การทำงานของวงจร

เมื่อโยกคัตเอาต์ 2 ทาง (Q2) ไปตำแหน่งที่ 1 มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เมื่อมอเตอร์หมุนจนมีความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วปกติ สวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางจะตัดขดสตาร์ทออกจากแหล่งจ่าย กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดรันเพียงขดเดียว

ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ให้ตัดวงจรไฟฟ้าออกจากวงจรมอเตอร์ก่อนด้วยสวิตช์ Q1 หรือโยก Q2 ไปตำแหน่ง “ 0 ” เพื่อให้มอเตอร์หยุดหมุนและสวิตช์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางต่อขดลวดสตาร์ทเข้าไปใหม่ จากนั้นก็โยกคัตเอาต์ 2 ทางไปตำแหน่งที่ 2 มอเตอร์จะหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ถ้าโยกคัตเอาต์ 2 ทางไปตำแหน่ง 2 ทันทีทันใดโดยไม่ให้มอเตอร์หยุดหมุนก่อน มอเตอร์ไม่สามารถหมุนกลับทางได้

5.5 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชนิด 1 เฟส (Transformer 1 ø)

หม้อแปลงไฟฟ้าถือเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่ถ่ายเทพลังงานไฟฟ้าจากวงจรไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งโดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลง เพื่อทำหน้าที่เพิ่ม หรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งานไฟฟ้าที่ผลิตตามเขื่อน หรือโรงไฟฟ้าต้องส่งไปใช้งานตามสถานที่อยู่ห่างไกล พลังงานที่ส่งออกไปตามสายไฟฟ้าจะเกิดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss) ในสายไฟฟ้าขึ้น ในทางปฏิบัติจึงมักใช้วิธีเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ซึ่งทำได้โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า และเมื่อถึงจุดหมายปลายทางก็ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าปรับแรงดันให้เหมาะสมกับการใช้งาน ในคู่มือการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับช่างไฟฟ้า ระดับ 1 จะกล่าวถึงเฉพาะหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชนิด 1 เฟสเท่านั้น ส่วนเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชนิด 3 เฟส จะอยู่ในคู่มือการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับช่างไฟฟ้า ระดับ 2

ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าแบ่งตามชนิดของฉนวนไฟฟ้าออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. หม้อแปลงชนิดแห้ง

หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry Type Transformer) นิยมใช้ติดตั้งภายในอาคาร โดยเฉพาะอาคารที่มีผู้อยู่อาศัยจำนวนมาก เนื่องจากให้ความปลอดภัยสูงในด้านเกิดเพลิงไหม้ หากหม้อแปลงเกิดระเบิดขึ้นเพราะไม่มีส่วนที่ติดไฟ หม้อแปลงชนิดแห้งมีทั้งชนิดที่เป็นฉนวนเรซิ่นแห้ง (Cast-rasin) และฉนวนอากาศ (Air-cooled) ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำก๊าซบางชนิดมาใช้เช่น SF_6 ฉนวนไฟฟ้าในหม้อแปลงยังทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากขดลวดของหม้อแปลงด้วย

2. หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้

หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้ (Flammable Liquid-Insulate Transformer) ฉนวนที่ใช้กันโดยทั่วไปคือน้ำมัน ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีแต่ติดไฟได้ ข้อดีของน้ำมันคือ ราคาถูกเมื่อเทียบกับฉนวนชนิดอื่น การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก แต่มีข้อเสียที่ติดไฟได้ และอาจเกิดการรั่วไหลได้ นิยมใช้อย่างกว้างขวางเพราะราคาถูกและมีผู้ผลิตหลายรายในประเทศ หม้อแปลงชนิดฉนวนน้ำมันยังแบ่งออกเป็นแบบมีถังพักน้ำมัน (Conservator) และแบบปิดผนึก (Sealed Tank)

3. หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก

หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก (Less-Flammable Liquid – Insulated Transformer) ฉนวนของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในมีจุดติดไฟที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 300°C ฉนวนที่ใช้ต้องไม่เป็นพิษต่อบุคคล และสิ่งแวดล้อมด้วย ปัจจุบันมีใช้ไม่มากนักและยังไม่เหมาะที่จะใช้ภายในอาคารที่มีผู้อยู่อาศัยจำนวนมาก แต่ก็ให้ความปลอดภัยสูงกว่าหม้อแปลงชนิดฉนวนน้ำมัน

4. หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ

หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ (Nonflammable Fluid-Insulated Transformer) หม้อแปลงชนิดนี้ปัจจุบันใช้งานน้อย และมีราคาแพง ในการทำฉนวนของเหลวไม่ติดไฟมาใช้ต้องระวังเรื่องการเป็นพิษต่อบุคคลด้วย ฉนวนที่ใช้อาจเป็นน้ำมันหรือไม่ก็ได้ เดิมได้มีการนำฉนวนชนิดหนึ่งมาใช้เรียกว่า อาซคาเรล ปัจจุบันเลิกใช้แล้ว เนื่องจากพบว่าเป็นพิษต่อบุคคล

โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Construction)

หม้อแปลงไฟฟ้า โดยทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ขดลวด (Winding) หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวด 2 ขดคือ ขดลวดที่ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าเข้ามาเรียกขดลวดนี้ว่า ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) ส่วนขดลวดอีกขดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าออกไปให้กับโหลดเรียกว่า ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding)

2. แกนเหล็ก (Core) แกนเหล็กที่ใช้ทำหม้อแปลงไฟฟ้ามีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กบางๆ และเป็นแผ่นเหล็กที่มีส่วนผสมของซิลิกอนมาวางซ้อนกัน

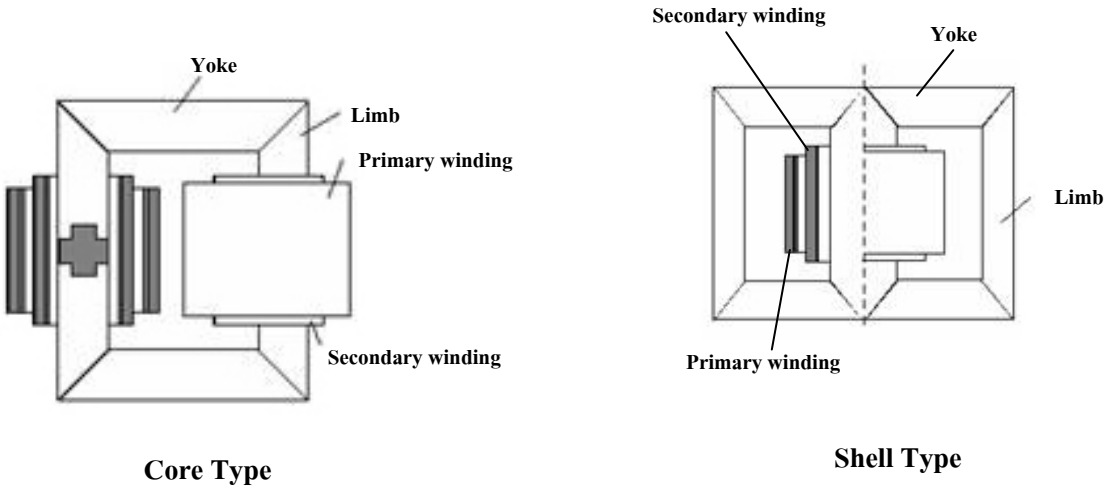
การเรียงเหล็ก มีอยู่ 2 วิธี คือ

2.1 การเรียงเหล็กแบบ Over Lap

2.2 การเรียงเหล็กแบบ Step Lap (นิยมใช้ในปัจจุบัน)

แกนเหล็กนี้จะมีความต้านทานแม่เหล็กต่ำ แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าที่นิยมใช้มี 2 แบบคือ Core Type และ Shell Type

เราสามารถแสดงโครงสร้างพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้าให้เห็นดังรูป



Core Type **Shell Type**

รูปแสดงลักษณะของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า

หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าผ่านขดลวด 2 ขด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าของขดลวดปฐมภูมิ ทำให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งค่าแรงดันไฟสลับที่เข้ามาขึ้นอยู่กับความยาวของขดลวด ความเร็วของการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็ก และความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก หม้อแปลงไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. หม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (STEP-UP Transformer) ใช้ในการแปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น เช่น จาก 110 โวลต์ เป็น 220 โวลต์

2. หม้อแปลงไฟฟ้าลดแรงดันไฟฟ้า (STEP-DOWN Transformer) การทำงานจะตรงข้ามกับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเพิ่มแรงดันไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบของขดลวดกับแรงดันไฟฟ้า

อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิจะเท่ากับอัตราส่วนของขดลวดปฐมภูมิกับจำนวนขดลวดทุติยภูมิ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

เมื่อกำหนดให้ E_p = แรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ

E_s = แรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ

N_p = จำนวนรอบขดลวดทางด้านปฐมภูมิ

N_s = จำนวนรอบขดลวดทางด้านทุติยภูมิ

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนจำนวนรอบกับค่ากระแสไฟฟ้า

ในการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้ามักออกแบบให้กำลังไฟฟ้าทั้ง 2 ข้างเท่ากัน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าดังนี้

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

เมื่อกำหนดให้ E_p = แรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ

E_s = แรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ

I_s = กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ

I_p = กระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ

สรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และจำนวนรอบของขดลวด

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} = a$$

ซึ่งค่า a คือค่าอัตราส่วนจำนวนรอบ

ในคู่มือการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับช่างไฟฟ้าระดับ 1 กล่าวถึงการนำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มาต่อร่วมกันเท่านั้น การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟสจำนวน 3 ตัว เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 3 เฟส

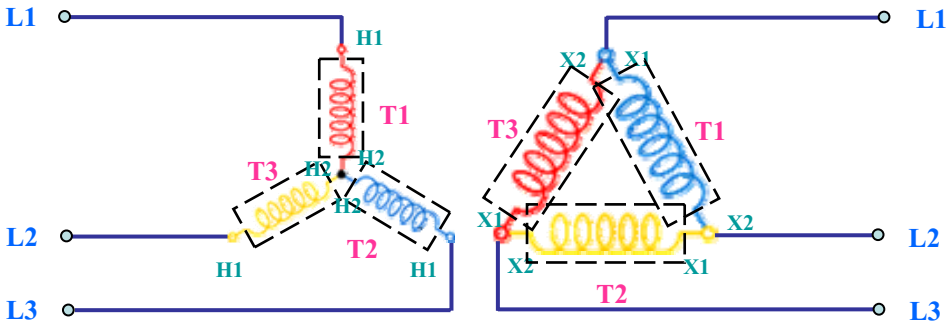
การต่อหม้อแปลงไฟฟ้ามี 4 แบบ คือ

ก. แบบ Y - Δ

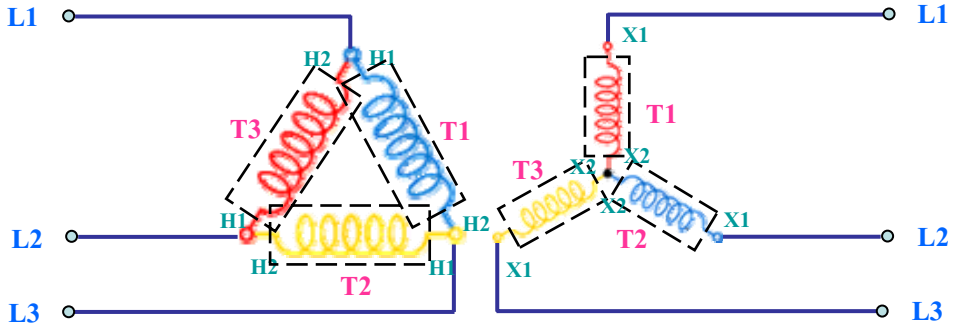
ข. แบบ Δ - Y

ค. แบบ Y - Y

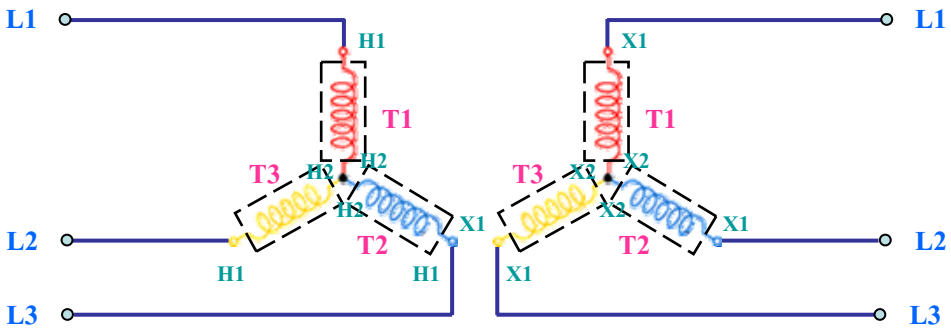
ง. แบบ Δ - Δ



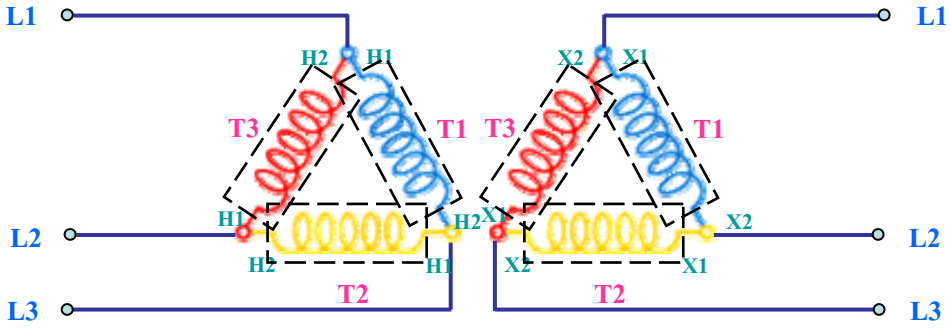
ก. แบบ Y – Δ



ข. แบบ Δ - Y



ค. แบบ Y - Y



ง. แบบ Δ - Δ

รูปแสดงการต่อหม้อแปลงแบบต่างๆ

หมายเหตุ : T1 คือ หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ตัวที่ 1

T2 คือ หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ตัวที่ 2

T3 คือ หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ตัวที่ 3

H1 และ H2 คือ ขั้วต่อของขดลวดด้านปฐมภูมิ

X1 และ X2 คือ ขั้วต่อของขดลวดด้านทุติยภูมิ

5.6 ท่อไฟฟ้าชนิดต่างๆ

การเดินสายภายในสำหรับบ้านพักอาศัยหรืออาคารที่เป็นตึก สามารถเลือกใช้วิธีเดินสายแบบเกาะผนังหรือเลือกวิธีเดินสายในท่อร้อยสายไฟฟ้าก็ได้ แต่ในการเดินสายในท่อร้อยสายไฟฟ้าจะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าเมื่อเทียบกับการเดินสายแบบเกาะผนัง แต่ก็มีประโยชน์และข้อดีหลายประการดังนี้

1. ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่เป็นโลหะ สามารถป้องกันสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกายภาพได้ เช่น การถูกกระทบกระแทกจากภายนอก หรือ ถูกสารเคมีต่างๆ

2. ป้องกันอันตรายกับคนที่อาจจะไปสัมผัสสายไฟฟ้าซึ่งฉนวนเสียหาย หรือ เสื่อมสภาพ

3. สะดวกต่อการร้อยสาย และเปลี่ยนสายไฟฟ้าใหม่เมื่อสายเดิมหมดอายุใช้งาน

4. ท่อร้อยสายไฟที่เป็นโลหะต้องมีการต่อลงดิน ถ้าสายชำรุดตัวนำแตะกับท่อ เครื่องป้องกันกระแสเกินจะทำงานตัดวงจรก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อผู้ที่อาจจะไปสัมผัสท่อ

5. ท่อร้อยสายไฟที่เป็นโลหะสามารถป้องกันไฟไหม้ได้ หากเกิดการลัดวงจรภายในท่อ ประกายไฟหรือความร้อนจะถูกจำกัดอยู่ภายในท่อ

ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

1. ท่อพีวีซี (P.V.C.)

ท่อพีวีซีทำจากพลาสติกชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ นิยมใช้เดินสายไฟฟ้าภายในอาคาร โดยทั่วไปมี 2 สี คือ สีขาวกับสีเหลือง ถ้าต้องการดัดท่อให้โค้งงอตามความต้องการ ต้องใส่ลวดสปริงขนาดที่เหมาะสมแล้วเป่าด้วยเครื่องเป่าลมร้อนโดยรอบจนได้ที่ จึงดัดท่อให้ได้ตามมุมที่ต้องการ ใช้น้ำเช็ดให้ทั่วบริเวณที่โค้งงอจนอุณหภูมิลดลงเป็นปกติก็จะได้ท่อที่โค้งทำมุมตามที่ต้องการ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ ½ - 2 นิ้ว ยาวท่อนละ 3 เมตร ดังแสดงในรูป

รูปท่อพีวีซีขนาดต่างๆ

รูปลวดสปริงขนาดต่างๆ

2. ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit) , RMC

เป็นท่อที่มีความแข็งแรงที่สุดสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ทำจากเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีทั้งผิวภายนอกและภายในเรียกว่า ท่อ RSC (Rigid Steel Conduit) สามารถใช้งานได้ทั้งในและนอกอาคาร รวมทั้งฝังในดิน ท่อ RMC มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ ½ - 6 นิ้ว และยาวท่อนละ 10 ฟุต หรือประมาณ 3 เมตร

3. ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit) , IMC

เป็นท่อที่มีความหนากว่าท่อ EMT ทำจากเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ผิวภายในเคลือบด้วยอีนาเมล สามารถใช้งานแทนท่อ RMC ได้ทุกสถานที่มีราคาถูกกว่าเรียกว่า ท่อ IMC การติดตั้งใช้งานลักษณะเดียวกับท่อ RMC ท่อ IMC มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ ½ - 4 นิ้ว และยาวท่อนละ 10 ฟุต หรือประมาณ 3 เมตร

4. ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing) , EMT

เป็นท่อที่มีผนังบางกว่าท่อ RMC และ IMC จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าและราคาถูกกว่า ทำจากเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ผิวภายในเคลือบด้วยอีนาเมล สามารถใช้ได้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น เรียกว่าท่อ EMT โดยใช้เดินลอยเกาะผนัง เดินในฝ้าเพดาน หรือเดินในผนังคอนกรีต ไม่ควรใช้ในกรณีที่มีการกระทบกระแทกทางกล และห้ามใช้ฝังดิน ท่อ EMT มีขนาดเส้นผ่าศูนย์ กลางตั้งแต่ ½ - 2 นิ้ว และยาวท่อนละ 10 ฟุต หรือ ประมาณ 3 เมตร

5. ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit) , FMC

ทำจากเหล็กกล้าชุบสังกะสีทั้งผิวภายนอกและภายใน เป็นท่อที่มีความอ่อนตัวสูง สามารถโค้งงอไปมาได้ เหมาะสำหรับใช้กับอุปกรณ์ที่สั่นสะเทือนขณะใช้งาน หรืองานที่ต้องการความโค้งงอด้วยมุมหักสูงๆ เช่น จุดต่อดวงโคม ห้ามใช้ในสถานที่เปียก ฝังในคอนกรีต ฝังในดินและสถานที่อันตราย เช่น ในห้องแบตเตอรี่ ปล่องลิฟท์ ฯลฯ มีขนาดตั้งแต่ ½ - 4 นิ้ว มีความยาวไม่เกิน 2 เมตร

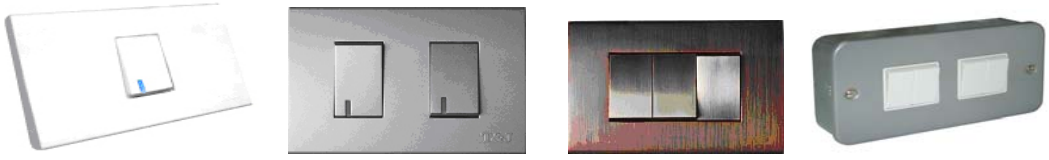
6. ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit) , RNC

ท่ออโลหะแข็งทำมาจากสารอโลหะ ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมทางกายภาพเช่น ไฟเบอร์ ใยหิน ซีเมนต์พีวีซีอย่างแข็ง อีพอคซี่เสริมใยแก้ว หรือโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง ท่อชนิดนี้มีความแข็งแรงน้อยกว่าท่อโลหะ แต่ทนความชื้น และการกัดกร่อนจากสารเคมีในอากาศได้ดีกว่า ท่อชนิดนี้สามารถใช้เดินเกาะผนัง เดินในผนัง ในเพดาน และฝังในดิน

5.7 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ (Switch) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปิด (ON) และปิด (OFF) วงจรไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยเป็นตัวกำหนดการจ่ายแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า สวิตช์ถูกผลิตขึ้นมา

ใช้งานมีด้วยกันหลายแบบแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน แต่เดิมนั้นสวิตช์เปิดปิดด้วยมือเท่านั้น ในปัจจุบันสวิตช์สามารถเปิดปิดได้ด้วยแสง ความร้อน น้ำ ควัน และคลื่นวิทยุ ทั้งนี้ตัวสวิตช์จะกำหนดขนาดของแรงดัน และกระแสสูงสุดที่สวิตช์ทนได้ดังแสดงตามรูป



รูปแสดงตัวอย่างสวิตช์ชนิดต่างๆ

ประเภทของสวิตช์ (Types of Switch)

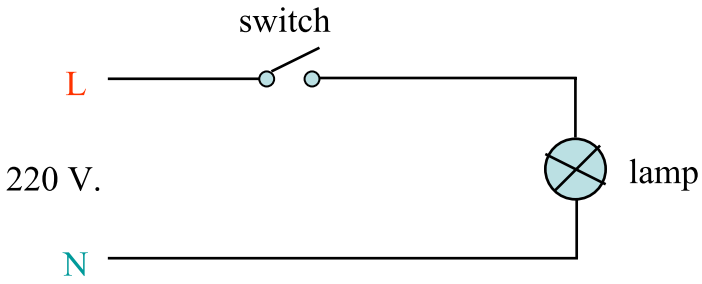
สวิตช์ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตได้ออกแบบมาให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และมีความสวยงามเสมือนเฟอร์นิเจอร์ชิ้นหนึ่ง เลือกสีให้เข้ากับห้องรับแขกหรือสำนักงานได้อย่างดี มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน แต่ที่ใช้งานมากมี 2 ประเภท คือ สวิตช์ทางเดียว (One-way Switch) และสวิตช์สามทาง (Three-way Switches)

1. สวิตช์ทางเดียว (One-way Switch) สวิตช์ทางเดียวมีโครงสร้างหลายแบบขึ้นอยู่กับแต่ละบริษัทผลิตออกมา ดังแสดงในรูป

รูปแสดงสวิตช์ทางเดียวชนิดต่างๆ

การใช้งานสวิตช์ทางเดียว

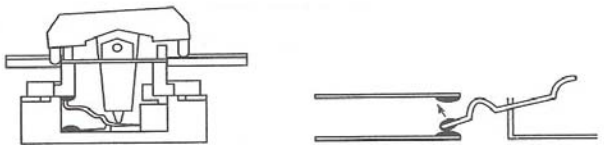
สวิตช์ทางเดียวใช้ควบคุมการเปิด - ปิดไฟแสงสว่าง หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงจุดเดียว ตัวอย่างวงจรการใช้งานดังรูป



รูปสวิตช์ทางเดียวควบคุมไฟแสงสว่าง

2. สวิตช์สามทาง (Three-way Switches)

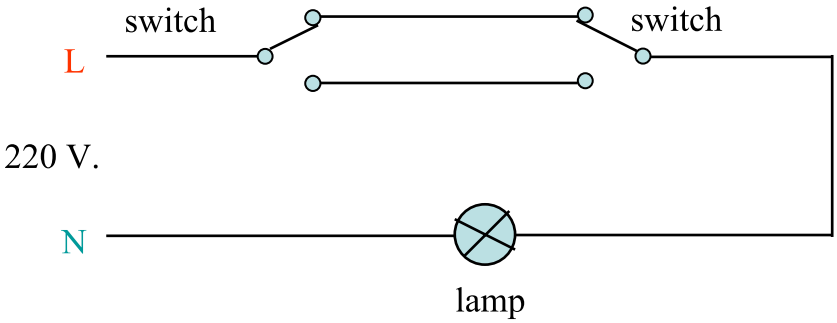
สวิตช์สามทาง หรือ บางแห่งเรียกสวิตช์บันได มีลักษณะภายนอกเหมือนสวิตช์ทางเดียว แต่มีโครงสร้างภายในต่างกันตรงที่มีขั้วเพิ่มขึ้นอีก 1 ขั้ว ดังรูป



รูปโครงสร้างภายในของสวิตช์สามทาง

การใช้งานสวิตช์สามทาง

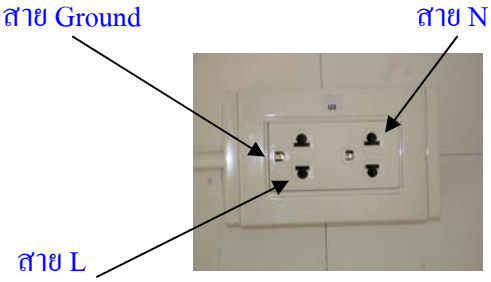
สวิตช์สามทางสามารถใช้ควบคุมการเปิด – ปิดไฟแสงสว่าง หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า โดยควบคุมได้ 2 แห่ง เช่น ควบคุมการเปิดไฟแสงสว่างจากอาคารชั้นล่าง และปิดไฟแสงสว่างที่ชั้นบนของบ้านพักอาศัย เป็นต้น



รูปสวิตช์สามทางควบคุมไฟแสงสว่าง

5.8 เต้าเสียบ (Plug)

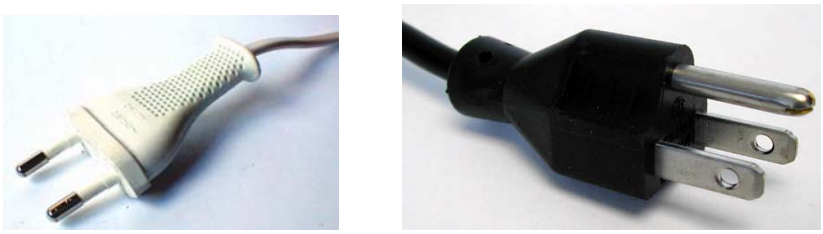
คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวต่อเชื่อมระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถทำงานได้ เต้าเสียบจะต้องทำงานร่วมกับเต้ารับ โดยเต้าเสียบถูกติดตั้งไว้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ตู้เย็น โทรทัศน์ พัดลม เครื่องซักผ้า ส่วนเต้ารับจะถูกติดตั้งไว้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายไปตามอาคารบ้านพักอาศัย ในการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าวต้องนำเต้าเสียบไปเสียบเข้ากับเต้ารับดังในรูป



เต้ารับ (Outlet)

เต้าเสียบ (Plug) กำลังเสียบเข้าเต้ารับ

เต้าเสียบที่ผลิตขึ้นมาใช้งานมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้งาน ที่นิยมนำมาใช้งานโดยทั่วไปมีเพียง 2 แบบคือ แบบ 2 ขา และแบบ 3 ขา ตามรูป เต้าเสียบแบบ 2 ขา แต่ละขาต่อรับแรงดันไฟฟ้าจากเต้ารับโดยตรง ส่วนแบบ 3 ขาในส่วน 2 ขาที่ขนานกันเป็นขาต่อรับแรงดันไฟฟ้าจากเต้ารับ ขาที่เหลืออีก 1 ขา เป็นขากราวด์ (สายดิน) เพื่อต่อตัวถังเครื่องใช้ไฟฟ้าลงดิน เพื่อป้องกันการถูกกระแสไฟฟ้าดูดขณะใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น



รูปเต้าเสียบ แบบ 2 ขา และแบบ 3 ขา

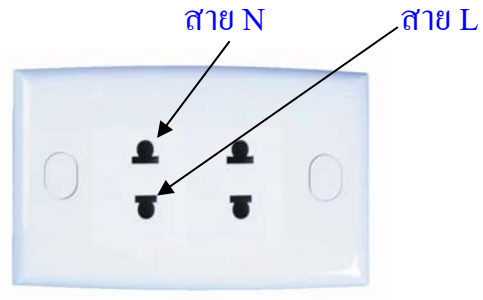
5.9 เต้ารับ (Outlet)

เต้ารับเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับต่อวงจร เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่เคลื่อนย้ายได้ เช่น เตารีด วิทยุ พัดลม โทรทัศน์ ฯลฯ ที่ตัวเต้ารับจะบอกขนาดของแรงดัน และกระแสสูงสุดที่เต้ารับทนได้ ในการออกแบบเต้ารับที่ดีจะต้องออกแบบให้สามารถใช้งานกับเต้าเสียบได้หลายชนิด

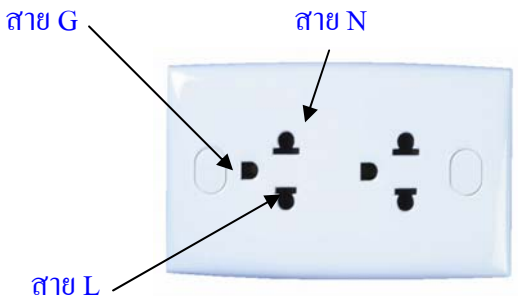
ประเภทของเต้ารับ

เต้ารับมี 2 ประเภทคือ เต้ารับ 1 เฟส (Single-phase Outlet) และเต้ารับ 3 เฟส 4 สาย (Three-phase 4 wire socket - outlet) ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับวงจรใช้งานจะกล่าวในบทที่ 9 เรื่องวงจรไฟฟ้า

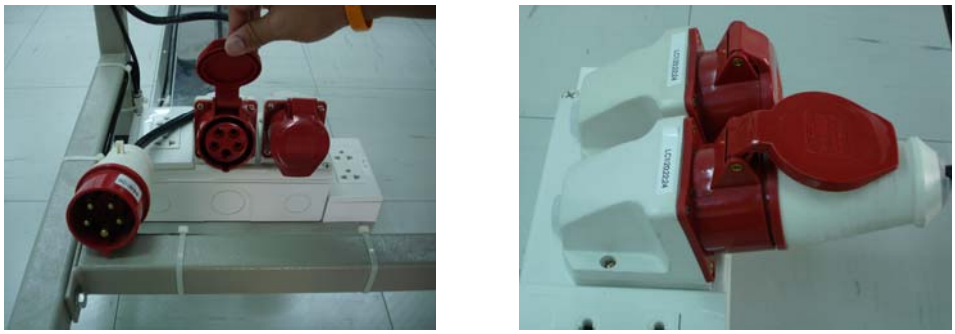
เต้ารับ 1 เฟส (Single-phase Outlet) มี 2 ประเภทคือ เต้ารับ 1 เฟสแบบไม่มีสายดิน ดังรูป (ก) และเต้ารับ 1 เฟสแบบมีสายดิน ดังรูป (ข)



รูป (ก) ลักษณะของเต้ารับ 1 เฟสแบบไม่มีสายดิน



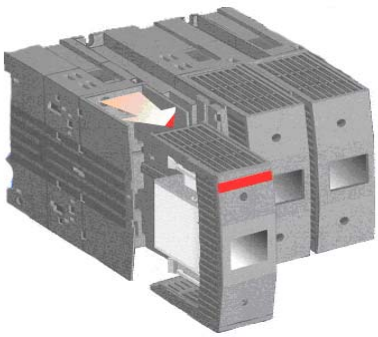
รูป (ข) ลักษณะของเต้ารับ 1 เฟสแบบมีสายดิน



รูปเต้ารับและเต้าเสียบแบบ 3 เฟส 4 สาย

5.10 ฟิวส์ (Fuse)

ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้าอย่างหนึ่งที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลาย หน้าที่ของฟิวส์คือจะตัดการจ่ายแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าออกจากวงจร เมื่อเกิดการลัดวงจร และกระแสไฟฟ้าไหลเกินกำหนด ตัวฟิวส์ทำจากโลหะตัวนำผสมสามารถนำไฟฟ้าได้ดีมีจุดหลอมละลายต่ำ คุณสมบัติของตัวฟิวส์คือ เกิดการหลอมละลายทันทีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเกินกว่าค่าที่ตัวฟิวส์ทนได้ การใช้งานของฟิวส์จะต้องใช้งานร่วมกับสวิตช์ใบมีดหรือคัตเอาต์ ตลับใส่ฟิวส์ หรือ Safety Switch เป็นต้น ดังแสดงในรูป



รูปสวิตช์ใบมีดและตลับฟิวส์

ฟิวส์ที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายแบบ ผู้ผลิตได้ออกแบบมาเพื่อให้ถูกต้องเหมาะสมกับลักษณะของงานและให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน แต่มีหน้าที่การใช้งานตามลักษณะโครงสร้าง เช่น เป็นเส้นแบนมีร่องสำหรับขันยึดสกรูหัวท้ายคล้ายก้ามปู เรียกว่า ฟิวส์ก้ามปู ดังแสดงในรูป

รูปฟิวส์ก้ามปู

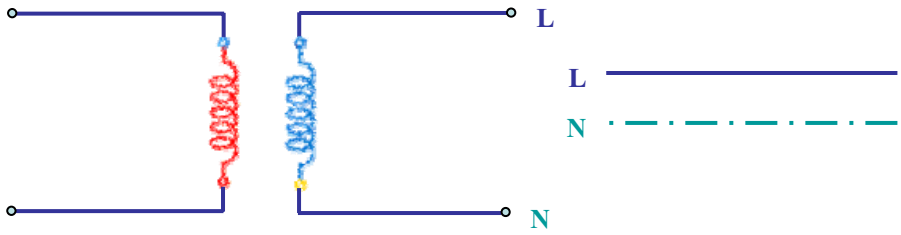
บทที่ 6 ระบบไฟฟ้ากำลังแรงดันต่ำ

ระบบไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไปในบ้านพักอาศัยหรือในโรงงานสถานประกอบกิจการต่างๆ เป็นระบบไฟฟ้าที่ผ่านกระบวนการปรับลดแรงดันมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและเมื่อกำลังไฟฟ้าถูกส่งไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า จะต้องทำการแปลงระดับแรงดันลงที่หม้อแปลงจำหน่ายให้เป็นระดับแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

ระบบไฟฟ้ากำลังแรงดันต่ำ (Low Voltage System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันระหว่างเฟส (Phase) ไม่เกิน 1,000 โวลต์ โดยทั่วไปมี 2 ระบบ คือ ระบบไฟฟ้า 1 เฟส และระบบไฟฟ้า 3 เฟส ตามรายละเอียดดังนี้

6.1 ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย 220 V

เป็นระบบไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านพักอาศัยทั่วไป มีสายไฟฟ้า 2 สาย คือ สาย L และสาย N ซึ่งสาย L (สายไฟ) เป็นเส้นที่มีไฟ และเป็นเส้นที่มีอันตรายไม่สามารถแตะหรือสัมผัสได้ ส่วนสาย N (สาย Neutral) โดยทั่วไปจะต่อลงดินที่ต้นทางของแหล่งจ่ายทำหน้าที่เป็นสายป้องกันอันตราย ระบบไฟฟ้า 1 เฟสนี้มีแรงดันระหว่างสาย 220 V ดังรูป

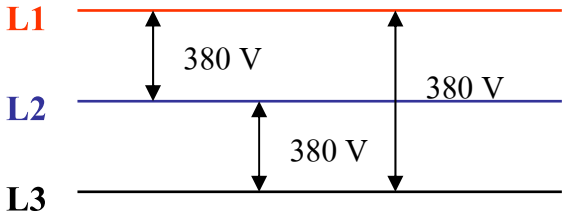


ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย 220 V

6.2 ระบบไฟฟ้า 3 เฟส

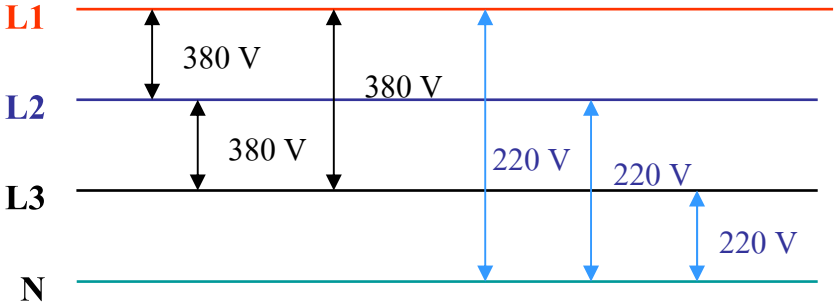
เป็นระบบไฟฟ้าที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปมี 2 ระบบ คือ ระบบไฟ 3 เฟส 3 สาย 380 V และ ระบบไฟ 3 เฟส 4 สาย 380/220 V

6.2.1 ระบบไฟ 3 เฟส 3 สาย 380 V เป็นระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ 3 เฟส โดยทั่วไประบบนี้จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลด 3 เฟสที่สมดุล ดังรูป



รูประบบ 3 เฟส 3 สาย 380 V

6.2.2 ระบบไฟ 3 เฟส 4 สาย 380/220 V เป็นระบบที่จ่ายแรงดัน 220 V ให้กับโหลดแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตามอาคารบ้านพักอาศัย และจ่ายแรงดัน 380 V ให้กับมอเตอร์ 3 เฟส หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการแรงดัน 380 V ระบบนี้มีแรงดันระหว่างสายไฟ L1, L2, หรือ L3 380 V และมีแรงดันระหว่างสายไฟกับสายนิวทรัล 220 V ดังรูป



รูประบบ 3 เฟส 4 สาย 380/220 V

คำนิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าและควรทราบมีดังนี้

1. แรงดันไฟฟ้า (Voltage) แรงดันไฟฟ้ามีสัญลักษณ์เป็น V มีหน่วยเป็นโวลต์ แรงดันไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ต้องการย้ายประจุไฟฟ้าที่เป็นบวกจำนวนหนึ่งหน่วย จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

แรงดันไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 24 โวลต์ และแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เช่น แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านตามปกติ 220 โวลต์

2. กระแสไฟฟ้า (Current) กระแสไฟฟ้ามีสัญลักษณ์เป็น I มีหน่วยเป็นแอมแปร์ ซึ่งกระแสไฟฟ้าเป็นอัตราการไหลของประจุไฟฟ้าในวงจร

กระแสไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ กระแสไฟฟ้าตรง และกระแสไฟฟ้าสลับ

3. ความต้านทาน (Resistance) ความต้านทานมีสัญลักษณ์เป็น R มีหน่วยเป็นโอห์มซึ่งต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า เช่น แท่งโลหะทองแดง ตัวต้านทานที่รับพลังงานไฟฟ้ามาแล้วจะเปลี่ยนเป็นลักษณะของความร้อน

4. ความถี่ไฟฟ้า (Frequency) ความถี่ไฟฟ้ามีสัญลักษณ์เป็น F มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ หรือไซเกิลต่อวินาที ซึ่งระบบไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์ หมายถึงมีคลื่นไฟฟ้าจำนวน 50 ลูกคลื่นผ่านใน 1 วินาที

5. กำลังไฟฟ้า (Power) กำลังไฟฟ้ามีสัญลักษณ์เป็น P มีหน่วยเป็นวัตต์ ซึ่งเป็นอัตราการไหลของพลังงานในวงจร กำลังไฟฟ้าเป็นค่าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าไปโดยเป็นการใช้ทั้งแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ซึ่งการเปลี่ยนกำลังทางกลเป็นกำลังไฟฟ้าคือ 1 แรงม้าจะเท่ากับ 746 วัตต์

6. พลังงานไฟฟ้า (Energy) พลังงานไฟฟ้ามีสัญลักษณ์เป็น W มีหน่วยเป็นจูล ซึ่งเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น ใช้ไฟฟ้าไป 1,000 วัตต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะถือว่าใช้พลังงานไฟฟ้าไป 1,000 วัตต์ชั่วโมง หรือ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือที่เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าอ่านได้เป็น 1 หน่วยหรือ 1 ยูนิต นั่นเอง

7. ความเหนี่ยวนำ (Inductance) ความเหนี่ยวนำมีสัญลักษณ์เป็น L มีหน่วยเป็นเฮนรี่ เช่น ขดลวดตัวเหนี่ยวนำที่รับพลังงานไฟฟ้ามาแล้วจะเปลี่ยนเป็นลักษณะของสนามแม่เหล็ก แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำคร่อมตัวเหนี่ยวนำจะแปรผันตามอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน

8. ความจุไฟฟ้า (Capacitance) ความจุไฟฟ้ามีสัญลักษณ์เป็น C มีหน่วยเป็นฟารัด เช่นตัวเก็บประจุหรือคาปาซิเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่รับพลังงานไฟฟ้ามาแล้วเปลี่ยนเป็นลักษณะของสนามไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านคาปาซิเตอร์จะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม

คำนิยามศัพท์ดังที่กล่าวมาแล้วเป็นความรู้พื้นฐานทางไฟฟ้า ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในคู่มือการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับช่างไฟฟ้าระดับ 2 และระดับ 3

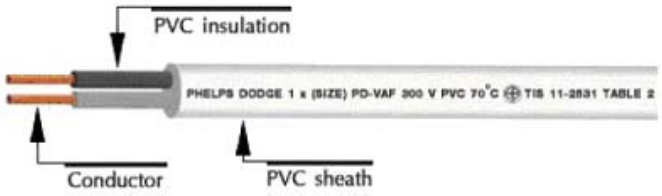
บทที่ 7 ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุเบื้องต้น

7.1 สายไฟฟ้าประเภทต่างๆ และการใช้งาน

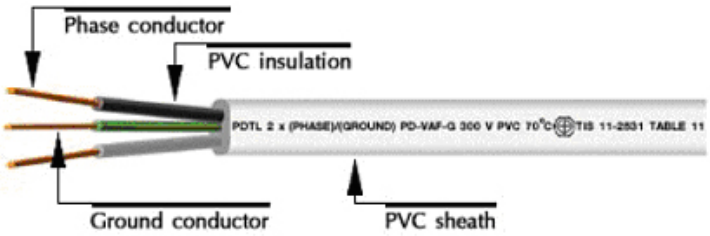
สายไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไปภายในอาคาร เป็นชนิดตัวนำทองแดงหุ้มด้วยฉนวนพีวีซีที่ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 11-2531 โดยการติดตั้งระบบไฟฟ้าภายในอาคารส่วนใหญ่ใช้สายไฟฟ้าชนิดต่างๆ ดังนี้

1. สายไฟฟ้า VAF

สายไฟฟ้า VAF เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 300 โวลต์ มีทั้งชนิดที่เป็นสายไฟฟ้า 2 แกนหรือ 3 แกน และ 2 แกน แบบมีสายดิน (VAF-G) สายไฟฟ้าชนิดนี้มีลักษณะแบนในแนวภาคตัดขวาง นอกจากตัวนำจะมีฉนวนหุ้มแล้ว ยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง โดยชนิดที่มีจำหน่ายแพร่หลายในท้องตลาดคือสายไฟฟ้า VAF แบบ 2 แกน หรือที่เรียกว่า “สายคู่” หรือ “สายพีวีซีคู่” ซึ่งนิยมเดินรัดด้วยเข็ดรัดสาย (Clip) เกาะผนังอาคาร สายชนิดนี้ห้ามใช้ในวงจร 3 เฟส 380 โวลต์



รูปสายไฟฟ้า VAF ชนิด 2 แกน



รูปสายไฟฟ้าVAF ชนิด 2 แกนแบบมีสายดิน

การใช้งาน

- เดินเกาะผนัง หรือเดินซ่อนในผนัง
- ห้ามเดินร้อยในท่อ เพราะอาจทำให้สายไฟฟ้าบิดตัวและชำรุดได้ เมื่อร้อยและดึงสายไฟฟ้า และนอกจากนี้ยังห้ามเดินฝังดินโดยตรง

2. สายไฟฟ้า THW

สายไฟฟ้า THW เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ มีตัวนำแกนเดียวหุ้มฉนวน 1 ชั้น ใช้สำหรับเดินเป็นสายไฟฟ้าเมนเข้าอาคารและเดินภายใน สำหรับบ้านพักอาศัยที่ใช้ระบบแรงดัน 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย และ 380/220 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย นอกจากนี้ยังสามารถใช้เดินในวงจร 380 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย ทั่วไปด้วย สายขนาดเล็กมีหลายสีเพื่อความสะดวกในการใช้งาน สายขนาดใหญ่มีเฉพาะสีดำเท่านั้น

รูปสายไฟฟ้า THW

การใช้งาน

- เดินลอย ต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน
- เดินในช่องเดินสาย หรือในรางเดินสาย
- เดินในท่อร้อยสายฝังดินได้ หากสามารถป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปภายในท่อได้
- ห้ามเดินฝังดินโดยตรง

3. สายไฟฟ้า NYY

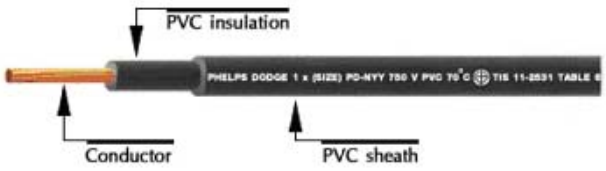
สายไฟฟ้า NYY เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ ลักษณะเป็นสายกลมที่มีจำนวนแกนตั้งแต่ 1 แกนถึง 4 แกน ชนิด 1 แกนจะมีเปลือกหุ้มทับชั้นฉนวน 1 ชั้น ส่วนชนิด 2 – 4 แกนจะมีเปลือกหุ้มทับฉนวนอีก 2 ชั้น ใช้สำหรับเดินเป็นสายเมนเข้าอาคารบ้านพักอาศัย สำหรับกรณีที่เดินสายไฟฟ้าใต้ดินและใช้ในวงจรทั่วไปที่เดินใต้ดิน

สายไฟฟ้า NYY ชนิด 1 แกน จะใช้ในระบบแรงดัน 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย และ 380/220 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย นอกจากนี้ยังสามารถใช้เดินในวงจร 380 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย ทั่วไปด้วย

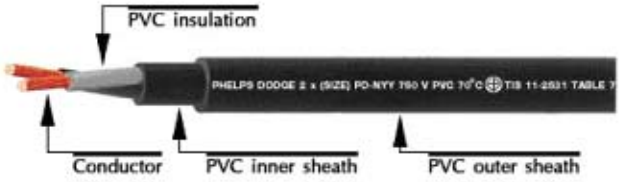
สายไฟฟ้า NYY ชนิด 2 แกน จะใช้ในระบบแรงดัน 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย

สายไฟฟ้า NYY ชนิด 3 แกน จะใช้ในระบบแรงดัน 380/220 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย

สายไฟฟ้า NYY ชนิด 4 แกน จะใช้ในระบบแรงดัน 380/220 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย



รูปสายไฟฟ้า NYY ชนิด 1 แกน



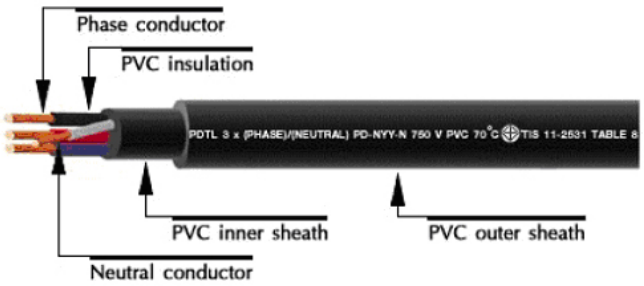
รูปสายไฟฟ้า NYY ชนิด 2 แกน

การใช้งาน

- ใช้งานได้ทั่วไป
- เดินในท่อร้อยสาย และในรางเดินสาย
- เดินฝังดินโดยตรง

4. สายไฟฟ้า NYY-N

สายไฟฟ้า NYY-N เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ ลักษณะเป็นสายกลมชนิด 4 แกน คือ มีสายไฟอยู่ 3 แกน และมีสายศูนย์หรือสายนิวทรัล (Neutral) อีก 1 แกน ใช้สำหรับเดินเป็นสายไฟฟ้าเมนเข้าอาคาร ที่ใช้ระบบแรงดัน 380 /220 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย



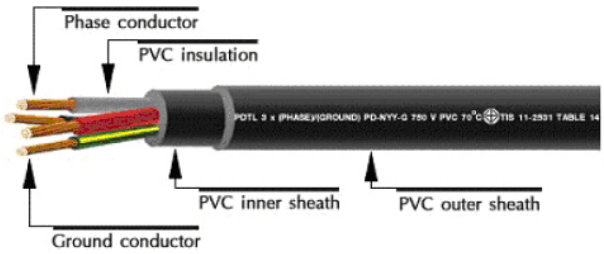
รูปสายไฟฟ้าชนิด NYY-N

การใช้งาน

- ใช้งานได้ทั่วไป
- เดินในท่อร้อยสาย และในรางเดินสาย
- เดินฝังดินโดยตรง

5. สายไฟฟ้า NYY-G

สายไฟฟ้า NYY-G เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ ลักษณะเป็นสายกลมชนิด 4 แกน คือ มีสายไฟอยู่ 3 แกน และมีสายดินหรือสายกราวด์ (Ground) อีก 1 แกน ใช้สำหรับเดินเป็นสายไฟฟ้าเมนเข้าอาคาร ที่ใช้ระบบแรงดัน 380/220 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย



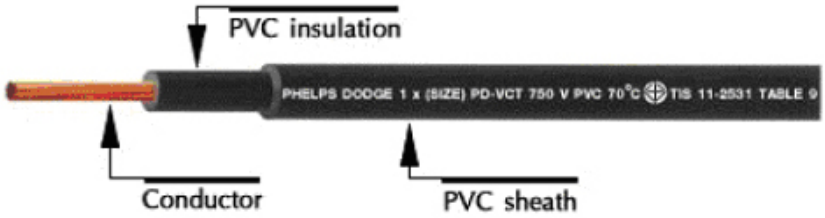
รูปสายไฟฟ้าชนิด NYY-G

การใช้งาน

- ใช้งานได้ทั่วไป
- เดินในท่อร้อยสาย และในรางเดินสาย
- เดินฝังดินโดยตรง

6. สายไฟฟ้า VCT

สายไฟฟ้า VCT เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ ลักษณะเป็นสายกลมที่มีจำนวนแกนตั้งแต่ 1 แกน ถึง 4 แกน โดยสายไฟฟ้าชนิดนี้ ตัวนำทองแดงจะมีลักษณะเป็นเส้นลวดขนาดเล็ก ๆ รวมกลุ่มกัน หุ้มทับด้วยฉนวน และเปลือกอีก 1 ชั้น ใช้สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าแก่เครื่องมือไฟฟ้าที่ใช้แรงดัน 220 โวลต์ หรือ 380/220 โวลต์ ที่จำเป็นต้องมีการเคลื่อนย้าย หรือไม่ได้ติดตั้งถาวร เนื่องจากลักษณะตัวนำทองแดงที่เป็นเส้นลวดขนาดเล็ก ๆ รวมกลุ่มกันนี้จะทำให้สายไฟฟ้าชนิดนี้สามารถโค้งงอได้ง่าย



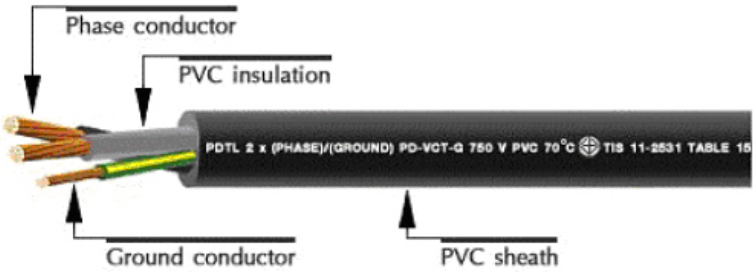
รูปสายไฟฟ้าชนิด VCT

การใช้งาน

- เดินในท่อร้อยสาย
- เดินในรางเดินสาย หรือ วางบนรางเคเบิล
- เดินฝังดินโดยตรง

7. สายไฟฟ้า VCT-G

สายไฟฟ้า VCT-G เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ ลักษณะเป็นสายกลมที่มีจำนวนแกนตั้งแต่ 1 แกน ถึง 4 แกน ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับสายไฟฟ้า VCT แต่มีสายดินหรือสายกราวด์ (Ground) เพิ่มอีก 1 แกน สำหรับการต่อลงดินโดยเฉพาะ



รูปสายไฟฟ้าชนิด VCT-G

การใช้งาน

- เดินในท่อร้อยสาย
- เดินในรางเดินสาย หรือ วางบนรางเคเบิล
- เดินฝังดินโดยตรง

7.2 สีของสายไฟฟ้า

รหัสสีมีความสำคัญมากเนื่องจากจะทำให้ทราบได้ว่า สายไฟฟ้าเส้นนั้นเป็นสายอะไร หรือท่อร้อยสายไฟฟ้าเป็นท่อร้อยสายไฟฟ้าประเภทใด จึงทำให้สะดวกต่อการซ่อมแซมบำรุงรักษา และใช้งานได้อย่างถูกต้องปลอดภัย

7.2.1 รหัสสีของสายไฟฟ้า

ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า 2545 ได้กำหนดสีของสายไฟหุ้มฉนวนระบบแรงต่ำดังนี้

- ตัวนำนิวทรัล ให้ใช้สีเทาอ่อน หรือ สีขาว
- สายเส้นไฟ ต้องมีสีต่างไปจากสายนิวทรัล และตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- สายไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส ให้ใช้สายที่มีสีฉนวน หรือ ทำเครื่องหมายเป็นดังนี้
  - เฟส 1 ใช้สีดำ
  - เฟส 2 ใช้สีแดง
  - เฟส 3 ใช้สีน้ำเงิน
- สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ให้ใช้สีเขียว หรือ สีเขียวแถบเหลือง

ข้อยกเว้นที่ 1 สายไฟฟ้าที่มีขนาดโตกว่า 16 ตร.มม. ให้ทำเครื่องหมายแทนการกำหนดสีที่ปลายสาย

ข้อยกเว้นที่ 2 สายออกจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (มิเตอร์ไฟฟ้า) ถึงบริภัณฑ์ประธาน (แผงคัตเอาท์ หรือ แผงควบคุมไฟฟ้า) ไม่ต้องกำหนดสี

7.2.2 รหัสสีของท่อไฟฟ้า และกล่องพักสาย

รหัสสีของท่อไฟฟ้ามีประโยชน์มาก ทำให้ทราบได้ว่า สายในท่อเป็นสายอะไร ซึ่งกระทำได้โดยมีเครื่องหมายแสดงสีทุกระยะ 1 เมตร โดยรวมทั้งข้อต่อ และกล่องพักสาย ตามตาราง

ตารางรหัสสีของท่อไฟฟ้าและกล่องพักสายที่นิยมใช้ทั่วไป

ชนิดของสาย	สีของท่อไฟฟ้าและกล่องพักสาย
ไฟฟ้า	สีเหลือง
ไฟฟ้าฉุกเฉิน	สีแดง
โทรศัพท์	สีเขียว
เตือนอัคคีภัย	สีส้ม
สัญญาณโทรทัศน์	สีน้ำเงิน
พยาบาล , เรียกพยาบาล	สีขาว
เสียง	สีฟ้า

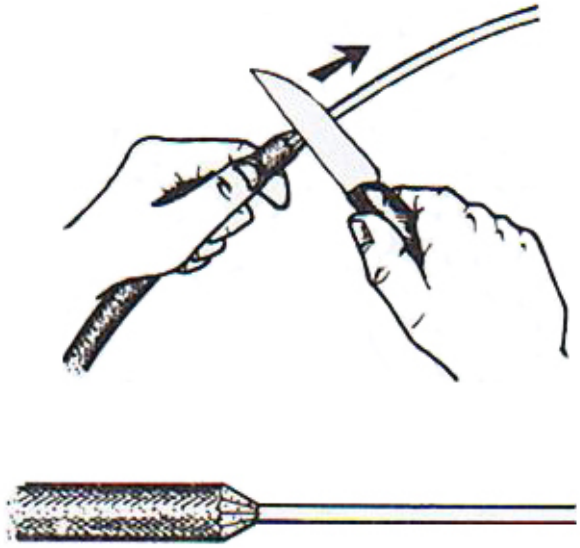
7.3 การต่อสายไฟฟ้าแบบต่างๆ

วิธีการต่อสายไฟฟ้า

การนำสายไฟฟ้าไปใช้งาน เช่น งานเดินสายไฟฟ้าจำเป็นต้องมีการต่อสายไฟฟ้า อาจมาจากหลายสาเหตุด้วยกันคือ สายไฟฟ้ายาวไม่พอ จำเป็นต้องต่อแยกสายไฟฟ้าไปในทางอื่น หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสายไฟฟ้าใหม่ ดังนั้นวิธีการต่อสายไฟฟ้าที่ถูกต้องจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งทั้งในการทำงาน และในการต่อใช้งาน เพราะการต่อสายที่ไม่ถูกต้องอาจทำให้ไฟฟ้าลัดวงจร เกิดการอาร์กของจุดต่อทำให้เกิดความร้อนสูงทำให้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นได้

1. การปอกสายไฟฟ้า

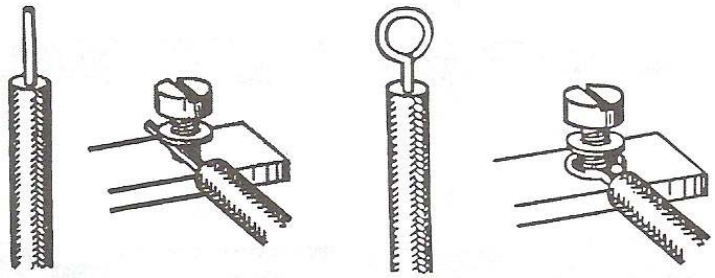
การปอกสายไฟฟ้าโดยใช้มีดบางขนาดเล็กหรือใบมีดคัตเตอร์ โดยกำหนดความยาวของสายส่วนที่จะปอก ใช้มีดปอกกินเนื้อฉนวนไปเป็นมุมประมาณ 30 องศาโดยรอบจนฉนวนหลุดออกมา ทำความสะอาดโลหะตัวนำส่วนที่ปอกให้สะอาดด้วยการใช้มีดขูดไปรอบผิวเบาๆ หรือใช้กระดาษทรายละเอียดขัดโดยรอบ การปอกสายไฟฟ้าโดยการใช้มีดจะมีลักษณะการปอกสายไฟฟ้าคล้ายกับการเหลาดินสอ อย่าปอกสายไฟฟ้าโดยการใช้มีดกดลงบนสายเป็นมุม 90 องศาหมุนโดยรอบเพราะคมมีดจะกินเข้าไปในเนื้อโลหะตัวนำของสายไฟฟ้า เมื่อนำสายไฟฟ้าไปใช้งาน มักจะหักตรงรอบที่ถูกมีด วิธีปอกสายแสดงดังรูป



รูปการปอกสายไฟฟ้าด้วยมีดบาง หรือคัดเตอร์ที่ถูกต้อง

2. การต่อสายเข้าจุดต่อสายแบบสกรูยึด

การต่อสายเข้าจุดต่อสายแบบสกรูยึด การคล้องสายไปรอบสกรูยึด ต้องคล้องโดยหมุนโค้งสายไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือตามทิศทางการหมุนแน่นของสกรู หมุนสกรูให้แน่น วิธีการต่อสายเข้าจุดต่อสายแบบสกรูยึดแสดงดังรูป

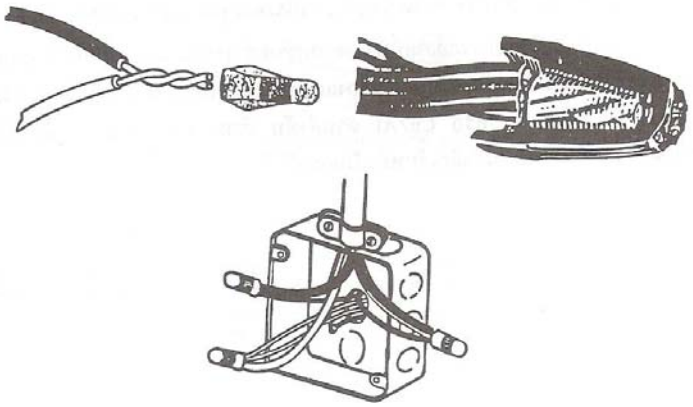


การเข้าสายที่ไม่ถูกต้อง การเข้าสายที่ถูกต้อง

รูปแสดงการต่อสายเข้าจุดต่อสายแบบสกรูยึด

3. การต่อสายด้วยวายร์นัต

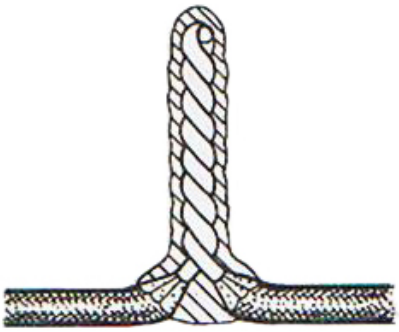
วายร์นัต (Wire nut) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่ช่วยในการต่อสายไฟฟ้าเข้าด้วยกันโดยไม่ต้องพันเทปฉนวน ช่วยให้สะดวกขึ้น วิธีการต่อสายไฟฟ้าแบบนี้ทำโดยนำสายไฟฟ้าที่ต้องการต่อสายเข้าด้วยกัน ปอกฉนวนออกแล้วนำมาหมุนลวดตัวนำให้ติดกัน นำวายร์นัตครอบลงไปที่ปลายสายทั้งสองจนสุด หมุนวายร์นัตไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาจนสายไฟฟ้าแน่น ภายในวายร์นัตเป็นเกลียวสปริงโลหะ ส่วนภายนอกเป็นฉนวนจำพวกพลาสติกแข็ง ลักษณะวายร์นัตและการต่อสายไฟฟ้าแสดงดังรูป



รูปแสดงการต่อสายด้วยวายร์นัต

4. การต่อสายแบบหางเปีย

การต่อแบบหางเปีย (Pigtail Splice) มีวิธีการต่อโดยปอกฉนวนของสายไฟที่ต้องการจะต่อกันให้ยาวพอประมาณทั้งสองเส้น วางให้ส่วนที่เป็นตัวนำของสายทั้งสองให้ทับกัน ใช้มือหรือคีมบิดส่วนที่ไม่มีฉนวนหุ้ม เพื่อตีเกลียวให้แน่น โดยให้ระยะเกลียวเท่ากันตลอด เพื่อความแข็งแรง และสวยงาม หลังจากนั้นนำวายร์นัตขันสวมให้แน่น ส่วนใหญ่ใช้ในกล่องต่อสายที่มีฝาปิดมิดชิด ซึ่งจะใช้กับสายไฟที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เกิน 2.50 ตารางมิลลิเมตร การต่อสายแบบหางเปียแสดงดังรูป



รูปแสดงการต่อสายแบบหางเปีย

บทสรุป

สายไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการใช้งานเกี่ยวกับไฟฟ้า โดยทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า เป็นทางเดินของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปสู่อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า สายไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานมีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้าทำหน้าที่นำพาแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าไปยังจุดหมายปลายทางที่ต้องการ ตัวนำที่นิยมใช้เป็นสายไฟฟ้ามี 2 ชนิดคือ ทองแดงและอะลูมิเนียม ฉนวนไฟฟ้าทำหน้าที่ห่อหุ้มลวดตัวนำ เพื่อป้องกันการเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรระหว่างลวดตัวนำ ซึ่งอาจเกิดกระแสไฟฟ้าดูดกับมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ ฉนวนไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการผลิตสายไฟฟ้ามีหลายชนิด เช่น ยางไมบาร์ แร่ใยหิน และพลาสติก พวกโพลีไวนิลคลอไรด์ (P.V.C.) หรือ พวกโพลีเอทไทลีน (P.E.)

ขนาดของสายไฟฟ้าที่จะนำมาใช้งานต้องมีความถูกต้องเหมาะสม เพราะจะมีผลต่อความร้อน ค่าทนกระแสไฟฟ้าและค่าความต้านทานภายในสาย ขนาดของสายไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบันจะบอกตามขนาดของพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า โดยบอกขนาดเป็นตารางมิลลิเมตร (SQ.MM. หรือ mm^2) การเลือกขนาดของสายไฟฟ้าต้องคำนึงถึงสิ่งสำคัญ 3 ประการคือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่สายไฟฟ้าทนได้ ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม และประสิทธิภาพของการส่งกำลังไฟฟ้า

ลักษณะของสายไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาใช้งานมีความแตกต่างกันออกไป เป็นลักษณะของสายตัวนำมีสายแข็งหรือสายเกลียว ลักษณะของฉนวนที่ห่อหุ้มมีฉนวนชั้นเดียว, ฉนวน 2 ชั้น หรือฉนวน 3 ชั้น ลักษณะของจำนวนชุดโลหะตัวนำของสายไฟฟ้ามีตัวนำชุดเดียว, ตัวนำ 2 ชุด, ตัวนำ 3 ชุดหรือตัวนำ 4 ชุด วิธีการต่อสายไฟฟ้ามีความสำคัญและจำเป็นต่อการใช้งาน เพราะการต่อสายที่ไม่ถูกต้องอาจทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือเกิดความร้อนที่จุดต่อสาย เป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นได้

7.4 กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

7.4.1 วงจรไฟฟ้าที่เป็นวงจรย่อย สายป้อนหรือสายเมน ซึ่งมีวิธีการเดินสายอยู่หลายวิธีด้วยกัน เพื่อให้เลือกใช้งานได้ตามความเหมะสม แต่ละวิธีจะมีข้อกำหนดการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ในการเลือกไปใช้งานจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงรายละเอียดของแต่ละวิธีการ เพื่อให้การออกแบบและการใช้งานมีความประหยัด ปลอดภัย สวยงาม ข้อกำหนดและวิธีการเดินสายนี้ไม่รวมถึงการเดินสายภายในเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ในมอเตอร์ ในแผงควบคุม และแผงสวิตซ์ต่างๆ ซึ่งประกอบสำเร็จรูปจากโรงงาน

7.4.2 ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการเดินสาย

การเดินสายไฟฟ้าถูกต้องทั้งในด้านวิชาการและข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ จุดประสงค์เพื่อให้มีอายุการใช้งานยาวนาน สะดวกในการใช้งานและการบำรุงรักษา รวมถึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาอีกด้วย ข้อกำหนดทั่วไปที่สำคัญมีดังนี้

7.4.2.1 การเดินสายไฟฟ้าที่มีแรงดันต่างกัน

1. สายไฟฟ้าแรงต่ำระบบกระแสสลับ และกระแสตรงที่มีแรงดันต่างกันสามารถติดตั้งรวมอยู่ภายในช่องเดินสายหรือเครื่องห่อหุ้มเดียวกันได้ แต่ฉนวนของสายทั้งหมดที่ติดตั้งนั้นต้องเหมาะสมกับระบบแรงดันสูงสุด เช่น สายของระบบไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 48 โวลต์ สามารถติดตั้งรวมในช่องเดินสายเดียวกับสายของระบบไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 380 โวลต์ แต่สายไฟฟ้าทั้งหมดต้องเป็นชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์

2. ห้ามติดตั้งสายไฟฟ้าที่ใช้กับระบบแรงต่ำรวมกับสายไฟที่ใช้กับระบบแรงสูง ในช่องเดินสาย บ่อพักสายหรือเครื่องห่อหุ้มเดียวกัน สามารถทำได้เฉพาะในแผงสวิตช์ หรือเครื่องห่อหุ้มอื่นที่ไม่ได้ใช้เพื่อการเดินสายเท่านั้น

7.4.2.2 การติดตั้งใต้ดิน

การเดินสายไฟฟ้าใต้ดินมีข้อกำหนดการติดตั้งดังนี้

1. เคเบิลฝังดินโดยตรง หรือร้อยอยู่ในท่อร้อยสายไฟฟ้า ความลึกในการติดตั้งต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตาราง แต่ถ้าเป็นบริเวณที่มีรถยนต์วิ่งผ่านความลึกต้องไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร

ในการติดตั้งที่มีแผ่นคอนกรีตปิดหุ้มต้องเป็นแผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร

2. เคเบิลใต้ดินติดตั้งใต้อาคารต้องติดอยู่ในช่องเดินสาย และช่องเดินสายต้องยาวเลยผนังด้านนอกของอาคารออกไปจากแนวติดตั้งไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร

3. สายที่โผล่ขึ้นจากดินต้องมีการป้องกันด้วยสิ่งห่อหุ้มหรือช่องเดินสาย ซึ่งฝังจมลึกลงไปในดินตามที่กำหนดในข้อ 1 และส่วนที่โผล่เหนือพื้นต้องไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร

4. การต่อสายหรือต่อแยก ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแต่ละวิธีการเดินสาย สำหรับสายเคเบิลใต้ดินที่อยู่ในราง (Trench) อนุญาตให้มีการต่อสายหรือต่อแยกสายในรางได้ แต่การต่อและต่อแยกต้องทำด้วยวิธี และใช้วัสดุที่ได้รับการรับรองแล้ว

5. ห้ามใช้วัสดุที่มีคม สิ่งที่ทำให้ช่องเดินสายผุกร่อน หรือมีขนาดใหญ่กลบทับสายและช่องเดินสาย

6. ช่องเดินสาย เช่น ท่อร้อยสาย รางเดินสาย เป็นต้น ซึ่งความเปียกชื้นสามารถผ่านเข้าไปสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าได้ ต้องอุดปลายใดปลายหนึ่ง หรือทั้งสองปลายตามความเหมาะสม

7. ปลายท่อซึ่งฝังอยู่ในดิน ณ จุดที่สายเคเบิลออกจากท่อต้องมีบุชชิ่ง อนุญาตให้ใช้ซีลลิ่งที่มีคุณสมบัติในทางป้องกันเทียบเท่ากับบูชชิ่งแทนได้

8. ท่อโลหะที่ฝังดินต้องมีการป้องกันการผุกร่อน การป้องกันทำได้โดยการเคลือบด้วยวัสดุที่ทนต่อการผุกร่อน เช่น สังกะสี แคดเมียม อีนาเมล (Enamel) หรือหุ้มด้วยคอนกรีต

ตารางความลึกในการติดตั้งเคเบิลใต้ดิน

วิธีที่	วิธีการติดตั้ง	ความลึกน้อยที่สุด (เซนติเมตร)		
		ระบบแรงดันไม่เกิน 600โวลต์	ระบบแรงดัน 601-22,000 โวลต์	ระบบแรงดัน 22,001-40,000 โวลต์
1.	เคเบิลฝังดินโดยตรง	45	80	90
2.	เคเบิลร้อยในท่อโลหะหนา	15	15	15
	หรือ ท่อโลหะหนาปานกลาง			
3.	เคเบิลร้อยในท่อ PVC , HDPE	45	45	60
	ฝังดินโดยตรง			
4.	เคเบิลร้อยในท่อใยหินที่มีคอนกรีต	45	45	60
	หุ้มหนาไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร			

7.4.2.3 การติดตั้งวัสดุ และการจับยึด

1. ท่อร้อยสาย รางเดินสาย รางเคเบิล เคเบิล กล่อง ตู้ และเครื่องประกอบการเดินท่อ ต้องยึดกับที่ให้มั่นคงดังรูป

รูปแสดงการติดตั้งเดินท่อร้อยสายต้องยึดกับที่ให้มั่นคง

2. การเดินสายในท่อร้อยสายสำหรับแต่ละจุดที่มีการต่อสาย ปลายท่อ จุดต่อไฟฟ้า จุดต่อแยก จุดติดสวิตช์ หรือจุดดึงสาย ต้องติดตั้งกล่องหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ นอกจากจะเป็นการต่อสายในเครื่องห่อหุ้มสายที่มีฝาเปิดออกได้และเข้าถึงได้ภายหลังการติดตั้ง กรณีนี้ไม่ต้องติดตั้งกล่องหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ

3. ช่องเดินสายที่เดินผ่านสถานที่ซึ่งมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก เช่น เดินท่อร้อยสายเข้าออกห้องเย็น ต้องมีการป้องกันการไหลเวียนของอากาศภายในท่อ จากส่วนที่มีอุณหภูมิสูงไปส่วนที่เย็นกว่า เพื่อไม่ให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำภายในท่อ

4. สายไฟในช่องเดินสายแนวดิ่งต้องมีการจับยึดที่ปลายบนของช่องเดินสาย ต้องมีการจับยึดเป็นช่วงๆ โดยมีระยะห่างไม่เกินตามที่กำหนดในตาราง แต่ถ้าระยะตามแนวดิ่งน้อยกว่าร้อยละ 25 ของระยะที่กำหนดในตารางก็ไม่ต้องจับยึด การจับยึดมีจุดประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำหนักของสายไฟฟ้า ทำให้ฉนวนของสายชำรุด หรือไปดึงอุปกรณ์ที่สายยึดอยู่ชำรุด เช่น เครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน

ตารางระยะห่างสำหรับการจับยึดสายไฟในแนวดิ่ง

ขนาดสายไฟฟ้า (ตร.มม.)	ระยะจับยึดต่ำสุด (เมตร)
ไม่เกิน 50	30
70 ─ 120	24
150 – 185	18
240	15
300	12
เกินกว่า 300	10

7.4.2.4 การป้องกันไม่ให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ

เมื่อเดินสายไฟฟ้ากระแสสลับผ่านวัตถุที่เป็นสารแม่เหล็ก อาจเกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้นได้ กระแสเหนี่ยวนำนี้ทำให้เครื่องห่อหุ้ม หรือช่องเดินสายที่เป็นโลหะเกิดความร้อน จนทำให้ฉนวนของสายชำรุด และยังเป็นผลให้มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียอีกด้วย การป้องกันอาจทำได้ดังนี้

1. เมื่อติดตั้งสายไฟฟ้ากระแสสลับในเครื่องห่อหุ้ม หรือช่องเดินสายที่เป็นโลหะต้องรวมสายไฟฟ้าทุกเส้น และสายนิวทรัลรวมทั้งสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า (ถ้ามี) ไว้ในเครื่องห่อหุ้ม หรือช่องเดินสายเดียวกัน ในการเดินสายควบและใช้ท่อร้อยสายหลายท่อ ในแต่ละท่อร้อยสายต้องมีครบทั้งสายไฟฟ้า สายนิวทรัล และสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า

2. เมื่อสายเดี่ยวของวงจรเดินผ่านโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก ต้องทำการตัดร่องให้ถึงกันระหว่างรูแต่ละรูที่ร้อยสายแต่ละเส้น หรือโดยการร้อยสายทุกเส้นของวงจรผ่านช่อง หรือรูเดียวกัน

7.4.2.5 การป้องกันไฟลุกลาม

การเดินสายไฟฟ้าที่ผ่านผนัง ฉากกั้น พื้น หรือเพดาน ต้องมีการป้องกันไม่ให้ควันไฟหรือไฟลุกลามผ่านได้เมื่อเกิดเพลิงไหม้ การป้องกันอาจทำได้โดยการซีลด้วยวัสดุที่ทนไฟตรงรูที่สายหรือช่องเดินสายผ่านทะลุ

7.4.2.6 การกำหนดสีของสายไฟหุ้มฉนวนระบบแรงต่ำ

1. สายนิวทรัล ใช้สีเทาอ่อน หรือ สีขาว

2. สายเส้นไฟ ต้องใช้สายที่มีสีต่างไปจากสายนิวทรัล และสายดิน

ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ให้ใช้สายที่มีสีฉนวน หรือ ทำเครื่องหมายเป็นสีดังนี้

เฟส A ใช้สีดำ

เฟส B ใช้สีแดง

เฟส C ใช้สีน้ำเงิน

3. สายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าใช้สีเขียว หรือ สีเขียวแถบทอง หรือใช้เป็นสายเปลือยสายไฟฟ้าที่มีขนาดโตกว่า 16 ตร.มม. อาจทำเครื่องหมายที่ปลายสายแทนการกำหนดสีก็ได้

7.4.2.7 ข้อกำหนดการเดินสายสำหรับระบบแรงสูง

การติดตั้งต้องเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องการติดตั้งระบบแรงต่ำ และมีข้อเพิ่มเติมดังนี้

1. กล่อง เครื่องประกอบเดินสาย และเครื่องห่อหุ้มอื่นที่คล้ายกัน ต้องมีฝาปิดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการสัมผัสที่มีไฟฟ้าโดยบังเอิญและป้องกันความเสียหายทางกายภาพต่อชิ้นส่วนต่างๆหรือฉนวน

2. สายใต้ดินต้องฝังดินลึกไม่น้อยกว่า 0.90 เมตรในทุกกรณี ถ้าเป็นสายฝังดินโดยตรงต้องมีแผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 0.10 เมตร ปิดทับอีกชั้นหนึ่งเหนือสายเคเบิล มีระยะห่างจากสายเคเบิล

ระหว่าง 0.30 ถึง 0.45 เมตร แผ่นคอนกรีตต้องกว้างพอที่จะปิดคลุมออกไปจากแนวสายทั้งสองข้างอย่างน้อยข้างละ 0.15 เมตร

7.5 การเดินสายไฟฟ้าแบบลอย

การเดินสายสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยหรืออาคารขนาดเล็ก สามารถแบ่งการเดินสายออกเป็น 2 ส่วน คือ การเดินสายไฟฟ้าภายนอกอาคาร และการเดินสายไฟฟ้าภายในอาคาร ทั้ง 2 ส่วนขึ้นอยู่กับการออกแบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และงบประมาณด้านค่าใช้จ่าย

7.5.1 การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน

1. การเดินสายเปิดสำหรับระบบแรงต่ำ มีข้อกำหนดที่สำคัญคือ

1.1 การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนต้องเดินภายนอกอาคาร การเดินภายในอาคารทำได้เฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม งานเกษตรกรรม และแสดงสินค้าเท่านั้น

1.2 ต้องมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพที่เหมาะสม และต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางระยะห่างต่ำสุดตามแนวดิ่งของสายไฟฟ้าเหนือพื้น สายที่ยึดเกาะไปกับผนัง หรือกำแพงต้องมีความสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร

1.3 สายไฟฟ้าซึ่งติดตั้งบนตุ้ม หรือลูกถ้วย ต้องยึดกับฉนวนที่รองรับให้มั่นคง โดยใช้ลวดผูกสาย (Tie Wire) ซึ่งมีฉนวนที่ทนแรงดันเทียบเท่ากับฉนวนของสายไฟฟ้านั้น

1.4 สายแรงต่ำทั้งหมดต้องเป็นสายหุ้มฉนวน

1.5 การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายในอาคาร ระยะห่างต้องเป็นไปตามกำหนดในตารางระยะห่าสำหรับการเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน

1.6 การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร หากเดินสายบนตุ้มระยะห่างให้เป็นไปตามตาราง แต่ถ้าเดินผ่านในที่โล่งขนาดสายต้องไม่เล็กกว่า 2.50 ตร.มม. และระยะระหว่างจุดจับยึดสายไม่เกิน 5.00 เมตร หากเดินสายบนลูกถ้วยระยะห่างให้เป็นไปตามตารางระยะห่างสำหรับการเดินสายเปิดบนลูกถ้วยภายนอกอาคาร

ตารางระยะห่างต่ำสุดตามแนวดิ่งของสายไฟฟ้าเหนือพื้น

สิ่งที่อยู่ใต้สายไฟฟ้า	ระยะห่าง (เมตร)	
	ระบบแรงต่ำ	ระบบแรงสูง
ทางสัญจร และพื้นที่ซึ่งจัดไว้ให้รถยนต์ผ่านแต่ไม่ใช่รถบรรทุก	2.90	4.60
ทางสัญจร และพื้นที่อื่นๆ ที่ให้ทั้งรถยนต์และรถบรรทุกผ่านได้	5.50	6.10
คลอง หรือแหล่งน้ำกว้างไม่เกิน 50 เมตร ปกติเรือสูงไม่เกิน	6.80	7.70
4.90 เมตร แล่นผ่าน		
คลอง หรือแหล่งน้ำไม่มีเรือแล่นผ่าน	4.30	5.20

ตารางระยะห่างสำหรับการเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน

การติดตั้ง	ระยะสูงสุดระหว่างจุดจับ	ระยะห่างต่ำสุด (มม.) ระหว่าง		ขนาดสายโตสุด
	ยึดสาย (มม.)	สายไฟฟ้า	สายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้าง	(ตร.มม.)
บนตุ้ม	2,500	100	25	50
บนลูกถ้วย	5,000	150	50	ไม่กำหนด

ตารางระยะห่างสำหรับการเดินสายเปิดบนลูกถ้วยภายนอกอาคาร

ระยะสูงสุดระหว่าง	ระยะห่างต่ำสุด (มม.) ระหว่าง		ขนาดสายเล็กสุด
จุดจับยึดสาย (เมตร)	สายไฟฟ้า	สายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้าง	(คร.มม.)
ไม่เกิน 10	150	50	2.5
11 - 25	200	50	4
26 - 40	200	50	6

2. สำหรับระบบแรงสูง ระยะห่างต่ำสุดตามแนวระดับระหว่างสายเปลือย หรือสายหุ้มฉนวนบางส่วนกับอาคาร หรือสิ่งก่อสร้างที่ไม่ใช่สะพานเมื่อสายไฟฟ้าไม่ได้ยึดติดกับสิ่งก่อสร้าง ต้องเป็นดังนี้

ตารางระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าระบบแรงสูงกับอาคาร

ระยะห่างระหว่างสายไฟกับอาคาร	ระยะห่างต่ำสุด (เมตร)		
	สายเปลือย	สายหุ้มฉนวนไม่เต็มพิกัด	สายเอเอสซี
ระยะตามแนวนอน			
1. กับผนังและส่วนของอาคารที่ปิด	1.50	0.60	0.30
หรือมีการกั้น			
2. กับหน้าต่าง เฉลียง ระเบียง	1.80	1.50	0.90
หรือบริเวณที่บุคคลเข้าถึงได้			
ระยะตามแนวดิ่ง			
1. อยู่เหนือ หรือใต้หลังคา หรือส่วนของ	3.00	3.00	1.10
อาคารที่ไม่มีคน			
2. อยู่เหนือหรือใต้ระเบียง และหลังคาที่มี	4.60	4.60	3.50
คนเดิน			

7.6 การเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย

ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ใช้งานในปัจจุบันมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งานผู้ออกแบบจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานและเกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้งานดังนี้

7.6.1 การเดินสายในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง และท่อโลหะบาง

ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit) และท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing) เป็นท่อเหล็กอาบสังกะสีเหมือนกัน แต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่ความหนาของท่อ เพื่อให้เหมาะกับการนำไปใช้งาน ท่อชนิดโลหะหนาเป็นท่อที่มีความหนามากที่สุด ทั้งท่อโลหะหนาและท่อโลหะหนาปานกลางเป็นท่อที่ทำเกลียวได้ทั้งคู่ และมีลักษณะการใช้งานที่สามารถทดแทนกันได้ ข้อกำหนดการใช้งาน และการติดตั้งท่อทั้งสามชนิดมีดังนี้

รูปแสดงการติดตั้งเดินท่อโลหะหนาตามข้อกำหนด

1. การใช้งาน ท่อโลหะนี้ใช้กับงานเดินสายทั่วไป ปกติใช้ได้ทั้งในสถานที่แห้ง ชื้น และเปียก การติดตั้งต้องเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน การนำท่อโลหะหนา หรือท่อโลหะหนาปานกลางเดินฝังดิน ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะสังกะสีที่เคลือบอยู่อาจหลุดออกหลังการติดตั้งไม่นานโดยเฉพาะในบริเวณที่มีความชื้นแฉะมากๆ อาจทำให้ท่อผุกร่อนได้ การติดตั้งที่ดีควรมีการป้องกันอีกชั้นหนึ่ง เช่น ทาสี เคลือบด้วยสารออร์แกนิก หรือ หุ้มด้วยคอนกรีต เป็นต้น

2. ขนาดของท่อที่ผลิตใช้งาน และเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ เป็นดังนี้

2.1 ขนาดเล็กสุด ท่อต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 15 มม. (1/2 นิ้ว)

2.2 ขนาดใหญ่สุด ท่อโลหะบาง และท่อโลหะหนาปานกลางต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดไม่เกิน 100 มม. (4 นิ้ว) ถ้าเป็นท่อโลหะหนาต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดไม่เกิน 150 มม. (6 นิ้ว)

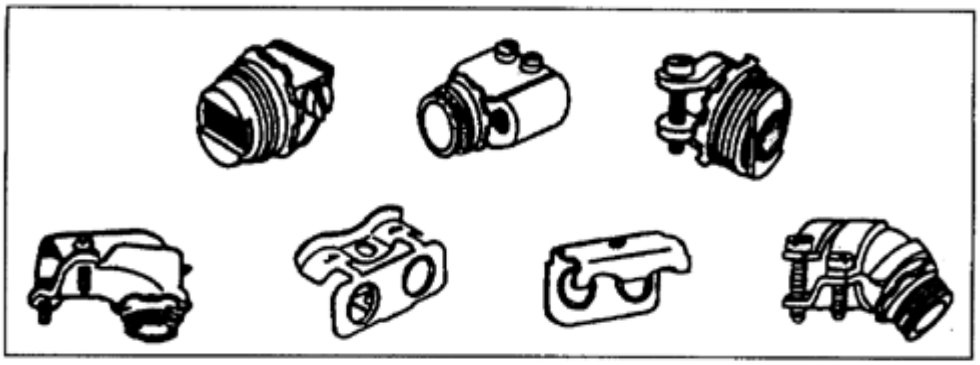
3. จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายต้องไม่เกินที่กำหนดในตารางพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

4. ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าใช้ค่าจากตาราง

5. การติดตั้ง ข้อกำหนดการติดตั้งเป็นดังนี้

5.1 ในสถานที่เปียก ท่อโลหะ และส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อโลหะ เช่น โบลต์ สกรู ฯลฯ ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้

5.2 เมื่อทำการตัดปลายท่อออกต้องลบคม เพื่อป้องกันไม่ให้บาดฉนวนของสาย ในการทำเกลียวท่อต้องใช้เครื่องทำเกลียวชนิดปลายเรียว เกลียวชนิดนี้เมื่อหมุนข้อต่อเข้าไปจะแน่นขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเป็นผลให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่ดี การต่อท่อในอิฐก่อหรือคอนกรีตหากใช้ข้อต่อชนิดไม่มีเกลียวต้องใช้ชนิดฝังในคอนกรีต (Concretetight) เมื่อติดตั้งในสถานที่เปียกต้องใช้ชนิดกันฝน



รูปข้อต่อแบบต่างๆ

5.3 การต่อสายให้ต่อได้เฉพาะในกล่องต่อสาย หรือกล่องต่อจุดไฟฟ้าที่สามารถเปิดออกได้สะดวก ปริมาณของสาย และฉนวนรวมทั้งหัวต่อสายเมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 75% ของปริมาตรภายในกล่องต่อสาย หรือกล่องต่อจุดไฟฟ้า

รูปการติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสาย

5.4 การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสาย หรือเครื่องประกอบการเดินท่อต้องมีบุชชิ่งเพื่อป้องกันมิให้ฉนวนหุ้มสายชำรุด นอกเสียจากว่า กล่องต่อสาย และเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบเพื่อป้องกันการชำรุดของฉนวนไว้แล้ว

5.5 ท่อโลหะบางห้ามทำเกลียว เพราะการทำเกลียวจะทำให้ท่อขาดได้

5.6 มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันต้องไม่เกิน 360 องศา เพราะอาจดึงสายไม่เข้า หรือถ้าดึงสายเข้าไปได้ก็จะดึงออกมาไม่ได้ เป็นผลให้การบำรุงรักษาทำได้ยากหรือทำไม่ได้

5.7 ห้ามใช้ท่อโลหะบางฝังดินโดยตรง หรือใช้ระบบไฟฟ้าแรงสูง หรือที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายหลังการติดตั้งได้

ตาราง

พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

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

ตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซีตามมอก. 11-2531

อุณหภูมิตัวนำ 70° C ขนาดแรงดัน 300 หรือ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40° C

สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค และ 30° C สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ

ขนาดของสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 1)						
	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	699	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

ตารางชนิดของตัวนำ และรูปแบบการติดตั้ง

วิธีการเดินสาย	ชนิดของตัวนำ และรูปแบบการติดตั้ง
ก	สายแกนเดียวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ
ข	สายแบบหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง
ค	สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน
	3 แกน เดินในท่อในอากาศ ในท่อฝังในผนังปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน
ง	สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน
	3 แกน เดินในท่อฝังดิน
จ	สายแกนเดียวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือก
	ไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

ตารางอุณหภูมิโดยรอบต่างจาก 40° C (สำหรับวิธีการเดินสาย ก - ค)
หรือ 30° C (สำหรับการเดินสาย ง และ จ) ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณดังนี้

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ตัวคูณ	
	วิธีการเดินสาย ก – ค (การเดินสายในอากาศ)	วิธีการเดินสาย ง - จ (การเดินสายใต้ดิน)
21-25	-	1.06
26-30	-	1
31-35	1.08	0.94
36-40	1	0.87
41-45	0.91	0.79
46-50	0.82	0.71
51-55	0.71	-
56-60	0.58	-

ตาราง

แสดงพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก.770-2531

ขนาดท่อ (มม.) หรือ นิ้ว	พื้นที่ภาคตัดขวางภายใน (ตร.มม.)		
	ชนิดของท่อ		
	ท่อโลหะบาง (EMT)	ท่อโลหะหนาปานกลาง (IMC)	ท่อโลหะหนา (RMC)
15 (1/2)	195	230	201
20 (3/4)	343	390	355
25 (1)	555	637	572
32 (1 ¼)	967	1,091	986
40 (1 ½)	1,313	1,467	1,338
50 (2)	2,164	2,382	2,196
65 (2 ½)	3,776	3,367	3,137
80 (3)	5,706	5,175	4,837
90 (3 ½)	7,447	6,907	6,458
100 (4)	9,520	8,871	8,309
125 (5)	-	-	13,041
150 (6)	-	-	18,786

ตาราง

แสดงพื้นที่ภาคตัดขวางรวมฉนวนของสายไฟฟ้า(สายที่ผลิตตาม มอก.11-2531)

ขนาดสาย (ตร.มม.)	พื้นที่ภาคตัดขวางรวมฉนวน และเปลือก (ตร.มม.)					
	ชนิดของสายไฟฟ้า					
	THW	NYY 1-C	NYY 2-C	NYY 3-C	NYY 4-C	NYY-N
0.5	7.1	-	-	-	-	-
1.0	8.1	58.1	113	123	143	-
1.5	10.2	63.6	123	133	154	-
2.5	12.6	75.4	154	177	201	-
4	18.1	86.6	189	214	241	-
6	26.4	95	227	255	284	284
10	40.7	113	299	330	415	415
16	55.4	133	398	471	552	552
25	86.6	165	573	638	755	755
35	104	201	684	779	962	962
50	143	227	882	1018	1,225	1,225
70	189	284	1,134	1,288	1,555	1,555
95	254	363	1,419	1,662	2,083	2,083
120	299	416	1,698	2,003	2,463	2,463
150	363	531	2,124	2,463	3,019	3,019
185	452	616	2,552	2,970	3,632	3,632
240	573	779	3,217	3,739	4,596	4,596
300	707	962	3,904	4,536	5,675	5,675
400	881	1,164	-	-	-	-
500	1,134	1,452	-	-	-	-

7.6.2 การเดินสายในท่อโลหะอ่อน

รูปท่อโลหะอ่อน

ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metallic Conduit) นิยมเดินเข้าเครื่องจักร หรือโคมไฟฟ้า เนื่องจากสามารถโค้งงอได้สะดวกตามความต้องการใช้งาน และยังใช้งานได้ดีกับเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือน นิยมใช้งานในช่วงความยาวสั้นๆ ตรงจุดที่ต่อท่อเข้าเครื่องจักร แต่เนื่องจากเป็นท่อที่ไม่กันน้ำในการใช้งาน จึงต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วยเป็นสำคัญ ข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

1. การใช้งาน ท่อชนิดนี้ให้ใช้ในสถานที่แห้งเข้าถึงได้ และเพื่อป้องกันสายจากความเสียหายทางกายภาพ หรือเพื่อการเดินซ่อนสาย

2. ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนในกรณีต่อไปนี้

2.1 ในปล่องลิฟต์ หรือปล่องขนของ

2.2 ในห้องแบตเตอรี่ เพราะอาจผุกร่อนได้เนื่องจากไอกรด

2.3 ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

2.4 ฝังดิน หรือ ฝังคอนกรีต

2.5 ในสถานที่เปียก นอกจากจะใช้สายไฟชนิดที่เหมาะสมกับสภาพการติดตั้ง และในการติดตั้งท่อโลหะอ่อนต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในช่องเดินสายที่ท่อโลหะอ่อนนี้ต่ออยู่

2.6 ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. (1/2 นิ้ว) ยกเว้น ท่อโลหะอ่อนที่ประกอบมากับขั้วหลอดไฟ และมีความยาวไม่เกิน 1.80 เมตร

3. การติดตั้ง มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันต้องไม่เกิน 360 องศา และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์จับยึดต้องไม่เกิน 1.50 เมตร และห่างจากกล่องต่อสาย หรืออุปกรณ์ต่างๆ ไม่เกิน 0.30 เมตร

7.6.3 การเดินสายในท่อโลหะอ่อนกันของเหลว

รูปท่อโลหะอ่อน

ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquid Tight Flexible Metal Conduit) ต่างจากท่อโลหะอ่อนทั่วไป ตรงที่ห่อหุ้มด้วยสารพีวีซี หรือพีอีอีกชั้นหนึ่งเพื่อกันน้ำหรือของเหลว แต่เนื่องจากสารที่หุ้มนี้มีอุณหภูมิการใช้งานอยู่ค่าหนึ่ง ในการใช้งานจึงต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายไฟฟ้าสูงเกินอุณหภูมิใช้งานของท่อ เช่น ท่อที่มีอุณหภูมิ 70°C จะนำไปใช้ร้อยสายไฟฟ้าชนิดที่มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C ไม่ได้ แต่ถ้าจะใช้ก็ต้องลดค่าขนาดกระแสลงมาให้อุณหภูมิที่สายไม่เกิน 70°C

1. การใช้งานท่อชนิดนี้ใช้ในที่ซึ่งสภาพการติดตั้งใช้งาน และการบำรุงรักษาต้องการความอ่อนตัวของท่อ เพื่อป้องกันของแข็ง ของเหลว ไอ หรือในสถานที่อันตราย

2. ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนกันของเหลวในที่ซึ่งอาจได้รับความเสียหายทางกายภาพ และที่มีอุณหภูมิของสาย และอุณหภูมิโดยรอบสูงจนทำให้ท่อเสียหาย ในข้อนี้สายไฟฟ้าที่ใช้ต้องมีอุณหภูมิใช้งานไม่เกินอุณหภูมิของท่อที่ทนได้

3. ขนาดท่อที่ยอมให้ใช้ได้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 15 มม. หรือใหญ่กว่า 100 มม.

4. การติดตั้ง มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา และต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อน จึงทำการเดินสายไฟ

7.6.4 การเดินสายในท่ออโลหะแข็ง

ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit) ที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปได้แก่ ท่อพีวีซี และท่อพีอี ท่อพีวีซีมีคุณสมบัติในการต้านเปลวเพลิง แต่มีข้อเสียคือ เมื่อไหม้ไฟจะมีก๊าซที่เป็นพิษต่อบุคคลออกมา ไม่คงทนต่อแสงอัลตราไวโอเลต ทำให้กรอบเมื่อถูกแสงแดดนานๆ สำหรับท่อพีอีเป็นท่อที่ไฟลุกลามได้ แต่คงทนต่อแสงอัลตาไวโอเลต จึงเหมาะที่จะใช้ภายนอกอาคาร การใช้งานภายในอาคารจึงต้องฝังอยู่ในคอนกรีต หรือฝังดิน

ท่ออโลหะและเครื่องประกอบการเดินท่อต้องใช้วัสดุที่เหมาะสม ทนต่อความชื้น สภาวะอากาศ สารเคมี ทนแรงกระแทกและแรงอัด ไม่บิดเบี้ยว เพราะความร้อนภายใต้สภาวะที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้งานในสถานที่ใช้งาน ซึ่งท่อมีโอกาสถูกแสงแดดโดยตรงต้องใช้ท่อชนิดทนแสงแดดได้ ท่อที่ใช้เหนือพื้นดินต้องมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ท่อที่ใช้ใต้ดินวัสดุที่ใช้ต้องทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อนและมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ฝังดินโดยตรงไม่มีคอนกรีตหุ้มวัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนน้ำหนักกดที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการติดตั้งได้

1. การใช้งานท่ออโลหะแข็งมีข้อกำหนดการใช้งานดังนี้

1.1 เดินซ่อนในผนัง พื้น และเพดาน

รูปการติดตั้งท่ออโลหะแข็งที่เพดาน

1.2 ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อน มีสารเคมี ถ้าท่อและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบไว้สำหรับใช้งานในสภาพดังกล่าว

1.3 ในที่เปียก หรือ ชื้น ซึ่งได้จัดให้มีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ

1.4 ในที่โล่ง (Exposed) ซึ่งไม่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ

1.5 การติดตั้งใต้ดินควรดูข้อกำหนดในเรื่องการติดตั้งใต้ดินประกอบ

2. ห้ามใช้ท่ออโลหะแข็งในกรณีต่อไปนี้

2.1 ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

2.2 ใช้เป็นเครื่องแขวน และจับยึดดวงโคม

2.3 อุณหภูมิโดยรอบ หรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของท่อ

2.4 ท่ออโลหะแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม.

3. การติดตั้ง มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา เมื่อเดินท่อเข้ากล่อง หรือส่วนประกอบอื่นๆ ต้องจัดให้มีบุชชิ่ง หรือป้องกันไม่ให้ฉนวนของสายชำรุด

7.6.5 การเดินสายในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว

ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว (Surface Nonmetallic Raceway) ทำด้วยวัสดุทนความชื้น ทนบรรยากาศที่มีสารเคมี ไม่ติดไฟ ทนแรงกระแทก ไม่บิดเบี้ยวจากความร้อนในสภาวะการใช้งาน และสามารถใช้งานในที่อุณหภูมิต่ำได้ มีหลายสีหลายแบบตามความต้องการ ช่วยให้การเดินสายสะดวก รวดเร็ว และสวยงาม

1. การใช้งาน อนุญาตให้ใช้ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวในสถานที่แห้งเท่านั้น

2. ห้ามใช้ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวในกรณีต่อไปนี้

2.1 ในที่ซ่อน

2.2 ในที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพได้

2.3 ในระบบแรงสูง

2.4 ในปล่องขนของ หรือ ปล่องลิฟต์

2.5 ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

2.6 ในที่ซึ่งอุณหภูมิโดยรอบ หรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวที่ระบุไว้

3. จำนวนสายไฟฟ้าไม่เกินที่กำหนดโดยผู้ผลิต กรณีที่ไม่มีข้อมูล พื้นที่หน้าตัดรวมฉนวน และเปลือกของสายในช่องเดินสายไม่ควรเกิน 20% ของพื้นที่หน้าตัดภายในช่องเดินสาย

4. ขนาดกระแสของสายในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว ให้ใช้ขนาดกระแสตามตาราง กรณีท่ออโลหะ และไม่ต้องใช้ค่าตัวคูณลดกระแส เนื่องจากมีสายหลายเส้น ถ้าพื้นที่หน้าตัดของช่องเดินสายมากกว่า 2,580 ตร.มม. จำนวนตัวนำที่มีกระแสไหลในช่องเดินสายไม่เกิน 30 เส้น และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำรวมฉนวน และเปลือกในช่องเดินสายไม่เกิน 20% ของพื้นที่หน้าตัดภายในช่องเดินสาย

5. การติดตั้ง ห้ามต่อช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวตรงจุดที่ผ่านผนัง หรือพื้น และปลายของช่องเดินสายต้องปิด

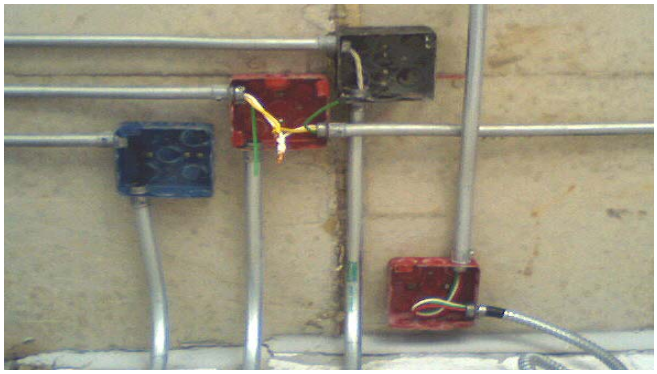
6. การต่อสายทำได้เฉพาะในส่วนที่สามารถเปิดออก และเข้าถึงได้ตลอดเวลาเท่านั้น พื้นที่หน้าตัดของสาย และฉนวนรวมทั้งหัวต่อสาย เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 75% ของพื้นที่หน้าตัดช่องเดินสาย ณ จุดต่อสาย

7.6.6 การเข้าหัวท่อ และการต่อท่อร้อยสายไฟฟ้า

การเข้าหัวท่อ และการต่อท่อต้องระวังเป็นพิเศษให้สายไฟฟ้าไม่ถูกบาด และมีความแข็งแรงปลอดภัย ซึ่งแยกวิธีการได้ดังนี้

7.6.6.1 การหุ้มปลายท่อโลหะอ่อน

เมื่อตัดท่ออ่อนแล้วปลายของท่ออ่อนควรใส่บุชชิ่งกันบาดสาย ซึ่งบุชชิ่งทำจากพลาสติกหรือฉนวนยืดหยุ่นที่ผ่าตามยาวสวมปลายท่อ



รูปแสดงการใส่บุชชิ่งกันบาดสาย

7.6.6.2 การยึดท่อโลหะอ่อน

การยึดท่อโลหะอ่อนจะต้องใช้หัวต่อ หรือปลอกโลหะเพื่อยึดเข้ากับกล่องต่อสาย หรืออื่นๆ เนื่องจากท่อโลหะอ่อนไม่แนะนำให้ใช้ยาวเกินไป จึงไม่ควรมีการต่อท่อโลหะอ่อนแต่อย่างใด

7.6.6.3 การใช้หัวต่อท่อโลหะแข็ง

หัวต่อท่อโลหะแข็งใช้ในการยึดท่อเข้ากับกล่องต่อสาย หัวต่อท่อมี 3 แบบ คือแบบแรกเป็นหัวต่อท่อแบบอัดแน่น ใช้วิธีขันเกลียวที่หัวต่อท่อเข้ากับท่อ แบบที่สองเป็นหัวต่อท่อแบบย้ำร่อง ซึ่งใช้วิธีบีบด้วยเครื่องมือย้ำร่องในการบีบหัวต่อที่มีท่อสอดใส่ให้รัดไว้ด้วยกัน ส่วนแบบที่สามเป็นหัวต่อท่อแบบสกรูซึ่งใช้วิธีขันสกรูของหัวต่อท่อให้ยึดเข้ากับท่อ ซึ่งวิธีนี้สามารถถอดประกอบได้ใหม่หลายครั้ง

7.6.6.4 การต่อท่อโลหะแข็ง

การต่อท่อโลหะแข็งปกติจะใช้ข้อต่อ 3 แบบเช่นเดียวกับหัวต่อท่อที่กล่าวมาแล้วคือข้อต่อแบบอัดแน่น ข้อต่อแบบย้ำร่อง และข้อต่อแบบสกรู

7.6.6.5 การใช้กล่องสำหรับท่อ

การเข้าหัวท่อ หรือการต่อท่อโดยใช้กล่องสำหรับท่อร้อยสาย กล่องนี้ยังนำมาใช้เพื่อการจับยึดสวิตช์ เต้ารับ หรือบริเวณที่ต้องการความสะดวกในการดึงสายไฟฟ้าได้อีกด้วย กล่องต่อสาย และท่อร้อยสายมี 3 แบบคือ แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า แบบแปดเหลี่ยม และแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทั้งนี้ความลึกของกล่องจะมีหลายขนาดมีทั้งแบบธรรมดา และแบบกันน้ำ

7.6.6.6 การดัดท่อโลหะ

ในการดัดท่อโลหะต่างๆ ต้องใช้เครื่องมือดัดท่อ (Bender) อย่างถูกต้อง โดยจะต้องระวังไม่ให้ท่อเสียรูปทรงภายในคือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อจะต้องไม่ถูกทำให้ลดลง ซึ่งรัศมีความโค้งในการดัดท่อจะต้องไม่น้อยกว่าค่าในตารางต่อไปนี้

ตารางรัศมีความโค้งในการดัดท่อ

ขนาดของท่อ (นิ้ว)	รัศมีความโค้ง (นิ้ว)
½	4
¾	5
1	6
1 ¼	8
1 ½	10
2	12
2 ½	15
3	18
3 ½	21
4	24
4 ½	27
5	30
6	36

วิธีการจำง่ายๆ คือ รัศมีความโค้งของท่อที่ดัดได้จะต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

ขั้นตอนการดัดท่อโลหะ

1.วัดความยาวของท่อตามที่ต้องการ 2.ใช้เลื่อยเหล็กตัดให้ได้ตามขนาดที่วัด 3. วัดที่ปลายท่อมาถึงจุดที่ต้องการ

4.นำท่อใส่ร่องเบนเดอร์ที่จุดวัด 5.จับด้ามเบนเดอร์ดึงเข้าหาตัว 6.ให้ระดับน้ำตรงจุดกึ่งกลาง

การติดตั้งท่อโลหะ

1.ใช้ท่อวางทาบกับผนังเพื่อกำหนดจุดยึดท่อ 2. ใช้ไขควงไฟฟ้ายึดท่อตรงจุดที่กำหนดไว้

3. หรือใช้ไขควงไขที่จุดยึดท่อให้แน่น

4. ใช้ระดับน้ำวางตามแนวนอนได้ให้ระดับ

5. ใช้ระดับน้ำวางตามแนวตั้งให้ได้ระดับ

6. ใช้ไขควงยึดท่อให้แน่นตามจุดที่กำหนด

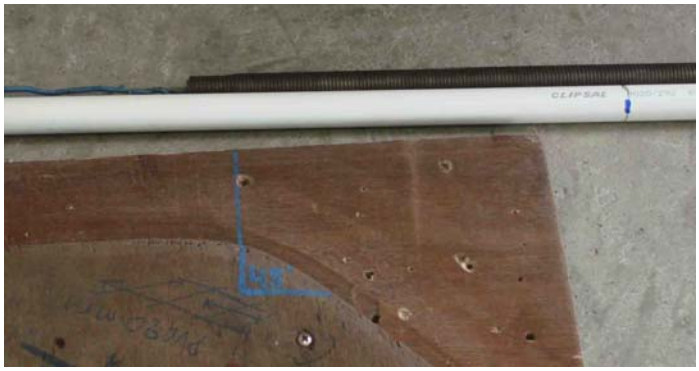
7.6.6.7 การดัดท่อพีวีซี

ในการดัดท่อพีวีซี ทั้งชนิดสีขาวหรือสีเหลืองใช้วิธีการดัดท่อเหมือนกันต่างกันที่การให้ความร้อน ท่อสีเหลืองต้องการความร้อนมากกว่าท่อสีขาว

ขั้นตอนการดัดท่อพีวีซี

1. วัดความยาวของท่อตามขนาดที่ต้องการ

2. นำลวดสปริงทาบแล้ววัดความยาวให้ครอบคลุมจุดที่ดัดท่อ



3. ใส่ลวดสปริงขนาดที่เหมาะสมกับขนาดท่อ

4. ใช้เครื่องเป่าลมร้อนเป่าที่จุดต้องการจะดัด จนร้อนได้ที่

5. ดัดท่อให้ได้มุมตามแบบที่ต้องการ

6. ใช้น้ำฉีดให้ทั่วบริเวณตรงจุดที่ต้องการดัดท่อ

7. ใช้ผ้าเปียกน้ำเช็ดให้ทั่วบริเวณที่ท่อดัดโค้งงอ

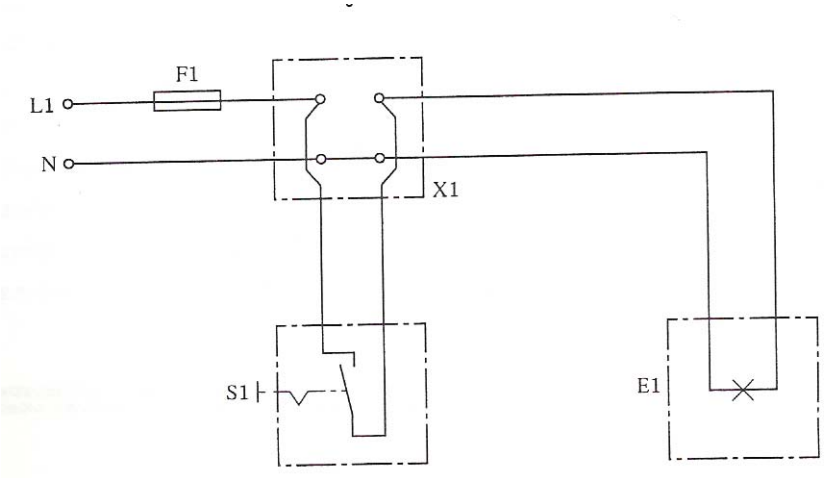
8. ใช้มือดึงลวดสปริงออกจากท่อที่ดัดโค้งแล้ว

บทที่ 8 การอ่านแบบและเขียนแบบงานไฟฟ้าเบื้องต้น

ชนิดของวงจรทางไฟฟ้า

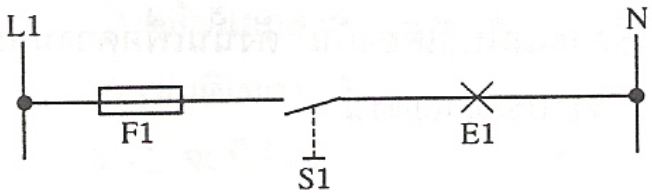
วงจรทั่วๆ ไปทางไฟฟ้าสามารถแสดงวงจรไฟฟ้าได้ 3 แบบดังนี้คือ

1. แบบงานสำเร็จ (Working diagram) เป็นวงจรที่แสดงแบบจากงานจริงสามารถนำไปใช้งานได้เลยดังแสดงในรูป



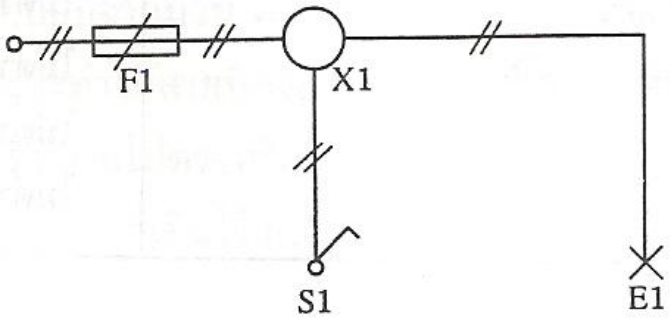
แบบงานสำเร็จ (Working diagram)

2. แบบงานแสดงการทำงาน (Schematic diagram) เป็นวงจรที่แสดงการทำงานของวงจรแต่ละอันตั้งแต่ L1 ถึง N ดังแสดงในรูป เหมาะสำหรับใช้ตรวจสอบการทำงานของวงจร



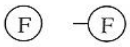
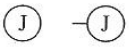
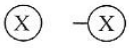
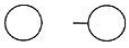
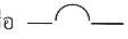
แบบงานแสดงการทำงาน (Schematic diagram)

3. แบบงานแสดงการติดตั้ง (Installation diagram) เป็นวงจรที่ดูง่ายโดยใช้วงจรเส้นเดียวแทนสายไฟหลายๆ เส้น



แบบงานแสดงการติดตั้ง (Installation diagram)

สัญลักษณ์สำหรับงานเขียนแบบไฟฟ้า

สัญลักษณ์	รายละเอียด
	หลอดไฟฟ้า (ระบุชนิด และขนาด ด้วยตัวอักษร)
	หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดหลอดเดี่ยว (ระบุขนาด)
	หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดหลอดคู่ (ระบุขนาด)
	จุดต่อพัดลมไฟฟ้า
	ชุมสาย หรือกล่องต่อสาย
	จุดต่อไฟฟ้าสำหรับไฟทางออก
	จุดต่อไฟฟ้าทั่วไป (ระบุตัวอักษร หรือตัวเลข เพิ่มเติมตามจุดประสงค์)
	เต้ารับเดี่ยว
	เต้ารับคู่
	เต้ารับสำหรับงานเฉพาะอย่างชนิดเดี่ยว
	เต้ารับสำหรับงานเฉพาะอย่างชนิดคู่
	เต้ารับแบบติดตั้งกับพื้น ชนิดเดี่ยว
	เต้ารับโทรศัพท์ สำหรับภายใน
	เต้ารับโทรศัพท์ สำหรับภายนอก
S หรือ	สวิตช์ไฟฟ้า
S_3	สวิตช์ไฟฟ้า ชนิด 3 ทาง
CB หรือ 	เซอร์กิตเบรกเกอร์

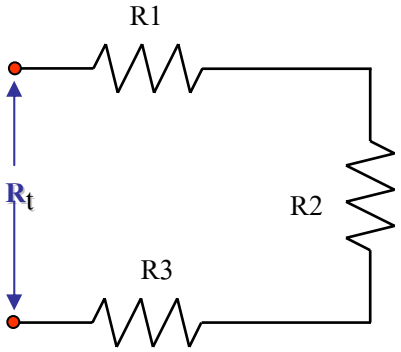
ลัญลักษณ์	รายละเอียด
	สัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้
	สวิตช์ไฟฟ้าชนิดกดปุ่ม (Push Button)
	ออดไฟฟ้า
	กระดิ่งไฟฟ้า
	บ่อพักสายชนิดคนลงทำงานได้ (Manhole)
	บ่อพักสายชนิดมือคนเข้าทำงานได้ (Handhole)
	เสาไฟฟ้าชนิดเสาไม้
	เสาไฟฟ้าชนิดเสาคอนกรีต
	หม้อแปลงไฟฟ้า
	สายยึดโยงชนิดยึดติดกับพื้น (Down Guy)
	แผงไฟฟ้า (ทั่วไป หรือแสงสว่าง)
	แผงไฟฟ้ากำลัง
	แผงควบคุม
	สายไฟฟ้าชนิดเดินร้อยท่อเกาะผนัง บนฝ้าเพดาน หรือเดินลอย
	สายไฟฟ้าชนิดฝังพื้น
	สายป้อน หรือสายเมน
	สายไฟฟ้าเดินขึ้น
	สายไฟฟ้าเดินลง
	สายไฟฟ้าเดินกลับไปแผงจ่ายไฟ (จำนวนลูกศรแสดงจำนวนวงจร)

สัญลักษณ์	รายละเอียด
	สายไฟฟ้าเดินกลับไปแผงจ่ายไฟ (แสดงจำนวนสายไฟฟ้าด้วยขีด)
	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
	มอเตอร์ไฟฟ้า
	เครื่องวัด (ระบุชนิดด้วยตัวอักษร)

บทที่ 9 วงจรไฟฟ้า

9.1 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series Circuits) หมายถึง วงจรที่มีภาระไฟฟ้าหลายๆ ตัว (Multiple Load) และภาระไฟฟ้าเหล่านั้นต่อเรียงลำดับกัน (ต่ออนุกรม) ดังรูป



รูปแสดงวงจรอนุกรมตัวต้านทาน 3 ตัว

กำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้ารวม (P_T) สำหรับวงจรอนุกรม คือ ผลบวกของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทานทุกตัวในวงจร ได้ว่า

$$P_T = E_T \cdot I_T$$

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + \ldots + P_{Rn}$$

เมื่อ E_T คือ แรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้ารวมในวงจร

I_T คือ กระแสไฟฟ้ารวมในวงจร

P_{R1} คือ กำลังไฟฟ้าที่เกิดกับ R_1

P_{Rn} คือ กำลังไฟฟ้าที่เกิดกับ P_{Rn}

กระแสไฟฟ้า ในวงจรอนุกรมกระแสไฟฟ้ารวมที่จ่ายออกมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า (E_T) คือ I_T คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวในวงจร ดังนั้นสมการกระแสไฟฟ้า คือ

$$I_T = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = \ldots = I_{Rn}$$

ความต้านทาน ค่าความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม (R_T) คือ ผลรวมของค่าความต้านทานแต่ละตัวรวมกัน ดังสมการ

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

จะเห็นว่า ถ้านำแอมป์มิเตอร์ไปวัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวที่จุดต่างๆ ของวงจรจะได้ค่าเท่ากัน แสดงว่า กระแสรวมในวงจร (I_T) เท่ากับกระแสที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

ในทำนองเดียวกันค่าความต้านทานรวมของวงจรอนุกรม เมื่อ $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$,$R_3 = 30\ \Omega$ ปรากฏว่า แอมป์มิเตอร์อ่านค่าได้ 2 A , $R_T = 45\ \Omega$ แอมป์มิเตอร์อ่านค่าได้ 2 A เท่ากัน

ดังนั้น $R_T = R_1 + R_2 + R_3$

$R_T = 5\ \Omega + 10\ \Omega + 30\ \Omega = 45\ \Omega$

หรืออาจวัดค่าความต้านรวมได้ด้วยโอห์มมิเตอร์ โดยปลดสวิตช์ออก (Open) และวัดค่า R_T จากนั้นวัดค่า R_1 แล้วจึงวัดค่า R_2 ค่าของ $R_1 + R_2$ จะเท่ากับ R_T เสมอ

แรงดันไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม (E_T) จะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (Voltage Drop) ตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน เรียกว่า สมการแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff Voltage Equation)

$$E_T = E_{R1} + E_{R2} + E_{R3} + \ldots. + I_{Rn}$$

จะพบว่า $E_T = 90$ V และ $I_T = 2$ A

แต่ $E_{R1} = I_T \cdot R_1 = 2\ A \times 5\ \Omega = 10$ V

$E_{R2} = I_T \cdot R_2 = 2\ A \times 10\ \Omega = 20$ V

$E_{R3} = I_T \cdot R_3 = 2\ A \times 30\ \Omega = 60$ V

จากสมการ $E_T = E_{R1} + E_{R2} + E_{R3}$

$= 10\ V + 20\ V + 60\ V$

$E_T = 90$ V

ขั้ว (Polarity) ของแรงดันตกคร่อมที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรอนุกรมขั้วบวก (+) จะเกิดตามทิศทางที่กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ตัวต้านทานเสมอ

การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม ทำได้โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว แล้วนำมารวมกัน คือ การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R_1 (E_{R1}) และรูป (ข) และ (ค) วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R_2 และ R_3 (E_{R2} , E_{R3}) การวัดด้วยโวลต์มิเตอร์ต้องวัดให้ถูกขั้ว และการวัดค่าแรงดันรวมในวงจรไฟฟ้า

9.2 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

วงจรไฟฟ้าแบบขนาน (Parallel Circuits) คือ วงจรที่มีตัวต้านทานที่เป็นภาระไฟฟ้าหลายๆ ตัวต่อขนานกัน ดังนั้นจุดต่อของวงจรขนานจึงมีเพียง 2 จุดเท่านั้น เป็นวงจรขนาน 3 สาขา

กำลังไฟฟ้าในวงจรขนานกำลังไฟฟ้ารวม (P_T) ของวงจร คือ ผลบวกของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทานทุกตัวในวงจร ได้ว่า

$$P_T = E_T \cdot I_T$$

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + \ldots + P_{Rn}$$

กระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ในวงจรขนานมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสแต่ละสาขาในวงจร คือสมการ

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

เมื่อพิจารณาจากวงจร คือ วงจรขนาน 3 สาขา กระแสรวมในวงจรคือ $I_T = I_{R1} + I_A$

และ $I_A = I_{R2} + I_{R3}$

ดังนั้น $I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$

คือ สมการกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff Current Equation) สรุปได้ว่า ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่จุดต่อใดๆ ของวงจรมีค่าเป็นศูนย์ หรือผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจุดใดๆ จะเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากจุดนั้นๆ

ก. $I_1 = 2_A + 5A$

$I_1 = 7A$

ข. $I_x + 5A = 3A + 3A + 2A$

$I_x = 8A - 5A$

$I_x = 3A$

แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนานแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวที่ขนานกันอยู่จะเท่ากัน และเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดังสมการ

$$E_T = E_{R1} = E_{R2} = E_{R3} = \ldots = E_{Rn}$$

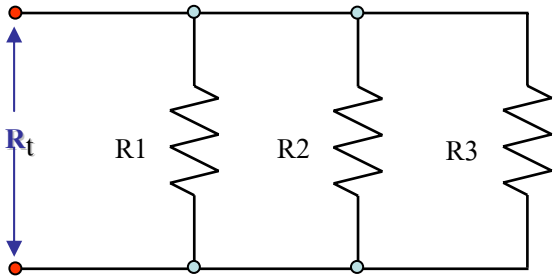
พิจารณาจากรูป เป็นวงจรขนาน 2 สาขา จะเห็นว่าแรงดัน $E_{R1} = E_{R2} = E_T$ เสมอ

ค่าความต้านทาน ในวงจรขนานนั้นค่าความต้านทานรวมในวงจร (R_T) จะมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานตัวที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร จะได้ว่า

$$R_T = \frac{E_T}{I_T} = \frac{E_T}{I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}}$$

$$= \frac{E_T}{\frac{E_T}{R_1} + \frac{E_T}{R_2} + \frac{E_T}{R_3}}$$

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



รูปวงจรขนาน 3 สาขา

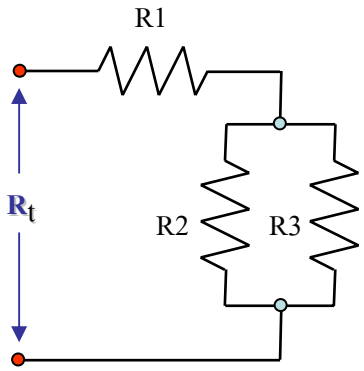
คำนวณหาค่า R_T ได้ว่า

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{20\ \Omega} + \frac{1}{30\ \Omega} + \frac{1}{60\ \Omega}} = \frac{1}{\frac{6}{60}}\ \Omega$$

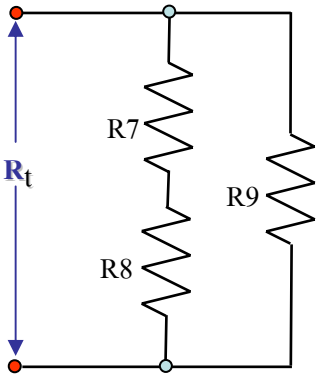
$$R_T = 10\ \Omega$$

9.3 วงจรไฟฟ้าแบบผสม

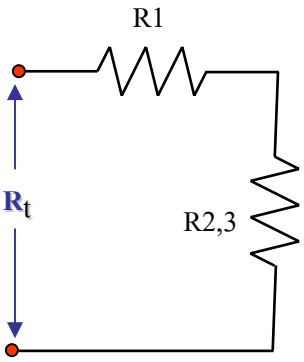
วงจรไฟฟ้าแบบผสม (Series Parallel Circuits) เป็นวงจรที่มีลักษณะเฉพาะคือ มีทั้งส่วนตัวต้านทานขนานและอนุกรมอยู่ในวงจรเดียวกัน ดังแสดงในรูป วงจรไฟฟ้าแบบผสม (Series Parallel Circuits) เป็นวงจรที่มีลักษณะเฉพาะคือ มีทั้งส่วนตัวต้านทานขนานและอนุกรมอยู่ในวงจรเดียวกัน ดังแสดงในรูป (ก) , (ง) การวิเคราะห์วงจรอนุกรม-ขนาน ทำได้โดยหาค่าตัวต้านทานรวมของวงจรให้ได้ จากรูป (ก) จะเห็นว่า R_2 และ R_3 ขนานกัน จึงต้องหาค่าความต้านทานรวมของ $R_{2,3}$ ก่อน ได้ดังรูป (ข) จากนั้นจึงหาค่า R_T โดย R_T คือ ผลรวมของ R_1 และ $R_{2,3}$ ดังรูป (ค) เป็นต้น ถ้าวิเคราะห์วงจรในรูป (ง) จะต้องหาค่า R_7 และ R_8 อนุกรมกันเสียก่อน ได้เท่ากับ $R_{7,8}$ ดังรูป (จ) จากนั้นหาค่า R_T ของวงจร คือ ผลของ $R_{7,8}$ ขนานกับ R_5 ดังรูป (ฉ) เป็นต้น



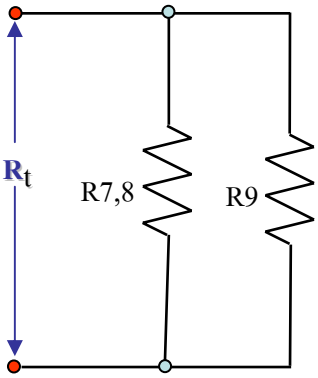
ก. วงจรอนุกรม – ขนาน



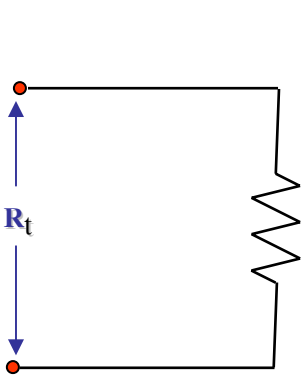
ง. ลดรูปส่วนขนาน



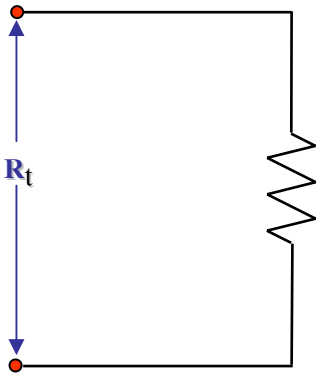
ข. ลดรูปส่วนอนุกรม



จ. ลดรูปส่วนขนาน



ค. ลดรูปวงจรเหลือค่า R_T

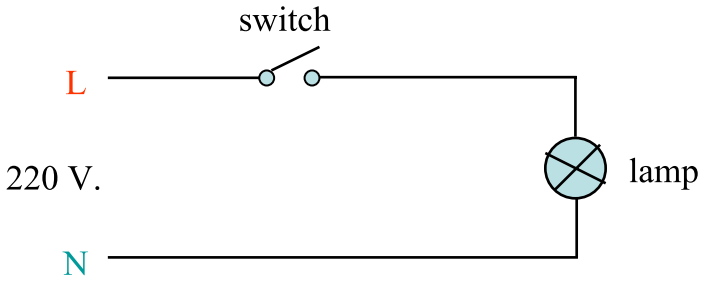


ฉ. ลดรูปวงจรเหลือค่า R_T

รูปการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม – ขนาน

9.4 การต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบหลอดไส้ธรรมดา

วงจรไฟฟ้าแสงสว่างมีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟฟ้าและการให้แสงสว่าง ในที่นี้กล่าวถึงเฉพาะการต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบหลอดไส้ธรรมดา มีขั้วหลอด 2 แบบคือ แบบเกลียว และแบบเขี้ยว เวลาใช้งานต้องเลือกขั้วหลอดไฟฟ้าและฐานหลอดให้สัมพันธ์กันด้วย การต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่างโดยการใส่หลอดไฟฟ้าเข้าที่ขั้วหลอด และต่อวงจรไฟฟ้าพร้อมสวิตช์ ดังแสดงในรูป



รูปแสดงการต่อวงจรแสงสว่างหลอดไส้ธรรมดา

คุณสมบัติของหลอดไฟฟ้ามีไส้

1. แสงสว่างที่ส่องออกมามีสีออกแดง ให้ผลทางด้านการมองเห็นสิ่งต่างๆ ค่อนข้างน้อย

2. ขนาดการส่องสว่างของหลอด มีกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1-1,500 Watt

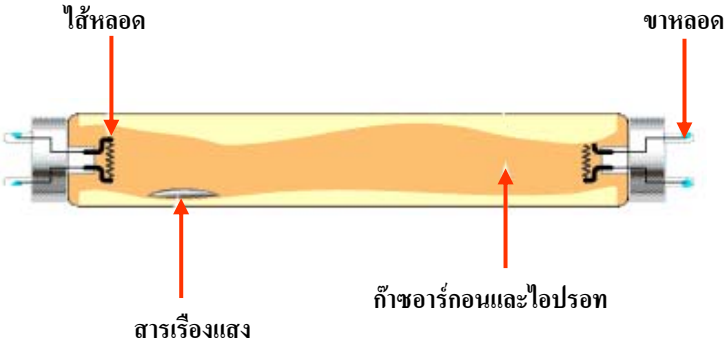
3. อายุการใช้งานของหลอดขนาด 1-300 Watt ประมาณ 750 ชั่วโมง และขนาด 300-1,500 Watt ประมาณ 1,000 ชั่วโมง

4. การติดตั้งหลอดไฟฟ้ามีไส้ทำได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างน้อย

5. เหมาะสมกับงานที่ต้องการความสว่างไม่มาก และเป็นจุดๆ เช่น ไฟประดับ ไฟแสดง ห้องเก็บของ หรือใช้ในงานที่ต้องการรังสีความร้อนไปใช้งาน เป็นต้น

9.5 การต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบหลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) เป็นหลอดไฟฟ้าที่แสงสว่างเกิดขึ้นมาจากการเรืองแสงออกมาจากสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ด้านในผิวหลอด เป็นหลอดที่นิยมใช้งานกันมากมายภายในอาคารบ้านพักอาศัย และบริเวณที่ต้องการความสว่างในการมองเห็นอย่างชัดเจน เพราะแสงที่เปล่งออกมาเป็นสีขาวนวล มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า และให้ความสว่างของแสงมากกว่าหลอดไฟฟ้ามีไส้ประมาณ 5-7 เท่าในขนาดกำลังไฟฟ้าที่เท่ากัน โครงสร้างและส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ดังแสดงในรูป



รูปแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบหลอดฟลูออเรสเซนต์

จากรูปแสดงโครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลักการทำให้เกิดแสง ภายในของหลอดในส่วนปลายหลอดทั้งสองด้านมีไส้หลอดทำด้วยลวดทังสเตน และเคลือบสารเคมีที่ช่วยให้สามารถกำเนิดอิเล็กตรอนออกมาได้มากๆ ขณะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอด ภายในหลอดแก้วบรรจุก๊าซอาร์กอนและ

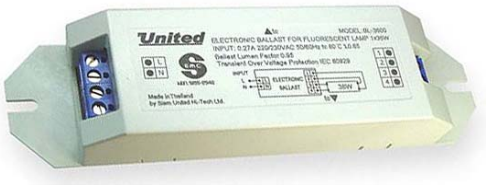
ไอปรอท ส่วนที่ผิวด้านในหลอดแก้วเคลือบสารเรืองแสงไว้คือ ผลึกฟอสเฟอร์ (Phosphor Crystal) มองเห็นจากภายนอกหลอดเป็นสีขาวที่ผิวหลอด

วิธีการเปล่งแสงออกมาของหลอดคือ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ที่ไส้หลอดเกิดความร้อนขึ้นมา ทำให้เกิดการแตกตัวของอิเล็กตรอนกระจัดกระจายไปทั่วบริเวณภายในหลอด มีผลให้อิเล็กตรอนของอะตอมก๊าซอาร์กอนและอะตอมปรอทเกิดการชนกัน การชนกันของอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุทั้งสอง ทำให้เกิดการเรืองแสงอุลตร้าไวโอเลตที่ตาคนมองไม่เห็นออกมา แสงอุลตร้าไวโอเลตวิ่งไปกระทบผลึกฟอสเฟอร์ที่ฉาบผิวด้านในหลอด ผลึกฟิสเฟอร์เรืองแสงสีขาวที่ตาคนมองเห็นออกมา

หลอดฟลูออเรสเซนต์จะสามารถทำงานได้ ต้องมีอุปกรณ์ประกอบร่วมกับหลอดด้วย 2 ชนิด คือ บัลลาสต์ (Ballast) และสตาร์ทเตอร์ (Starter) แต่ละชนิดมีหน้าที่ในการทำงานดังนี้

1. บัลลาสต์ โครงสร้างภายในเป็นแผ่นเหล็กซ้อนกันหลายๆ ชั้น มีขดลวดเคลือบฉนวนพันรอบต่อขั้วออกมาใช้งาน 2 ขั้ว บัลลาสต์ทำหน้าที่กำเนิดแรงดันไฟสูงชั่วขณะขึ้นมา ขณะที่สตาร์ทเตอร์ทำงาน และบัลลาสต์ยังมีหน้าที่จำกัดกระแสที่จะไหลผ่านหลอดในค่าที่กำหนด ขนาดของบัลลาสต์ที่จะนำมาใช้งานกับหลอดเรืองแสง ต้องเลือกให้เหมาะสมกัน เช่น หลอดขนาด 40 วัตต์ ก็ต้องใช้บัลลาสต์ขนาด 40 วัตต์ เช่นกัน

Ballast Magnetic

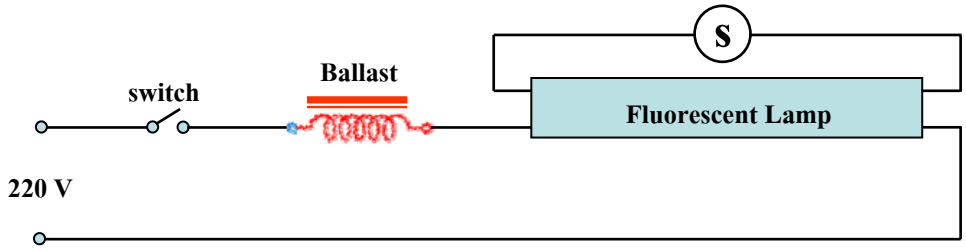


Ballast Electronic

2. สตาร์ทเตอร์ โครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะ 2 แผ่น วางใกล้กันบรรจุอยู่ในกระเปาะแก้วที่บรรจุก๊าซเฉื่อยไว้ สตาร์ทเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิดโดยอัตโนมัติ เพื่อต่อวงจรในการอุ่นไส้หลอดให้ร้อนและให้บัลลาสต์จ่ายแรงดันไฟสูงไปจุดหลอดให้ติดสว่าง สตาร์ทเตอร์ปกติใช้ได้กับหลอดที่มีกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 5 - 65 วัตต์ได้

รูปแสดงสตาร์ทเตอร์และโครงสร้างภายใน

การต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ ตัวบัลลาสต์ต้องต่ออันดับกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และสตาร์ทเตอร์ต้องต่อขนานกับหลอดลักษณะการต่อวงจรดังแสดงในรูป



รูปแสดงการต่อวงจรแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์

คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงขาวนวล ให้คุณสมบัติในการมองเห็นวัตถุต่างๆ ได้ดีกว่าหลอดไฟฟ้ามีไส้ประมาณ 5-10 เท่า ในหลอดที่มีกำลังไฟฟ้าเท่ากัน

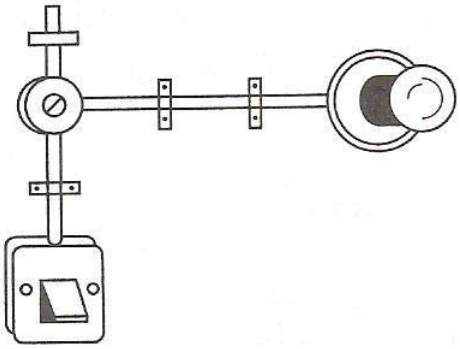
2. ขนาดกำลังส่องสว่างของหลอด มีกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 10, 18, 32, 36, 40 วัตต์ ทั้งชนิดทรง กระบอกยาวและทรงกระบอกกลม

3. อายุการใช้งานประมาณ 8,000 - 20,000 ชั่วโมงโดยเฉลี่ย ถ้ามีการเปิด-ปิดหลอดบ่อยครั้งอายุการใช้งานจะยิ่งสั้นลง

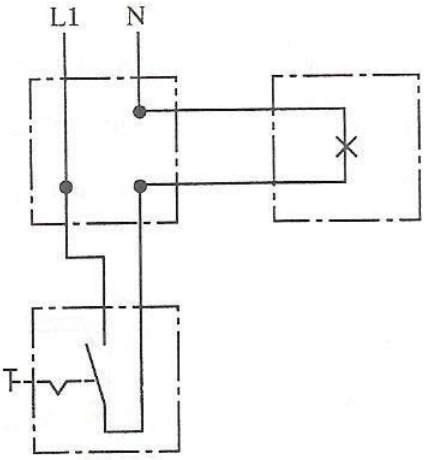
4. การติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์มีความยุ่งยากมากขึ้นและมีค่าใช้จ่ายมากขึ้น เพราะต้องจ่ายเพิ่มค่าบัลลาสต์ และค่าสตาร์ทเตอร์ ปัจจุบันนิยมใช้บัลลาสต์ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความสูญเสียกำลังไฟฟ้าประมาณ 2% เท่านั้น แต่ราคายังสูงกว่าบัลลาสต์ธรรมดา

5. เหมาะสมกับการใช้งานบริเวณที่ต้องการความสว่างมาก มองเห็นได้ชัดเจน เช่น ห้องทำงาน ห้องเรียน ทางเดินเท้า ถนน และที่สาธารณะทั่วไป เป็นต้น

9.6 วงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบควบคุมด้วยสวิตช์ทางเดียว

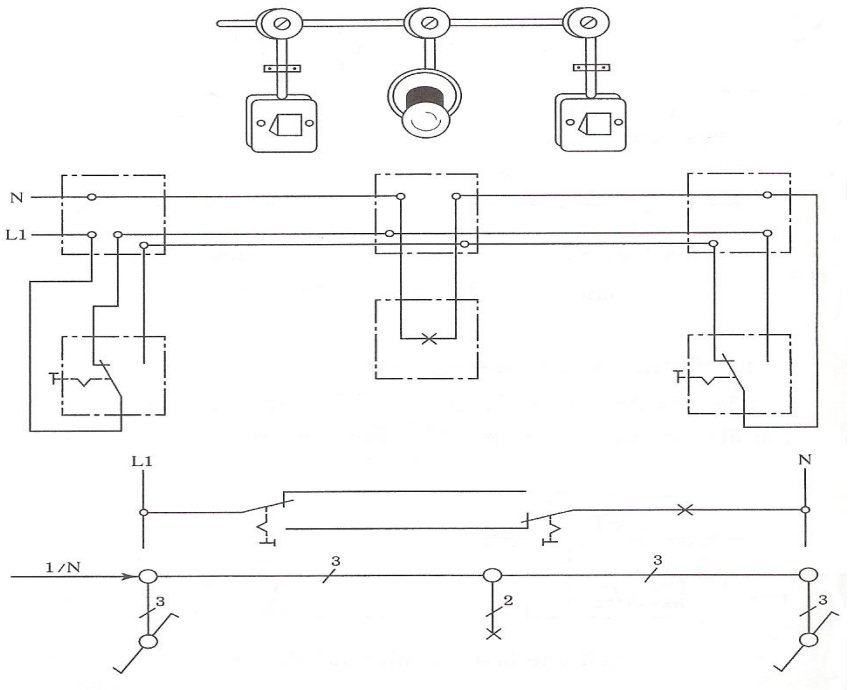


รูปแสดงแบบงานจริง



รูปแสดงแบบงานสำเร็จ

9.7 วงจรไฟฟ้าแสงสว่างแบบควบคุมด้วยสวิตช์ 3 ทาง

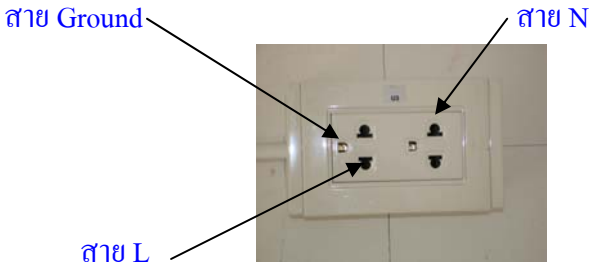


รูปแสดงวงจรไฟฟ้าแสงสว่างควบคุมด้วยสวิตช์ 3 ทาง

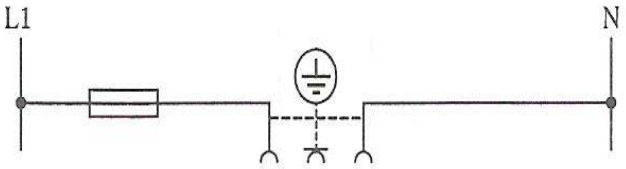
9.8 การต่อวงจรเต้ารับ

มีลักษณะการต่อวงจรเต้ารับมีดังนี้

1. การต่อแบบ Earth grounding การต่อวงจรเต้ารับแบบนี้ ทำได้โดยนำปลายสายด้านหนึ่งต่อลงดิน ส่วนอีกปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับขั้วสายดิน ดังรูป



รูปเต้ารับ 1 เฟส



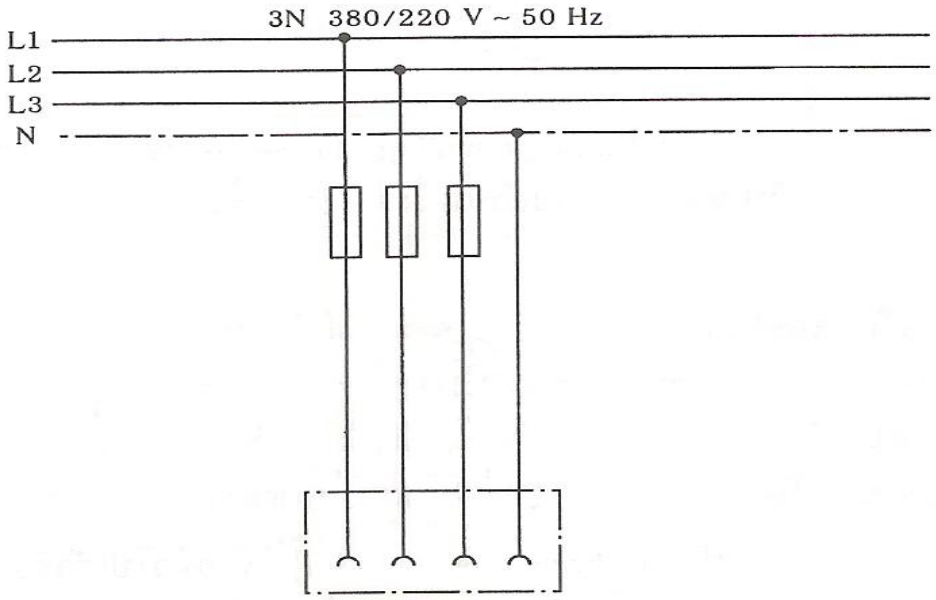
รูปการต่อวงจรเต้ารับ 1 เฟส

2. เต้ารับ 3 เฟส (Three-phase outlet)

โดยทั่วไปเต้ารับ 3 เฟส เป็นเต้ารับแบบ 3 เฟส 4 สาย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการแรงดัน 3 เฟส 380 โวลต์ และ 1 เฟส 220 โวลต์ เช่น เครื่องกลึงที่มอเตอร์ 3 เฟส (380 โวลต์) เป็นตัวขับชิ้นงานและหลอดไฟ (220 โวลต์) เป็นแหล่งกำหนดแสงสว่าง ดังนั้นในการต่อเต้ารับ 3 เฟส จึงต้องพิจารณาให้ดีว่าขั้วใดเป็นขั้ว L1 , L2 , L3 และ N

รูปเต้ารับและเต้าเสียบแบบ 3 เฟส 4 สาย

การใช้งานวงจรเต้ารับ 3 เฟส 4 สาย



รูปแสดงการต่อวงจรเต้ารับ 3 เฟส 4 สาย