บทที่ 7

การออกแบบระบบไฟฟ้าและการคำนวณโหลดระบบไฟฟ้า

งานออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่วิศวกรไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบจะต้องศึกษาและร่วมกันกับบุคคลหลายกลุ่ม เช่น สถาปนิก วิศวกรโครงสร้าง วิศวกรระบบเครื่องกล วิศวกรระบบสุขาภิบาล และเจ้าของอาคาร นอกจากนี้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงรายละเอียดของมาตรฐานต่างๆ ซึ่งเป็นข้อกำหนดในการออกแบบซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบระบบไฟฟ้า

7.1 วิธีการออกแบบระบบไฟฟ้า

1. ศึกษาแบบทางสถาปัตยกรรม เพื่อให้ทราบข้อมูลต่างๆ ของอาคาร การใช้งานของห้องที่สถาปนิกได้ทำการออกแบบไว้ตามความต้องการของสถาปนิกและเจ้าของอาคาร

2. ประมาณการใช้โหลด โดยใช้ข้อมูลจากสถาปนิกและความต้องการของเจ้าของอาคาร ชนิดและลักษณะการใช้งานของอาคารและพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร

3. กำหนดตำแหน่งและแนวทางของสายประธานจากการไฟฟ้าฯ ที่จ่ายให้แก่อาคาร , ขนาดแรงดันไฟฟ้าของระบบ , ตำแหน่งของมิเตอร์วัดไฟฟ้า ซึ่งจะต้องดูสถานที่ที่จะสร้างอาคารพร้อมทั้งขอคำแนะจากการไฟฟ้าฯ หน่วยที่รับผิดชอบบริเวณที่จะทำการก่อสร้างอาคารนั้นๆ

4. ศึกษา ชนิดและการใช้งานของพื้นที่ในอาคาร,อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้และขนาดการกินกระแสของอุปกรณ์แต่ละชนิด ซึ่งข้อมูลบางส่วนจะต้องสอบถามจากสถาปนิกผู้ออกแบบหรือเจ้าของอาคาร

5. ศึกษาความต้องการของโหลดไฟฟ้าระบบอื่นๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ , ระบบลิฟท์ , ระบบประปา และอื่นๆ

6. ศึกษาและกำหนดตำแหน่งติดตั้งและขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ตลอดจนความต้องการเนื้อที่ของอุปกรณ์เหล่านั้น เช่น ตำแหน่งและขนาดของห้องเครื่อง ห้องติดตั้งหม้อแปลงและแผงควบคุมไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board ; MDB) แผงควบคุมไฟฟ้ารอง (Sub Distribution

Board ; SDB) แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย (Load Panel) แนวทางและขนาดของท่อเดินสายป้อน (Feeder Shaft) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการออกแบบ

7. คำนวณและออกแบบความต้องการของแสงสว่างของแต่ละห้องตามชนิดของการใช้งาน พร้อมทั้งกำหนดชนิดของดวงโคม (ชนิดดวงโคมบางครั้งอาจถูกกำหนดโดยสถาปนิกทั้งนี้เพื่อความสวยงาม) เพื่อหาโหลดของระบบแสงสว่าง

8. กำหนดตำแหน่งของดวงโคมและเต้ารับลงในแบบโดยทั่วไปการแสดงตำแหน่งของดวงโคมและเต้ารับจะแยกเขียนออกจากกัน และหากมีระบบไฟฟ้าสื่อสารอันได้แก่ ระบบโทรศัพท์ ระบบโทรทัศน์ ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติ ก็มักจะเขียนแบบแยกแผ่นกันทั้งนี้เพื่อความง่ายในการอ่านแบบ

9. แยกวงจรย่อยโดยโยงสายลงในแบบเพื่อควบคุมดวงโคมหรือเชื่อมต่อวงจรของเต้ารับไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในวงจรเดียวกันเข้าด้วยกัน พร้อมทั้งกำหนดหมายเลขของวงจรในแผงจ่ายไฟ การกำหนดวงจรย่อยมักจะกำหนดตามความเหมาะสมของอุปกรณ์ตัดตอน (Circuit Breaker ; CB) หรือกำหนดตามพื้นที่การใช้งานควบคู่กัน

10. คำนวณโหลดแต่ละแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย พร้อมทั้งชนิด,จำนวนและขนาดของสายไฟฟ้า ,ท่อร้อยสายไฟฟ้า และขนาด AT AF และ Pole ของเซอร์กิตเบรคเกอร์ (CB) ลงในตารางโหลด

11. นำโหลดในแต่ละแผงควบคุมไฟฟ้ารวมกันในแต่ละเฟสของระบบ แล้วคำนวณหาสายป้อน และ ขนาดอุปกรณ์ป้องกันตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย (Main Circuit Breaker) ของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยนั้น

12. รวมโหลดทั้งหมดของแผงควบคุมไฟฟ้าย่อยทั้งอาคารเพื่อนำมาคำนวณและออกแบบหาพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก (MDB) และอุปกรณ์ประกอบภายในตู้ รวมกับถึงการกำหนดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าและสายประธานของอาคาร

13. คำนวณและเขียน Riser Diagram ของระบบไฟฟ้า รวมทั้ง คำนวณและเขียน Single Line Diagram ของตู้ MDB

14. คำนวณและออกแบบระบบอื่นๆ เช่นระบบล่อฟ้า , ระบบสื่อสารในอาคาร , ระบบโทรศัพท์ , ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติ ระบบป้องกันภัย และอื่นๆ

15. ตรวจสอบและแก้ไขแบบให้ถูกต้องสมบูรณ์

16. เขียนข้อกำหนดและรายละเอียดประกอบแบบ (รายการประกอบแบบ) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดต่างๆ ในแบบ เช่น ขนาดและชนิดรวมถึงเครื่องหมายการค้าของอุปกรณ์ที่กำหนดให้ใช้และข้อกำหนดซึ่งผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบและปฏิบัติตาม โดยทั่วไปจะถือเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาในการรับเหมางานก่อสร้างงานติดตั้ง ระหว่างผู้รับจ้างกับผู้ว่าจ้าง(เจ้าของอาคาร) ด้วย

17. เมื่อวิศวกรผู้ออกแบบทำการกำหนดชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว ผู้ออกแบบจะต้องทำการประมาณราคา เพื่อผู้ว่าจ้างจะได้ใช้เป็นราคากลางในการคัดเลือกผู้รับเหมาทำการก่อสร้างติดตั้งต่อไป

18. ในบางกรณีวิศวกรผู้ออกแบบอาจต้องเป็นผู้ตรวจสอบให้คำแนะนำในการติดตั้งระบบไฟฟ้าด้วย

จากขั้นตอนต่างๆ ในการออกแบบระบบไฟฟ้า จะเห็นว่ามีความซับซ้อนและต้องเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่าย ความยากลำบากในการออกแบบจะมีมากขึ้นเมื่อเป็นอาคารขนาดใหญ่และมีการใช้โหลดมากๆ โดยเฉพาะข้อจำกัดในด้านของการออกแบบที่ต้องการใช้เกิด ความประหยัด ความปลอดภัย และมีความเชื่อมั่นในระบบสูงๆ โดยจะต้องอาศัยความชำนาญ,ประสบการณ์และการศึกษาค้นคว้าในการออกแบบเป็นอย่างมาก

7.2 มาตรฐาน กฎและระเบียบ ในการออกแบบระบบไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าสิ่งที่สำคัญที่สุดที่วิศวกรไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงคือความปลอดภัย ทำนองเดียวกันหน่วยงานของรัฐซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้อง ดูแลรักษาความปลอดภัยเกี่ยวข้องกับการใช้ไฟฟ้าก็จำเป็นต้องตรากฎและมาตรฐานเพื่อให้ผู้ออกแบบติดตั้งและผู้ใช้ไฟฟ้าปฏิบัติตาม เพื่อความปลอดภัยของส่วนรวม

กระทรวงมหาดไทย,สำนักงานพลังงานแห่งชาติ,การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) จึงได้ร่างกฎและมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ออกแบบติดตั้งและผู้ใช้ไฟฟ้าปฏิบัติตาม ดังนั้นในการออกแบบระบบไฟฟ้า วิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบจำเป็นต้องศึกษาและปฏิบัติตามกฎและมาตรฐานต่างๆ ที่กำหนด

กฎและมาตรฐานต่างๆ ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ ระบุถึงระเบียบและวิธีการในการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ตลอดจนระบบจำหน่ายที่จ่ายไฟฟ้าด้วย

7.2.1 มาตรฐานเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้าของการพลังงานแห่งชาติ

เป็นมาตรฐานความปลอดภัยหลักสำหรับงานติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า การไฟฟ้าทั้งสามแห่งได้ยึดถือมาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดกฎและข้อบังคับของการไฟฟ้าฯ แต่ละแห่ง

7.2.2 กฎการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ใช้ในการกำหนดมาตรฐานในการออกแบบไฟฟ้า การติดตั้งเดินสายและการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า การติดตั้งเครื่องป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร การออกแบบและป้องกันเกี่ยวกับการเดินสายไฟฟ้า การป้องกันอุปกรณ์และเครื่องยนต์ไฟฟ้า ในเขตการรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ในการขอใช้ไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้แก่ผู้ขอใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฯ จะให้ช่างของการไฟฟ้าฯ ทำการตรวจสอบ วิธีการเดินสายและการติดตั้ง อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารเสียก่อน บางอาคารจะต้องมีวิศวกรไฟฟ้ารับรองการออกแบบระบบไฟฟ้า หรือรับรองการติดตั้งระบบไฟฟ้าภายในอาคารนั้น ดังนั้นก่อนการติดตั้งระบบไฟฟ้าผู้ขอใช้ไฟฟ้าควรแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่งของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ติดตั้ง เสาไฟฟ้า แนวสายประธานไฟฟ้า ขนาดของโหลด อุปกรณ์เครื่องวัดและอุปกรณ์

ป้องกันระบบไฟฟ้า และแนบผังการเดินสายอย่างละเอียดภายในอาคาร (Shop Drawing)เพื่อให้การไฟฟ้าฯ ตรวจสอบและแก้ไขเสียก่อน เมื่อการติดตั้งถูกต้องตามแบบและมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ จึงอนุมัติให้จ่ายไฟฟ้าแก่อาคารได้

7.2.3 กฎกระทรวงมหาดไทย

กระทรวงมหาดไทยมีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับความปลอดภัยในการก่อสร้างอาคารได้ออกกฎกระทรวงเพื่อให้ผู้ติดตั้งและผู้ใช้ไฟฟ้าปฏิบัติตาม

7.2.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม.อ.ก.)

สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีส่วนสำคัญเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า เช่น สายไฟฟ้า , บัลลาสต์ ฟิวส์ อุปกรณ์ตัดตอนระบบไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า ได้มีการกำหนดมาตรฐานต่ำสุดซึ่งผู้ผลิตจะต้องปฏิบัติตาม โดยกำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งจะครอบคลุมถึงคำอธิบายของคำจำกัดความและนิยาม วิธีการทดสอบ การกำหนดคุณภาพและมาตรฐานต่ำสุด ความปลอดภัย ขนาดและชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยจะมีการตรวจสอบและประทับตรารับรองมาตรฐานแก่ผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานตามที่กำหนด

ในฐานะผู้ออกแบบและผู้กำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าวิศวกรผู้ออกแบบควรศึกษาและทำความคุ้นเคยกับมาตรฐานอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการคำนวณ กำหนดรายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ

7.2.5 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (มาตรฐาน ว.ส.ท.)

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในฐานะหน่วยงาน ซึ่งให้บริการทางด้านวิชาการ ได้ร่างมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า เพื่อให้วิศวกรไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบติดตั้งและบำรุงรักษาใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน

มาตรฐานฉบับนี้กำหนดหลักการทั่วไปในการออกแบบไฟฟ้า วัสดุ และวิธีการเดินสายตลอดจนการใช้งานและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ซึ่งมีรายละเอียดและหลักเกณฑ์ต่างๆ อย่างกว้างๆ ครอบคลุมกว้างขวางในงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า จึงควรมีมาตรฐานฉบับนี้ เพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบในการออกแบบ

7.2.6 มาตรฐานอื่น ๆ

- National Electrical Code (NEC) เป็นมาตรฐานของ USA ซึ่งกำหนดหลักการเบื้องต้นสำหรับการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า และเป็นมาตรฐานหลักในการร่างมาตรฐานของ ว.ส.ท.

- National Electrical Manufacturer Association Standard (NEMA) เป็นมาตรฐานของ USA ซึ่งกำหนดและแยกประเภทของผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้า ตามประเภทของการใช้งาน เช่น ใช้งานทั่วไป ชนิดกันน้ำได้ , ชนิดใช้งานหนัก , ชนิดใช้ในโรงงาน เป็นต้น

- Underwriter's Laboratories (UL) เป็นสถาบันใน USA ที่กำหนดและทำการทดสอบมาตรฐานต่ำสุดของความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้าที่จะนำไปใช้งาน หากผ่านการทดสอบก็จะได้รับเครื่องหมายรับรองจากสถาบัน ซึ่งเป็นเครื่องหมายที่ยอมรับกันทั่วโลก ดังนั้นในการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ผู้ออกแบบควรจะใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับเครื่องหมายมาตรฐานจาก UL ด้วย

- IES Lighting Handbook Illuminating Engineering Society (IES) แห่ง USA เป็นมาตรฐานทางด้านวิศวกรรมส่องสว่าง ที่จะต้องใช้ในการการออกแบบทางด้านการส่องสว่างและการกำหนดตำแหน่งและชนิดของดวงโคม

- **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย 2545** เป็นมาตรฐานฉบับปรับปรุงขึ้นมาครั้งสุดท้ายเพื่อสำหรับเป็นมาตรฐานในการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยโดยเฉพาะ โดยทุกการไฟฟ้าฯ ยอมรับเป็นมาตรฐานหลักในการออกแบบระบบไฟฟ้า และในการออกแบบเราจะอ้างอิงมาตรฐานฉบับนี้เป็นสำคัญ

7.3 หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าสามารถทำการออกแบบได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความสามารถและประสบการณ์รวมทั้งมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ในการอ้างอิงของผู้ออกแบบ รวมทั้งในเรื่องของค่าใช้จ่ายของการออกแบบและติดตั้งที่จะต้องมีผลตามมาหลักจากการออกแบบเสร็จสิ้นลง

ในการออกแบบที่ดี จึงต้องคำนึงถึงเงื่อนไขที่สำคัญต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ความปลอดภัย (Safety) เป็นข้อควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรกของการออกแบบที่ผู้ออกแบบจะต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องอ้างอิงตามหลักทางวิศวกรรมไฟฟ้าและระเบียบของกำหนดของการไฟฟ้าฯ และมาตรฐานของวิศวกรรมสถาน แห่งประเทศไทย สำหรับการติดตั้งระบบไฟฟ้าสามารถใช้เป็นหลักในการออกแบบได้อย่างดี

2) ความเชื่อมั่นของระบบ (Reliability) ระบบจะต้องมีความเชื่อมั่นสูงในการตัดตอนและป้องกันผลเสียหายอันเกิดมาจากระบบไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งมักจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานรับรอง

3) ความง่ายในการดัดแปลง (Flexibility) ระบบที่ออกแบบจะต้องสามารถแก้ไขดัดแปลงได้อย่างสะดวก เพื่อที่จะจ่ายไฟฟ้าไปตามจุดที่ต้องการและต้องออกแบบให้รับการเพิ่มโหลดในอนาคตได้ กล่าวคือเมื่อมีการเพิ่มโหลดในอนาคตจะต้องทำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนระบบสายไฟฟ้าทั้งระบบ

4) ความประหยัด (Economy) ผู้ออกแบบที่ดีควรคำนึงถึงการออกแบบให้มีความประหยัดภายใต้เงื่อนไขของความปลอดภัย , ความเชื่อมั่น , ความง่ายในการดัดแปลง โดยในเรื่องของความประหยัดมักจะสวนทางกับข้อควรพิจารณาทั้งสามข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยสามารถจะยืดหยุ่นได้ยกเว้นในเรื่องของ ความปลอดภัย ซึ่งจะยอมให้เรื่องของความประหยัดมีผลต่อความปลอดภัยไม่ได้

ผู้ออกแบบจะต้องศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการเลือกใช้อุปกรณ์ในการกำหนดตำแหน่งและติดตั้งอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ปัญหาทางด้านพลังงานในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเลือกใช้ชนิดของหลอดไฟฟ้า การออกแบบระบบทำความเย็น การใช้เครื่องทำความร้อน และอื่นๆ ซึ่งจะมีผลในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน

5) แรงดันตก (Voltage Drop) ในการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารจะต้องคำนึงถึงค่าแรงดันไฟฟ้าตกซึ่งเกิดเนื่องจากขนาดของโหลดและความยาวของสายป้อนและสายวงจรย่อยที่เดินไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมทั้งโหลดในอนาคตที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

แรงดันตกมักสร้างความเสียหายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ และ NEC กำหนดแรงดันตกในช่วงของสายป้อนจะต้องไม่เกิน 3% หากในส่วนของวงจรย่อยไม่เกิน 5%

การพิจารณาในเรื่องแรงดันตกมักจะนำมาพิจารณาในกรณีที่สายป้อนหรือสายประธานมีระยะของการเดินสายที่ยาวๆ เท่านั้น

7.4 การประมาณโหลด (Load Estimating)

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องมีการประมาณโหลดทั้งหมดของอาคารที่ออกแบบเพื่อทราบถึงขนาดของโหลดทั้งหมดอย่างคราวๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกระบบแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกัน รวมทั้งขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า

โหลดไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- โหลดแสงสว่าง (Lighting Load) เป็นโหลดทางด้านแสงสว่างจากดวงโคม
- โหลดไฟฟ้ากำลัง (Power Load) เป็นโหลดที่ใช้งานทางด้านไฟฟ้ากำลังอันได้แก่
    - เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป
    - เครื่องปรับอากาศ , เครื่องทำความเย็น
    - ระบบลิฟต์ , บันไดเลื่อน
    - ระบบสุขาภิบาล
    - ระบบโทรศัพท์
    - ระบบโทรทัศน์
    - ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้
    - ระบบเครื่องดูดควัน เป็นต้น

โหลดไฟฟ้ายังสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

- โหลดต่อเนื่อง อันได้แก่ โหลดทางไฟฟ้าที่จะต้องใช้งานอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา เช่น โหลดแสงสว่าง โหลดบันไดเลื่อน เป็นต้น
- โหลดไม่ต่อเนื่อง ได้แก่โหลดที่มีลักษณะการทำงานเป็นครั้งคราว เป็นคาบเวลา เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องปรับอากาศ (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าหากมีการใช้งานอยู่ตลอดเวลาก็ถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่องได้เช่นเดียวกัน)

ในการแยกชนิดของโหลดจะส่งผลในการคำนวณออกแบบและการกำหนดขนาดสายวงจรย่อย,สายป้อนและอุปกรณ์ป้องกัน ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

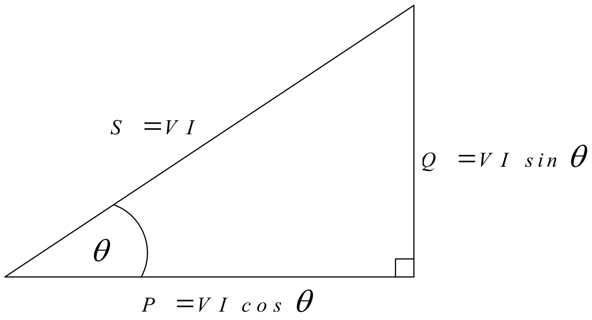
7.5 การคำนวณขนาดของโหลด

การคำนวณค่าโหลดที่นิยมใช้โดยทั่วไปในปัจจุบันจะคิดค่าในหน่วย VA (โวลท์-แอมป์) ซึ่งเป็นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ หรือเป็นค่าที่เครื่องวัดทางไฟฟ้าสามารถวัดได้จริง และเมื่อรวมค่าทั้งหมดของโหลดแล้วสามารถเลือกใช้ขนาดของหม้อแปลงได้ทั้งนี้ และการกำหนดอุปกรณ์ป้องกันก็สามารถคำนวณได้ง่ายและชัดเจน

ค่าของกำลังไฟฟ้า มี 3 ค่า คือ

S = VI	หน่วย	(VA) โวลท์.แอมป์
P = VI cos θ	หน่วย	(W) วัตต์
Q = VI sin θ	หน่วย	(VAR) วาล์

สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า ความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 3 ค่าสามารถนำมาเขียนในรูปสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าดังรูป



ระบบ 1 เฟส แทนค่า V=220V

$$P = VI\cos\theta$$

ระบบ 3 เฟส แทนค่า V=380V

$$P = \sqrt{3}VI\cos\theta$$

หากเราทราบค่าของอุปกรณ์ไฟฟ้าในหน่วย วัตต์ (W) และทราบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบ (PF;cosθ) ของระบบก็จะสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏได้จาก

$$VI = \frac{P}{\cos\theta}$$ ระบบ 1 เฟส

$$VI = \frac{P}{\sqrt{3}.\cos\theta}$$ ระบบ 3 เฟส

หากค่า PF ไม่สามารถทราบค่าได้เราสามารถประมาณค่า PF = 1 ได้

7.5.1 โหลดแสงสว่าง

ผู้ออกแบบสามารถคำนวณค่าโหลดของโหลดแสงสว่างได้จากจำนวนของหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานจริงในวงจรย่อยนั้น ซึ่งจะสามารถดูค่าการใช้กระแสของหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิดได้จากตาราง

ด้านล่าง เมื่อทราบค่ากระแสแล้วก็สามารถคำนวณค่าโหลดในหน่วย VA ได้ ทั้งนี้เพื่อนำมาหาขนาดสายไฟฟ้าวงจรย่อยและอุปกรณ์ป้องกันต่อไป

หลอดไส้ การหาค่ากระแสของหลอดไส้ทำได้โดยใช้พิกัดกำลังไฟฟ้าในหน่วยวัตต์ หารด้วยแรงดันได้โดยตรงเนื่องจากไม่มีบัลลาสต์ต่ออยู่ในวงจร PF=1

ตาราง 7.1 พิกัดกระแสของหลอดไส้

ชนิดของหลอด	กระแส (A)	กำลัง (VA)
40W	0.182	40
60W	0.273	60
75W	0.341	75
100W	0.455	100
150W	0.682	150

หลอด Gas Discharge มีบัลลาสต์ต่ออยู่ในวงจรดังนั้นจึงต้องคิดค่า Power Factor ของวงจรเข้าไปด้วย ค่ากระแสในตารางเป็นค่าที่วัดได้จากการต่อวงจรจริง

ตาราง 7.2 พิกัดกระแสของหลอดดิสชาร์จ

ชนิดของหลอด	กำลังวัตต์	POWER CONSUMPTION			
		LOW POWER FACTOR		HIGH POWER FACTOR	
		กระแส (A)	กำลัง (VA)	กระแส (A)	กำลัง (VA)
ฟลูออเรสเซนต์	20 (18)	0.370	81.40 (100)	0.160	35.20 (50)
	40 (36)	0.430	94.60 (100)	0.270	59.40 (60)
	32	0.410	90.20 (100)	0.240	52.80 (60)
คอมแพค ฟลูออเรสเซนต์	9	0.190	41.80 (50)	0.100	22.00 (30)
SL	13	0.175	38.50 (50)	0.100	22.00 (30)
	18	0.220	48.40 (50)	0.140	30.80 (40)
	25	0.315	69.30 (50)	0.180	39.60 (50)
คอมแพค ฟลูออเรสเซนต์	5	0.180	39.60 (50)	0.070	15.40 (20)
PL (TC-S)	7	0.175	38.50 (50)	0.070	15.40 (20)
	9	0.170	37.40 (50)	0.070	15.40 (20)
	11	0.155	34.10 (50)	0.080	17.60 (20)
TC-D	10	0.190	41.80 (50)	0.100	22.00 (30)
	13	0.175	38.50 (50)	0.100	22.00 (30)
	18	0.220	48.40 (50)	0.140	30.80 (40)
	25	0.315	69.30 (70)	0.180	39.60 (50)
HIGH PRESSURE MERCURY	50	0.620	136.40 (150)	0.300	66.00 (70)

	80	0.800	176.00 (200)	0.450	99.00 (100)
	125	1.150	253.00 (300)	0.700	154.00 (160)
	250	2.150	473.00 (500)	1.400	308.00 (310)
	400	3.250	715.00 (750)	2.150	473.00 (500)
	700	5.450	1199.00(1200)	3.800	836.00 (850)
	1000	7.500	1650.00(1700)	5.300	1166.0(1200)
HIGH PRESSURE SODIUM	35	0.540	118.80 (120)	0.220	48.40 (50)
	50	0.780	171.60 (180)	0.300	66.00 (70)
	70	1.000	220.00 (220)	0.580	127.60 (150)
	100	1.200	264.00 (270)	0.600	132.00 (150)
	150	1.800	396.00 (400)	1.100	242.00 (250)
	250	3.000	660.00 (660)	1.400	308.00 (310)
	400	4.600	1012.00(1100)	2.200	464.00 (500)
	600	6.200	1384.00(1400)	3.000	660.00 (660)
	1000	10.200	2244.00(2300)	5.450	1199.0 (1200)
HIGH PRESSURE METAL HALIDE	35	0.540	118.8 (120)	0.220	48.40 (50)
	70	1.000	220.00 (220)	0.580	127.60 (130)
	150	1.800	396.00 (400)	0.800	176.00 (200)
	250	3.000	660.00 (660)	1.400	308.00 (320)
	400	3.500	770.00 (800)	2.200	464.00 (500)
	1000	9.500	2090.00(2100)	5.350	1177.0 (1200)
	2000	10.300	2266.00(2300)	6.150	1353.0 (1400)
	3500	18.000	3960.00(4000)	10.600	2332.0 (2400)

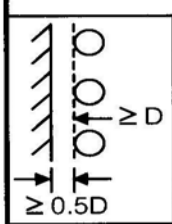
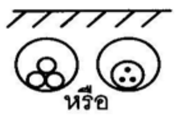
*** ค่าในวงเล็บเป็นค่าที่ควรจะใช้ในการคำนวณ

ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย 2545 อนุญาตให้ใช้สายขนาดเล็กสุดของวงจรแสงสว่างคือสายขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร (sq.mm.)

- ขนาดของสาย ทนกระแสได้มากกว่า 125% ของพิกัดกระแสทั้งหมดของวงจรย่อย และเลือกสายไฟฟ้าตามชนิดและลักษณะการติดตั้งของสายไฟฟ้าดังตาราง

<u>ตาราง 7.3 พิกัดกระแสของสายไฟฟ้า</u>

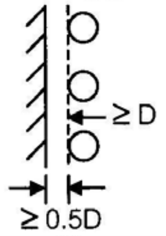
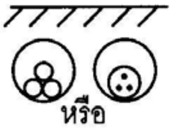
ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน พีวีซี ตาม มอก. 11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 หรือ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการ เดินสาย ง และ จ)

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 2)						
							
	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	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

หมายเหตุ

1) D = เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า

2) ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้งเป็นไปดังนี้

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง
ก		• สายแกนเดียวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ
ข		• สายแบนหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง
ค		• สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อในอากาศในท่อฝังในผนังปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน
ง		• สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน
จ		• สายแกนเดียวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

<u>หมายเหตุ</u> (ต่อ)

3) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) หรือ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ) ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณดังนี้

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ตัวคูณ	
	วิธีเดินสาย ก-ค (หมายเหตุ 1)	วิธีเดินสาย ง และ จ (หมายเหตุ 1)
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	-

4) ในที่ซึ่งมีการเดินสายผสมระหว่างการเดินสายในอากาศหรือเกาะผนัง (วิธีการเดินสาย ก หรือ ข) และการเดินสายในท่อ (วิธีการเดินสาย ค) หากความยาวสายที่เดินในท่อไม่เกินครึ่งหนึ่งของความยาวสายทั้งหมด และสายที่เดินในท่อยาวไม่เกิน 6 เมตร อนุญาตให้ใช้ค่าขนาดกระแสตามวิธีการเดินสายในอากาศหรือเกาะผนังได้

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ป้องกันที่ 80% ของขนาดพิกัดสูงสุดของพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าตามชนิดและลักษณะการติดตั้งของสายชนิดนั้น ขนาดของอุปกรณ์ป้องกันมาตรฐานสามารถใช้ค่าตามตารางนี้

ตาราง 7.4 ขนาดมาตรฐานของ Circuit Breaker

พิกัดกระแสตัดลัดวงจรของตัดตอนอัตโนมัติเปลือกหุ้มมิดชิด(molded case circuit breaker) ที่พิกัดฉนวน 600 V เป็นกิโลแอมป์(kA) SYM. r.m.s.

พิกัดกระแสโครง (ampere frame) (AF)	พิกัดกระแสตัด (ampere trip) (AT)	อัตราพิกัดกระแสตัดลัดวงจรที่แรงดันพิกัด		
		240 V	380/415 V	480 V
50	5,6,10,15,20,25, 30,35,40,50	2.5-10 (85)	2.5-7.5 (30)	2.5-5 (22)
100	15,20,25,30,35, 40,50,60,70,80, 90,100,	7.5-35 (85)	5-30 (45)	5-25 (42)
225	125,150,175,200, 225	15-42 (85)	10-30 (50)	10-25 (42)
400	125,150,175,200, 225,250,300,350, 400	30-50 (85)	17-36 (50)	15-30 (42)
600	450,500,600	30-50 (85)	22-45 (60)	20-30 (42)
800	600,700,800	50-85 (130)	30-60 (100)	30-42 (85)
1000	800,900,1000	60-85 (130)	30-65 (100)	30-50 (85)
1200	800,1000,1200	70-85 (130)	35-65 (100)	35-50 (85)
1600	1000,1200,1600	70-130	40-100	34-85
2000	1200,1600,2000	70-130	40-100	34-85

ในวงเล็บ ( ) เป็นตัดตอนอัตโนมัติชนิดพิกัดกระแสตัดลัดวงจรสูง

- ขนาดของท่อร้อยสายไฟฟ้า ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ กำหนดให้สายไฟฟ้าที่เดินร้อยในท่อร้อยสายมีพื้นที่หน้าตัดรวมไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดของท่อ เราสามารถกำหนดขนาดของท่อร้อยสายไฟฟ้าให้เหมาะสมได้โดยการใช้ตารางนี้

ตาราง 7.5 จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายตามมาตรฐานการไฟฟ้าฯ

จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าตารางที่ 4 (THW) ในท่อร้อยสาย

ขนาดสายไฟ (mm^2)	จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าตารางที่ 4 ในท่อร้อยสาย											
1	7	13	20	33	-	-	-	-	-	-	-	-
1.5	6	11	17	28	44	-	-	-	-	-	-	-
2.5	4	8	13	22	34	-	-	-	-	-	-	-
4	3	5	9	15	23	36	-	-	-	-	-	-
6	2	4	7	12	19	29	-	-	-	-	-	-
10	1	3	4	7	12	19	32	-	-	-	-	-
16	1	1	3	5	9	14	23	36	-	-	-	-
25	1	1	1	3	5	9	15	23	29	-	-	-
35	-	1	1	3	4	7	12	19	24	30	-	-
50	-	-	1	1	3	5	9	14	17	21	34	-
70	-	-	1	1	2	4	7	10	13	16	26	37
95	-	-	1	1	1	3	5	7	10	12	19	27
120	-	-	-	1	1	2	4	6	8	10	16	23
150	-	-	-	1	1	1	3	5	7	8	13	19
185	-	-	-	-	1	1	2	4	5	6	10	15
240	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	12
300	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6	10
400	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	8
500	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4	6
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อร้อยสาย mm	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
(นิ้ว)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6

หมายเหตุ

- ตารางที่ 4.4 และ 4.5 ใช้ตามภาคผนวกของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

ตัวอย่าง วงจรย่อยวงจรหนึ่งมีหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36W LOW POWER FACTOR จำนวน 10 หลอด จงหาขนาดสายวงจรย่อย (สาย THW เดินในท่อ EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB)

วิธีทำ

หลอดฟลูออเสเซนต์ ขนาด36W 1 หลอด

พิกัดโหลด (จากตารางโหลดของหลอดไฟฟ้า)= 100 VA.

หลอดฟลูออเสเซนต์ ขนาด 36W 10 หลอด

พิกัดโหลด 10x100 VA = 1000 VA.

พิกัดกระแส $\frac{1000}{220}$ = 4.545 A.

- ขนาดของสาย 4.545x1.25 = 5.68 A.

  เลือกใช้สายชนิด THW เดินในท่อร้อยสายโลหะ ได้ขนาด 2.5 sqmm. (18A)

- ขนาดของท่อร้อยสาย

  สายไฟฟ้าจำนวน 2 เส้น จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 1/2”

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 18x0.8 = 14.4 A

  เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันขนาด 10AT / 50AF (สูงกว่าพิกัดโหลดและต่ำกว่าพิกัดอุปกรณ์ป้องกัน

ตัวอย่าง วงจรย่อยวงจรหนึ่งมีโคมไฟฟ้า หลอดเมทัลฮาไลด์ ขนาด 400W LOW POWER FACTOR จำนวน 6 หลอด จงหาขนาดสายวงจรย่อย (สาย THW เดินในท่อ EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB)

วิธีทำ

หลอดเมทัลฮาไลด์ ขนาด 400W LOW POWER FACTOR 1 หลอด

พิกัดโหลด (จากตารางโหลดของหลอดไฟฟ้า)= 800 VA.

หลอดเมทัลฮาไลด์ ขนาด 400W LOW POWER FACTOR 6 หลอด

พิกัดโหลด 6x800 VA = 4800 VA.

พิกัดกระแส $\frac{4800}{220}$ = 21.82 A.

- ขนาดของสาย 21.82x1.25 = 27.275 A.

  เลือกใช้สายชนิด THW เดินในท่อร้อยสายโลหะ ได้ขนาด 6 sqmm. (31A)

- ขนาดของท่อร้อยสาย

สายไฟฟ้าจำนวน 2 เส้น จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 1/2”

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 31x0.8 = 24.8 A

เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันขนาด 25AT / 50AF (สูงกว่าพิกัดโหลดและต่ำกว่าพิกัดอุปกรณ์ป้องกัน

7.5.2 โหลดไฟฟ้ากำลัง

ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ อนุญาตให้ใช้สายขนาดเล็กที่สุดสำหรับสาย Line และ Neutral คือสายขนาด 2.5 sqmm. และ ขนาด 1.5 sqmm. สำหรับสายดิน (Ground)

โหลดไฟฟ้ากำลังสามารถแบ่งการคำนวณตามชนิดของโหลดได้ดังนี้

โหลดจุดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า (Outlet) จะคิดตามค่าพิกัดกระแสที่ใช้งานจริงของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้น ซึ่งข้อมูลจะสามารถหาได้จากป้ายพิกัดของเครื่องใช้ไฟฟ้า หากไม่ทราบค่าของพิกัดกระแสนั้นสามารถดูข้อมูลโดยประมาณได้จากตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 ตารางค่าพิกัดโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ห้องครัว	**ขนาด (W)**	**ควรจะเลือก (VA)**
เตาต้มน้ำ	6000	6000
ตู้อบ	4000	5000
เครื่องจ้างจาน	1200	2000
กระทะ	1500	2000
เครื่องชงกาแฟ	1000	2000
ตู้เย็น	400	2000
ตู้แช่แข็ง	600	2000
ห้องซักผ้า	**ขนาด (W)**	**ควรจะเลือก (VA)**
เครื่องซักผ้า	1500	2000
เครื่องอบแห้ง	5000	6000

เครื่องทำน้ำอุ่น	5000	6000
อื่น ๆ	**ขนาด (W)**	**ควรจะเลือก (VA)**
ทีวี	400	1000
แสงสว่าง	1500	2000
ปั๊มน้ำ	600	2000
เครื่องทำความร้อน	8000	10000
พัดลมระบายอากาศ	400	2000

ตัวอย่าง วงจรควบคุมเครื่องซักผ้า 1 เครื่อง 220V. จงหาขนาดของสายไฟฟ้า THW และขนาดร้อยท่อสาย EMT และอุปกรณ์ป้องกันวงจร

จากตารางที่ 7.6

พิกัดของเครื่องซักผ้า 2000VA

กระแสของเครื่องซักผ้า $\frac{2000}{220} = 9.1\text{ A}$

- ขนาดของสายไฟฟ้า 125%ของพิกัดกระแสโหลด

9.1x1.25 = 11.375A

เลือกใช้สาย THW ขนาด 2.5 sqmm.(18A)

- ขนาดท่อร้อยสาย

จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 1/2”

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 80%ของพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

18x0.8 = 14.4A

เลือกใช้ CB ขนาด = 15AT

ตัวอย่าง วงจรควบคุมหม้อต้มน้ำไฟฟ้า ขนาด 3500 W. 220V. 1 เครื่อง จงหาขนาดของสายไฟฟ้า THW และขนาดร้อยท่อสาย EMT และอุปกรณ์ป้องกันวงจร

พิกัดของหม้อต้มน้ำไฟฟ้า (จากโจทย์) 3500VA

กระแสของเครื่องซักผ้า $\frac{3500}{220} = 15.9A.$

- ขนาดของสายไฟฟ้า 125%ของพิกัดกระแสโหลด

15.9x1.25 = 19.875A.

เลือกใช้สาย THW ขนาด 4 sqmm.(24A)

- ขนาดท่อร้อยสาย

จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 1/2”

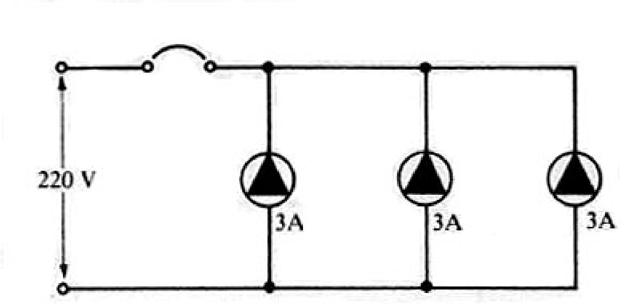
- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 80%ของพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

24x0.8 = 19.2A

เลือกใช้ CB ขนาด = 20AT / 50AF

<u>โหลดจุดต่อเต้ารับไฟฟ้าแบบใช้งานหนัก (Power Outlet)</u> ให้คิดตามจำนวนจุดของเต้ารับไฟฟ้าแบบใช้งานหนัก โดยคิดค่ากำลังไฟฟ้าจุดละ 3A (660 จุด / เต้ารับ)

<u>ตัวอย่าง</u>



โหลดรวมของวงจรย่อย 3+3+3 = 9A

กำลังไฟฟ้า 9x220 = 1980VA

- ขนาดของสายไฟฟ้า 125%ของพิกัดกระแสโหลด

9x1.25 = 11.25A

เลือกใช้สาย THW ขนาด 2.5 sqmm.(18A)

- ขนาดท่อร้อยสาย

จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 1/2”

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 80%ของพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

18x0.8 = 14.4A

เลือกใช้ CB ขนาด = 15AT

<u>โหลดจุดต่อเต้ารับไฟฟ้าทั่วไป (Receptacle)</u>

การพิจารณาในการวางตำแหน่งของเต้ารับไฟฟ้า ควรจะต้องพิจารณาดังนี้

- อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและสะดวกในการใช้งาน
- มีเต้ารับทุกห้อง ยกเว้นห้องน้ำ
- เต้ารับควรจะมีทุกๆ ระยะ 12 ฟุต (3.60เมตร)
- ในห้องครัวควรมีเต้ารับอย่างน้อย 3 จุด และควรแยกวงจรย่อยออกมาวงจรเต้ารับห้องอื่นๆ
- ความสูงของเต้ารับจากระดับพื้น โดยทั่วไปมักจะติดตั้งสูงจากระดับพื้น 0.30 เมตร

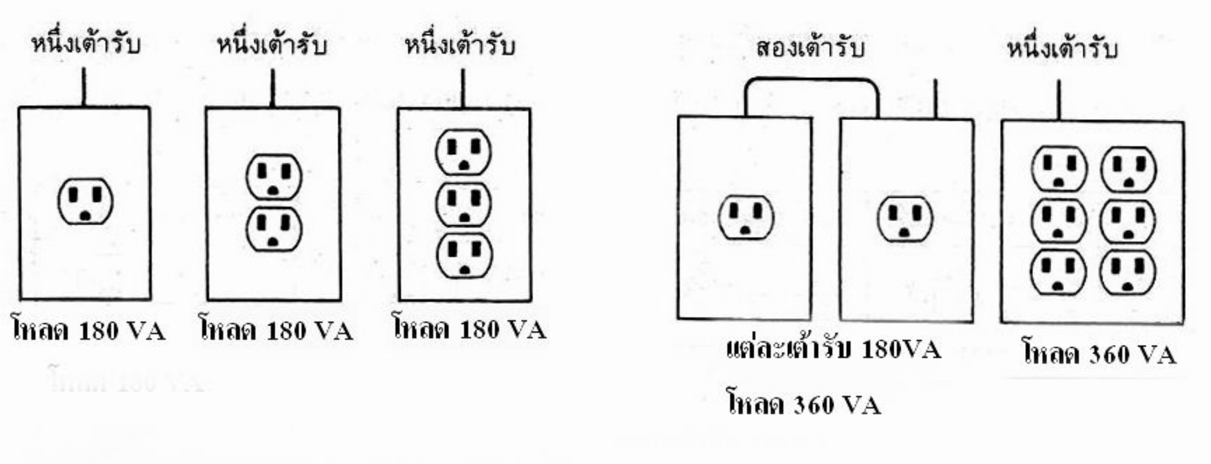
การคิดโหลดของเต้ารับไฟฟ้าทั่วไป ให้คิดจุดละ 180VA / เต้ารับ

ดังนั้น วงจรย่อยของ CB 10AT ต้องมีเต้ารับไม่เกิน 10 ตัว

วงจรย่อยของ CB 15AT ต้องมีเต้ารับไม่เกิน 15 ตัว

วงจรย่อยของ CB 20AT ต้องมีเต้ารับไม่เกิน 20 ตัว

ลักษณะของเต้ารับในการคิดค่าโหลดจะสามารถคิดได้ดังรูป



<u>ตัวอย่าง</u> วงจรย่อยมีเต้ารับไฟฟ้าทั่วไป (RECEPTACLE) 15 จุด จงหาขนาดของสายไฟฟ้า VAF เดินลอยเกาะบนผนังด้วยเข็มขัดรัดสาย และอุปกรณ์ป้องกันวงจร

พิกัดโหลดของเต้ารับรวม 15x180VA. = 2700VA.

กระแสของเต้ารับไฟฟ้า $\frac{2700}{220} = 12.27A.$

- ขนาดของสายไฟฟ้า 125%ของพิกัดกระแสโหลด

  12.27x1.25 = 15.3375A

  เลือกใช้สาย VAF ขนาด 2.5 sqmm.(20A)

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 80%ของพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

  20x0.8 = 16A

  เลือกใช้ CB ขนาด = 15AT

โหลดมอเตอร์ไฟฟ้า

ในที่นี้จะใช้การคำนวณเพื่อหาขนาดของสายป้อนและอุปกรณ์วงจรย่อยเท่านั้นไม่ได้คิดคำนวณในส่วนของวงจรควบคุมมอเตอร์แต่อย่างใด

การคำนวณโหลดของมอเตอร์ สิ่งที่ควรจะต้องทราบที่สำคัญ ก่อนคือ

- พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ ทั้งแบบเฟสเดียว และแบบสามเฟส ดูจากตารางที่ 7.7 และ 7.8

- ลักษณะการใช้งานของมอเตอร์ชนิดนั้น ว่าเป็นแบบทำงานต่อเนื่องหรือทำงานไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีผลต่อการเลือกใช้ค่าร้อยละของการหากระแสตัวนำของมอเตอร์ชนิดนั้น ดูได้จากตารางที่ 7.9

ตาราง 7.7 พิกัดกระแสโหลดของมอเตอร์ แบบเฟสเดียว.

กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์กระแสสลับเฟสเดียว

แรงม้า	220 V
1/6	2.3
1/4	3.0
1/3	3.8
1/2	5.1
3/4	7.2
1	8.4
1½	10.5
2	12.5
3	17.8
5	29.3
7½	41.8
10	52.3

ตารางที่ 7.8 พิกัดกระแสโหลดของมอเตอร์ แบบ 3 เฟส

กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส

แรงม้า	มอเตอร์อินดักชั่น แบบสไควเรลเคจและวาวด์โรเตอร์ (A)		มอเตอร์ซิงโครนัส เพาเวอร์แฟกเตอร์ 1.0 (A)	
	220 V	380 V	220 V	380 V
½	2.1	1.2		
¾	2.9	1.7		
1	3.8	2.2		
1½	5.4	3.1		
2	7.1	4.1		
3	10.0	5.8		
5	15.9	9.2		
7½	23.0	13.0		
10	29.0	17.0		

(ต่อ)

แรงม้า	มอเตอร์อินดักชั่น แบบสไควเรลเคจและวาวด์โรเตอร์ (A)		มอเตอร์ซิงโครนัส เพาเวอร์แฟกเตอร์ 1.0 (A)	
	220 V	380 V	220 V	380 V
15	44.0	25.0		
20	57.0	33.0		
25	71.0	41.0	55.0	32.0
30	84.0	49.0	66.0	38.0
40	109.0	63.0	87.0	50.0
50	136.0	79.0	109.0	63.0
60	161.0	93.0	129.0	75.0
75	201.0	116.0	162.0	94.0
100	259.0	150.0	211.0	122.0
125	326.0	189.0	264.0	153.0
150	376.0	218.0	316.0	189.0
200	502.0	291.0	418.0	242.0

มอเตอร์ซิงโครนัสที่มีเพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.9 และ 0.8 ให้คูณค่ากระแสในตารางด้วย 1.1 และ 1.25 ตามลำดับ

ตารางที่ 7.9 ค่าร้อยละของการคำนวณหาขนาดของกระแสตัวนำสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

ขนาดกระแสของตัวนำสำหรับมอเตอร์แบบไม่ใช้งานต่อเนื่อง

ประเภทการใช้งาน	ร้อยละของพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง			
	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 5 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 15 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 30 และ 60 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งานต่อเนื่อง
ใช้งานระยะสั้น เช่น มอเตอร์หมุนปิด-เปิดวาล์ว ฯลฯ	110	120	150	-
ใช้งานเป็นระยะ เช่น มอเตอร์เครื่องลิฟต์ มอเตอร์ปิด-เปิดสะพาน	85	85	90	140
ใช้งานเป็นคาบ เช่น มอเตอร์หมุนลูกกลิ้งบดที่หมุนกลับไปกลับมา ฯลฯ	85	90	95	140
ใช้งานไม่แน่นอน	110	120	150	200

<u>โหลดของมอเตอร์ตัวเดียว</u>

มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง

- ขนาดสายตัวนำ

ให้คิดค่าพิกัดกระแสของตัวนำที่ 125% ของพิกัดกระแสโหลดเต็มพิกัดของมอเตอร์ที่อ่านได้จากตารางที 7.7 และ 7.8

- ขนาดท่อร้อยสายไฟฟ้า

ให้ใช้ตารางที่ 7.5 ในการกำหนดเลือกขนาดของท่อร้อยสายไฟฟ้า

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน

ให้คิดที่ 80% ของพิกัดกระแสสูงสุดของสายไฟฟ้าตามชนิดและการติดตั้งของสายนั้น

มอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

ให้ตรวจสอบการใช้งานของมอเตอร์ก่อนว่าใช้งานในลักษณะใดตามตารางที่ 7.9 หากไม่ทราบก็ให้เลือกใช้ในช่องใช้งานไม่แน่นอน และมอเตอร์พิกัดทำงานต่อเนื่อง ก็คือใช้ค่า 200%

- ขนาดสายตัวนำ

ให้คิดค่าพิกัดกระแสของตัวนำตามตารางที่ 7.9 ของพิกัดกระแสโหลดเต็มพิกัดของมอเตอร์ ที่อ่านได้จากตารางที 7.7 และ 7.8

- ขนาดท่อร้อยสายไฟฟ้า

ให้ใช้ตารางที่ 7.5 ในการกำหนดเลือกขนาดของท่อร้อยสายไฟฟ้า

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน

ให้คิดที่ 80% ของพิกัดกระแสสูงสุดของสายไฟฟ้าตามชนิดและการติดตั้งของสายนั้น

<u>ตัวอย่าง</u> จงหาขนาดสายไฟฟ้า (THW) วงจรย่อย,ขนาดท่อร้อยสาย (EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ของมอเตอร์ทำงานต่อเนื่องขนาด 15HP , 380V , 3P

จากตารางที่ 7.8 จะได้

ค่ากระแสเต็มพิกัดโหลดของมอเตอร์ = 25A

- ขนาดของสายไฟฟ้า 125%ของพิกัดกระแสโหลดมอเตอร์

  25x1.25 = 31.25A

  เลือกใช้สาย THW ขนาด 10 sq.mm.(43A)

- ขนาดท่อร้อยสาย ใช้สายระบบ 3 เฟส สายขนาด 10sq.mm.จำนวน 4 สาย

  จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 1”

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 80%ของพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

  43x0.8 = 34.4A

  เลือกใช้ CB ขนาด = 35AT

<u>ตัวอย่าง</u> จงหาขนาดสายไฟฟ้า (THW) วงจรย่อย,ขนาดท่อร้อยสาย (EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ของมอเตอร์ขนาด 15HP , 380V , 3P โดยมอเตอร์ตัวนี้ทำงานเป็นปั๊มน้ำและจะทำงาน 15 นาที / ครั้ง

จากตารางที่ 7.8 จะได้

ค่ากระแสเต็มพิกัดโหลดของมอเตอร์ = 25A

- ขนาดของสายไฟฟ้า 85%ของพิกัดกระแสโหลดมอเตอร์ (จากตารางที่ 7.9)

  25x0.85 = 21.25A

  เลือกใช้สาย THW ขนาด 4 sq.mm.(24A)

- ขนาดท่อร้อยสาย ใช้สายระบบ 3 เฟส สายขนาด 4 sq.mm.จำนวน 4 สาย

  จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 3/4”

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 80%ของพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

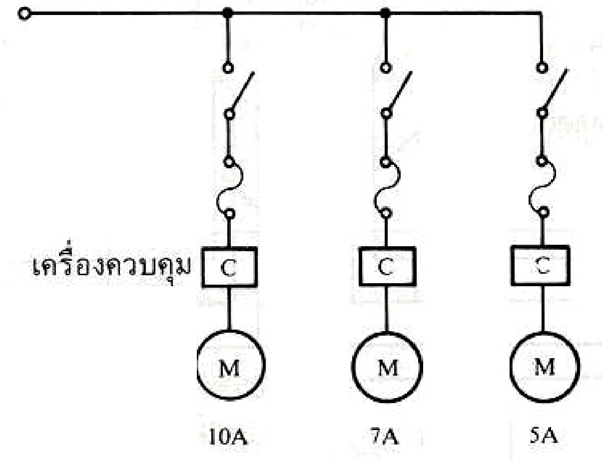
  24x0.8 = 19.2A

  เลือกใช้ CB ขนาด = 20AT

<u>โหลดของมอเตอร์หลายตัว</u> มีทั้งกรณีมอเตอร์มีขนาดเท่ากันและมอเตอร์มีขนาดต่างกัน

ตัวนำที่จ่ายกระแสให้กับมอเตอร์ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป จะต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าผลรวมของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ทุกตัว บวกกับ 125% ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่ใหญ่ที่สุดในวงจร ในกรณีที่มีมอเตอร์ใหญ่ที่สุดหลายตัวให้บวก 125% เพียงตัวเดียว

<u>ตัวอย่าง</u> จงหาขนาดสายป้อนไฟฟ้า (THW) ,ขนาดท่อร้อยสาย (EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ของมอเตอร์ดังรูป



- ขนาดของสายไฟฟ้า 125%ของพิกัดกระแสโหลดมอเตอร์ตัวที่ใหญ่ที่สุด บวกกระแสตัวอื่นๆ

(1.25x10)+7+5 = 24.5A

เลือกใช้สาย THW ขนาด 6 sq.mm.(31A)

- ขนาดท่อร้อยสาย ใช้สายระบบ 3 เฟส สายTHW ขนาด 6 sq.mm.(จำนวน 4 สาย)

จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 3/4”

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 80%ของพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

31x0.8 = 24.8A

เลือกใช้ CB ขนาด = 25AT

<u>โหลดเครื่องปรับอากาศ</u>

- ขนาดสายตัวนำ คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศชนิดหนึ่งอาจจะจัดให้อยู่ในกลุ่มของมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง (ใช้ค่าในตารางที่ 7.9)หรือใช้ค่าของมอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง (125%) ได้ ส่วนพิกัดกระแสของเครื่องปรับอากาศแต่ละขนาดสามารถหาได้จากตารางที่ 7.10

- ขนาดท่อร้อยสายไฟฟ้า ก็ใช้ตารางที่ 7.5

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน คิดที่ 80% ของพิกัดกระแสสูงสุดของสายไฟฟ้าตามชนิดและลักษณะการติดตั้งนั้น

ตารางที่ 7.10

ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 1 เฟส 230V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
1	12,000	1.50
1.5	18,000	1.70
2	24,000	2.60
3	36,000	4.20

ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 3 เฟส 400V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
4	48,000	6.12
5	60,000	7.83
6	72,000	9.74
7	84,000	12.18
8	96,000	12.97
9	108,000	14.02
10	120,000	16.45
12.5	150,000	18.82
15	180,000	22.90
20	240,000	35.54

ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 3 เฟส 400V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
25	300,000	50.35
30	360,000	55.75
35	420,000	57.92
40	480,000	70.43
50	600,000	92.93

ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศ Package (Air Cooled) 3 เฟส, 400V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
7.5	90,000	10.40
9	108,000	14.48
11	132,000	17.44
13	156,000	22.18
16	192,000	25.34
18	216,000	26.39

ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศ Package (Water Cooled) 3 เฟส, 400V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
5	60,000	7.90
7.5	90,000	8.42
10	120,000	11.65
15	180,000	17.51
20	240,000	23.56
25	300,000	32.91
30	360,000	40.15
35	420,000	52.65
45	540,000	62.53
55	660,000	77.01

ตัวอย่าง จงหาขนาดสายไฟฟ้า (THW) วงจรย่อย,ขนาดท่อร้อยสาย (EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt Type) ขนาด 40 ton 48,000BTU , 400V , 3P

จากตารางที่ 7.10 จะได้

ค่าพิกัดโหลดของเครื่องปรับอากาศ = 70.43 KVA. = 70,430 VA.

พิกัดกระแสของเครื่องปรับอากาศ = $\frac{70430}{400} = 176.075A.$

- ขนาดของสายไฟฟ้า 125%ของพิกัดกระแสของเครื่องปรับอากาศ

  176.075x1.25 = 220.1A

  เลือกใช้สาย THW ขนาด 150 sq.mm.(251A.)

- ขนาดท่อร้อยสาย ใช้สายระบบ 3 เฟส สาย THW ขนาด 4x150 sq.mm.

  จากตารางที่ 7.5 เลือกใช้ท่อขนาด 3”

- ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน 80%ของพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

  251x0.8 = 200.8A

  เลือกใช้ CB ขนาด = 200AT / 225AF

การหาขนาด BTU/H ของเครื่องปรับอากาศในบางครั้งก็มักจะต้องหาขนาดของเครื่องปรับอากาศโดยการประมาณเพื่อให้การคำนวณโหลดของเครื่องปรับอากาศทำได้ต่อไป

การหาขนาด BTU/H ของเครื่องปรับอากาศสามารถโดยการใช้ตารางและใช้วิธีการคำนวณดังนี้

ตารางที่ 7.11 การหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

การประมาณการโหลดสำหรับเครื่องปรับอากาศ*

(1 ตัน(ton) = 12000 BTU/H)

ประเภทธุรกิจ	ที่นั่ง/ton	พื้นที่ห้อง m^2/ton
ร้านขายของชำ		15-20
ซูเปอร์มาเก็ต		15-20
บาร์ ไนต์คลับ	5	
โรงภาพยนต์	10	
ร้านขายอาหาร	5	
ภัตตาคาร	6-8	
ร้านขายกาแฟ	6-8	
สำนักงานทั่วไป		20
ห้องทำงานส่วนตัว		20
อาคารสำนักงานชั้นบนสุดติดกับหลังคา		15
ร้านตัดผม		25
ร้านเสริมสวย		25
ธนาคาร		18

*ขนาดเครื่องปรับอากาศที่หาได้อาจเพิ่มอีก 20% สำหรับอาคารที่มีคนเข้าออกอยู่เป็นประจำ

ตัวอย่าง สำนักงานทั่วไปกว้าง 20 m ยาว 30 m ต้องใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเท่าใด

สำนักงานทั่วไปต้องการขนาดเครื่องปรับอากาศ 20 m^2/ton

$$\therefore \text{ ต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด } = \frac{20 \times 30}{20} = 30 \text{ ton}$$

$$= 12000 \times 30 \text{ BTU/H}$$

$$= 360000 \text{ BTU/H}$$

อีกวิธีหนึ่งสามารถคำนวณได้ โดย

พื้นที่ของห้อง (ตารางเมตร) x (650 ถึง 800) = ขนาดเครื่องปรับอากาศ (BTU/H)

หลังจากการคำนวณแล้วจะต้องนำค่าที่ได้ไปเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขายอยู่ในท้องตลาดจริงในตารางที่ 7.10

ตัวอย่าง จงหาโหลดเครื่องปรับอากาศ ห้องขนาดกว้าง 20 เมตร และ ยาว 30 เมตร

ขนาดเครื่องปรับอากาศ = 600 x 650 = 390000 BTU/H

การคำนวณในลักษณะนี้เป็นการคำนวณโดยประมาณเท่านั้น หากต้องการคำนวณให้ละเอียด จะต้องอาศัยข้อมูลประกอบอื่นๆ อีกมากที่นำมาใช้พิจารณาคำนวณหาค่าขนาดเครื่องปรับอากาศ

โหลดเครื่องเชื่อม

สามารถหาค่าต่างๆ ของเครื่องเชื่อมได้จากตารางที่ 7.12 ได้

ขนาดตัวนำวงจรย่อยเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและการเลือกขนาดอุปกรณ์ป้องกันสำหรับเครื่องเชื่อมอาร์กกระแสสลับ 220 V 1Ø 50 Hz

เครื่องเชื่อมไฟฟ้า (kVA)	พิกัดกระแส (A)	รอบทำงาน (%)	ขนาดกระแสตัวนำ (A)	เครื่องปลดวงจร (A)	เครื่องป้องกันกระแสเกินฟิวส์ หรือตัดตอนอัตโนมัติ (A)		ขนาดตัวนำ 75 °C (mm²)	
					สำหรับเครื่องเชื่อม	สำหรับตัวนำ	ในอากาศ	ในท่อ
5	22.7		12.5	30	-	30	2.5	2.5
6.2	28.2		15.5	60	-	40	4	4
10	45.5		25	60	-	60	6	6
15	68.2	30	37.5	100	-	90	10	10
20	90.9		50	200	-	125	10	16
24	109.1		60	200	-	125	10	16
24.5	111.4		61	200	-	125	10	16
5	22.7		14.3	30	-	30	2.5	2.5
6.2	28.2		17.8	60	-	40	4	4
10	45.5		28.7	60	-	60	6	6
15	68.2	40	43	100	-	90	10	10
20	90.9		57.3	200	-	125	10	16
24	109.1		68.7	200	-	160	16	25
24.5	111.4		70.2	200	-	160	16	25
5	22.7		16.2	60	-	40	4	4
6.2	28.2		20	60	-	40	4	4
10	45.5		32.3	100	-	90	10	10
15	68.2	50	48.4	200	-	125	10	16
20	90.9		64.6	200	-	160	16	25
24	109.1		77.5	200	-	160	16	25
24.5	111.4		79.1	200	-	160	16	25
5	22.7		17.7	60	-	40	4	4
6.2	28.2		22	60	-	50	6	6
10	45.5		35.5	100	-	90	10	10
15	68.2	60	53.2	200	-	125	10	16
20	90.9		70.9	200	-	160	16	25
24	109.1		85.1	200	-	200	25	35
24.5	111.4		86.9	200	-	200	25	35
5	22.7		22.7	60	40	50	6	6
6.2	28.2		28.2	60	50	60	6	6
10	45.5		45.5	200	90	125	10	16
15	68.2	100	68.2	200	125	160	16	25
20	90.9		90.9	200	175	200	25	35
24	109.1		109.1	400	200	250	35	50
24 5	111.4		111.4	400	200	250	35	50

7.6 การทำตารางโหลด (Load Schedule)

เมื่อทำการออกแบบวงจรย่อยและสายของวงจรย่อยแล้วผู้ออกแบบจะต้องจัดทำตารางโหลดโดยการพิจารณาต่อวงจรย่อยเข้ากับแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย ซึ่งมีกฎเกณฑ์โดยทั่วไปๆ ไปดังนี้

1. ในแต่ละแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย จะต้องมีวงจรสำรอง (Spare) เพื่อรองรับการเพิ่มโหลดในอนาคต วงจรสำรองจะมีขนาดเท่าไรขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ โดยจะกำหนดขนาดโหลด , ขนาดของ CB , ขนาดของสายและท่อร้อยสายลงไปในตารางโหลดด้วย ซึ่งค่าของโหลดจะมีผลต่อการคิดหาสายป้อนของแผงควบคุมไฟฟ้าย่อยและ CB ป้องกัน หาวงจรที่ออกแบบกำหนดจนครบแล้ว วงจรย่อยที่เหลือจะเรียกว่า วงจรว่าง (Space) เป็นวงจรที่ยังไม่ใช้งานและจะไม่มีการกำหนดขนาดของ CB , ขนาดของสายไฟฟ้าและท่อร้อยสาย ทั้งนี้หากมีการใช้งานในวงจรว่างดังกล่าวจะต้องคำนวณโหลดรวมของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยด้วยว่ามีผลกระทบต่อขนาดสายป้อนและขนาด CB ของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยด้วย

วงจรย่อยใช้งาน (Active Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่จ่ายโหลดจริงๆ จึงมีทั้งค่าโหลดเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดสายวงจรย่อย

วงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่คาดว่าจะใช้ในอนาคตจะมีเฉพาะค่าโหลด และเซอร์กิต เบรกเกอร์ แต่ไม่มีสายวงจรย่อย

วงจรย่อยว่าง (Space Branch Circuit) คือ ช่องว่างที่จะใส่เซอร์กิตเบรกเกอร์ในอนาคต

โดยทั่วไปจะใช้วงจรย่อยดังต่อไปนี้

วงจรย่อยใช้งาน (Active Branch Circuit)	60% - 80%	ของวงจรย่อยในแผง
วงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit)	10% - 20%	ของวงจรย่อยในแผง
วงจรย่อยว่าง (Space Branch Circuit)	10% - 20%	ของวงจรย่อยในแผง

2. ในการคำนวณเพื่อทำตารางโหลดให้ทำดังนี้

- เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ คิดโหลดที่อัตรากำหนดหรือจากแผ่นป้าย (Rated Load)
- เต้ารับไฟฟ้าทั่วไป (Receptacle) คิดค่ากระแส 1 แอมแปร์ (220VA) ต่อจุด
- วงจรสำรอง (Spare) คิดว่าจ่ายโหลดไฟเหมือนกับวงจรทั่วๆ ไป
- ถ้ามีวงจรย่อยมากเกินกว่า 42 วงจร ต้องแยกวงจรย่อยออกเป็นแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 2 ชุด

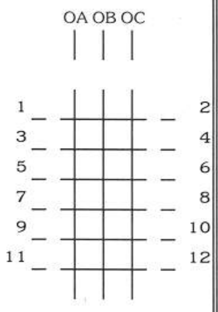
3. ในกรณีที่เป็นไฟฟ้า 3 เฟส พยายามจัดแบ่งโหลดให้เท่ากันทุกเฟส ทั้งนี้เพื่อให้กระแสที่จ่ายไปยังโหลดแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงกัน และการหาขนาดสายป้อนจะหาขนาดสายป้อนได้เหมาะสมกับโหลดที่ใช้งาน

PANEL BOARD LOAD SCHEDULE
PANEL NO. : LP1
CONNECTED TO : MDB

PROJECT :
LOCATION :
CAPACITY : 12 cct

CCT NO.	DESCRIPTION	LOAD (VA) PHASE A	PHASE B	PHASE C	CB P	CB AT	CABLE	TYPE.	COND.
1	Lighting	800			1	10	2x1.5	THW	1/2"
3	Lighting		800		1	10	2x1.5	THW	1/2"
5	Lighting			800	1	10	2x1.5	THW	1/2"
7	Lighting	800			1	10	2x1.5	THW	1/2"
9	Lighting		800		1	10	2x1.5	THW	1/2"
11	Spare			500	1	10	2x1.5	THW	1/2"
2	Receptacle	1100			1	15	2x2.5	THW	1/2"
4	Receptacle		1100		1	15	2x2.5	THW	1/2"
6	Receptacle			1100	1	15	2x2.5	THW	1/2"
8	Spare	1500			1	15	2x2.5	THW	1/2"
10	Spare		1500		1	15	2x2.5	THW	1/2"
12	Spare			1500	1	15	2x2.5	THW	1/2"
	VA / PHASE	4,200	4,200	3,900					
	TOTAL	12,300 VA.							

CIRCUIT DIAGRAM



MAIN CIRCUIT BREAKER : 25AT / 100AF
BRANCH CIRCUIT BREAKER IC 25 KA AT 240 V
MAIN CABLE : THW 4x6 sqmm. 3/4" EMT

7.7 การหาขนาดสายป้อนและขนาด CB

ขั้นตอนในการคำนวณหาขนาดสายป้อนทำได้ดังนี้

1. รวมโหลดในทุกวงจรย่อย จะได้โหลดทั้งหมดของแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย ซึ่งจะนำมาคำนวณหาขนาดสายป้อน

2. ใช้ค่าโหลดมาคำนวณหาขนาดสายป้อนและขนาด CB โดย

- ขนาดสายป้อน = 125% x พิกัดกระแส
- ขนาด CB = 80%xพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

การคำนวณทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 : ใช้ค่าโหลด 1 เฟส โดยจะใช้ค่าโหลดที่สูงที่สุดของเฟส

สูตร $I = \frac{VA}{V}$ 1 เฟส

จากตารางโหลด ใช้เฟส A , โหลด=4200VA

$I = \frac{4200}{220} = 19.09$ A

- ขนาดสายป้อน = 125% x พิกัดกระแส

= 1.25x19.09 = 23.86A

จากตารางได้ขนาดสาย THW 4 sqmm.(24A)

เลือกใช้ขนาดสาย THW 6 sqmm.(31A) (เผื่ออนาคต)

- ขนาด CB = 80%xพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

= 0.8x31 = 24.8A

เลือกใช้ CB ขนาด 25AT / 100AF , 3P

วิธีที่ 2 : ใช้ค่าโหลด 3 เฟส โดยจะใช้ค่าโหลดรวมของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย

สูตร $I = \frac{VA}{\sqrt{3}xV}$ 3 เฟส

จากตารางโหลด ใช้เฟส A , โหลด=12,300VA

$I = \frac{12,300}{\sqrt{3}x380} = 18.68\ A$

- ขนาดสายป้อน = 125% x พิกัดกระแส

= 1.25x18.68 = 23.35A

จากตารางได้ขนาดสาย THW 4 sqmm.(24A)

เลือกใช้ขนาดสาย THW 6 sqmm.(31A) (เผื่ออนาคต)

- ขนาด CB = 80%xพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

= 0.8x31 = 24.8A

เลือกใช้ CB ขนาด 25AT / 100AF , 3P

3. การลดขนาดสายป้อน ในการคำนวณเพื่อลดขนาดสายป้อน ผู้ออกแบบสามารถใช้ตัวคูณความต้องการใช้ไฟฟ้า (Demand factor) เพื่อลดขนาดของสายป้อน

การใช้ตัวคูณความต้องการใช้ไฟฟ้าอาศัยหลักความจริงที่ว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ไม่ได้ใช้งานพร้อมกัน และค่าของโหลดแสงสว่างจากการประมาณการใช้งานโดยทั่วไปจะมีค่าสูงกว่าโหลดจริง ตัวคูณความต้องการใช้ไฟฟ้านี้จะใช้ได้กับโหลดแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็กในอาคารเท่านั้น ห้ามใช้กับอุปกรณ์ที่กินกระแสมากๆ และมีระยะเลาในการใช้งานนานเกินกว่า 30 นาที เช่น เครื่องปรับอากาศ , เตาไฟฟ้า เป็นต้น ค่าตัวคูณความต้องการใช้ไฟฟ้านี้ สามารถใช้ลดขนาดของสายป้อน แต่ห้ามใช้เพื่อการลดขนาดของสายวงจรย่อย

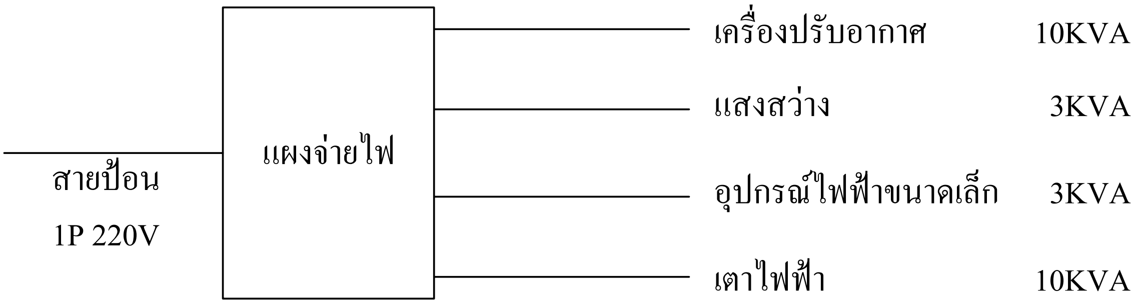
ตารางแสดงค่าตัวคูณความต้องการใช้ไฟฟ้า (Demand factor) (ว.ส.ท.)

ชนิดของอาคาร	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (VA)	ตัวคูณลดขนาด (%)
อาคารที่พักอาศัย (ยกเว้นโรงแรม)	2,000 แรก	100
	เกิน 2,000	35
โรงพยาบาล *	50,000 แรก	40
	ที่เกิน 50,000	20
โรงแรมรวมถึงแฟลต ที่ไม่มีการทำอาหาร	20,000	50
	20,001 – 100,000	40
	ที่เกิน 100,000	30
อาคารประเภทอื่น	โหลดทั้งหมด	100

* ค่าตัวคูณตามตารางนี้ห้ามใช้สำหรับสายป้อนในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาล หรือ โรงแรม ซึ่งบางขณะไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องใช้พร้อมกัน เช่น ในห้องผ่าตัด ห้องอาหาร หรือห้องโถง

<u>ตัวอย่าง</u>

สมมุติอพาตเมนต์อยู่อาศัยมีโหลดต่างๆ จากการประมาณการตามลักษณะการใช้งานและพื้นที่ ดังแสดงในแผงจ่ายไฟต่อไปนี้



จากโหลดต่างๆ ที่แสดงจะเห็นได้ว่า โหลดที่สามารถลดขนาดโดยตัวคูณความต้องการใช้ไฟฟ้าได้มี 2 ชนิดคือ แสงสว่าง และอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก ส่วนเครื่องปรับอากาศและเตาไฟฟ้าไม่สามารถใช้ตัวคูณลดได้

โหลดที่ลดขนาดมีค่า = โหลดแสงสว่าง + โหลดอุปกรณ์ไฟฟ้า

= 3KVA + 3KVA

= 6KVA

จากตารางค่าตัวคูณความต้องการใช้ไฟฟ้า (Demand factor) 3

2,000 VA แรก คิด 100% = 2,000 VA

เกิน 2,000 VA คิด 35% = 4,000x0.35 = 1,400 VA

รวมโหลดหลังคิดตัวคูณลด= 3,400 VA

ดังนั้นโหลดรวมของอพาตเมนต์นี้คือ = 10,000+10,000+3,400 = 23,400VA

ใช้วิธีที่ 1 : ใช้ค่าโหลด 1 เฟส โดยจะใช้ค่าโหลดที่สูงที่สุดของเฟส

สูตร $I = \frac{VA}{V}$ 1 เฟส

จากโหลด =23,400VA

$I = \frac{23,400}{220} = 106.36$ A

- ขนาดสายป้อน = 125% x พิกัดกระแส

= 1.25x106.36 = 132.95A

จากตารางได้ขนาดสาย THW 70 sqmm.(148A)

- ขนาดท่อร้อยสาย สาย THW 2x70 sq.mm.

จากตาราง เลือกขนาดท่อ 1-1/2”

- ขนาด CB = 80%xพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

= 0.8x148 = 118.40A

เลือกใช้ CB ขนาด 125AT / 225AF , 2Pole

7.8 การหาขนาดอุปกรณ์ป้องกันในตู้ MDB , หม้อแปลงไฟฟ้าและสายประธาน

เมื่อทำการทำตารางโหลดของแผงควบคุมไฟฟ้าย่อยในแต่ละแผงเสร็จสิ้นลงในส่วนที่จะต้องทำต่อมาคือการหาขนาดของอุปกรณ์ป้องกัน CB ในตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก (MDB) ซึ่งขนาดของ CB ย่อยในตู้ MDB เท่ากันกับขนาดของ CB ที่อยู่ในแผงควบคุมไฟฟ้าย่อยที่ควบคุมอยู่นั้น ส่วนขนาดของ Main CB ของ MDB จะหาได้โดยการทำตารางโหลดของตู้ MDB เพื่อหาค่าโหลดรวมของทั้งอาคารก่อน โดยจะต้องใช้ค่าโหลดจริงทั้งหมดของอาคารเท่านั้น ห้ามใช้โหลดที่คูณตัวลดมาใช้เป็นอันขาด ตารางโหลดของตู้ MDB จะมีลักษณะดังรูป

MAIN DISTRIBUTION BOARD SCHEDULE

PROJECT : M-PLAZA
LOCATION : FLOOR 1

LOAD PANEL	LOAD (VA)			CB			WIRE SIZE sq.mm	TYPE.	CONDUIT DIAMETER or WIRE WAY or CABLE TRAY
	PHASE A	PHASE B	PHASE C	AT (A)	AF (A)	IC (KA)			
LP1	4200	4200	3900	25	100	25	4x6	THW	3/4"EMT
LP2	6000	6200	6500	35	100	25	4x10	THW	1" EMT
LP3	4500	4000	4200	25	100	25	4x6	THW	3/4"EMT
LP4	8500	8500	8500	50	100	25	4x16	THW	1-1/4"EMT
LP5	5500	5500	5500	35	100	25	4x10	THW	1" EMT
LP6	6000	6200	6000	35	100	25	4x10	THW	1" EMT
LP7	4500	4200	4400	25	100	25	4x6	THW	3/4"EMT
LP8	6200	6000	6100	35	100	25	4x10	THW	1" EMT
LP9	4500	4500	4200	25	100	25	4x6	THW	3/4"EMT
SPARE	4500	4500	4500	25	100	25	4x6	THW	3/4"EMT
SPARE	4500	4500	4500	25	100	25	4x6	THW	3/4"EMT
TOTAL	58900	58300	58300						
		175500							

จากตารางโหลดของตู้ MDB จะเห็นว่ามีตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยจำนวน 9 ตู้และมีการสำรองวงจรให้สามารถเผื่อโหลดในอนาคตด้วย

ในการหาขนาดของ Main CB จะสามารถทำได้เหมือนกับการหาขนาด CB ของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยโดยหลักการคือ

- ขนาดสายป้อน = 125% x พิกัดกระแส
- ขนาด CB = 80% x พิกัดกระแสสูงสุดของสาย

และวิธีการหาก็สามารถใช้ได้ทั้งวิธี 1 เฟส และ 3 เฟส

ตัวอย่าง

จากตารางโหลดของตู้ MDB จงหาขนาดสายประธานและขนาด Main CB

วิธีทำ

1.หาวิธี 1 เฟส โดยใช้โหลดสูงที่สุด ได้แก่ เฟส A = 58,900VA

สูตร $I = \frac{VA}{V}$ 1 เฟส

$$I = \frac{58,900}{220} = 267.72\ A$$

- ขนาดสายป้อน = 125% x พิกัดกระแส

= 1.25x267.72 = 334.65A

จากตารางได้ขนาดสาย THW 240 sq.mm.(344A) จำนวน 4 เส้น

- ขนาดท่อร้อยสาย สาย THW 4x240 sq.mm.

  จากตาราง เลือกขนาดท่อ 3-1/2”

- ขนาด CB = 80%xพิกัดกระแสสูงสุดของสาย

  = 0.8x344 = 275.20A

  เลือกใช้ CB ขนาด 300AT / 400AF , 3Pole

<u>การกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า</u>

การกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า สามารถกำหนดได้จากค่าพิกัดโหลดรวมของตู้ MDB ได้โดยผู้ออกแบบสามารถกำหนดขนาดให้เหมาะสมตามสภาพการใช้งานจริงของอาคาร ในกรณีต้องการเผื่อขนาดหม้อแปลงก็พิจารณาจากอาคารและสามารถกำหนดขนาดได้จากขนาดของหม้อแปลงที่มีขายในท้องตลาดและตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ แต่หากเผื่อมากไปก็จะมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่มากขึ้นตามไปด้วย

หากมีการกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ แล้วจะต้องกำหนดขนาดสายประธานตามกฎของการไฟฟ้าฯ ด้วย ซึ่งสามารถกำหนดได้ดังตาราง

ตารางขนาดหม้อแปลงฟ้าและขนาดสายประธาน ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ขนาดหม้อแปลง KVA	พิกัดกระแสสูงสุด A	สายทองแดงหุ้มฉนวน THW (เดินลอยในอากาศ)				สายอลูมิเนียมหุ้มฉนวน TWA (เดินลอยในอากาศ)			
30	43.3	4x16				4x35			
50	72.2	4x35				4x50			
100	144.3	4x70	8x35			4x95	8x50		
160	230.9	4x120	8x50			4x185	8x70		
200	288.7	4x150	8x70			4x185	8x95		
250	360.8	4x185	8x95	12x50		4x240	8x120	12x70	
315	454.7	4x240	8x120	12x70		4x400	8x185	12x95	
400	577.3	4x400	8x150	12x95		4x500	8x185	12x120	
500	721.7	4x500	8x185	12x120			8x240	12x185	
630	909.3		8x240	12x150	16x120		8x400	12x185	16x185
800	1154.7		8x400	12x240	16x185		8x500	12x300	16x240
1000	1443.4		8x500	12x300	16x240			12x400	16x30

จากตารางเป็นขนาดของสายประธานที่การไฟฟ้ากำหนดให้ต้องติดตั้งสายตามขนาดนี้ ซึ่งจะมีขนาดที่สามารถรองรับกระแสของหม้อแปลงไฟฟ้าได้สูงกว่า ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันสายประธานที่ต้องรับกระแสสูงมากในกรณีเกินการลัดวงจรและเผื่อไว้กรณีสายประธานมีระยะทางที่ไกล (หากไกลมากต้องระวังในเรื่องแรงดันฟ้าตกด้วย)

ตัวอย่าง

จากตารางโหลดของตู้ MDB จงหาขนาดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าและสายประธานตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ

วิธีทำ

จากโหลดรวมของตู้ MDB มีค่า = 175,500VA = 175KVA

- เลือกใช้หม้อแปลงขนาด 200KVA (เผื่ออนาคต)
- ใช้สายประธานขนาด THW 4x150 sqmm. (เดินลอยในอากาศ) หากติดตั้งสายประธานแบบอื่น เช่น ร้อยท่อ , ฝังใต้ดิน ให้ตรวจสอบพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง

การกำหนดขนาดมิเตอร์ไฟฟ้า

การกำหนดขนาดของมิเตอร์ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกับการกำหนดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า คือต้องดูขนาดพิกัดโหลดของอาคารและการเผื่ออนาคตว่าจะต้องมีการเพิ่มโหลดอีกหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดและสะดวกในการเพิ่มเติมโหลดในอนาคตโดยไม่ต้องเปลี่ยนสายประธานใหม่

การเลือกใช้มิเตอร์จะใช้กับอาคารที่มีพิกัดโหลดที่ไม่มากนัก โดยตามมาตรฐานคือ ไม่เกิน 100A แต่หากเกินกว่านี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องดำเนินการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า

ขนาดของมิเตอร์และสายประธานสามารถเลือกใช้ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ ดังตาราง

ตารางขนาดของมิเตอร์และสายประธาน

ขนาดมิเตอร์ 1P,2W,220V	ขนาดโหลด (A)	ขนาดสายที่ต่อเข้ามิเตอร์		ขนาดสายที่ต่อออกมิเตอร์	
		สายอลูมิเนียม	สายทองแดง	สายอลูมิเนียม	สายทองแดง
3 (9)	5	16	6	10	4
5 (15)	5-10	16	6	10	4
10 (30) , 15 (45)	10-20	16	10	16	10
15 (45) , 20 (40)	20-30	25	10	25	10
30 (60) , 30 (100)	30-50	35	35	35	35
30 (100) , 50(100)	50-100	50	50	50	35

ขนาดมิเตอร์ 3P,4W,380V	ขนาดโหลด (A)	ขนาดสายที่ต่อเข้ามิเตอร์		ขนาดสายที่ต่อออกมิเตอร์	
		สายอลูมิเนียม	สายทองแดง	สายอลูมิเนียม	สายทองแดง
10 (30) , 15 (45)	10-20	16	10	16	10
15 (45) , 20 (40)	20-30	25	10	25	10
30 (60) , 30 (100)	30-50	35	35	35	35
30 (100) , 50(100)	50-100	50	50	50	35

แบบฝึกหัดบทที่ 7

1. วงจรย่อยวงจรหนึ่งมีหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36W จำนวน 30 หลอด จงหาขนาดสายวงจรย่อย (สาย THW เดินในท่อ EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB)

2. วงจรย่อยวงจรหนึ่งมีเต้ารับไฟฟ้ากำลัง จำนวน 10 จุด จงหาขนาดสายวงจรย่อย (สาย THW เดินในท่อ EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB)

3. วงจรย่อยวงจรหนึ่งมีเต้ารับไฟฟ้าทั่วไป จำนวน 30 จุด จงหาขนาดสายวงจรย่อย (สาย VAF เดินรัดเข็มขัดรัดสาย) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB)

4. จงหาขนาดสายไฟฟ้า (THW) วงจรย่อย,ขนาดท่อร้อยสาย (EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ของมอเตอร์ขนาด 25HP , 380V , 3P โดยมอเตอร์ตัวนี้ทำงานเป็นลิฟต์และจะทำงาน 5 นาที / ครั้ง

5. จงหาขนาดสายไฟฟ้าป้อน (THW) วงจรย่อย ,ขนาดท่อร้อยสาย (EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ของมอเตอร์ต่อกันหลายตัว 3P,380V ขนาด 25HP , 10HP , 15HP โดยมอเตอร์ทุกตัวทำงานเป็นแบบต่อเนื่อง

6. จงหาขนาดสายไฟฟ้า (THW) วงจรย่อย ,ขนาดท่อร้อยสาย (EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 20 ตันความเย็น 3 เฟส 400V.

7. จงหาขนาดสายไฟฟ้า (THW) วงจรย่อย ,ขนาดท่อร้อยสาย (EMT) และขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (CB) ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 10KVA , 40 รอบการทำงาน