**หน่วยที่ 1**

**หลักการพื้นฐานของการออกแบบระบบไฟฟ้า**

**บทเรียน เรื่อง หลักการเบื้องต้นการออกแบบระบบไฟฟ้า**

**จุดประสงค์การสอน**

1.1 รู้หลักการเบื้องต้นการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.1.1 บอกงานการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.1.2 บอกการออกแบบระบบไฟฟ้าที่ดี

1.1.3 บอกข้อกำหนดมาตรฐานในการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.1.4 ระบุสัญลักษณ์ในแบบไฟฟ้า

1.1.5 บอกลักษณะแบบไฟฟ้า

**1.1 หลักการเบื้องต้นการออกแบบระบบไฟฟ้า**

การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การพัฒนาแบบแปลน หรือ วิธีการเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าจากจุดจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ไปยังอุปกรณ์ใช้กำลังไฟฟ้าต่าง ๆ หรือว่าจ่ายสัญญาณไฟฟ้า จากจุดรับสัญญาณไฟฟ้านั้น ๆ ไปยังอุปกรณ์ใช้งาน

การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่กว้างขวาง ต้องการข้อมูลมากมายเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ระบบและอุปกรณ์ที่เหมาะสม ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเป็นผู้ใฝ่รู้และมีความสนใจในวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากงานออกแบบระบบไฟฟ้านั้นผู้ออกแบบจะต้องมีความรับผิดชอบงานด้านต่าง ๆ เพื่อให้ได้แบบของระบบไฟฟ้าที่ดี มีความถูกต้อง และปลอดภัยในการใช้งาน

**1.1.1 งานการออกแบบระบบไฟฟ้า**

งานของการออกแบบระบบไฟฟ้า ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบงานอยู่หลายระบบ โดยอาจแยกออกได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบไฟฟ้าสื่อสาร

งานของระบบไฟฟ้ากำลังที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบ ได้แก่

1. ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Distribution System)
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System)
3. ระบบไฟฟ้าสำรอง (Standby Power System)
4. ระบบแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉิน (Emergency Lighting and Exit Sing)
5. ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection System)
6. ระบบการขนส่งแนวดิ่ง (Vertical Transportation System)

งานของระบบไฟฟ้าสื่อสารที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบ ได้แก่

1. ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)
2. ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System)
3. ระบบสัญญาโทรทัศน์ (Television System)
4. ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System)
5. ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Close Circuit Television System)
6. ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System)
7. ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System)
8. ระบบภาพและเสียง (Audio and Visual System)

สำหรับหน้าที่ของผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า ได้แก่

1. พัฒนาแบบระบบไฟฟ้า เพื่อให้สามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอและมีความปลอดภัย ในการใช้งาน
2. ออกแบบระบบไฟฟ้าให้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ
3. ทำการออกแบบ ตามความต้องการของเจ้าของงาน
4. ติดต่อประสานงาน และให้ความร่วมมือกับผู้ออกแบบระบบอื่น ๆ เพื่อให้อาคารสามารทำงานได้ตามวัตถุประสงค์
5. เขียนรายละเอียดข้อกำหนดต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้า
6. ทำการประมาณราคา

**1.1.2 การออกแบบระบบไฟฟ้าที่ดี**

แบบระบบไฟฟ้าที่ดีนั้นจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. ความปล อดภัย (Safety)

ระบบไฟฟ้ากำลังที่ออกแบบต้องให้ความปลอดภัยอย่างสูงต่อผู้ปฏิบัติงาน ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า และต่อสถานที่ การที่ระบบไฟฟ้าจะสามารถให้ความปลอดภัยอย่างสูงได้นั้นผู้ออกแบบจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มาตรฐานที่ใช้กันมากคือ National Code (NEC) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และต้องปฏิบัติตามาตรฐานของประเทศ และข้อกำหนดของทางการไฟฟ้าท้องถิ่นด้วยในด้านกานออกแบบ การติดตั้งวัสดุ การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้และการจัดอุปกรณ์ป้องกันวิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบจะต้องเข้าใจในรายละเอียดของข้อกำหนดต่าง ๆ เป็นอย่างดี และรู้ถึงสถานประกอบการที่ออกแบบ กระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อที่จะสามารถออกแบบระบบไฟฟ้าให้มีความปลอดภัย

2. ค่าลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำสุด (Minimum Initial Investment)

งบประมาณของเจ้าของโครงการเป็นตัวกำหนดที่สำคัญของโครงการว่าผู้ออกแบบควรเลือกระบบใด อย่างไรก็ดีจะต้องคะนึงถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ การที่จะสามารถลดค่าการลงทุนเริ่มแรกได้นั้นจะต้องพิจารณาถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า การติดตั้ง พื้นที่ว่างที่ต้องใช้ ค่าเริ่มต้นของการใช้จ่ายต่าง ๆ และอื่น ๆ

3. ระบบไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง (Maximum Service Continuity)

ระดับของความต้องการไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของโหลด สถานประกอบการ และกระบวนการผลิต เช่น สำนักงานขนาดเล็กอาจจะยอมให้ไฟฟ้า ดับได้หลายชั่วโมง ส่วนสำนักงานขนาดใหญ่หรือโรงงานขนาดใหญ่จะยอมให้ไฟดับได้ ในระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น แต่โรงพยาบาลมีโหลดสำคัญอยู่มากยอมให้ไฟฟ้าดับได้เพียงแค่ไม่เกิน 10 วินาที สำหรับโหลดคอมพิวเตอร์นั้นไม่ยอมให้ไฟฟ้าขาดหายไปเลย เป็นต้น

เราสามารถทำให้มีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องได้ดีขึ้นและมีความเชื่อถือได้สูงขึ้นโดย

- จัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังจากหลายแห่ง

- จัดให้มีเส้นทางการต่อไปยังโหลดไฟฟ้าได้หลายเส้นทางมากขึ้น

- จัดหาแหล่งที่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของตนเอง เช่น มีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง แบตเตอรี่สำหรับจ่ายระบบไฟฟ้า ระบบ UPS (Uninterruptible Power Supply)

- เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง

- เลือกใช้วิธีการติดตั้งที่ดีที่สุด เช่น สายไฟควรอยู่ในท่อสาย (Raceway)

4. ระบบไฟฟ้าจะต้องมีความคล้องตัวสูงและสามารถขยายโหลดได้ (Maximum Flexibility and Expandability)

เนื่องจากสถานประกอบการส่วนมากจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้โหลดไฟฟ้าเรื่อย ๆ ระบบการจ่ายไฟฟ้าจะต้องสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้

นอกจากนี้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเผื่อระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับรองรับการขยายโหลดในอนาคต โดยอาจจะเพิ่มขนาดของหม้อแปลงและสายป้อนต่าง ๆ รวมทั้งเพิ่มอุปกรณ์ป้องกันด้วย

5. ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Electrical Efficiency) ค่าปฏิบัติทางไฟฟ้าต่ำสุด (Minimum Operating Costs)

ระบบไฟฟ้าที่จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในระบบจะต้องมีกำลังสูญเสียน้อย ดังนั้น วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ดี เช่น หม้อแปลงกำลังสูญเสียต่ำ มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง บัลลัสต์กำลังสูญเสียต่ำ เป็นต้น แม้ว่าอุปกรณีดังกล่าวจะมีค่าเริ่มต้นสูง แต่ค่าปฏิบัติการจะต่ำซึ่งจะคุ้มทุนเมื่อเวลาผ่านไฟช่วงหนึ่ง นอกจากนี้ระบบไฟฟ้าจะต้องสามารถปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น มีตัวประกอบกำลังสูง เป็นต้น

6. ค่าบำรุงรักษาต่ำสุด (Minimum Maintenance Cost)

ในระบบไฟฟ้านั้นยิ่งระบบมีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และสามารถปรับสภาพต่าง ๆ ได้มากเท่าไรราคาในการบำรุงรักษาก็จะยิ่งมากตามไปด้วย ดังนั้นในระบบไฟฟ้าจึงควรออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้าหมุนเวียนกันที่จะจ่ายกำลังให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถทำการบำรุงรักษาเครื่องหนึ่งในขณะที่ใช้งานอีกเครื่องหนึ่งได้ ทั้งนี้ควรเลือกระบบที่ต้องใช้ค่าบำรุงรักษาน้อย แต่ถ้าระบบซับซ้อนขึ้นก็อาจจะมีค่าการบำรุงรักษามากขึ้นตามไปด้วย

7. คุณภาพกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Quality)

ในอดีตการมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด ปัจจุบันการมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องก็ยังสำคัญอยู่ แต่ไฟฟ้าที่มีใช้นั้นจะต้องมีคุณภาพที่ดี เช่น แรงดันไฟฟ้าต้องมีค่าสม่ำเสมอ กระแสและแรงดันไฟฟ้ามีฮาร์มอนิกน้อย เป็นต้น วิศวกรไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงข้อนี้อยู่เสมอในระหว่างการออกแบบระบบไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะมีความสัมพันธ์กันหรืออาจจะมีความขัดแย้งกันในบางหัวข้อ ยิ่งเราออกแบบให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพ การจ่ายโหลดอย่างต่อเนื่องสามารถปรับสภาพต่าง ๆ หรือการเผื่อการขายได้มากเท่าไร ค่าการลงทุนเริ่มแรกหรือค่าการบำรุงรักษาก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นผู้ออกแบบจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยพื้นฐาน ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้และโหลดต่าง ๆ ว่าควรจะใช้ขนาดเท่าไร ชนิดไดจึงจะเหมาะสม

**1.1.3 มาตรฐานในการออกแบบระบบไฟฟ้า**

ในการออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องออกแบบตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ ซึ่งแบบออกได้เป็น 2 อย่างคือ

- มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า

- มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

ซึ่งมาตรฐานแต่ละอย่าง แบ่งออกได้อีก 2 อย่างคือ

- มาตรฐานประจำชาติ (National Standards)

- มาตรฐานสากล (International Standards)

**1.1.3.1 มาตรฐานประจำชาติ**

ประเทศอุตสาหกรรมที่สำคัญในโลก ต่างมีมาตรฐานของตนเองมานานแล้ว โดยมาตรฐานประจำชาติของแต่ละประเทศต่างร่างขึ้นมาใช้ภายในประเทศของตนเอง เพื่อให้ตรงกับอุตสาหกรรมภายในประเทศและตรงกับวิธีปฏิบัติของตนเอง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของประเทศนั้น ๆ ด้วย

มาตรฐานประจำชาติที่สำคัญ ได้แก่

* ANSI (American National Standard Institute) ของประเทศสหรัฐอเมริกา
* NEMA (National Electrical Manufacturers Association) ของประเทศสหรัฐอเมริกา
* NEC (National Electrical Code) ของประเทศสหรัฐอเมริกา
* NFPA (National Fire Protection Association) ของประเทศสหรัฐอเมริกา
* UL (Underwriters’ Laboratories, Inc.) ของประเทศสหรัฐอเมริกา
* BS (British Standard) ของประเทศสหราชอาณาจักร
* DIN (German Industrial Standard) ของประเทศเยอรมนี
* VDE (Verband Deutscher Elekteotechniker) ของประเทศเยอรมนี
* KEMA (Keuring van Elektrotechnische Materialen) ของประเทศเนเธอร์แลนด์
* JIS (Japanese National Standard) ของประเทศญี่ปุ่น
* EIT (The Engineering Institute of Thailand) หรือ วสท. (มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย) ของประเทศไทย
* TIS (Thai Industrial Standard) หรือ มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ของประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย หน่วยงานที่เรียกว่า สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) (Thai Industrial Standard Institute: TISI) เป็นผู้กำหนดและรับรอง มอก. ซึ่งเป็นมาตรฐาน ที่เกี่ยวข้องกับงานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุ - อุปกรณ์ ในงานออกแบบระบบไฟฟ้า เป็นอย่างมาก ตัวอย่างเครื่องหมายที่ใช้รับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ออกโดย สมอ. แสดงดังภาพที่ 1.1

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| เครื่องหมายมาตรฐานทั่วไป | เครื่องหมายมาตรฐานบังคับ |
|  |  |
| เครื่องหมายมาตรฐานเฉพาะด้านความปลอดภัย | เครื่องหมายมาตรฐานเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม |
|  | |
| เครื่องหมายมาตรฐานเฉพาะด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า | |

**ภาพที่ 1.1** เครื่องหมายมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สมอ.

**1.1.3.2 มาตรฐานสากล**

มาตรฐานสากลเป็นมาตรฐานที่มีสามาชิกอยู่หลายประเทศ เช่น มาตรฐาน ISO, IEC และ EN

1. ISO (National Organization for Standardization)

ISO เป็นองค์กรกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทั่วไป ทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (ยกเว้นทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) โดยมาตรฐานของ ISO จะใช้หน่วย SI จึงเป็นที่นิยมมาก เพราะว่าเป็นมาตรฐานสากลอย่างแท้จริง มาตรฐานที่รู้จักกันดี ได้แก่ ISO 9000 (เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของการผลิตภัณฑ์สินค้า) ISO 14000 (เกี่ยวกับการรักษาสิ่งแวดล้อม) เป็นต้น

2. IEC (International Electrotechnical Commission)

IEC เป็นองค์กรระหว่างประเทศที่ร่างมาตรฐานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีสำนักงานใหญ่ที่กรุงเจนีวา ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ และร่วมมือกับ ISO อย่างใกล้ชิด มาตรฐานของ IEC ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามแนวโน้มความเป็นสากลของโลก และตามโลกาภิวัตน์ (Globalization) โดยขณะนี้ IEC มีประเทศสมาชิกเกือบทุกประเทศในโลก

3. EN (European Standard)

EN เป็นมาตรฐานบังคับ กล่าวคือ ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ได้ตามมาตรฐานนี้จะนำเข้ามาขาย ในกลุ่มประเทศสมาชิกไม่ได้ จุดประสงค์ของมาตรฐานนี้ คือ ทำให้เกิดการค้าเสรีเพราะถ้าอุปกรณ์ ได้มาตรฐานนี้แล้วก็สามารถนำเข้ามาขายไก้ทุกประเทศ และนอกจากนี้ยังต้องการไห้ทุกประเทศ ในกลุ่มมีมาตรฐานเดียวกัน

ในขณะนี่มาตรฐานประจำชาติ (National Standards) ของชาติอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ ได้ลดความสำคัญลงมากตามโลกาภิวัตน์ และเนื่องจากมาตรฐานประจำชาติถือเป็นกำแพงการค้า (Trade Barrier) อย่างหนึ่ง หลายประเทศจึงได้พยายามปรับปรุงมาตรฐานสากล เรียนกว่า Harmonization และหลายประเทศได้ยกเลิกมาตรฐานของตนเองโดยนำมาตรฐานสากลทั้งฉบับมาใช้เป็นมาตรฐานประจำชาติของตน โดยไม่มีการแปลเป็นภาษาของตนเอง

สำหรับประเทศไทย ในอดีตการทำมาตรฐานทางไฟฟ้าส่วนมากจะแปลและเรียบเรียงจากมาตรฐาน IEC การแปลนั้นต้องใช้เวลามากและความหมายอาจไม่ตรงความหมายเดิม แต่ในขณะนี้มาตรฐานหลายฉบับสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นไม่มีการแปลและเรียบเรียงต่อไป แต่นำมาตรฐาน IEC ทั้งฉบับซึ้งเขียนเป็นภาษาอังกฤษมาเป็นมาตรฐานไทยเลยตามแนวปฏิบัติซึ่งหลายประเทศในโลกกำลังทำอยู่

**1.1.3.3 มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า**

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้ามีอยู่มากมายหลายชนิด ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพอยู่แล้ว โดยมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมกันมาก คือ IEC จะสังเกตได้จากแคตตาลอก ของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะอ้างถึงมาตรฐานนี้อยู่เสมอ เช่น เซอร์กิตเบอรกเกอร์ จะอ้างมาตรฐาน IEC 60947-2 “ Low Voltage Switchgear and Control Gear Part 2”

ดังนั้นสำหรับผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ในการเขียนรายละเอียดข้อกำหนด (Specification) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ควรใช้มาตรฐานไทย (มอก.) และมาตรฐาน IEC เป็นหลัก ไม่ควรใช้มาตรฐานประจำชาติของประเทศอื่น ยกเว้นอุปกรณ์ดังกล่าวไม่มีในมาตรฐานไทยและมาตรฐาน IEC

**1.1.3.4 มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า**

มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจแบ่งออกเป็น

* มาตรฐานต่างประเทศ
* มาตรฐานสากล
* มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

1. มาตรฐานต่างประเทศในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

มาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย คือ NEC (National Electrical Code) ซึ่งเป็นมาตรฐานการออกแบบการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มมีครั้งแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1897 และมีการแก้ไขปรับปรุงทุก ๆ 3 ปี จึงนับได้ว่าเป็นมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งที่สมบูรณ์มาก มาตรฐาน NEC ได้แพร่เข้ามาในประเทศไทยอย่างมากในช่วงที่ประเทศสหรัฐอเมริกามีฐานทัพในประเทศไทย วิศวกรไฟฟ้าของไทยส่วนมากจึงนิยมใช้ NEC เป็นพื้นฐานในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า

แม้ว่า NEC จะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก ทำจากประสบการณ์ซึ้งมีอยู่มากมายในประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ก็มีข้อกำหนดที่วิศวกรไฟฟ้าไทยต้องอ่านล่ะทำความเข้าใจอย่างระมัดระวัง เพื่อให้การประยุกต์ใช้เป็นไปอย่างถูกต้อง เนื่องจากระบบต่าง ๆ ที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาตาม NEC นั้น มีข้อแตกต่างจากระบบที่ใช้ในภายในประเทศไทยหลายอย่างด้วยกัน ดังนี้

ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศไทย

ความถี่ 60 Hz 50 Hz

ระบบไฟฟ้า 208/120 V, 480/277 V 380/220 V, 400/230 V

สายไฟฟ้า AWG mm2

มิติ inch, feet m., mm

น้ำหนัก pound kg.

มาตรฐาน NEC (รวมทั้งมาตรฐานอย่างอื่นของสหรัฐอเมริกา เช่น ANS) จะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก แต่เนื่องจากระบบ และมิติต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วมีใช้เฉพาะในสหรัฐอเมริกาเท่านั้น ผู้เขียนจึงมีความเห็นว่ามาตรฐาน NEC คงจะเสื่อมความนิยมไปอย่างช้า ๆ และในที่สุดก็อาจมีใช้อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น หรืออีกกรณีหนึ่งก็คือประเทศสหรัฐอเมริกาต้องปรังปรุงมาตรฐาน NEC ให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล

2. มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

เนื่องจากหลาย ๆ ประเทศโดยเฉพาะประเทศในทวีปยุโรปมีมาตรฐานการติดตั้งระบบ และอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นของตนเอง ซึ่งจะมีความแตกต่างในรายละเอียดต่าง ๆ เป็นอย่างมาก ดังนั้น International Electrotechnical Commission (IEC) จึงได้จัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับการติดตั้งระบบ และอุปกรณ์ไฟฟ้า ขึ้นในปี ค.ศ. 1972 คือ IEC 60364 “Electrical Installation of Buildings” ซึ่งมีหลายฉบับ ได้แก่

IEC 60364-1 “Scope, Object and Definitions”

IEC 60364-2 “Fundamental Principles”

IEC 60364-3 “Assessment of General Characteristics”

IEC 60364-4 “Protection for Safety”

IEC 60364-5 “Selection and Erection of Electrical Equipment”

IEC 60364-7 “Requirement for Special Installations or Locations”

ในการจัดทำมาตรฐาน IEC 60364 นี้ คณะกรรมการฝ่ายเทคนิคผู้ร่างได้ใช้มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของหลายประเทศเป็นตัวอย่างรวมทั้ง NEC ด้วยเพื่อให้มาตรฐานที่ได้เป็นสากลและสามารถปฏิบัติได้

IEC 60364 นี้ได้รับการแก้ไข และปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในขณะนี้ประเทศในทวีปยุโรปหลายประเทศ ได้นำมาตรฐานนี้มาใช้กันแล้ว โดยเฉพาะประเทศสหราชอาณาจักร (United Kingdom) ได้เลิกใช้มาตรฐานของตนเอง ซึ่งมีมานับร้อยปี โดยหันมาใช้ IEC 60364 แทน ตั้งแต่ปี ค.ศ.1983 คือ Regulation for Electrical Installation ของ The Institute of Electrical Engineers (IEE)

3. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยนั้นในอดีตการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ต่างมีมาตรฐานของหน่วยงาน ข้อกำหนดส่วนมากจะเหมือนกัน แต่ก็ มีบางส่วนที่ต่างกันทำให้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าและผู้ติดตั้งระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความสับสน ด้วยเหตุนี้สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ด้วยความร่วมมือจากการไฟฟ้า ทั้งสองแห่งดังกล่าว“มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย” ขึ้นเพื่อให้ทั้งประเทศ มีมาตรฐานเรื่องการติดตั้งไฟฟ้าเพียงฉบับเดียว

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยฉบับใหม่นี้ เนื้อหาส่วนมากจะแปลและเรียบเรียงจาก National Electrical Code (NEC) และก็มีความพยายามที่จะนำมาตรฐานของ IEC มาใช้ด้วย โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เซอร์กิตเบอรกเกอร์ที่ใช้จะต้องได้มาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2 เป็นต้น

**1.1.4 สัญลักษณ์ในแบบไฟฟ้า**

แบบระบบไฟฟ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรจะแทนด้วยสัญลักษณ์ต่าง ๆ ซึ่งสัญลักษณ์ ที่ใช้กันมากส่วนใหญ่ใช้ตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ในขณะนี้สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน IEC ก็มีผู้นิยมใช้มากขึ้น

|  |  |
| --- | --- |
| **U.S.A IEC** | **U.S.A IEC** |
|  |  |
| เซอร์กิตเบรกเกอร์ | คอนแทรกเตอร์ |

**ภาพที่ 1.2** สัญลักษณ์ในแบบไฟฟ้า

|  |  |
| --- | --- |
| **LP-1,3,5** | **LP-1** |
|  |  |
| การเข้าวงจร 3 เฟส 4 สาย | การเข้าวงจร 1 เฟส 2 สาย |
|  |  |
| ตู้ไฟฟ้า Load Centre | เต้ารับไฟฟ้า |

**ภาพที่ 1.2 (ต่อ)** สัญลักษณ์ในแบบไฟฟ้า

**1.1.5 แบบไฟฟ้า**

ระบบไฟฟ้าส่วนมากแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

ระบบ 1 เฟส 2 สาย มี 2 เส้น (ไม่นับสายดิน)

ระบบ 3 เฟส 4 สาย มี 4 เส้น (ไม่นับสายดิน)

ดังนั้นถ้าต้องการแสดงวงจรให้สมบูรณ์ จะต้องเขียนจำนวนสายไฟฟ้าให้ครบ ซึ่งจะดูซับซ้อนมาก ดังนั้นขณะนี้จึงนิยมเขียนไดอะแกรมเส้นเดียว และมีขนาด จำนวนสายไฟฟ้าและท่อสายกำกับด้วย โดยนิยมเรียนกว่า Single Line Diagram ดังแสดงในภาพที่ 1.3 ซึ่งจะแสดงลักษณะของระบบไฟฟ้าทั้งระบบให้เห็นเป็นภาพรวม



**ภาพที่ 1.3** ไดอะแกรมเส้นเดี่ยวของระบบไฟฟ้า

ในอาคารที่มีหลายชั้นจำเป็นต้องส่งสายไฟฟ้าไปยังชั้นต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อความถูกต้องระบบไฟฟ้าจะต้องแสดงในแนวดิ่งด้วย วงจรที่แสดงในแนวดิ่งเรียกว่า Riser Diagram แสดงดังภาพที่ 1.4



**ภาพที่ 1.4**  ไดอะแกรมแนวดิ่งของระบบไฟฟ้า

**วิธีการสอนและกิจกรรม**

1. แนะนำการเรียน ลักษณะรายวิชา กำหนดการสอน การวัดและการประเมินผลการเรียน
2. มอบเอกสารคำสอน
3. ผู้สอนบรรยายเนื้อหา
4. นักศึกษาร่วมอภิปราย
5. ผู้สอนตั้งคำถามให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
6. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด
7. ให้งานที่มอบหมาย

**สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน**

1. หนังสือ

* วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556.** กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2556.
* ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : โชติอนันต์ ครีเอชั่น, 2556.
* ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : สมารัท ดิจิทัล โซลูชั่น, 2556.
* นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ. **เอกสารคำสอน รายวิชา 04-112-313 การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559.

1. โสตทัศนวัสดุ

* กระดาน
* เครื่องฉาย จอรับภาพ และคอมพิวเตอร์

**งานที่มอบหมาย**

* 1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
  2. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือที่เกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นการออกแบบระบบไฟฟ้า

**การวัดผล**

1. พิจารณาการเข้าชั้นเรียนตามเวลากำหนด สนใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียน
2. ตรวจแบบฝึกหัด การซักถาม-ตอบ

**แบบฝึกหัด**

* 1. จงอธิบายระบบไฟฟ้าที่วิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบมีระบบอะไรบ้าง
  2. จงอธิบายหลักการในการออกแบบระบบไฟฟ้าที่ดีมีอะไรบ้าง
  3. จงอธิบายถึงมาตรฐานที่นิยมใช้ในการออกแบบ
  4. หน่วยงานที่เป็นผู้กำหนดและรับรองมาตรฐาน คือหน่วยงานใด
  5. สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าที่นิยมใช้อ้างอิงจากมาตรฐานใดเป็นหลัก
  6. จงอธิบายแบบไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมีกี่แบบ อะไรบ้าง