สารบัญ

คู่มือระดับ 3

	หน้า
บทที่ 1 ความปลอดภัยระดับผู้ควบคุมงาน (Supervisor)	3
1.1 การสร้างความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	4
1.2 การตรวจสอบความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	5
1.3 การป้องกันอุบัติเหตุเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการผลิต	8
1.4 การดำเนินแก้ไขปรับปรุง	
บทที่ 2 ระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน	11
2.1 ชุดจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS)	11
2.2 ไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Light)	18
บทที่ 3 ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm)	22
3.1 ชนิดของอุปกรณ์	24
3.2 แผงควบคุมและแผงแจ้งเหตุ (Annunciation)	28
3.3 การตรวจสอบและบำรุงรักษา	36
บทที่ 4 เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ	38
4.1 หม้อแปลงเครื่องมือวัด (Instrument Transformer)	38
4.2 หม้อแปลงแบบออโต้ (Auto – Transformer)	43
4.3 หม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้า(Transformer Welding)	46
4.4 สายล่อฟ้า	48
4.5 อุปกรณ์กับดักเสิร์จ	51

หน้า

บทที่ 5 การวางแผนปฏิบัติงานเบื้องต้น 50

5.1 การวางแผนการออกแบบระบบไฟฟ้า 56

5.2 การวางแผนการออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้า 59

บทที่ 6 ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ 62

6.1 การติดตั้งอุปกรณ์ตู้ควบคุมไฟฟ้า 62

6.2 การติดตั้งบัสเวย์ 67

6.3 การติดตั้งรางเคเบิล 72

บทที่ 7 อิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม 77

7.1 ไดโอด 77

7.2 ซีเนอร์ไดโอด 81

7.3 ไดโอดเปล่งแสง 83

7.4 เอสซีอาร์ 85

บทที่ 8 การตรวจสอบระบบไฟฟ้าและรายงานผล 92

8.1 การตรวจสอบทั่วไป 92

8.2 การตรวจสอบอุปกรณ์ 93

8.3 ความถี่ในการตรวจสอบระบบไฟฟ้า 103

8.4 การรายงานผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้า 104

บทที่ 1 ความปลอดภัยระดับผู้ควบคุมงาน (Supervisor)

คู่มือการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับช่างไฟฟ้าระดับ 3 ซึ่งเป็นระดับสูง โดยมีเนื้อหาที่ต่อเนื่องมาจากระดับ 2 ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 8 หัวข้อด้วยกัน หัวข้อแรกจะกล่าวถึงเรื่องความปลอดภัยระดับผู้ควบคุมงาน(Supervisor) ระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm) เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ การวางแผนปฏิบัติงานเบื้องต้น ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ อิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม และเรื่องการตรวจสอบระบบไฟฟ้าและรายงานผล ผู้ที่จะเข้าอบรมและทดสอบในระดับ 3 จะต้องเข้ารับการฝึกอบรม และผ่านการทดสอบระดับ 2 มาตามลำดับชั้น หรือผ่านการทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด สำหรับผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมและผ่านการทดสอบในระดับ 3 ถือว่าเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และมีทักษะฝีมือในการปฏิบัติงานด้านช่างไฟฟ้าสมควรได้รับการพิจารณาให้เป็นผู้ควบคุมงาน หรือหัวหน้างาน (Supervisor) เพื่อทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ดูแลและแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน ส่วนเรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเมื่อได้รับการเลื่อนระดับให้เป็นผู้ควบคุมงาน (Supervisor) มีหน้าที่ความรับผิดชอบสูงขึ้น จึงต้องปรับบทบาทตนเองโดยเน้นเชิงป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ นั่นคือ การสร้างความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การตรวจสอบความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การป้องกันอุบัติเหตุเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการผลิตและการดำเนินแก้ไขปรับปรุง ตามรายละเอียดดังนี้

ความปลอดภัยระดับผู้ควบคุมงาน (Supervisor)

บทบาทของผู้ควบคุมงาน (Supervisor) ด้านความปลอดภัย

ผู้ควบคุมงาน (Supervisor) หมายถึง หัวหน้าควบคุมงานตั้งแต่หัวหน้างาน หัวหน้าช่าง หัวหน้าแผนก หัวหน้ากะที่เป็นฝ่ายบริหารระดับต้น มีหน้าที่เป็นผู้นำ (Leader) ของกลุ่มคนงานหน่วยต่างๆ ในโรงงาน ผู้ควบคุมงาน (Supervisor) เป็นผู้มีบทบาทอย่างมากในการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัย ทั้งนี้เพราะได้ทำหน้าที่สำคัญ 2 ลักษณะในเวลาเดียวกัน คือ

- เป็นผู้ตอบคำถามทางด้านปฏิบัติที่ดีแก่ฝ่ายบริหาร
- เป็นผู้ตอบคำถามทางด้านนโยบายที่ใกล้ชิดที่สุดแก่คนงาน

ผู้ควบคุมงาน (Supervisor) เป็นฝ่ายบริหารที่คลุกคลี และใกล้ชิดกับคนงานมากที่สุด จึงควรมีความรับผิดชอบโดยตรงต่อสวัสดิภาพของผู้ใต้บังคับบัญชา

ฝ่ายบริหารหลายโรงงานกำหนดให้ผู้ควบคุมงาน (Supervisor) มีหน้าที่รับผิดชอบต่อความปลอดภัยของคนงานโดยตรง ขณะที่ฝ่ายบริหารอีกหลายแห่งคิดว่า ปัญหาด้านความปลอดภัยเป็นหน้าที่ของผู้ที่ได้รับอุบัติเหตุจะต้องรับผิดชอบและรู้จักวิธีป้องกันอุบัติเหตุ แต่เป็นที่ทราบกันดีว่า คนงานในโรงงานส่วนใหญ่จบการศึกษา

ไม่สูงนัก ทำให้จิตสำนึกที่มีต่อความปลอดภัยมีไม่มาก ดังนั้นนายจ้างจึงควรคัดเลือกหัวหน้างานที่มีความรับผิดชอบ และมีจิตสำนึกที่ดีมาทำหน้าที่ให้ความปลอดภัยแก่คนงาน ซึ่งเป็นผู้ใต้บังคับบัญชาของตน

1.1 การสร้างความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

มีวิธีการหลายแบบ ในการสร้างความปลอดภัยให้เกิดขึ้นในหน่วยงาน เช่น

1. สร้างตัวอย่างที่ดี จงทำตัวให้เป็นแบบอย่างที่ดีของบุคคล เพื่อให้ได้มาซึ่งความปลอดภัย

2. สำรวจตรวจสอบตลอดเวลา จัดหาทีมงาน และจัดทำตารางตรวจสอบเพื่อความปลอดภัย พร้อมกับดำเนินการให้เป็นไปตามตารางอย่างเคร่งครัด

3. กระตุ้นเตือนฝ่ายบริหารอยู่เสมอ จัดทำข้อมูลสถิติประกอบการรายงานผลปฏิบัติงาน โดยเน้นถึงความสูญเสียของกิจการ เนื่องจากการขาดความปลอดภัยในโรงงาน

4. จัดทำแบบมาตรฐานของการทำงานที่ปลอดภัยแก่งานทุกชนิด พร้อมกับฝึกอบรมคนงานให้เข้าใจและยอมรับวิธีการทำงานที่ปลอดภัยจนเคยชินเป็นนิสัย

รูปแสดงป้าย SAFETY FIRST

5. วิเคราะห์หาต้นเหตุของอุบัติเหตุทุกครั้ง หามาตรการในการปรับปรุงแก้ไขระบบการทำงาน เพื่อมิให้เกิดอุบัติเหตุเช่นเดิมซ้ำๆ กัน

6. จัดหาเครื่องแต่งกายเพื่อป้องกันอันตรายให้เพียงพอ พร้อมกับออกกฎบังคับหรือเชิญชวนให้คนงานสวมใส่ และใช้อุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุ

7. ให้ความสนใจเป็นพิเศษต่อคนงานสูงอายุ คนงานสูงอายุในที่นี้หมายถึง ผู้ที่มีอายุเกิน 55 ปี ซึ่งพบว่าสมรรถภาพ และความพร้อมทางร่างกายลดลง ขณะที่ความรู้ความชำนาญ และความสุขุมรอบคอบมีมากกว่าคนในวัยหนุ่มสาว อุบัติเหตุที่อาจเกิดในลักษณะสุดวิสัย เช่น การหมดแรง พลัดตก ลื่นหกล้ม เป็นต้น

เหตุที่กล่าวมิใช่เพื่อให้ฝ่ายบริหารเลิกจ้างคนงานสูงอายุ แต่เพื่อให้ฝ่ายบริหารเพิ่มความสนใจ และใช้วิธีการจ้างงานพิเศษแก่คนงานสูงอายุ ทั้งนี้เพื่อได้ใช้ประโยชน์จากความรู้ ทักษะ ความชำนาญจากคนงานสูงอายุเหล่านั้น

8. คนงานในวัยเริ่มทำงานในโรงงานที่มีเสียงดังมากหรือมีสภาพแวดล้อมที่คับแคบ อันตราย มีความร้อนสูง มีแสงสว่างมากหรือน้อยเกินไป อาจทำให้เกิดความกลัวและหวาดระแวงภัย หากไม่สามารถปรับตัวให้เกิดความชินต่องาน ในเวลาต่อมาก็อาจทำให้สูญเสียความสมดุลของจิตใจ และเกิดอันตรายได้เช่นกัน

9. พยายามสืบหาบุคคลที่เป็นต้นเหตุของอุบัติเหตุ ในหลายแห่งมีคนงานประเภทหนึ่งซึ่งดูคล้ายคนเสียสติ เพราะมักก่อเหตุอันตรายต่างๆ ให้คนอื่นเสมอ โดยความเคยชินและการไม่เอาใจใส่ของเขา ดังนั้น จึงต้องพยายามค้นหา และควรจัดให้เข้าทำงานในตำแหน่งงานที่ปลอดภัยจากการเกิดอุบัติเหตุ

1.2 การตรวจสอบความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

วิธีการตรวจสอบเพื่อความปลอดภัยของซุปเปอร์ไวเซอร์ สำหรับกฎเกณฑ์พื้นฐานในการออกสำรวจหรือตรวจสอบความปลอดภัยของโรงงาน มีดังนี้

1.2.1 เกี่ยวกับวิธีการทำงานและการฝึกอบรม

1. แน่ใจหรือไม่ว่า คนงานใหม่ หรือคนงานที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรจะไม่ใช้เครื่องจักรกลโดยปราศจากความรู้ถึงวิธีการใช้งาน
2. จัดเตรียมเครื่องมือเครื่องจักรที่เหมาะสมกับงานหรือไม่
3. แน่ใจหรือไม่ว่า ผู้ใต้บังคับบัญชาได้เรียนรู้วิธีการเก็บรักษาและการใช้เครื่องมือ
4. เลือกสรรบุคคลให้ทำงานเหมาะสมกับหน้าที่งานหรือไม่
5. แน่ใจหรือไม่ว่า ผู้ใต้บังคับบัญชาจะไม่หลบเลี่ยงวิธีการทำงานที่ปลอดภัย หรือทำตามความสะดวกของเขา
6. เครื่องจักรต่างๆ มีการติดตั้งฝาครอบ และอุปกรณ์ป้องกันหรือไม่
7. แน่ใจหรือไม่ว่า คนงานได้ใช้ฝาครอบถูกต้อง หรือถอดออกไปแล้ว
8. เครื่องจักรกลมีการปิดสวิตช์เมื่อเลิกใช้งานหรือไม่
9. คนงานทุกคนได้รับการเตือนภัยที่เหมาะสม และทันต่อเหตุการณ์หรือไม่
10. คนงานที่เข้าใหม่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับอุบัติเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้นหรือไม่
11. คนงานได้รับการฝึกอบรม และมีเครื่องผ่อนแรงที่เหมาะสมในการยกวัสดุหรือไม่
12. มีการติดป้าย และแสดงวิธีการใช้ หรือความหมายของสัญลักษณ์ของระบบเตือนภัยหรือไม่
13. มีการจัดระบบระงับอุบัติเหตุไว้อย่างเหมาะสมหรือไม่

14. หัวหน้างานแต่ละหน่วยงานมีความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับแผนผังเครื่องจักรกล และระบบการควบคุมต่างๆ ดีพอหรือไม่

15. ในการจัดทำแผนงานใหม่ๆ ทุกครั้ง มีการตรวจสอบด้านความปลอดภัย และอันตรายอันอาจเกิดขึ้นได้หรือไม่

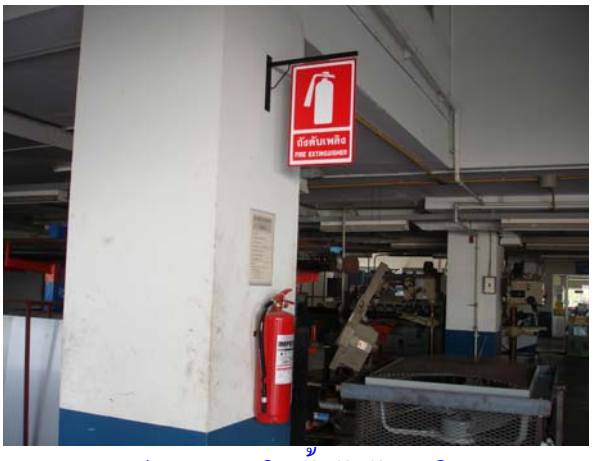
16. ในการยกวัสดุที่หนัก หรือในงานที่เสี่ยงภัยได้มีการวางแผนจัดกำลังคนให้เพียงพอหรือไม่

17. มีแผนงานระยะยาวเกี่ยวกับการปรับปรุงระบบรักษาความปลอดภัยของโรงงานหรือไม่

รูปแสดงป้ายเตือนระวังอันตราย

1.2.2 เกี่ยวกับการป้องกันเพลิงไหม้

1. ทางโรงงานมีระบบสัญญาณแจ้งเพลิงไหม้หรือไม่
2. จัดให้มีอุปกรณ์ดับเพลิงตามจุดต่างๆ ที่สำคัญอย่างถูกต้อง และเพียงพอหรือไม่



รูปแสดงจุดติดตั้งถังดับเพลิง

3. มีการอบรมเกี่ยวกับการป้องกันเพลิงไหม้หรือไม่
4. แน่ใจหรือไม่ว่า คนงานทุกคนรู้จักวิธีใช้เครื่องดับเพลิงอย่างถูกต้อง
5. เครื่องดับเพลิงที่มีอยู่หมดอายุการใช้งานหรือไม่ มีการทดสอบอย่างสม่ำเสมอหรือไม่
6. จัดให้มีการติดตั้งป้ายห้ามสูบบุหรี่ในบริเวณอันตรายหรือไม่
7. แน่ใจเพียงใดว่า ไม่มีคนงานฝ่าฝืนป้ายห้ามสูบบุหรี่ที่ติดเอาไว้
8. ทางโรงงานได้จัดทางหนีไฟที่ปลอดภัยอย่างเพียงพอกับปริมาณคนงานหรือไม่
9. ทางหนีไฟยังใช้งานได้ดี หรือมีสิ่งกีดขวางเต็มช่องทางหรือไม่

รูปแสดงป้ายระวังสารติดไฟ

1.2.3 เกี่ยวกับการป้องกันด้านไฟฟ้า

1. ระบบไฟฟ้าภายในโรงงานมีแบบแปลนที่ถูกต้องหรือไม่
2. อายุการใช้งานของสายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหมดอายุหรือไม่
3. มีอะไหล่ และอุปกรณ์ซ่อมแซมฉุกเฉินหรือไม่
4. ผู้ควบคุมงาน และยามรักษาความปลอดภัยทุกคนทราบตำแหน่ง และวิธีการใช้สวิตช์ใหญ่ของระบบไฟฟ้าในโรงงานหรือไม่
5. มีช่างซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าเพียงพอหรือไม่

รูปแสดงป้ายทางออกฉุกเฉิน

1.2.4 เกี่ยวกับการปฐมพยาบาล

1. จัดให้มีการอบรมคนงานทุกคนเกี่ยวกับการปฐมพยาบาลเบื้องต้นหรือไม่
2. ในโรงงานมีห้องพยาบาล ยา และอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับอาการเจ็บป่วยหรือไม่

1.2.5 เกี่ยวกับความปลอดภัยโดยทั่วไป

1. ปฏิบัติตามที่ได้อบรมคนงานหรือไม่
2. ความเรียบร้อยด้านการสวมชุดเพื่อความปลอดภัยของคนงานมีเพียงใด
3. ส่งเสริมให้มีการรายงานอุบัติเหตุหรือไม่
4. ตอบสนองต่อผลการรายงานอุบัติเหตุอย่างไร
5. ติดตามผลการปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยอย่างไร
6. มีระบบการจัดเก็บสารเชื้อเพลิง สารไวไฟ หรือวัสดุมีพิษอย่างไร
7. โรงงานมีความปลอดภัยแก่คนงาน รวมถึงผู้มาเยี่ยมชมโรงงานหรือไม่
8. ผังการจัดวางเครื่องจักรกลมีความปลอดภัยหรือไม่
9. ระบบแจ้งภัยได้รับการทดสอบหรือไม่
10. มีหมายเลขโทรศัพท์ของสถานีตำรวจ และสถานพยาบาลที่อยู่ใกล้เคียงติดไว้หรือไม่
11. ติดตั้งระบบส่องสว่างทดแทนเพื่อใช้เมื่อมีเหตุฉุกเฉินหรือไม่
12. บริเวณรอบๆ โรงงานมีการตรวจสอบความเรียบร้อยเป็นครั้งคราวหรือไม่
13. โซ่ สายพาน ข้อเหวี่ยง ล้อขับ เพลาส่งกำลังต่างๆ อยู่ในสภาพใช้งานได้หรือไม่
14. มีการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าหรือไม่
15. โรงงานมีแหล่งสะสมจนเป็นที่อาศัยของหนูหรือไม่ เนื่องจากหนูอาจกัดสายไฟฟ้า ทำให้สายไฟในวงจรควบคุมต่างๆ เสียหายหรือไม่
16. ตรวจสอบการซ่อมแซมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ได้มีการกระทำที่ถูกวิธี และเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่

1.3 การป้องกันอุบัติเหตุเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการผลิต

สาเหตุที่ทำให้กระบวนการผลิตมีปัญหาก็เหมือนกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุนั่นเอง เราจะต้องสูญเสียเวลาในการผลิตเนื่องมาจากการวางสิ่งของเกะกะ กีดขวางทางเดิน การใช้เครื่องมือเครื่องใช้ไม่ถูกต้อง การทำงานผิดวิธี ความประมาท เป็นต้น แม้ว่าสิ่งเหล่านี้จะไม่ทำให้เกิดการบาดเจ็บเสมอไปก็ตาม แต่ประสิทธิภาพของการผลิตก็ลดลงเนื่องจากการเสียเวลาอย่างแน่นอน ทำให้แผนงานต้องล่าช้าและต้องแก้ไขปรับปรุงใหม่ การเร่งรีบในเวลาต่อมาอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้อีก งานก็มีปัญหาเช่นนี้ไปเรื่อยๆ แสดงว่า หน้าที่ของผู้ควบคุม

งาน จึงมิใช่เพียงแต่กำจัดอุบัติเหตุที่ทำให้คนงานบาดเจ็บเท่านั้น หากยังต้องกำจัดอุบัติเหตุที่ทำให้เสียเวลาในการผลิต หรือทำให้ทรัพย์สินเสียหายด้วย เพื่อให้การผลิตเป็นไปตามแผนงานและมีประสิทธิภาพสูงสุด

การทำงานทุกประเภทต้องมีวิธีการที่ถูกต้องและปลอดภัยเสมอ ถ้าสามารถวางแผนงานได้อย่างเหมาะสม มีมาตรการป้องกันอุบัติเหตุที่ดีพอ ปัญหาอุบัติเหตุและการผลิตที่ล่าช้าก็จะหมดไป สิ่งที่กล่าวมานี้จึงเป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ควบคุมงาน เพราะทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน จึงมีหน้าที่สอนและแนะนำคนงานให้รู้วิธีการทำงานอย่างปลอดภัย หลีกเลี่ยงการกระทำที่เป็นอันตราย ดูแลติดตามผลอย่างใกล้ชิด สังเกตวิธีการทำงานของคนงานอยู่เสมอ วิธีที่ได้ผลดีคือ การใช้เวลาวันละ 5 - 10 นาทีในการอธิบายวิธีการทำงานที่ถูกต้อง ค้นหาจุดอันตราย การป้องกันอุบัติเหตุจึงประสบความสำเร็จอย่างรวดเร็ว

1.4 การดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

หน้าที่และความรับผิดชอบที่สำคัญอย่างยิ่งของผู้ควบคุมงานคือ การแก้ไขปรับปรุงความบกพร่อง และกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องเหมาะสมต่อไป เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยอาศัยผลการสอบสวนวิเคราะห์อุบัติเหตุที่ได้

การแก้ไขป้องกันอุบัติเหตุและมาตราการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการผลิต สามารถทำได้ 4 วิธี ดังนี้

1.4.1 แก้ไขปรับปรุงสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย

โดยกำจัดสภาพการณ์ที่เป็นอันตรายให้หมดไป หรือเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานที่เสี่ยงภัยต่างๆ เช่น ติดตั้งการ์ดป้องกันอันตรายจากส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องจักร ปิดคลุมจุดกระแทก หรือจุดที่ล่อแหลม ซ่อมแซมส่วนที่ชำรุดบกพร่อง ทำรั้วกั้นบริเวณห้ามผ่าน เป็นต้น

1.4.2 สับเปลี่ยนโยกย้ายคนงาน

ให้ทำหน้าที่อื่นบ้าง โดยเฉพาะคนงานที่ทำงานส่อให้เห็นว่า จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย เพราะการเปลี่ยนสถานที่ หรือบรรยากาศในการทำงานจะทำให้โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุลดลง

1.4.3 กำหนดระเบียบข้อบังคับที่เหมาะสมให้ถือปฏิบัติ

วิธีนี้ควรจะเป็นมาตรการสุดท้าย เมื่อวิธีอื่นๆ ไม่ได้ผล

1.4.4 จัดการฝึกอบรม

สอนงานให้แก่คนงานเป็นประจำ ตลอดจนการจูงใจ และเสริมสร้างความปลอดภัยในการทำงานด้วยวิธีต่างๆ เช่น ติดโปสเตอร์ภาพ หรือ คำขวัญ จัดประกวดด้านความปลอดภัย อบรม 5 ส เป็นต้น

บทที่ 2 ระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานที่มีความต้องการใช้อย่างมากที่สุดชนิดหนึ่ง ในสถานประกอบการต่างๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล เป็นต้น พลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องจัดหาเพื่อจ่ายให้กับโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวก ทำให้การดำเนินชีวิตประจำวันมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินมากขึ้น ถ้าระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ขัดข้อง และไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้จะทำให้เกิดความไม่สะดวกอย่างมากมาย บางครั้งจำเป็นต้องมีการติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลด หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญ เช่น บันไดหนีไฟ โหลดไฟฟ้าในระบบป้องกันอัคคีภัย โหลดบางชนิดจำเป็นต้องเดินเครื่องตลอดเวลา แม้กระทั่งโหลดไฟฟ้าที่ใช้ในโรงพยาบาล หรือในระบบฐานข้อมูลการเงินในตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งโหลดเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดหาไฟฟ้าจ่ายให้ในยามฉุกเฉิน เพื่อป้องกันเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องติดตั้งชุดจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS) เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เหล่านั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ชุดจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS)

ปัจจุบันยูพีเอส (UPS : Uninterruptible power supply) ถูกนำมาใช้แก้ปัญหาที่เกิดจากความผิดปกติในระบบไฟฟ้าสำหรับคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สื่อสาร เครื่องใช้พิเศษ เนื่องจากยูพีเอสทำหน้าที่

- กรองคลื่นรบกวนไฟฟ้า
- ปรับแรงดันไฟฟ้า
- ปรับความถี่ไฟฟ้า
- จ่ายพลังไฟฟ้าได้ต่ออย่างเนื่อง

จากสถิติการใช้งานพบว่า ยูพีเอสสามารถแก้ปัญหาทางไฟฟ้าได้ถึง 99.80% ทั้งนี้ยูพีเอสมี 2 ประเภทคือ “สแตติก” (Static) ใช้อุปกรณ์โซลิคเสตตที่ไม่มีการเคลื่อนไหว และ “โรตารี่” (Rotary) ซึ่งมีการเคลื่อนไหวหรือ หมุนอยู่ตลอดเวลา

2.1.1 ยูพีเอสสแตติก

ยูพีเอสสแตติกนิยมใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และสื่อสาร ซึ่งยูพีเอสสแตติกแบ่งประเภททำงานเป็น 5 ชนิดดังนี้

2.1.1.1 ยูพีเอสชนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสำรอง (Standby power supply : SPS)

ยูพีเอสชนิดนี้เรียกว่าเป็นชนิด “ย้ายโหลดไปหน้า” (Forward transfer) และบางครั้งถูกเรียกเป็น “ยูพีเอสสถานะออฟไลน์” (OFF - Line UPS) ยูพีเอสชนิดนี้มีการทำงานคือ ปกติยูพีเอสจะจ่าย

กำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้าปกติไปยังโหลดโดยตรง เมื่อไฟฟ้าเกิดขัดข้องหรือผิดปกติจึงจะจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ไปยังโหลดแทน ตามรูป

รูปยูพีเอสชนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสำรอง

2.1.1.2 ยูพีเอสชนิดเฟอร์โรเรโซแนนซ์ (Ferroresonant)

ยูพีเอสชนิดนี้จะจ่ายไฟตรงไปยังโหลด โดยผ่านหม้อแปลงชนิดเฟอร์โรเรโซแนนซ์ เมื่อไฟฟ้าผิดปกติ หรือขัดข้องจึงจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ไปยังโหลด โดยผ่านหม้อแปลงชนิดเฟอร์โรเรโซแนนซ์ ซึ่งใช้การหน่วงเวลาของสนามแม่เหล็กที่เหลืออยู่ในหม้อแปลง มาช่วยให้การย้ายโหลดจากไฟฟ้าปกติมายังแบตเตอรี่ได้โดยไม่ขาดตอน ตามรูป

รูปยูพีเอสชนิดเฟอร์โรเรโ ซแนนซ์

2.1.1.3 ยูพีเอสชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชั่น (Double conversion)

ยูพีเอสชนิดนี้เรียกว่าเป็นชนิด “ย้ายโหลดย้อนกลับ” (Reverse transfer) บางครั้งถูกเรียกเป็น “ยูพีเอสสถานะออนไลน์แท้จริง” (True on-line UPS) ยูพีเอสชนิดนี้มีการทำงานคือ ปกติไฟฟ้าจะ

จ่ายผ่านเรคติไฟเออร์ หรือชาร์จเจอร์ไปยังอินเวอร์เตอร์จ่ายต่อไปยังโหลด พร้อมกับอัดไฟแบตเตอรี่ไปด้วย แต่เมื่อไฟฟ้าขัดข้อง จึงจะจ่ายโหลดโดยแบตเตอรี่ ตามรูป

รูป ยูพีเอสชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชั่น

2.1.1.4 ยูพีเอสชนิดไลน์อินเตอร์แอกทีฟ (Line interactive)

ยูพีเอสชนิดนี้เรียกเป็นชนิด “ซิงเกิลคอนเวอร์ชั่น” (Single conversion) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยใช้การหน่วงสนามแม่เหล็กที่เหลืออยู่ในหม้อแปลงช่วยให้จ่ายไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ปกติไฟฟ้าจ่ายผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าแยกขดลวด (Isolation transformer) ไปยังโหลดโดยมีกำลังไฟฟ้าบางส่วนให้คอนเวอร์เตอร์อัดไฟแบตเตอรี่ เมื่อไฟฟ้าผิดปกติแบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านคอนเวอร์เตอร์ และผ่านหม้อแปลงแยกขดลวดไปยังโหลดโดยไม่ขาดตอน ตามรูป

รูปยูพีเอสชนิดไลน์อินเตอร์แอกทีฟ

2.1.1.5 ยูพีเอสชนิดเดลต้าคอนเวอร์ชั่น (Delta conversion)

ยูพีเอสชนิดนี้พัฒนามาจากยูพีเอสชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชั่น และไลน์อินเตอร์แอกทีฟ ปกติจะจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลดโดยตรง แต่กรณีที่แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าสูงหรือต่ำเกินไป คอนเวอร์เตอร์จะทำ

การลดแรงดันไฟฟ้า หรือเสริมแรงดันไฟฟ้าให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกคงที่ แต่เมื่อไฟฟ้าขัดข้องจึงใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่จ่ายเข้าคอนเวอร์เตอร์ ตามรูป

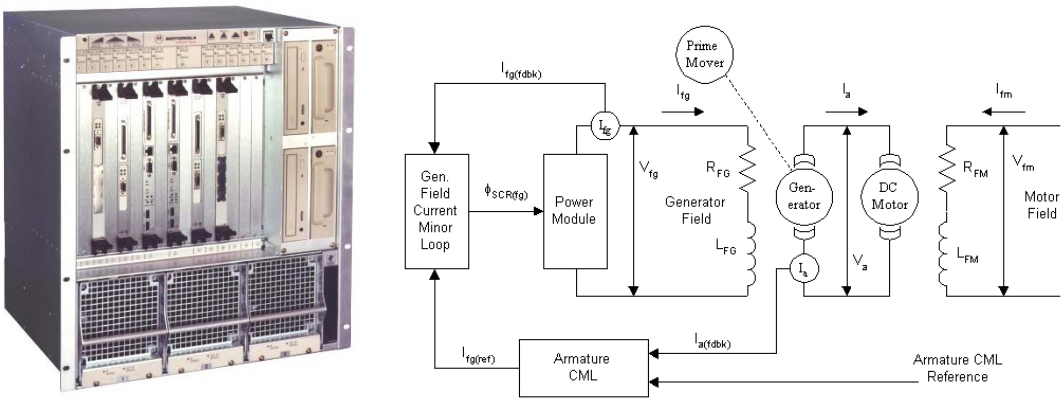
รูปยูพีเอสชนิดเดลต้าคอนเวอร์ชั่น

2.1.2 ยูพีเอสโรตารี่

ยูพีเอสโรตารี่สร้างพลังงานไฟฟ้าขึ้นใหม่โดยการหมุนเป็นหลัก แบ่งการทำงานเป็น 6 ชนิดดังนี้

2.1.2.1 ยูพีเอสชนิดมอเตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ และกระแสตรง (M-G set with AC and DC drive)

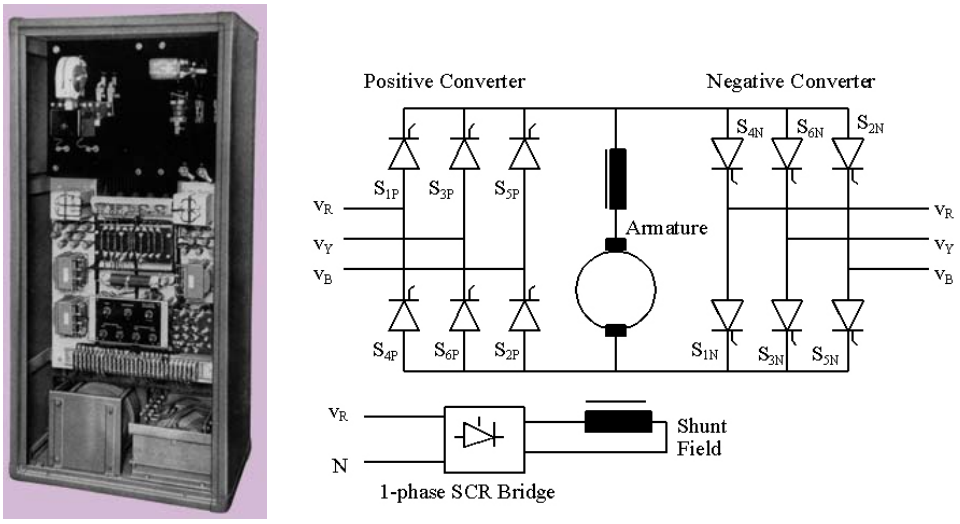
ยูพีเอสนี้มีชุดหมุน 3 ชุดต่อเพลาร่วมกันคือ มอเตอร์กระแสสลับ มอเตอร์กระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พร้อมชาร์จเจอร์และแบตเตอรี่ ยูพีเอสชนิดนี้มีการทำงานคือ ปกติรับไฟฟ้าเข้ามอเตอร์กระแสสลับที่ต่อเพลาร่วมกับมอเตอร์กระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เมื่อไฟฟ้าขัดข้องจึงจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ให้แก่มอเตอร์กระแสตรงแทน ตามรูป



รูปยูพีเอสชนิดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับด้วยไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง

2.1.2.2 ยูพีเอสชนิดมอเตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (M-G set with DC drive)

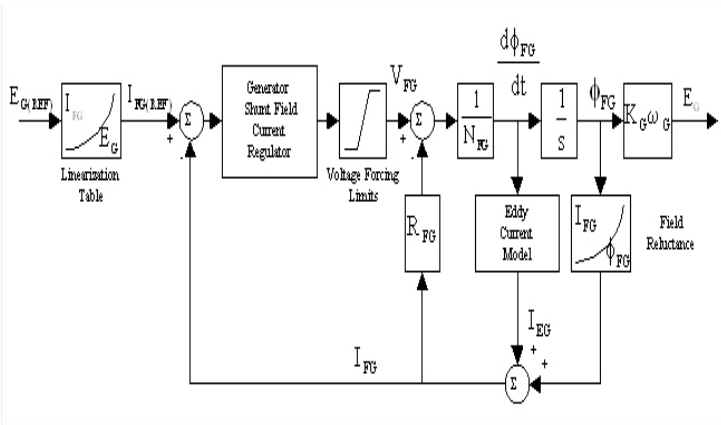
ยูพีเอสชนิดนี้มีชุดหมุน 2 ชุดต่อเพลาร่วมกันคือ มอเตอร์กระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พร้อมเรคติไฟเออร์ ชาร์จเจอร์และแบตเตอรี่ ยูพีเอสชนิดนี้มีการทำงานคือ ปกติรับไฟฟ้าเข้าเรคติไฟเออร์ไปขับมอเตอร์กระแสตรงที่ต่อเพลาร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เมื่อไฟฟ้าขัดข้องจึงจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ให้แก่มอเตอร์กระแสตรงแทน ตามรูป



รูปยูพีเอสชนิดมอเตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

2.1.2.3 ยูพีเอสชนิดมอเตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (M-G set with AC drive)

ยูพีเอสเรียกว่า “ยูพีเอสโรตารี่แบบไฮบริด” มีชุดหมุน 2 ชุดต่อเพลาร่วมกัน คือ มอเตอร์กระแสสลับ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พร้อมเรคติไฟเออร์ ชาร์จเจอร์ แบตเตอรี่ และอินเวอร์เตอร์ แล้วไปขับมอเตอร์กระแสสลับที่ต่อเพลาร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เมื่อไฟฟ้าขัดข้องจึงจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ให้กับอินเวอร์เตอร์แทน ตามรูป



รูปยูพีเอสชนิดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ

2.1.2.4 ยูพีเอสชนิดยูนิบล็อกคอนเวอร์เตอร์ (Uniblock convertor)

ยูพีเอสเป็นชุดหมุนชุดเดียวแบบพิเศษที่สเตเตอร์มีขดลวดมอเตอร์ และขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนโรเตอร์มีขดลวดกระตุ้นขดลวดหน่วง พร้อมเรคติไฟเออร์ ชาร์จเจอร์ แบตเตอรี่ และอินเวอร์เตอร์ ยูพีเอสชนิดนี้มีการทำงานคือ ปกติรับกระแสไฟฟ้าเข้าที่สแตติกสวิตช์ผ่านชุดยูนิบล็อกคอนเวอร์เตอร์ไปยังโหลด โดยชาร์จเจอร์จะอัดไฟแบตเตอรี่จนเต็ม เมื่อกระแสไฟฟ้าผิดปกติจึงจ่ายไฟผ่านเรคติไฟเออร์ และอินเวอร์เตอร์เข้าชุดยูนิบล็อกคอนเวอร์เตอร์ไปยังโหลด เมื่อไฟฟ้าขัดข้องจึงจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ให้อินเวอร์เตอร์แทน ตามรูป

รูปยูพีเอสชนิดยูนิบล็อกคอนเวอร์เตอร์

ยูนิบล็อกคอนเวอร์เตอร์มีขนาดเล็กกว่าชุดมอเตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (M-G set) ประมาณครึ่งหนึ่ง ทำให้ความสูญเสียกำลังไฟฟ้าลดลงทั้งยังทำให้การทำงานและการจ่ายกำลังไฟฟ้ามีความมั่นคงมากขึ้น ตามรูป

รูปยูพีเอสชนิดยูนิบล็อคคอนเวอร์เตอร์

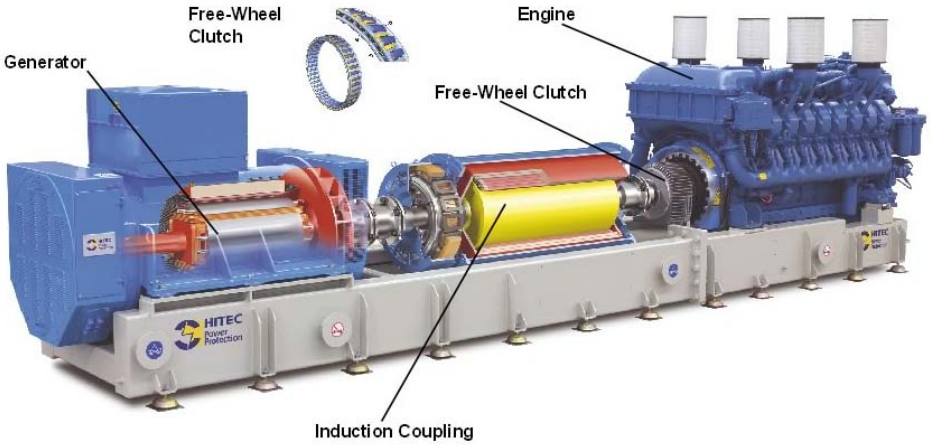
ยูนิบล็อกคอนเวอร์เตอร์เป็นเครื่องจักรกลซิงโครนัสที่มีขดลวดมอเตอร์ (สำหรับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากการหมุน) และขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (สำหรับกรองฮาร์มอนิก) ติดตั้งในสเตเตอร์เดียวกัน โดยโรเตอร์จะถูกกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงจากขดลวดกระตุ้น (สำหรับสนามแม่เหล็กคงที่) และมีขดลวดหน่วง (สำหรับคลื่นรูปไซนูซอยด์ที่สมบูรณ์)

2.1.2.5 ยูพีเอสชนิดมอเตอร์-เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบล้อหมุนตายตัว (M-G set Fixed flywheel)

ยูพีเอสชนิดนี้มีชุดหมุน 2 ชุดต่อเพลารวมกันกับล้อหมุนคือ มอเตอร์กระแสสลับ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การทำงานคือ ปกติรับไฟฟ้าเข้ามอเตอร์กระแสสลับที่ต่อเพลาร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เมื่อไฟฟ้าขัดข้องล้อหมุนยังมีพลังงานจลน์จนกว่าเครื่องยนต์ดีเซลทำงานสมบูรณ์

2.1.2.6 ยูพีเอสชนิดอินดักชั่นคัพพลิง (Induction coupling)

ยูพีเอสชนิดนี้เป็นชุดหมุนชุดเดียวแบบพิเศษที่มีชุดหมุนส่วนนอกและส่วนใน โดยต่อเพลาร่วมกับเครื่องจักรกลแบบผสมพร้อมเครื่องยนต์ดีเซลและคลัชหมุนเปล่า การทำงานคือ ปกติจะรับไฟฟ้าผ่านโช๊คกรองไฟฟ้าไปยังโหลด และเครื่องจักรกลแบบผสมจะผลิตกระแสรีแอกทีฟเพื่อปรับปรุงตัวประกอบกำลัง เมื่อไฟฟ้าผิดปกติชุดตัดตอนด้านเข้าจะปลดไฟฟ้าออกและอินดักชั่นคัพพลิงจ่ายพลังงานแทนจนกระทั่งเครื่องยนต์ดีเซลทำงานสมบูรณ์ อินดักชั่นคัพพลิงประกอบด้วยส่วนที่หมุน 2 ส่วน โดยมีการติดตั้งตามรูป



รูปโครงสร้างของอินดักชั่นคัพพลิง

ก. ชุดหมุนส่วนนอก

โครงสร้างเหมือนสเตเตอร์เครื่องจักรกลอะซิงโครนัสคือ ถูกติดตั้งบนแบริ่งผ่านวงแหวนลื่น (Slip ring) โดยมีขดลวด 2 ชุดคือ ชุดแรกเป็นขดลวดกระแสสลับเหมือนมอเตอร์เหนี่ยวนำ ชุดที่สองเป็นขดลวดกระแสตรงเหมือนมอเตอร์กระแสตรง ชุดหมุนส่วนนอกนี้จะหมุนด้วยเครื่องจักรกลซิงโครนัส

ข. ชุดหมุนส่วนใน

หมุนประมาณ 3,000 รอบต่อนาที ซึ่งไฟฟ้ากระแสสลับป้อนชุดหมุนส่วนนอก ชุดหมุนส่วนในจะเป็นเหมือนโรเตอร์ของมอเตอร์อินดักชั่น เมื่อไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายชุดหมุนส่วนนอกแรงดึงจากแม่เหล็กไฟฟ้าโดยขดลวดไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้ชุดหมุนส่วนในยึดติดกับชุดหมุนส่วนนอก

2.2 ไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Light)

ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินที่เกี่ยวกับความปลอดภัย เป็นมาตรฐานข้อกำหนดบังคับสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน และป้ายทางออกฉุกเฉิน เพื่อใช้ประกอบการอพยพ และหนีภัย

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าฉุกเฉินนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการหยุดชะงักการจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งหากระบบไฟฟ้าได้ออกแบบพิเศษให้แข็งแรง และทนทานต่อความร้อนจากอัคคีภัย เพื่อช่วยชีวิตคนในพื้นที่นั้นเรียกว่าเป็น “ระบบไฟฟ้าช่วยชีวิต” ซึ่งการจัดทำระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าฉุกเฉินมีอยู่ 4 วิธี คือ

1. ใช้แบตเตอรี่สำรองพลังงาน
2. ใช้เครื่องกำเนิดเครื่องไฟฟ้าฉุกเฉิน
3. แยกระบบการใช้งานฉุกเฉินออกจากระบบปกติ
4. ใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอื่นมาต่อเชื่อมเข้าในระบบที่เกิดขัดข้อง

2.2.1 ไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน

ไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินนี้จะต้องมีอุปกรณ์ประกอบคือ วงจรประจุแบตเตอรี่ให้เต็มภายใน 15 ชม. หลอดไฟควรเป็นหลอดฮาโลเจนจำนวน 2 ชุด ซึ่งปรับมุมได้ ตามรูป

รูปลักษณะของไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน

แบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินควรเป็นชนิดซีลด์ที่หุ้มปิดมิดชิด และจ่ายพลังงานได้ไม่น้อยกว่า 2 ชม. ซึ่งเมื่อใช้พลังงานไปแล้ว 1.5 ชั่วโมงจะต้องมีความสว่างเหลือไม่น้อยกว่า 60% ของระดับส่องสว่างแรกเริ่ม ในกรณีที่ไฟฟ้าเกิดขัดข้องขึ้นระบบทำงานจะหน่วงเวลาการส่องสว่างภายใน 1 วินาที

การติดตั้งระบบแสงสว่างฉุกเฉินควรติดตั้งที่ระดับความสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2 เมตร โดยไม่มีสิ่งกีดขวางทางหนีภัย

การติดตั้งชุดแสงสว่างฉุกเฉินควรมีสายตัวนำติดตั้งอย่างถาวร เพื่อต่อเชื่อมกับชุดแสงสว่างฉุกเฉิน แต่อนุโลมให้ติดตั้งชุดแสงสว่างฉุกเฉินโดยมีเต้ารับติดตั้งที่ผนังอย่างถาวร ส่วนสายจากชุดแสงสว่างฉุกเฉินไปยังเต้ารับยินยอมให้เป็นสายอ่อนได้ แต่ต้องยาวไม่เกิน 1 เมตร

รูปการติดตั้งชุดแสงสว่างฉุกเฉินที่มีแบตเตอรี่ในตัว

ระบบแสงสว่างฉุกเฉินที่ใช้แบตเตอรี่ส่วนกลาง รวมถึงระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าฉุกเฉินที่มีทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุดแบตเตอรี่สำรองส่วนกลาง มีรายละเอียดการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แสงสว่างฉุกเฉิน ตามรูป

รูปการส่งกำลังให้ชุดแสงสว่างฉุกเฉินที่ใช้แบตเตอรี่ส่วนกลาง

2.2.2 ป้ายทางออกฉุกเฉิน

ป้ายทางออก หรือ ป้ายทางหนีไฟจะต้องมีรายละเอียด และมีแสงสว่างที่เหมาะสมดังนี้

1. ทุกทางออกต้องมีป้ายที่มองเห็นได้ง่าย และทางไปสู่ทางออกต้องมีป้ายที่มองเห็นได้ง่ายเช่นกัน
2. ประตู ทางผ่าน หรือบันไดที่ไม่ใช่ทางออกต้องมีป้ายแสดงว่า “ไม่ใช่ทางออก” และอาจเพิ่มข้อความอื่นที่แสดงถึงการใช้งานจริง เช่น ห้องเก็บของ เป็นต้น
3. ป้ายทางออก หรือทางไปสู่ทางออกต้องมีขนาด สี และออกแบบที่มองเห็นได้ง่าย
4. ป้ายที่มีอักษร และเครื่องหมายลูกศรแสดงทิศทางต้องติดตั้งในทุกตำแหน่งที่เป็นทิศทางของการหนีภัย
5. ทุกป้ายต้องมีแสงสว่างที่เหมาะสม โดยให้แสงบนผิวของป้ายไม่น้อยกว่า 54 ลักซ์ (5 foot candles) หรือ อย่างน้อย 8 แคนเดลาต่อตารางเมตรที่ระยะ 25 ม.ม. จากป้าย

ป้ายทางออกฉุกเฉินต้องมีวงจรประจุไฟให้แบตเตอรี่ ซึ่งแบตเตอรี่เป็นชนิดซีลด์ที่หุ้มปิดมิดชิด ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 1x10 วัตต์ โดยให้ความสว่างไม่น้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง ทั้งนี้ป้ายให้ใช้สัญลักษณ์หรือ อาจมีอักษรประกอบ ตามตัวอย่างในรูป

รูปตัวอย่างป้ายทางออกฉุกเฉิน

ขนาดสัญลักษณ์ หรืออักษรสำหรับป้ายทางออกฉุกเฉินต้องสูงไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร และมีที่เหลือสำหรับขอบบน และขอบล่างไม่น้อยกว่า 2.50 เซนติเมตร โดยตัวป้ายใช้พื้นสีเขียว ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ใช้สีขาว และมีพื้นที่สีเขียวไม่น้อยกว่า 50% ของพื้นที่ป้าย

การติดตั้งป้ายทางออกฉุกเฉินด้านบนต้องสูงจากพื้นในช่วง 2.00 - 2.70 เมตร หรือติดตั้งด้านล่างโดยสูงจากพื้นในช่วง 15 - 20 เซนติเมตร

2.2.3 วงจรไฟฟ้าฉุกเฉิน

ปกติแล้วโหลดจะถูกจัดเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งจากสภาพของกลุ่มโหลดนั้นวงจรไฟฟ้าฉุกเฉินจะมุ่งเน้นไปที่โหลดจำเป็น

2.2.3.1 โหลดวิกฤต (Critical load)

โหลดชนิดนี้เป็นโหลดที่ต้องการกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง โดยไม่ยินยอมให้ไฟฟ้าหยุดชะงักนานเกินครึ่งไซเกิล (10 มิลลิวินาที) เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบสื่อสาร เป็นต้น ดังนั้นโหลดชนิดนี้จึงเป็นที่จะต้องใช้ร่วมกับระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส) โดยให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบยูพีเอสก่อนจ่ายไปยังโหลดชนิดนี้

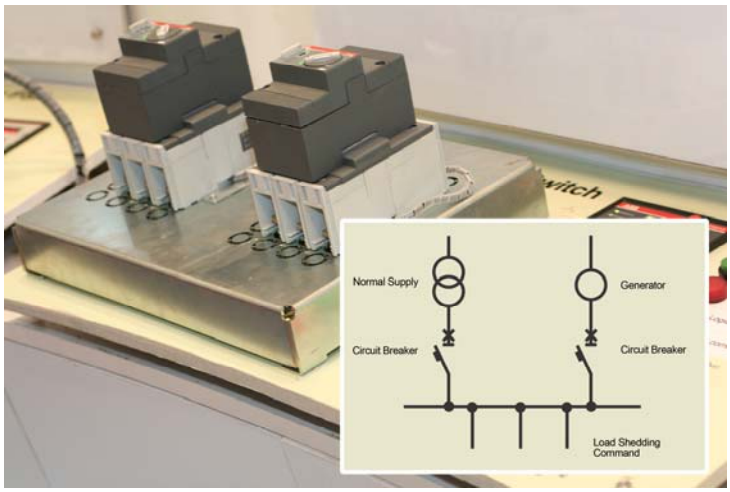
2.2.3.2 โหลดจำเป็น (Essential load)

โหลดชนิดนี้เกี่ยวกับความปลอดภัยซึ่งยินยอมให้ไฟฟ้าหยุดชะงักได้บ้าง แต่ต้องไม่เกิน 30 วินาที เช่น ระบบส่องสว่างฉุกเฉิน ระบบป้องกันเพลิง ระบบรักษาความปลอดภัย เป็นต้น

2.2.3.3 โหลดปกติ (Normal load)

โหลดชนิดนี้ยินยอมให้ไฟฟ้าหยุดชะงักได้นานๆ เช่น ระบบแสงสว่างทั่วไป ระบบปรับอากาศทั่วไป เป็นต้น

เมื่อมีระบบไฟฟ้าฉุกเฉินเพียงชุดเดียวการโอนย้ายโหลดฉุกเฉิน (เช่น ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน) จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติไปยังแหล่งกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินนั้น จะต้องจัดสวิตช์โอนย้ายที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติไปยังแหล่งจ่ายไฟฟ้าอื่นเมื่อระบบไฟฟ้าปกติเกิดขัดข้อง ตามรูป



รูปการจัดสวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติของโหลดฉุกเฉิน

เมื่อมีสายป้อนไฟฟ้า 2 ชุด โดยมีระบบไฟฟ้าฉุกเฉินเพียงชุดเดียว โหลดฉุกเฉินจะใช้งานตามปกติจากสายป้อนใดๆ โดยเพิ่มสวิตช์ด้านเข้าได้ที่สายป้อนไฟฟ้าหลัก

บทที่ 3 ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm)

ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติหมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถรับรู้ถึงไฟไหม้ที่เกิดขึ้นแล้ว สามารถส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมให้พร้อมที่จะสั่งกระดิ่ง หรืออุปกรณ์ใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันไฟไหม้ทำงานได้โดยปราศจากการควบคุมโดยคน ซึ่งหมายถึงเป็นการทำงานแบบอัตโนมัตินั่นเอง

หลักใหญ่ๆ สองประการที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้ คือ

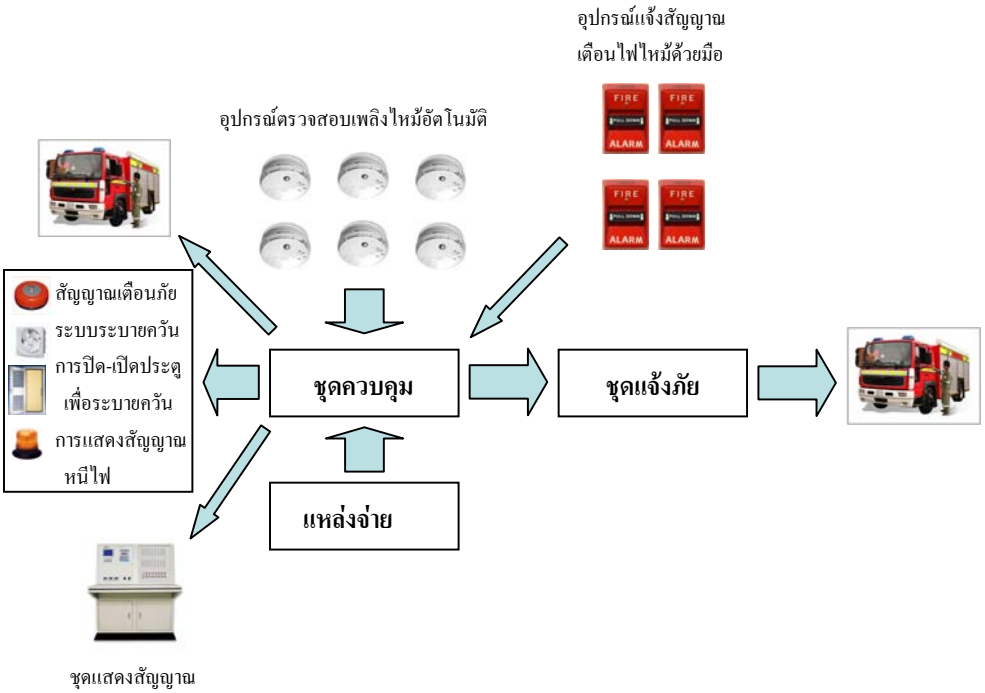
1. จะต้องไม่ระเบิด หรือเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากเพลิงไหม้ แต่จะต้องรับรู้ถึงเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นและต้องส่งสัญญาณกลับไปยังชุดควบคุมได้

2. จะต้องสามารถป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้ หรือเกิดจากสัญญาณหลอกที่มาจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้ได้

ในระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติมีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ ระบบ Hard Wire และระบบ Addressible หรือ Multiplex ซึ่งจะมีความแตกต่างดังนี้

1. ระบบ Hard Wire จะมีรายละเอียดการทำงานไม่ชัดเจน เช่น ในกรณีที่สัญญาณแจ้งเหตุถูกส่งมายัง FCP (Fire alarm control panel) โดยแจ้งมาจากโซน 8 กรณีเช่นนี้ผู้ควบคุม FCP จะไม่ทราบเลยว่ามาจากจุดใด ทราบแต่เพียงว่ามาจากโซน 8 ซึ่งถ้าโซน 8 มีอุปกรณ์อยู่ 10 ชุด แต่ละชุดอยู่ในห้องต่างๆ (เช่น อาจจะอยู่ทั้งหมด 10 ห้อง) ผู้ควบคุมจะทราบเพียงว่า อยู่โซน 8 เท่านั้น แต่จะไม่สามารถทราบเลยว่า ตัวแจ้งสัญญาณมาจากห้องใด นอกจากนี้จำนวนสายในระบบมีจำนวนมาก เพราะอย่างน้อยในแต่ละโซนต้องประกอบด้วยสายสัญญาณขนาด 2 x 1.5 mm^2 (จำนวน 2 เส้น) และสายควบคุม เช่น กระดิ่งขนาด 2 x 2.5 mm^2 (จำนวน 2 เส้น) ดังนั้นในแต่ละโซนจึงมีสายทั้งหมด 4 เส้น ถ้าในกรณีที่โซนมีจำนวนมากๆ จำนวนสายก็มีมากขึ้นไปด้วย ดังนั้นระบบ Hard Wire จึงเหมาะสำหรับการติดตั้งในอาคารที่มีขนาดไม่ใหญ่หรือไม่สูงเกินไปนัก และสามารถยอมรับสภาพการแจ้งเหตุที่ส่งมายัง FCP ซึ่งแก้ปัญหาได้ด้วยการติดตั้งระบบโทรศัพท์ในแต่ละชั้น

2. ระบบ Addressible เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ข้อบกพร่องของระบบ Hard Wire โดยในระบบนี้อุปกรณ์แจ้งเหตุจะถูกส่งผ่านมายัง Monitor Module (MM) และการสั่งงานไปยังอุปกรณ์เช่น กระดิ่งและลำโพงนั้นจะถูกส่งผ่าน Control Module (CM) ผ่านไปยังอุปกรณ์โดยทั้ง MM และ CM สามารถกำหนดแอดเดรสได้ระบบสัญญาณต่างๆ มักใช้สายตีคู่ (Twisted pair) ในขณะที่ระบบอุปกรณ์ก็ใช้สายขนาดต่างกันไป เช่น ใช้ 2-THW 2.5 mm^2 สำหรับกระดิ่ง ส่วนลำโพงจะใช้สายตีคู่เช่น 1P-Twisted W / Shield 16 AWG และระบบโทรศัพท์มักจะใช้ 1P-Twisted W / Shield 16 AWG เป็นต้น หรืออาจจะใช้สาย Twisted pair ชนิด TIEV ขนาด 0.65 mm หรือ 0.5 mm ก็ได้



รูปแสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้

นอกจากนี้การต่อสายของอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้จะสามารถต่อได้ 2 แบบ คือ

1. แบบ 4 สาย (Class A)

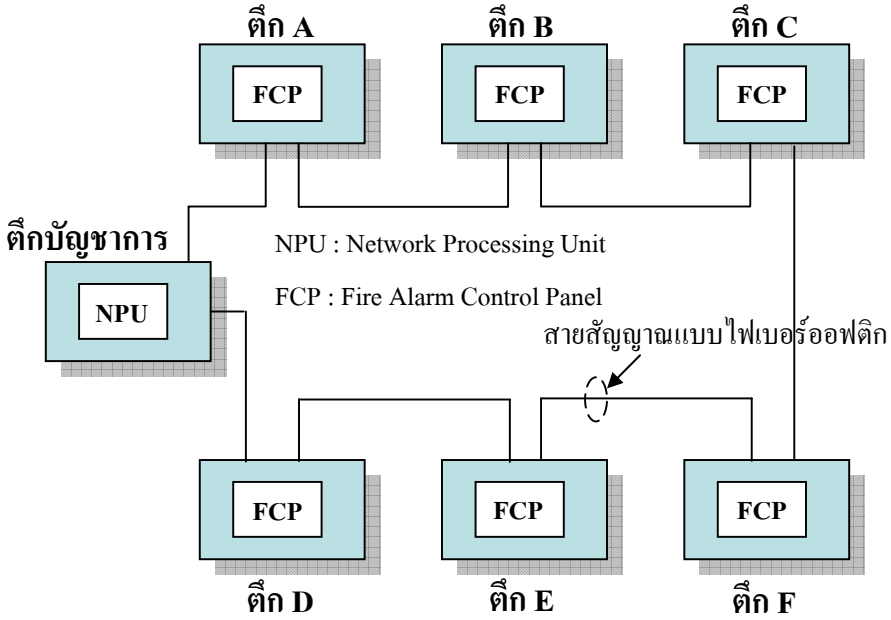
วงจรนี้จะสามารถแจ้งสัญญาณเพลิงไหม้ได้ ถึงแม้ว่า สายจะขาดที่จุดหนึ่งจุดใด หรือในกรณีที่สายลัดวงจรที่จุดหนึ่งจุดใดก็ยังสามารถแจ้งเหตุได้

2. แบบ 2 สาย (Class B)

ใช้ทั้งแจ้งสัญญาณเพลิงไหม้และจ่ายไฟไปที่เครื่องตรวจจับควันในวงจรเดียวกัน แต่ละวงจรสามารถรับสัญญาณเพลิงไหม้จากเครื่องตรวจจับเพลิงพร้อมกันได้หลายตัว และที่ปลายวงจรจะมีตัวต้านทานติดไว้เพื่อใช้เป็นจุดจบของสาย (End of line resistor)

ระบบ Addressible มีข้อดีคือ เหมาะสำหรับอาคารสูง จำนวนชั้นมากๆ หรือใช้กับบริเวณพื้นที่กว้างๆ เช่น มีจำนวนตึกแยกอิสระจากกัน ซึ่งระบบในลักษณะนี้แต่ละตึกจะมีการติดตั้ง FCP โดยทำการเชื่อม FCP แต่ละตึกเป็นลูปสามารถส่งข้อมูลทั้งหมดเข้าไปยังตึกบัญชาการหรือตึกศูนย์กลางได้ โดยที่ลักษณะการต่อเชื่อมโยงแบบลูปนี้ การทำงานของแต่ละ FCP จะต้องเป็นแบบ Stand Alone คือ สามารถสั่งการได้ในแต่ละตึกโดยแยกอิสระกัน และจะต้องสามารถเชื่อมต่อข้อมูลสัญญาณเป็นวงลูป หรือ การสร้างระบบเครือข่าย (Network System) ได้ในกรณีที่ลูปเปิดวงจรหรือลัดวงจร ความหมายของ Stand Alone คือ แต่ละตึกยังคงทำงานอิสระได้

แต่ไม่สามารถเชื่อมข้อมูลเข้าด้วยกันในกรณีที่แต่ละตึกอยู่ไกลกัน การเชื่อมต่อแต่ละตึกจะต้องใช้สายสัญญาณที่เป็นแบบไฟเบอร์ออปติก (Fiber optic cable) ซึ่งพิจารณาได้จากรูป



รูปแสดงระบบลูป

3.1 ชนิดของอุปกรณ์

จากรูปพบว่า มีอุปกรณ์หลายอย่างที่ประกอบขึ้นเป็นระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติแบบ Hard Wire

พิจารณาโครงสร้างได้จากรูปซึ่งระบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

3.1.1.1 อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ (Fixed-temperature Heat Detector)

อุปกรณ์นี้เป็นแบบธรรมดา ราคาถูกที่สุดและมีความไวในการตรวจสอบน้อยที่สุด ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุให้ระบบดับเพลิงทำงานโดยที่ไม่มีเพลิงไหม้จึงมีน้อยที่สุดด้วย อุปกรณ์ตรวจสอบตัวนี้จะทำงานครอบคลุมพื้นที่ทำการได้ประมาณ 60 ถึง 70 m^2

รูปแสดงระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้

3.1.1.2 อุปกรณ์ตรวจสอบอัตราการเพิ่มความร้อน (Rate of Rise Heat Detector)

อุปกรณ์ตัวนี้มีความไวในการทำงานสูงกว่าอุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ควรเลือกใช้งานในกรณีที่เพลิงมีความร้อนสูงและคาดว่าจะลุกลามได้รวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้องเนื่องมาจากการใช้งานตามปกติ หรือจากแหล่งความร้อนภายในห้องอาจจะมีปัญหาต่อการใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ เช่น การปิดเปิดพัดลมระบายอากาศ ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนมากพอที่จะทำให้อุปกรณ์ตัวนี้ทำงานได้ อุปกรณ์นี้สามารถทำงานครอบคลุมพื้นที่ได้ประมาณ 70 ถึง 90 m^2 เช่น ใช้สำหรับตรวจจับความร้อนที่เกิดขึ้นทำงานเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 $^{\circ}C$ ภายใน 1 นาที ครอบคลุมพื้นที่ได้ 90 m^2

3.1.1.3 อุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector) อุปกรณ์ตัวนี้ใช้กับเพลิงที่คาดว่า จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และมีควัน อุปกรณ์ชุดนี้มี 2 แบบคือ อุปกรณ์ตรวจสอบควันแบบแตกตัวเป็นไอออน (Ionization Smoke Detector) และอุปกรณ์ตรวจสอบควันแบบใช้แสง (Photoelectric Smoke Detector) อุปกรณ์ตัวนี้สามารถทำงานครอบคลุมพื้นที่ได้ประมาณ 150 m^2 ใช้กับตำแหน่ง หรือบริเวณที่เกี่ยวข้องกับบุคคลเช่น ห้องนอน ทางเดินปิด ทางไปบันไดหนีไฟ เป็นต้น

ตารางข้อเสนอแนะสำหรับการติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้

ห้องที่จะติด	อุปกรณ์ตรวจสอบควัน		อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อน	
	แบบใช้แสง	แบบแตกตัวเป็นไอออน	แบบเพิ่มความร้อน	แบบอุณหภูมิคงที่
ห้องทั่วๆ ไป	☺	▲	☺	―
ทางเดิน	☺	―	x	x
ช่องลิฟท์-ท่อ-ท่อสายไฟ	☺	―	x	x
ห้องพัก	☺	▲	x	x
ห้องทำงาน	☺	▲	☺	―
ห้องแต่งตัว	☺	▲	☺	―
ห้องอาบน้ำ	x	X	x	☺
ห้องครัว	x	X	x	☺
ห้องรับประทานอาหาร	☺	▲	☺	―
ห้องสมุด	▲	☺	☺	―
ห้องเก็บของ	☺	▲	☺	―
ห้องน้ำ	☺	―	―	☺
ห้องคอมพิวเตอร์สื่อสาร	☺	▲	―	―
ห้องไฟฟ้า	☺	▲	―	―
ห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	x	X	☺	―
ห้องไอน้ำ	x	X	x	☺
ห้องเครื่องจักร-ปั๊ม	☺	▲	☺	☺
ห้องเครื่องปรับอากาศ	☺	▲	☺	―
โรงรถ	x	X	☺	―
ห้องเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง	x	X	x	☺
ห้องภาพ – ห้องมืด	☺	X	☺	―

<u>หมายเหตุ</u> ☺ หมายถึง ดีที่สุด ▲ หมายถึง เหมาะสม x หมายถึง ไม่เหมาะสม

3.1.1.4 อุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ (Manual Alarm หรือ Fire alarm Station)

อุปกรณ์ตัวนี้มักจะติดตั้งตามจุดที่สังเกตเห็นได้ง่าย โดยจะทำงานก็ต่อเมื่อมีการกดปุ่มสัญญาณที่อยู่ภายใน ซึ่งมีแผ่นพลาสติกใสปกปิดอยู่บนปุ่มสัญญาณ โดยสัญญาณที่เกิดจากการกดปุ่มสัญญาณจะถูกส่งมาที่ตู้ควบคุม ในอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือนี้อาจใช้โทรศัพท์เพื่อติดต่อแจ้งข่าวสารด้วยก็ได้ ซึ่งจะมีช่องเสียบโทรศัพท์สำหรับผู้ติดต่อโดยตรงกับตู้ควบคุมได้

รูปแสดงอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ (Manual)

3.1.1.5 กล่องรวมอุปกรณ์ (Combination Box)

เป็นกล่องที่ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ซึ่งภายในกล่องประกอบด้วย อุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ หลอดไฟแสดงโซน และกระดิ่ง

รูปแสดงลักษณะของกล่องรวมอุปกรณ์

3.1.1.6 ชุดกระดิ่ง หรือ ไซเรน (Sounding Device หรือ Audible Alarm Device)

เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณจากชุดตู้ควบคุมส่งมายังกระดิ่ง หรือ ไซเรน เพื่อบอกให้ทราบว่า ขณะนี้ได้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นแล้ว ส่วนมากอุปกรณ์ชุดนี้จะทำงานโดยอาศัยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดควบคุม เช่น ที่แรงดัน 24 V

รูปแสดงชุดกระดิ่ง หรือ ไซเรน

3.2 แผงควบคุมและแผงแจ้งเหตุ (Annunciation)

จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.2.1 ชุดแจ้งสัญญาณเหตุ (Auxiliary Panel หรือ Remote Fire Annunciator)

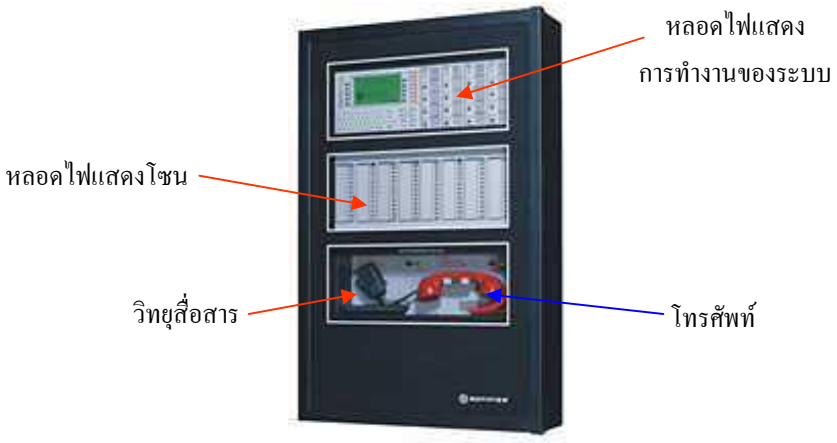
อุปกรณ์ชุดนี้อาจหมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แจ้งให้ทราบว่า ในขณะนี้ได้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่ชั้นใด โดยที่การแจ้งสัญญาณเหตุนี้จะรับสัญญาณมาจากตู้ควบคุม อุปกรณ์ตัวนี้อาจเปรียบได้กับเป็นตัวลูกของชุดควบคุม ซึ่งทำหน้าที่แจ้งสัญญาณให้ชุดควบคุมทราบ

รูปแสดงชุดรีโมตชุดแจ้งสัญญาณเหตุฉุกเฉิน

3.2.2 ชุดควบคุม (Control Panel)

อุปกรณ์ชุดนี้อาจเปรียบได้กับเป็นอุปกรณ์ศูนย์กลาง หรือหัวใจของชุดระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ มีหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติและอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ เมื่อได้รับสัญญาณแล้วชุดควบคุมนี้ก็จะทำหน้าที่เป็นตัวเตือนภัย เพื่อแจ้งให้แก่บุคคลทราบ โดยการเตือนภัยอาจออกมาในรูปของการแสดงบนชุดควบคุมที่ชุดแจ้งสัญญาณเหตุ หรืออาจแสดงด้วยเสียงบนชุดกระดิ่งหรือไซเรนก็ได้ เช่น เมื่อเกิดเพลิงไหม้สัญญาณที่เกิดจากอุปกรณ์ตรวจสอบ (อาจจะมาจากแบบอัตโนมัติหรือแบบมือ) จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม ชุดแจ้งสัญญาณเหตุ อุปกรณ์กระดิ่ง หรือไซเรน ซึ่งจะตรงกันกับที่โซนของชุดควบคุมเริ่มทำงาน นอกจากนี้ชุดควบคุมอาจสั่งการในแบบที่ให้กระดิ่ง หรือไซเรนที่อยู่เหนือชั้นที่เกิดเพลิงไหม้และชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ทำงานก่อน ในขณะที่ชั้นอื่นๆ ยังคงเงียบอยู่ ในกรณีที่ไม่สามารถสกัดเพลิงไหม้ได้ ผู้ควบคุมอาคารสามารถเปิดสวิตช์ที่ชุดควบคุม เพื่อให้ชุดกระดิ่งหรือไซเรนตามชั้นต่างๆ ที่เหลือทั้งหมดดังขึ้นพร้อมกันก็ได้

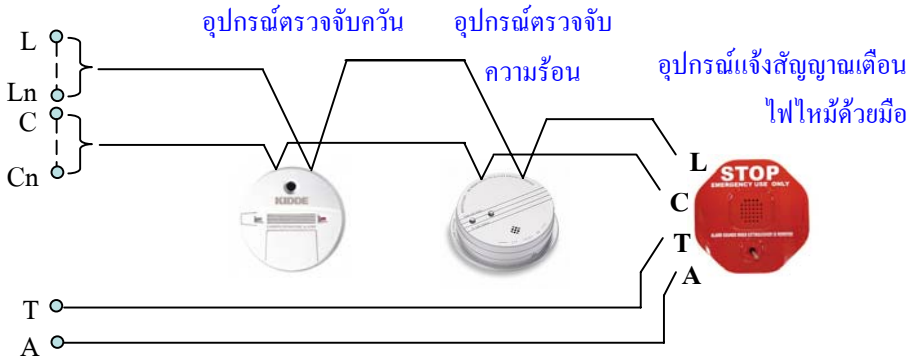
ชุดควบคุมนี้แบ่งการทำงานออกเป็นโซน โดยแต่ละโซนอาจจะประกอบด้วยหลอดไฟแสดงโซน (Zone lamp) หลอดไฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ (Fire alarm station lamp) และหลอดไฟแสดงการใช้โทรศัพท์ (Telephone lamp) ซึ่งมีสวิตช์สำหรับใช้ควบคุม และทดสอบการทำงานของระบบ เช่น Audible alarm operating switch , Audible alarm silencing switch และ Test and reset switch พร้อมชุดช่องเสียบโทรศัพท์เพื่อติดต่อกับชุดแจ้งสัญญาณเหตุ และอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ นอกจากนี้ชุดควบคุมควรมีแบตเตอรี่สำรองไว้ใช้ในกรณีที่ไฟฟ้าหลักเกิดดับด้วย ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้จะเป็นพวกนิกเกิลแคดเมียมที่ผนึกปิดแน่น (Hermetically sealed nickel cadmium battery)



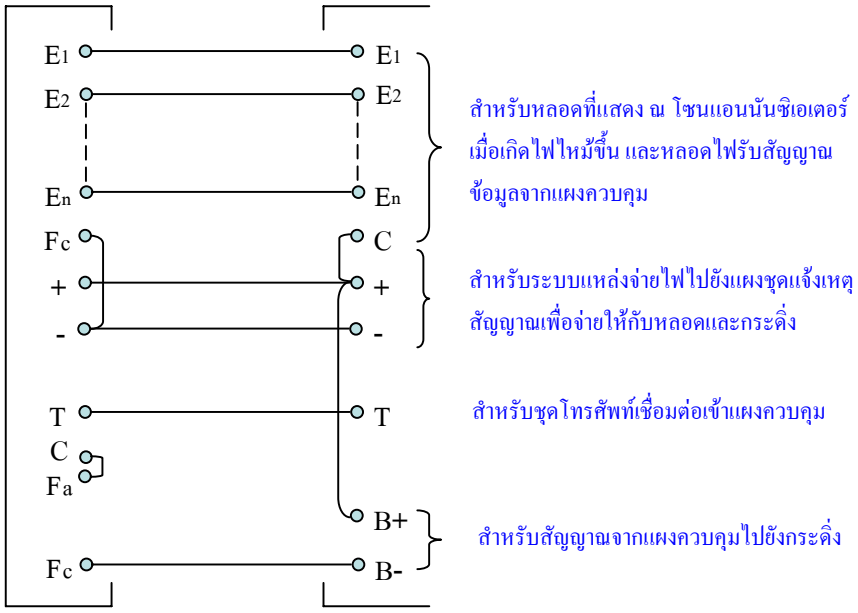
รูปแสดงชุดควบคุม

การต่อสาย

การติดตั้งระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้นี้ควรเป็นไปตามข้อแนะนำของผู้ผลิต โดยระบบสายที่ใช้กับวงจรอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติจะใช้ขนาด 1.5 mm^2 และสายที่ใช้กับวงจรชุดสัญญาณกระดิ่งจะใช้ขนาด 2.5 mm^2 การต่อสายระหว่างชุดควบคุมกับอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติ และชุดอุปกรณ์แจ้งสัญญาณด้วยมือ ดังรูปจะแสดงการต่อสายระหว่างชุดควบคุม และชุดแจ้งสัญญาณเหตุ

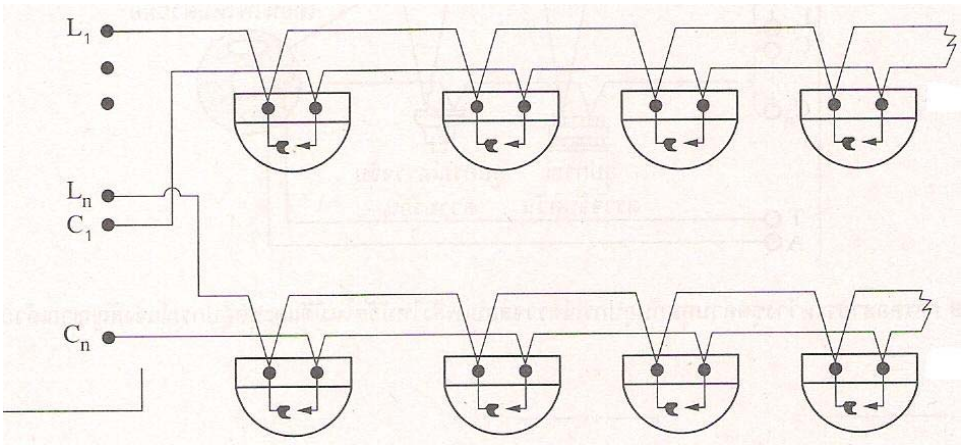


รูปแสดงการต่อสายระหว่างชุดควบคุมกับอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้และชุดอุปกรณ์แจ้งสัญญาณด้วยมือ



รูปแสดงตัวอย่างการต่อสายระหว่างชุดควบคุม
และชุดออกซิเลียรีพาเนลของผลิตภัณฑ์ยี่ห้อหนึ่ง

ในการต่อสายของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้อัตโนมัติจะต้องมีจุดจบสายด้วย (End of line) โดยส่วนมากอาจจะใช้ซีเนอร์ไดโอด หรือ ตัวต้านทานขึ้นอยู่กับผู้ผลิตอุปกรณ์ ดังแสดงในรูป



รูปแสดงการใช้จุดจบของสายภายในโซน

3.2.3 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติแบบ Addressible

ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.2.3.1 Module ประกอบด้วย 2 ประเภทคือ Monitor และ Control Module ซึ่งอุปกรณ์นี้ทำหน้าที่เป็นทั้งตัวรับและส่งสัญญาณคือ กรณีเป็น Monitor Module จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ส่งผ่าน

ไปยัง FCP ในขณะที่เป็น Control Module ก็จะรับสัญญาณจาก FCP ส่งต่อไปยังอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ลำโพง หรือไซเรน

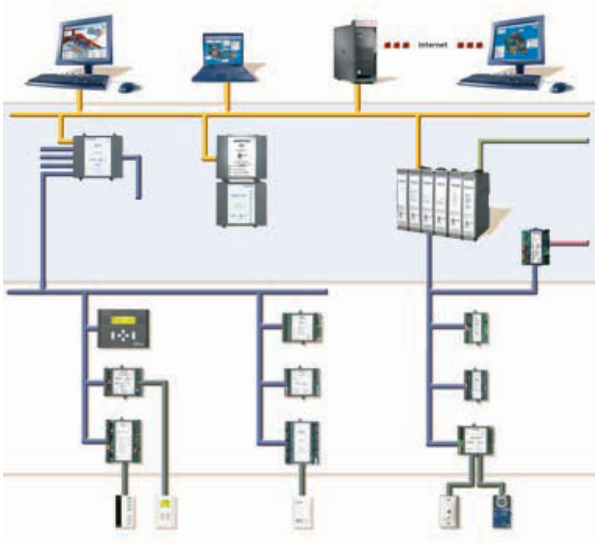
3.2.3.2 อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับควัน ตรวจจับความร้อน และตรวจจับควันแบบใช้ลำแสง ซึ่งความสัมพันธ์ของการตรวจจับจะแสดงดังรูป โดยอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบใช้ลำแสง หรือ Projected beam smoke detector นี้จะใช้ในโรงยิม โรงละคร อุโมงค์ และรถไฟใต้ดิน

รูปแสดงอุปกรณ์จับควัน

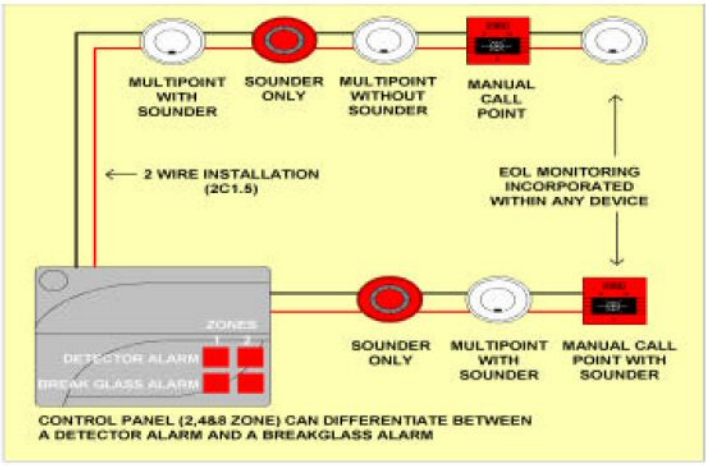
3.2.3.3 อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับ Sprinkler ประกอบด้วย Flow Switch และ Supervisory Switch โดยที่ Flow Switch ทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งจะวัดได้ในกรณีที่ Fire Pump ทำงาน และมีการไหลของน้ำอันเกิดจาก FHC (Fire hose cabinet) หรือหัว Sprinkler ทำงาน ส่วน Supervisory Switch เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แสดงสัญญาณไฟฟ้า กรณีที่มีการปิดวาล์วน้ำของท่อดับเพลิงเพื่อการตรวจสอบหารอยรั่ว ซึ่งต้องทำการปิดวาล์วน้ำ แต่ถ้าหลังจากตรวจสอบแล้วไม่ได้เปิดวาล์วน้ำ Supervisory Switch จะแสดงผลไปที่ FCP ให้ทราบถึงสถานะของวาล์วว่า ยังปิดอยู่

รูปแสดงอุปกรณ์หัว Sprinkler

3.2.3.4 FCP เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ควบคุมรายละเอียดการทำงาน เพียงแต่ถ้าเกิดสิ่งผิดปกติขึ้นมา จะต้องมี LED อย่างน้อย 1 ตัวทำงาน และอาจมีเสียงดังออกจาก FCP จอภาพจะแสดงจำนวนของความผิดปกติ และความผิดปกติต่างๆ ถูกเก็บไว้ในเครื่อง ซึ่งผู้ควบคุมก็จะต้องตรวจสภาพเพื่อดูว่า ความผิดปกตินั้นเกิดจากส่วนใด และมาจากอุปกรณ์ใด นอกจากนี้ในกรณีที่ FCP ได้รับรายงานซึ่งอาจเกิดจากข้อขัดข้องของระบบ FCP ก็จะแสดงข้อขัดข้องนี้ให้รู้ทาง LED และเครื่องก็จะส่งเสียง จอภาพจะแสดงข้อความว่า มีจุดที่ผิดปกติกี่จุด ทำให้ผู้ควบคุมสามารถตรวจสอบการผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ เช่น สายขาด อันจะนำไปสู่การแก้ไขต่อไป



รูปโครงสร้างของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติที่เป็นระบบ Addressible



รูปการต่อสายของอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้

นอกจากอุปกรณ์ที่ได้กล่าวถึงไปแล้วข้างต้น ระบบ Addressible ยังมีอุปกรณ์อีกหลายอย่าง เช่น

- Line Isolator หรือ Fault Isolator Module มีไว้เพื่อตรวจสอบการเกิดการลัดวงจรภายในลูป
- Duct Detector มีไว้เพื่อตรวจสอบควัน แต่จะเป็นกล่องใส่เครื่องจับควันมักติดตั้งที่ช่องลมกลับหรือช่องเข้าของเครื่องเป่าลมในระบบเครื่องปรับอากาศ กรณีที่เกิดไฟไหม้ ควันพิษ และก๊าซจะเกิดขึ้นในท่อแอร์ โดยมี Sampling Tube เป็นท่อ EMT เจาะรูยาวตามขนาดเครื่อง และมีรีเลย์สำหรับตัดไฟพัดลม หรือเปิดแดมเปอร์ (Damper) เพื่อไม่ให้ควันพิษกระจายออกสู่ภายนอกต่อไป นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ตรวจจับควันไฟแบบสุ่มตัวอย่างอากาศ (Aspirating Smoke Detection System) ซึ่งเป็นระบบที่มีความไวในการตรวจจับการจะก่อหรือกำลังเริ่มจะเกิดของควันไฟ เป็นระบบที่มีท่อ มีไส้กรองอากาศและพัดลมดูดอากาศ โดยพัดลมจะดูดอากาศจากพื้นที่ที่ต้องการป้องกันผ่านไส้กรองอากาศไปยังอุปกรณ์ตรวจจับควัน เพื่อวัดปริมาณอนุภาคควันในอากาศด้วยแสงเลเซอร์ ระบบดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์ของ VESDA มักจะใช้ระบบ Vesda ในห้องพิพิธภัณฑ์ ห้อง Data , ห้องคอมพิวเตอร์ที่มีการยกพื้นและอื่นๆ ที่ต้องการความปลอดภัยจากการที่จะเริ่มเกิดของไฟไหม้
- Strobe มีไว้เพื่อแสดงเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้
- Electromagnetic Door Holder ใช้เมื่อต้องการปิด - เปิดประตูของระบบรักษาความปลอดภัยและประตูหนีไฟ เป็นต้น

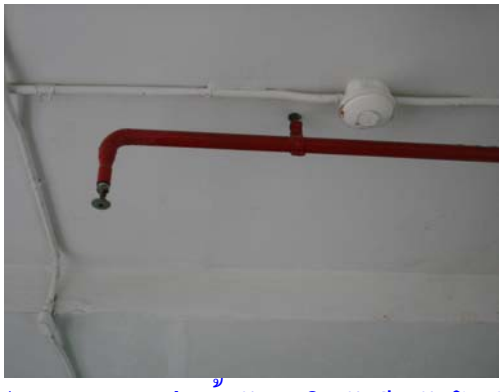
จากระบบแจ้งเหตุอัตโนมัติที่เป็นแบบ Addressible จะพบว่าเป็นระบบที่สามารถแจ้งเหตุได้อย่างสมบูรณ์ รู้ตำแหน่งรายละเอียดต่างๆ ซึ่งการติดตั้ง การบำรุงรักษา ผู้ใช้และผู้ติดตั้งสามารถรับความรู้ได้จากผู้จัดจำหน่าย

3.2.4 ระบบดับเพลิง

เมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับต่อสู้ และดับเพลิง ซึ่งอุปกรณ์ดับเพลิงมีทั้งแบบอัตโนมัติและไม่อัตโนมัติ โดยระบบดับเพลิงแบบไม่อัตโนมัติมักเป็นอุปกรณ์ที่ผู้ประสบกับเพลิงไหม้เป็นผู้ใช้เครื่องมือในการดับเพลิงเอง ได้แก่ เครื่องดับเพลิงแบบหิ้ว อาจเป็นแบบใช้ผงเคมี หรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีเครื่องดับเพลิงแบบสายดับเพลิง (Hose reef) ซึ่งสามารถลากออกจากตู้ม้วนสายฉีดดังเพลิง (Hose reel Cabinet) ได้

รูปแสดงเครื่องดับเพลิงแบบหิ้ว

ทั้งนี้ยังมีระบบดับเพลิงที่เป็นแบบอัตโนมัติคือ เป็นระบบท่อฉีดน้ำดับเพลิง หรือสปิงเกอร์ (water sprinkler pipe) ที่มีหัวฉีดอัตโนมัติ การทำงานของระบบสปริงเกอร์จะอาศัยความร้อนเป็นสื่อ กล่าวคือ บริเวณที่เกิดอัคคีภัย หรือจะเกิดอัคคีภัยต้องมีความร้อนเกิดขึ้นในบริเวณนั้น ซึ่งอากาศร้อนก็จะลอยตัวขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะไปกระทบกับหัวสปริงเกอร์ตัวที่ใกล้ที่สุด เมื่อความร้อนมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิที่กำหนดให้สปริงเกอร์ทำงานเช่น ประมาณ 68°C หรือ 135°F หลอดแก้วที่หัวสปริงเกอร์ก็จะแตก การแตกของหลอดแก้วโดยอาศัยสารพิเศษที่เรียกว่า ไดนาเทอม (Dyna Therm) ของวอร์มัลด์ (Wormald) ที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนจนกระทั่งหลอดแก้วนั้นแตก เมื่อหลอดแก้วแตกจุกที่อุดไว้ก็จะหลุดออก และน้ำในเส้นท่อที่มีความดันก็จะพุ่งออกโดยทันที



รูปแสดงระบบท่อน้ำดับเพลิงหัวฉีดอัตโนมัติ

ในบริเวณที่เป็นห้องเครื่องไฟฟ้า ห้องคอมพิวเตอร์ หรือห้องสมุด ไม่สามารถดับเพลิงด้วยน้ำได้ จำเป็นต้องใช้ระบบดับเพลิงที่ใช้สารเคมี โดยส่วนมากมักจะเป็นแก๊สที่สามารถดับไฟได้ และต้องไม่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม หรือบุคคล ในปัจจุบันจะใช้แก๊สชนิดสาร FM-200

3.2.5 ระบบระบายควัน และป้องกันไฟลาม (Fire Ventilation System)

ในขณะที่เกิดไฟไหม้ระบบระบายควัน และป้องกันไฟลามจะเป็นส่วนหนึ่งในระบบควบคุมเพลิง เพราะจะเป็นระบบที่ให้ความปลอดภัย ในการรักษาให้บริเวณบันไดหนีไฟภายในอาคารเป็นบริเวณที่ปลอดภัย (Safety Zone) โดยจะพยายามระบายควันไฟออกให้ได้มากที่สุด ทั้งนี้ตามสถิติพบว่า ผู้ประสบภัยในกรณีเกิดเพลิงไหม้มักเสียชีวิต เนื่องจากควันที่สูดเข้าปอด นอกจากนี้อาจจะเกิดควันหนาแน่นจนกำบังไม่ให้ผู้หนีไฟพบทางออกสู่บริเวณที่ปลอดภัยได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมความดันภายในอาคาร เพื่อจะสกัดไฟที่ลาม และเพื่อจำกัดบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ให้อยู่ในส่วนที่จำกัดที่สุด

การระบายควัน และป้องกันไฟลาม มักจะประกอบด้วยพัดลม 2 ระบบคือ ระบบพัดลมอัดอากาศ (Pressurizing Fan) โดยติดตั้งอยู่ภายในอาคาร และพัดลมดูดอากาศ (Exhaust Fan) ปกติติดตั้งอยู่ชั้นหลังคา

ในระบบนี้จะต้องสร้างท่อลมสำหรับอัด และดูดอากาศขึ้นภายในอาคาร อาจจะทำเป็นแบบท่อลมตั้งแต่ชั้น 4 ขึ้นไปจนถึงชั้นบนสุด ที่ทางเดินแต่ละชั้นควรจะมีแดมเปอร์ (Damper) ที่คอยปิดเปิดท่อลม โดย

การควบคุมแดมเปอร์อาจจะใช้ระบบนิวแมติก และควบคุมโดยห้องควบคุม ซึ่งโอเปอเรเตอร์จะเป็นผู้ควบคุมการปิด-เปิดของแดมเปอร์อีกทีหนึ่ง

ในกรณีเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่ชั้นใดชั้นหนึ่ง ระบบพัดลมทั้งแบบอัดอากาศและดูดอากาศจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ หลังจากได้รับแจ้งสัญญาณไฟไหม้จากตัวตรวจจับสัญญาณ แดมเปอร์ในชั้นที่เกิดเพลิงไหม้จะเปิดออกเพื่อทำการดูดอากาศออก เป็นการระบายควันที่เกิดจากเพลิงไหม้ให้เบาบางลง นอกจากนั้นก็เพื่อลดความดันภายในชั้น ไม่ให้ไฟลุกลามออกไปมากขึ้น

ส่วนชั้นที่ประกบกับชั้นที่เกิดเพลิงไหม้คือ ชั้นบน และชั้นล่างของชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ แดมเปอร์อัดอากาศจะเปิดออก ทำให้ชั้นที่ประกบดังกล่าวมีความดันสูงขึ้นและมีความดันเป็นบวก เพื่อช่วยสกัดเพลิงไม่ให้ลุกลามจากชั้นที่เกิดเพลิงไปยังชั้นอื่นๆ ได้

การปิด-เปิดของแดมเปอร์ในแต่ละชั้นจะถูกกระทำโดยโอเปอเรเตอร์ที่อยู่ในห้องควบคุม และการทำงานของระบบควบคุมไฟไหม้ในช่วงแรกจะเป็นไปอย่างอัตโนมัติ แต่หลังจากที่โอเปอเรเตอร์ได้ทราบปัญหาของการเกิดเพลิงไหม้แล้ว อาจจะเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้นก็ได้ โดยอาจเลือกใช้การกระทำแบบเลื่อนชั้นที่ต้องการอัดอากาศขึ้นหรือลง ถ้าไฟลุกลามไปมากกว่าการควบคุม หรืออาจดูดลมในชั้นที่ไฟลุกลามเพิ่มเติมขึ้นก็ได้

พัดลมอัดอากาศควรจะอัดอากาศในบริเวณที่เป็นบันไดหนีไฟในอาคาร โดยจะอัดอากาศเข้าไปในช่องชาฟต์ (Shaft) ของบันได ทั้งนี้เพื่อรักษาความดันในบริเวณบันไดให้สูงกว่าความดันภายนอก เพื่อไม่ให้ไฟลุกลามเข้าไปในบันไดได้ วัตถุประสงค์ก็เพื่อต้องการให้บริเวณบันไดปราศจากเพลิงให้มากที่สุด โดยใช้เป็นทางหนีไฟได้อย่างสะดวก ปลอดภัย และในปัจจุบันช่องพัดลมอัดอากาศนอกจากจะเป็นบันไดหนีไฟแล้ว ยังมีลิฟต์ดับเพลิงอยู่ในช่องดังกล่าวด้วย

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า ในการป้องกันเพลิงไหม้ควรจัด หรือออกแบบการทำงานของระบบป้องกันและควบคุมเพลิงออกเป็น 3 ระบบ โดยทั้ง 3 ระบบจะต้องทำงานสอดคล้องกัน กล่าวคือ

ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้ทำหน้าที่ตรวจสอบ และติดตามการเกิดขึ้นของอัคคีภัย โดยสัญญาณจะถูกส่งจากตัวแจ้งสัญญาณกลับไปยังแผงควบคุม และมีการหน่วงเวลาสักระยะหนึ่งก่อน เพื่อให้โอเปอเรเตอร์สามารถตรวจสอบว่า สัญญาณที่ถูกส่งมาเป็นสัญญาณจริง หรือสัญญาณหลอก ในกรณีที่เป็นสัญญาณหลอกโอเปอเรเตอร์ก็จะทำการเคลียร์ระบบ โดยการกดปุ่ม Reset ระบบก็จะเข้าสู่ระบบเดิม แต่หากเป็นสัญญาณจริงแผงควบคุมก็จะแจ้งสัญญาณเพลิงไหม้ไปทั่วบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ เช่น อาจจะสั่งให้กระดิ่งดังเฉพาะชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ หรืออาจจะดังเฉพาะชั้นที่เกิดเพลิงไหม้กับชั้นที่ประกบกับชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ก็ได้ นอกจากนี้อาจจะมีการปิดไฟฟ้าในอาคาร เพื่อไม่ให้เกิดไฟฟ้าชอร์ตเนื่องจากเพลิงไหม้ ไฟฉุกเฉินที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ก็จะทำงาน ถ้าในอาคารมีลิฟต์อยู่ด้วย ลิฟต์ก็ควรถูกสั่งให้ลงมาจอดยังชั้นล่าง เพื่อป้องกันคนที่หนีไฟเข้าไปติดในลิฟต์ นอกจากนี้ปั๊มน้ำ พัดลม และเครื่องปรับอากาศทั้งหมดก็จะหยุดทำงาน ระบบดับเพลิงจะเริ่มทำงานโดย

สปริงเกอร์ หรืออาจใช้สารเคมี ปั๊มน้ำดับเพลิงจะเริ่มทำงานในขณะเดียวกันกับที่ระบบระบายควัน และควบคุมเพลิงก็จะเริ่มดูดควันและอัดอากาศโดยอัตโนมัติเมื่อมีสัญญาณแจ้งไฟ หลังจากนั้นโอเปอเรเตอร์จะเป็นผู้สั่งการหรือควบคุมระบบอัดอากาศ หรือดูดอากาศตามแต่สถานการณ์ต่อไป

3.3 การตรวจสอบและการบำรุงรักษา

ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System) เป็นระบบที่ใช้ในการป้องกันการเกิดอัคคีภัยซึ่งทุกหน่วยงานจะต้องติดตั้งไว้ใช้เพื่อป้องกันชีวิตและทรัพย์สินของตนเอง โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรม สถานประกอบการ อาคารสำนักงานต่างๆ จึงต้องมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาดังต่อไปนี้

1. ศึกษาคู่มือการใช้งานของระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้อย่างละเอียด
2. ผู้ปฏิบัติงานด้านการตรวจสอบต้องเป็นช่างที่ชำนาญงานมีความเข้าใจระบบเป็นอย่างดี
3. จัดทำแผนปฏิบัติการตรวจสอบระบบสัญญาณเป็นระยะ เช่น 3, 6, 9, 12 เดือน
4. จัดทำรายงานผลการตรวจสอบระบบสัญญาณทุกครั้งที่ทำการตรวจสอบ
5. ถ้าพบอุปกรณ์ชำรุด หรือสึกหรอให้รีบซ่อมเปลี่ยนทันทีโดยช่างผู้ชำนาญการเฉพาะทาง
6. อุปกรณ์ที่เปลี่ยนจะต้องเป็นของแท้ หรือมีเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรับรอง
7. จัดอบรมเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง เช่น รปภ. ให้สามารถใช้ระบบสัญญาณได้ทุกคน
8. จัดทำป้ายเตือนภัยตามจุดติดตั้งสัญญาณ ให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนทุกจุด
9. จัดทำแผนผังแสดงการทำงานของระบบสัญญาณติดตั้งที่ห้องควบคุมและจุดที่สำคัญในหน่วยงาน

ถ้าได้ปฏิบัติตามแผนการตรวจสอบอย่างเคร่งครัด นอกจากยืดอายุการใช้งานของระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้แล้ว ยังทำให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงานทั้งในชีวิตและทรัพย์สินอีกด้วย

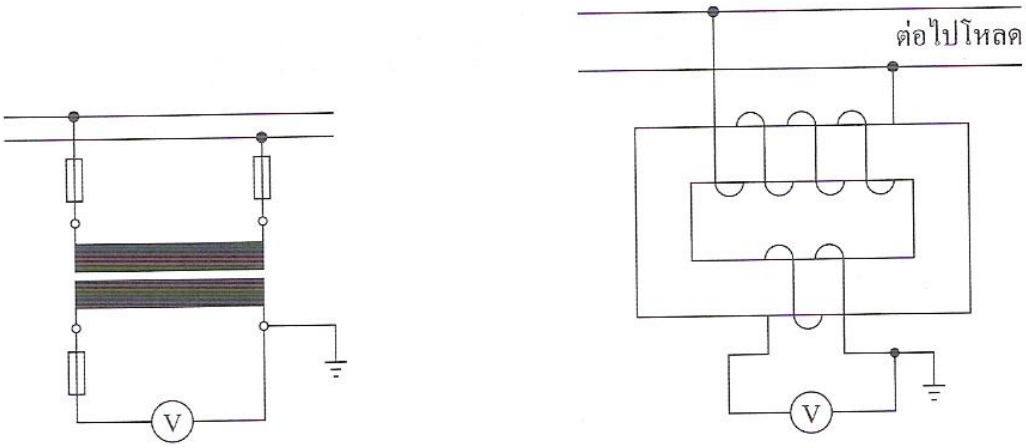
บทที่ 4 เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

4.1 หม้อแปลงเครื่องมือวัด (Instrument Transformer)

หม้อแปลงเครื่องมือวัดเป็นหม้อแปลงที่ใช้สำหรับเครื่องมือวัด การวัดโดยตรงของแรงดันไฟฟ้าสูง หรือกระแสสูงมากๆ ทำให้ต้องใช้เครื่องมือวัดขนาดใหญ่ซึ่งมีราคาแพง หม้อแปลงเครื่องมือวัดเช่น หม้อแปลงขนาดเล็กและราคาไม่แพงจะถูกออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมสำหรับเครื่องมือวัด ซึ่งทำให้เพิ่มความปลอดภัยและเที่ยงตรง หม้อแปลงเครื่องมือวัดแบ่งออกเป็นดังนี้คือ

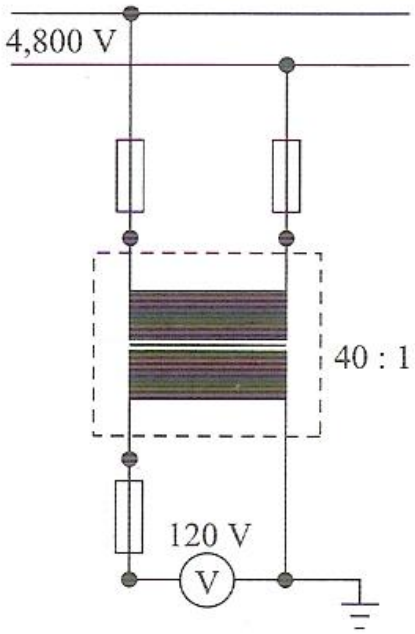
4.1.1 หม้อแปลงต่างศักย์ หรือ หม้อแปลงแรงดัน (Potential Transformer or Voltage Transformer)

หม้อแปลงนี้มีการทำงานเช่นเดียวกับหม้อแปลงกำลัง (Power transformer) หรือหม้อแปลงระบบจำหน่าย (Distribution transformer) แต่หม้อแปลงแรงดันจะมีขนาดเล็ก และใช้แปลงแรงดันไฟฟ้าสูงๆ เป็นแรงดันต่ำสำหรับใช้กับโวลต์มิเตอร์ วัตต์มิเตอร์ วัตต์ฮาวว์มิเตอร์ หรือมาตรวัดวัตต์ชั่วโมง (Watthour meters) การต่อหม้อแปลงแรงดันแสดงได้ดังรูป



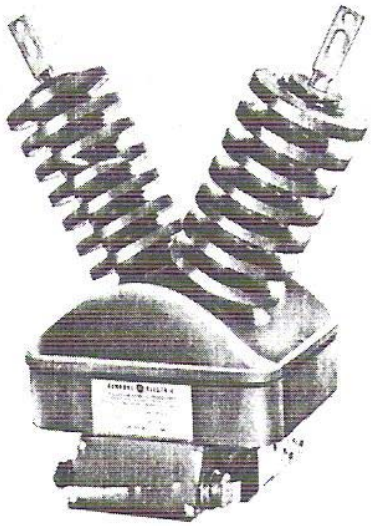
รูปแสดงการต่อหม้อแปลงเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า

ขดแรงดันไฟฟ้าสูงเป็นขดปฐมภูมิของหม้อแปลงแรงดันจะเท่ากับขนาดแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายที่ต้องการวัด ถ้าสมมุติให้ว่าต้องการวัดแรงดันไฟฟ้า 1 เฟสที่มีขนาดแรงดัน 4,800 โวลต์ ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงแรงดันต้องมีขนาดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 4,800 โวลต์ด้วย ขดแรงดันไฟฟ้าต่ำซึ่งเป็นขดทุติยภูมิมีขนาดแรงดันสูงสุด 120 โวลต์ อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขดปฐมภูมิกับขดทุติยภูมิจะมีค่าเท่ากับ 4,800/120 = 40/1 โวลต์มิเตอร์ที่ตกคร่อมเข้ากับขดทุติยภูมิของหม้อแปลงแรงดันที่อ่านได้มีค่า 120 โวลต์ ดังแสดงในรูป เมื่อโวลต์มิเตอร์อ่านค่าได้ 120 โวลต์ ค่าที่อ่านได้จะต้องคูณด้วยอัตราส่วนของแรงดันคือ 40 ดังนั้นจะมีค่า 120 x 40 = 4,800 โวลต์ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงจะมีค่าเท่ากับ 4,800 โวลต์



รูปแสดงการวัดแรงดันไฟฟ้าโดยการใช้หม้อแปลงแรงดัน

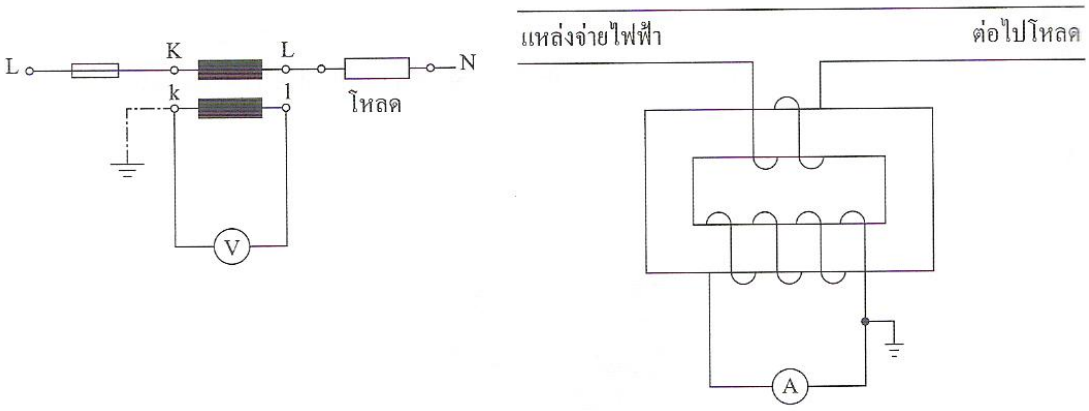
หม้อแปลงแรงดันจะมีความเที่ยงตรงมากและมีความผิดพลาดน้อย จากรูปเป็นการแสดงให้เห็นลักษณะของหม้อแปลงแรงดันจะมีปลอกหรือฉนวนขนาดใหญ่ 2 อัน เพื่อใช้ต่อเข้ากับขดแรงดันไฟฟ้าแรงสูงซึ่งเป็นขดปฐมภูมิ หม้อแปลงชนิดนี้เป็นชนิดใช้ภายนอกอาคาร ซึ่งขดปฐมภูมิอาจต่อเข้ากับระหว่างสายกับสายไฟฟ้าหรือต่อเข้าสายไฟฟ้ากับนิวทรัล



รูปแสดงหม้อแปลงแรงดันชนิดใช้ภายนอกอาคาร

4.1.2. หม้อแปลงกระแส (Current Transformer)

หม้อแปลงกระแสเป็นหม้อแปลงเครื่องมือวัดสำหรับใช้ต่อเข้ากับแอมมิเตอร์ หม้อแปลงกระแสจะเป็นหม้อแปลงชนิดลดกระแสลงอย่างเป็นอัตราส่วน ซึ่งมีการต่อดังแสดงในรูป



(ก) (ข)

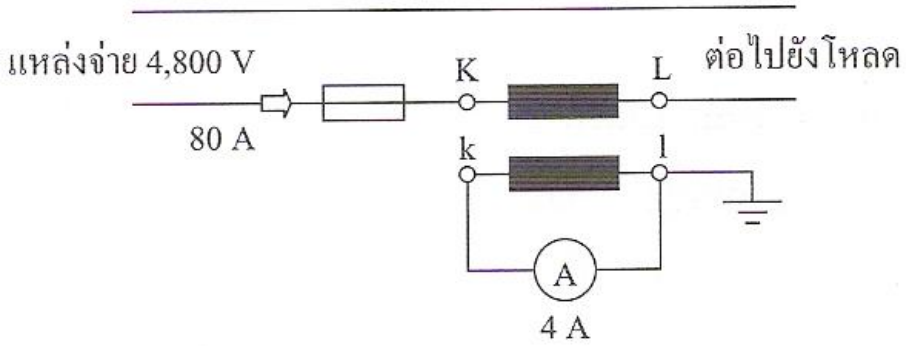
รูปแสดงการต่อแบบหม้อแปลงกระแส

หม้อแปลงกระแสนี้ขดปฐมภูมิจะต่ออนุกรมเข้ากับสายไฟสายหนึ่ง โดยขดปฐมภูมิประกอบด้วยจำนวนรอบเพียงเล็กน้อย และมีขดลวดใหญ่พันอยู่บนแกนเหล็ก ขดลวดทุติยภูมิประกอบด้วยจำนวนรอบที่มากกว่า แต่ลวดมีขนาดเล็กกว่าขดปฐมภูมิ โดยพันอยู่บนแกนเหล็กอันเดียวกันกับขดปฐมภูมิ กระแสสูงสุดที่รับได้ของขดปฐมภูมิมีค่าสูงสุดเท่ากับกระแสที่ไหลในสายไฟฟ้านั้น ส่วนกระแสสูงสุดของด้านขดทุติยภูมิจะมีค่าประมาณ 5 แอมแปร์ โดยไม่คำนึงถึงกระแสสูงสุดของขดปฐมภูมิ เช่น กระแสสูงสุดขดปฐมภูมิของหม้อแปลงกระแสเป็น 100 แอมแปร์ โดยขดปฐมภูมิของหม้อแปลงกระแสมีจำนวนรอบ 3 รอบ และขดทุติยภูมิมีจำนวนรอบ 60 รอบ ขดลวดทุติยภูมิมีกระแสมาตรฐานสูงสุด 5 แอมแปร์ ดังนั้นอัตราส่วนของกระแสระหว่างขดปฐมภูมิกับขดทุติยภูมิจะเป็น 100/5 หรือ 20 : 1 โดยกระแสที่ขดปฐมภูมิจะมีค่าเป็น 20 เท่าของกระแสที่ขดทุติยภูมิ

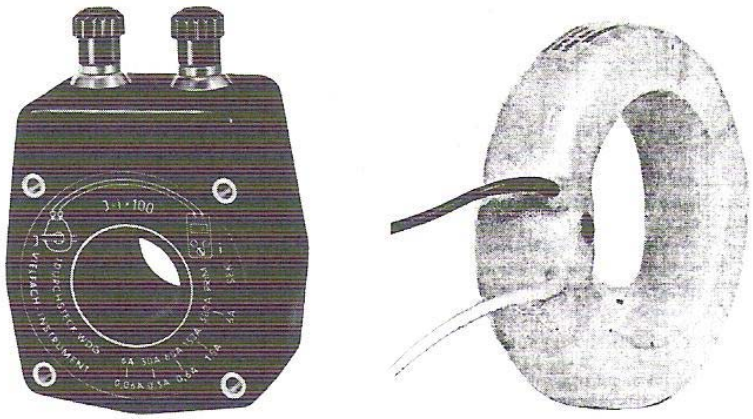
หมายเหตุ : ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบ และกระแสในขดปฐมภูมิ ขดปฐมภูมินั้นเป็นปฏิภาคส่วนกลับกัน

จากรูปแสดงการต่อหม้อแปลงกระแสซึ่งเป็นแบบลดกระแสลง (Step-down current) ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 1 เฟส 4,800 โวลต์ โดยหม้อแปลงกระแสขนาด 100 : 5 แอมแปร์ อัตราส่วนของกระแสที่ลดลงจึงเป็น 20 : 1 ซึ่งหมายถึงถ้ากระแสที่ไหลในขดปฐมภูมิมีค่า 20 แอมแปร์ จะทำให้มีกระแสไหลในขดทุติยภูมิ 1 แอมแปร์ แต่ถ้าแอมมิเตอร์ที่ต่ออยู่กับขดทุติยภูมิอ่านค่าได้ 4 แอมแปร์ ค่ากระแสที่ไหลในขดปฐมภูมิจะมีค่าเป็น 20 เท่าของ 4 แอมแปร์ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 20x4 แอมแปร์ หรือ 80 แอมแปร์ ขดทุติยภูมิด้านหนึ่งต่อ

ลงกราวด์เพื่อเป็นการลดอันตรายจากแรงดันไฟฟ้าสูง จากรูปเป็นการแสดงให้เห็นลักษณะของหม้อแปลงกระแส และรูปแสดงตัวอย่างแผ่นป้ายของหม้อแปลงกระแส



รูปแสดงการวัดกระแสโดยการใช้หม้อแปลงกระแส



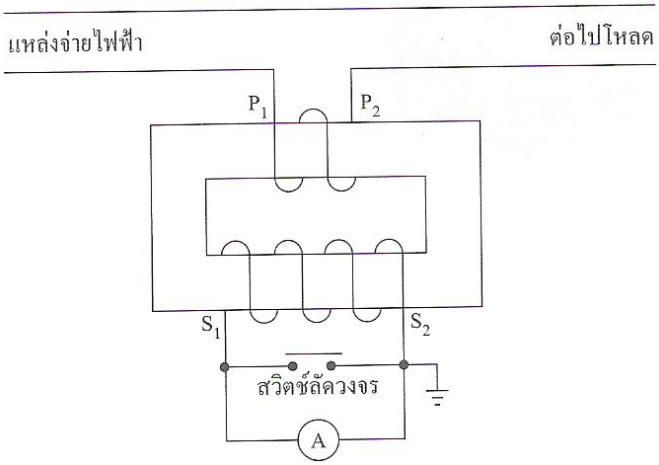
รูปแสดงลักษณะของหม้อแปลงกระแส

CURRENT TRANSFORMER TYPE: TCS 33			
S/N 55100	Lot.: 1106	E	50-60 Hz
Kn= 300/5A		Icth=120%	Ith 12kAx1s
5 VA - CL. 0,5		ext 120%	1,2/6/- kV

รูปตัวอย่างแผ่นป้ายของหม้อแปลงกระแส

วงจรทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแสจะไม่อยู่ในลักษณะวงจรเปิด เมื่อมีกระแสไหลในขดปฐมภูมิ แต่ไม่มีกระแสไหลในขดทุติยภูมิ ทำให้ไม่เกิดแรงดันแม่เหล็กขึ้นที่ขดทุติยภูมิ ภายใต้สภาวะนี้กระแสที่ไหลในขดปฐมภูมิจะกลายเป็นกระแสกระตุ้น ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กต้านกับแรงดันแม่เหล็กด้านทุติยภูมิ ผลลัพธ์ที่ได้ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่ขดปฐมภูมิ เป็นต้นเหตุให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดทุติยภูมิมีค่า

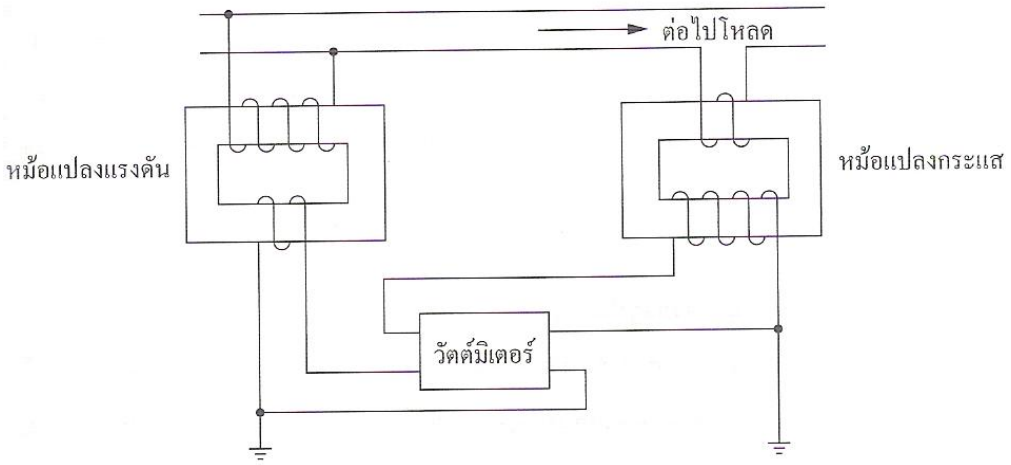
สูง ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้จะสูงพอที่จะทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ ในบางครั้งมีความจำเป็นที่จะต้องเปิดวงจรของเครื่องมือวัดออก เมื่อทางด้านขดปฐมภูมิมีกระแสไหลอยู่ เช่น อาจมีความจำเป็นที่จะต้องปลดมิเตอร์ออกจากวงจรเพื่อนำไปซ่อม เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นเมื่อต้องการปลดแอมมิเตอร์ออกให้ใช้สวิตช์ต่อไว้เพื่อลัดวงจรขดทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแส โดยทำให้สวิตช์ปิดวงจร (ลัดวงจร) ก่อน แล้วจึงปลดเครื่องมือวัดออกไปซ่อม ดังแสดงรูป



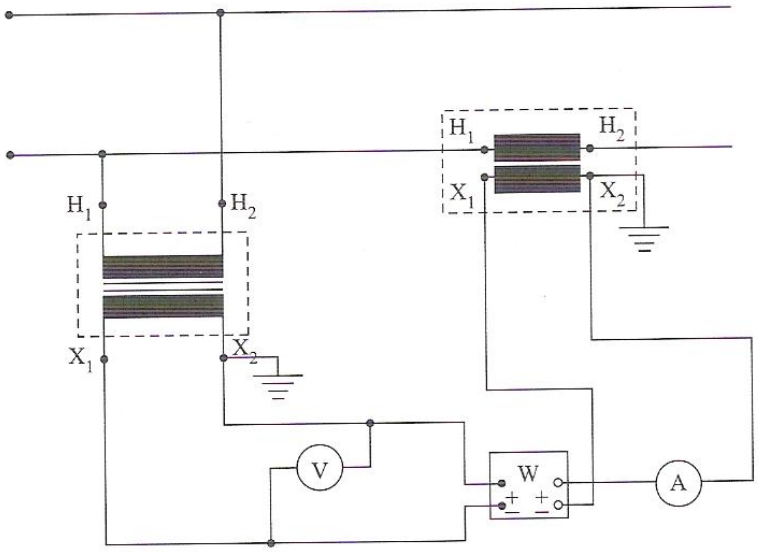
รูปแสดงการต่อสวิตช์ลัดวงจรเข้ากับขดทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแส

หม้อแปลงกระแสโดยทั่วไปหม้อแปลงกระแสจะบอกอัตราส่วนของกระแส ระหว่างขดปฐมภูมิกับขดทุติยภูมิ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของหม้อแปลงกระแสจะน้อยกว่า 0.5%

จากรูปเป็นการแสดงการต่อหม้อแปลงแรงดัน และหม้อแปลงกระแส เพื่อใช้กับเครื่องมือวัดคือ โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ และวัตต์มิเตอร์ สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 1 เฟส 4,800 โวลต์ โดยใช้หม้อแปลงแรงดันขนาดอัตราส่วน 4,800/120 โวลต์ ส่วนหม้อแปลงกระแสมีอัตราส่วน 50/5 แอมแปร์



(ก)



(ข)

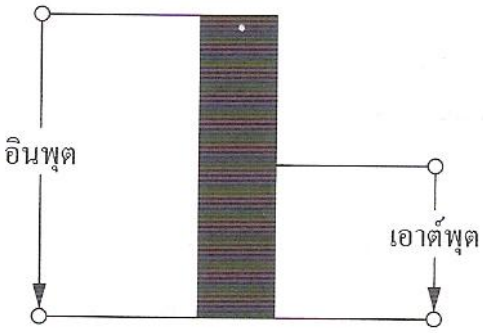
รูปแสดงการต่อหม้อแปลงแรงดันและหม้อแปลงกระแสใช้งานกับวัตต์มิเตอร์

โวลต์มิเตอร์ และขดลวดแรงดัน (Potential coil) ของวัตต์มิเตอร์จะต่อคร่อมเข้ากับด้านเอาต์พุตของหม้อแปลงแรงดันซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดแรงดันของวัตต์มิเตอร์จึงมีค่าเท่ากัน

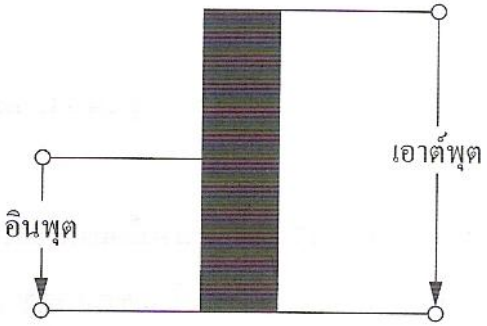
แอมมิเตอร์ และขดลวดกระแส (Current coil) ของวัตต์มิเตอร์ต่ออนุกรมกันแล้วต่อคร่อมเข้ากับด้านเอาต์พุตของทุติยภูมิหม้อแปลงกระแส ผลลัพธ์ของกระแสในขดลวดกระแสของเครื่องวัดทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน เมื่อต่อขดปฐมภูมิของหม้อแปลงแรงดัน และหม้อแปลงกระแสเข้ากับแหล่งจ่ายแล้ว ขดทุติยภูมิของหม้อแปลงทั้งสอง ด้านหนึ่งต่อเข้ากับขั้วลวดกระแสของวัตต์มิเตอร์ และขั้วขดลวดแรงดันที่มีสัญลักษณ์ $\pm$ เหมือนกัน ส่วนขดทุติยภูมิของหม้อแปลงแรงดันอีกขั้วหนึ่งต่อเข้ากับขดลวดแรงดันของวัตต์มิเตอร์ที่มีสัญลักษณ์ V และขดทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแสอีกขั้วหนึ่งจะต่ออนุกรมเข้ากับแอมมิเตอร์ก่อนแล้ว จึงต่อเข้ากับขดลวดกระแสของวัตต์มิเตอร์ที่มีสัญลักษณ์ A ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงทั้งสองที่ต่อเข้ากับขดลวดแรงดันและขดลวดกระแสของวัตต์มิเตอร์นี้ต้องต่อลงกราวด์ด้วย เพื่อเป็นการลดอันตรายจากแรงดันไฟฟ้าสูง

4.2 หม้อแปลงแบบออโต (Auto - Transformer)

หม้อแปลงแบบออโตไม่ใช่หม้อแปลงที่ใช้สำหรับรถยนต์ หม้อแปลงแบบออโตบางครั้งเรียกว่า หม้อแปลงร่วมขดลวด หม้อแปลงเป็นแบบที่มีขดลวดเพียงชุดเดียว ทำหน้าที่เป็นทั้งขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ หม้อแปลงแบบออโต้จึงเป็นหม้อแปลงที่ประหยัดขดลวด และราคาถูกกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด การทำงานของหม้อแปลงนี้มีหลักการเช่นเดียวกับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด โดยอัตราส่วนของหม้อแปลงแบบออโตต่ำส่วนมากแล้วจะไม่เกินกว่า 4 : 1 หม้อแปลงแบบออโตมีสัญญลักษณ์ ดังแสดงในรูป



(ก) ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง



(ข) ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น

รูปแสดงสัญญลักษณ์หม้อแปลงแบบออโต้

รูปหม้อแปลงแบบออโตชนิดปรับแรงดันไฟฟ้าขึ้นลง (Auto-transformer)

การใช้หม้อแปลงแบบออโตมักจะใช้

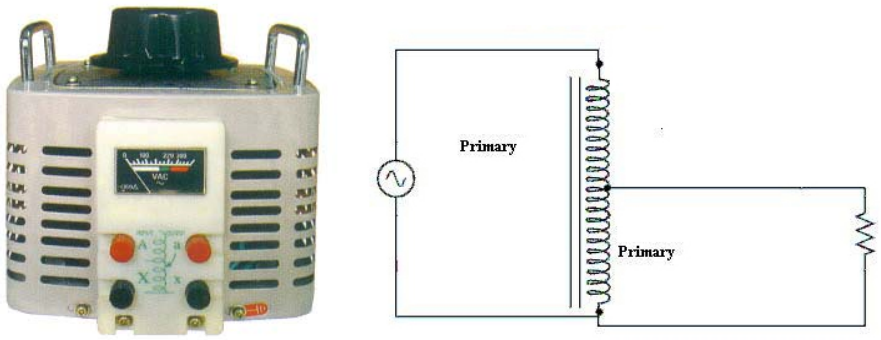
1. เพื่อชดเชยแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของสายเคเบิลที่จ่ายไปยังโหลด โดยใช้หม้อแปลงแบบออโต้ต่อเสริมเข้าไปในเคเบิลนั้นๆ

2. เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สตาร์ทของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยสามารถใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวเอง 50-60% ของขณะเมื่อมอเตอร์ทำงานเต็มที่

3. เพื่อใช้เป็นหม้อแปลงเตาหลอม (Furnace Transformer) เพื่อให้ได้แหล่งจ่ายที่เหมาะสมจ่ายให้กับขดลวดเตาหลอม

กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก และกำลังสูญเสียในลวดทองแดงของหม้อแปลงแบบออโตน้อยกว่าแบบธรรมดา คือ หม้อแปลงชนิดแยกขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ ประสิทธิภาพของหม้อแปลงแบบออโตนี้สูงกว่าหม้อแปลงแบบธรรมดาเล็กน้อย เพราะว่ากระแสกระตุ้น หรือกระแสที่ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก (Exciting current) และค่าลีกเกจรีแอกแตนซ์มีค่าน้อยในทางปฏิบัตินั้น ประมาณให้ว่า อินพุต และเอาต์พุตมีค่าเท่ากัน

จากรูปเป็นการแสดงถึงลักษณะหม้อแปลงแบบออโตชนิดหลายๆ แรงดัน (Multi-voltage) โดยการต่อแยก (Tap) ออกมาหลายๆ จุด โดยแต่ละค่ามีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำๆ



รูปหม้อแปลงแบบออโตชนิดปรับค่าได้หลายๆ แรงดัน

ถ้าต้องการปรับแรงดันจาก 15 - 250 โวลต์ โดยได้รับแรงดันไฟฟ้าอินพุต 220 โวลต์ สามารถใช้หม้อแปลงแบบออโตชนิดปรับค่าได้หลายๆ แรงดัน โดยมีสวิตช์สำหรับปรับเลือกและสามารถเปลี่ยนจากการใช้สวิตช์ปรับไป แปรงถ่านทำหน้าที่สัมผัสกับจุดแยก หรือสัมผัสโดยตรงกับขดลวดแต่ละขดของหม้อแปลงได้ และสามารถปรับได้อย่างต่อเนื่อง หม้อแปลงแบบออโตชนิดนี้เรียกว่า แวรีแอก (Variac) หรือ เพาเวอร์สแตต (PowerStat) หรือ สไลด์เรกูเลเตอร์ (Slide regulator) โดยมีขดลวดพันอยู่รอบๆ แกนทอรอยด์ (Toroid) ด้านบนของขดลวดจะถูกบดให้แบน เพื่อให้แปรงถ่านสัมผัสกับขดลวด บ่อยครั้งที่ใช้หม้อแปลงแบบออโตเพื่อเพิ่ม หรือลดแรงดันไฟฟ้าในสายส่งแรงสูง 3 เฟส ด้วยการใช้หม้อแปลงแบบออโต 3 เฟส ดังแสดงในรูป

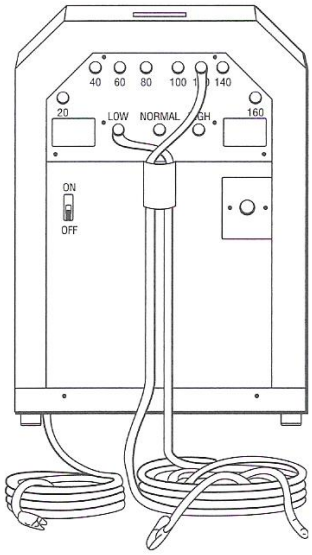
รูปหม้อแปลงแบบออโต 3 เฟส

4.3 หม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้า (Transformer Welding)

หม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่นิยมใช้มีน้ำหนักเบา และมีขนาดเล็กกว่าเครื่องเชื่อมแบบอื่นๆ หม้อแปลงชนิดนี้ขดปฐมภูมิจะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 โวลต์ ส่วนขดทุติยภูมิจะมีเอาต์พุตเป็นไฟฟ้าแรงดันต่ำแต่กระแสสูงเพื่อให้เหมาะสมแก่การเชื่อมโลหะ สำหรับการปรับกระแสของหม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้านี้สามารถทำได้ดังนี้

4.3.1. แบบต่อแยกออกมาจากขดทุติยภูมิ

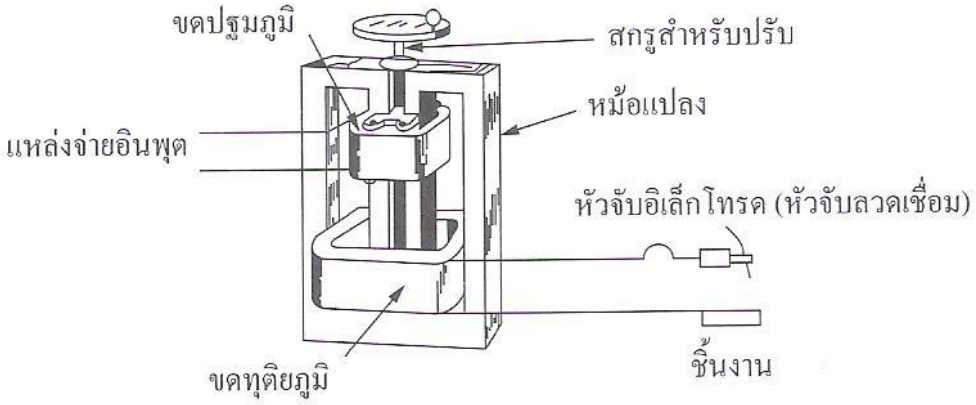
แบบต่อแยกออกจากขดทุติยภูมิเป็นวิธีการปรับกระแสเชื่อมแบบง่าย โดยมีสายต่อเอาต์พุตออกมาสำหรับสายเชื่อมและสายกราวด์ (สายดิน) เครื่องเชื่อมแบบนี้ไม่สามารถปรับกระแสเชื่อมแบบต่อเนื่องได้ แต่จะให้กระแสออกมาเป็นช่วง เช่น 40 , 60 , 80 แอมแปร์ เป็นต้น และเครื่องเชื่อมบางเครื่องมีเอาต์พุตสำหรับให้เลือกกระแสเชื่อมไว้ด้านหน้าดังแสดงในรูป



รูปแสดงด้านหน้าหม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

4.3.2. แบบเลื่อนขดลวด

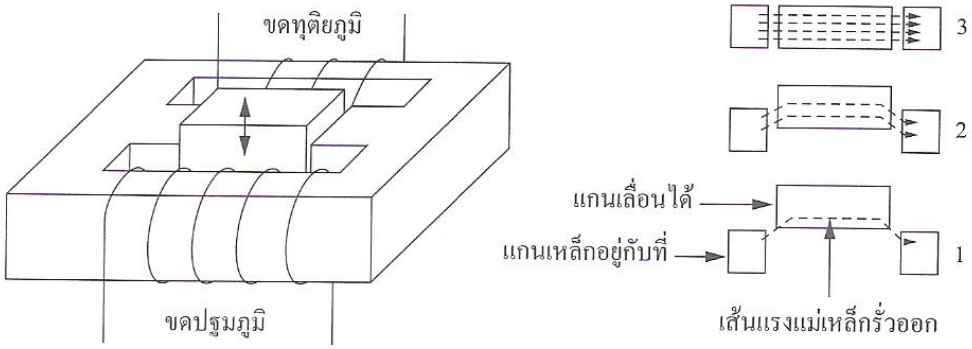
หม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบนี้ขดทุติยภูมิถูกยึดให้อยู่กับที่ ส่วนขดลวดปฐมภูมิเลื่อนได้เพื่อเปลี่ยนค่าเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล ซึ่งทำให้กระแสเปลี่ยนแปลงคือ เมื่อขดลวดอยู่ห่างกันกระแสเอาต์พุตจะต่ำแต่ถ้าขดลวดทั้งสองอยู่ใกล้กันกระแสเอาต์พุตจะสูง การสร้างหม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบนี้มีความยุ่งยากและไม่ทนทาน หม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบนี้เป็นวิธีที่สามารถปรับกระแสเชื่อมได้อย่างต่อเนื่อง ลักษณะของหม้อแปลงแสดงได้ดังรูป



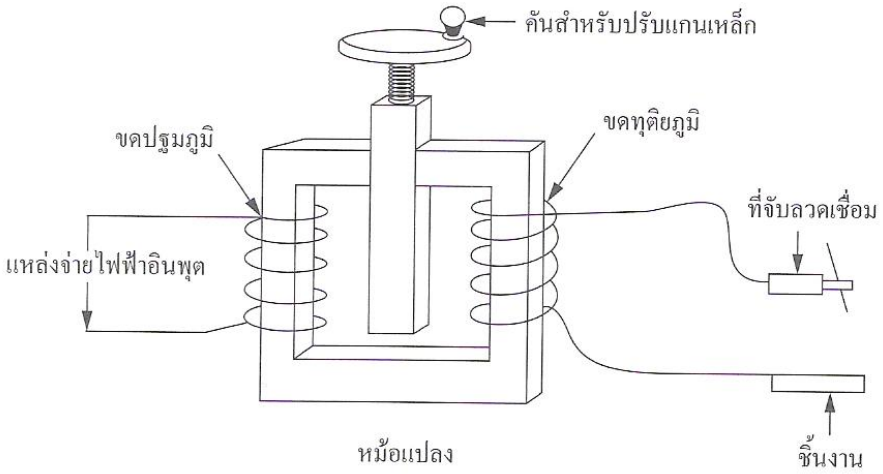
รูปแสดงลักษณะของหม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบเลื่อนขดลวด

4.3.3. แบบเลื่อนแกนเหล็ก

หม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบนี้ใช้วิธีการปรับกระแสไฟฟ้า โดยการเลื่อนแกนเหล็กแกนกลางเข้าออก ถ้าแกนเหล็กถูกเลื่อนไปอยู่ตำแหน่ง 3 จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลผ่านแกนเหล็กได้สะดวกที่สุด จึงทำให้กระแสเชื่อมมีค่าน้อยที่สุด ถ้าแกนเหล็กเลื่อนไปอยู่ในตำแหน่ง 2 เส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลจะผ่านแกนเหล็กที่เลื่อนได้น้อยลง ทำให้กระแสเชื่อมเพิ่มขึ้น แต่ถ้าแกนเหล็กถูกเลื่อนออกไปอยู่ตำแหน่ง 1 จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลผ่านแกนเหล็กที่เลื่อนได้นั้นน้อยที่สุด จึงทำให้กระแสเชื่อมสูงสุด ลักษณะการเลื่อนแกนเหล็กของหม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าอาจเป็นแบบเลื่อนแกนเหล็ก เครื่องเชื่อมโลหะชนิดใช้หม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบเลื่อนแกนเหล็กนี้ใช้งานได้นาน และสามารถปรับกระแสเชื่อมได้อย่างต่อเนื่อง การดูแลรักษาทำได้ง่าย และมีความทนทานสูง ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด



รูปแสดงลักษณะของหม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบเลื่อนแกนเหล็ก



รูปแสดงลักษณะของหม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบเลื่อนแกนเหล็กอีกระบบหนึ่ง

4.4 สายล่อฟ้า

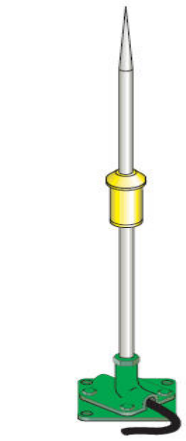
การป้องกันฟ้าผ่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ป้องกันอันตรายต่อชีวิต ทรัพย์สิน และการเกิดเพลิงไหม้ การป้องกันฟ้าผ่าไม่ได้หมายความว่า ไม่ต้องการให้ฟ้าผ่าลงมาซึ่งคาดว่าคงไม่มีใครไปห้ามได้ ดังนั้นจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการป้องกันฟ้าผ่าคือ ต้องการให้ฟ้าผ่าลงที่จุดที่กำหนดนั่นเอง วิธีป้องกันฟ้าผ่าได้แยกเป็น 2 ประเภท คือ การป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร และการป้องกันฟ้าผ่าภายในอาคาร

4.4.1. การป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร

การป้องกันชนิดนี้ประกอบด้วย แท่งตัวนำล่อฟ้า ตำแหน่งล่อฟ้า ตัวนำลงดิน รากสายดิน

- แท่งตัวนำล่อฟ้า บางแห่งเรียกว่า “หลักล่อฟ้า” หรือ “เสาล่อฟ้า” มีลักษณะเป็นเสาโลหะปลายแหลมติดตั้งไว้บนจุดสูงสุดของอาคารหรือสิ่งที่ต้องการป้องกัน โดยทำหน้าที่ล่อให้ฟ้าผ่าลงมา หากเกิดฟ้าผ่าขึ้นในย่านนั้น วัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำเสาล่อฟ้าคือ ทองแดง อลูมิเนียม เหล็กชุบสังกะสี โดยทองแดงจะมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ แต่ไม่สามารถทนการกัดกร่อนในสภาพที่เป็นกรดหรือด่างได้ ส่วนอลูมิเนียมมีค่าความต้านทานสูงกว่าทองแดง และมีราคาถูกกว่า แต่ใช้ได้เฉพาะส่วนที่อยู่ในอากาศเท่านั้นไม่สามารถใช้ในดินได้ และมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ไม่สามารถใช้ในหลังคาที่ปูด้วยทองแดง และยังต้องมีตัวต่อที่จะเปลี่ยนจากอลูมิเนียมไปเป็นทองแดงสำหรับต่อสายลงดิน ส่วนเหล็กชุบสังกะสีสามารถทนการกัดกร่อนได้ดี แต่มีความต้านทานจำเพาะสูงกว่าทองแดง แต่ราคาถูก และทนอุณหภูมิได้สูงกว่า แต่ส่วนใหญ่จะใช้ทองแดงเพราะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีกว่า บางชนิดมีปลายแหลมเป็นแฉก ซึ่งเป็นการเพิ่มการแตกตัวของอากาศได้ในบริเวณรอบปลายแหลมที่มีหลายอัน ปกติเสาล่อฟ้าต้องติดตั้งในจุดสูงสุดของอาคาร ถ้าเสามีความสูงจากฐานถึงปลายยอดไม่น้อยกว่า 10 นิ้วเหนือวัตถุที่ต้องการป้องกันให้วางเสาล่อฟ้าเป็นระยะห่างกันทุกๆ 20 ฟุต แต่ถ้า

มีระยะห่างเพิ่มเป็น 25 ฟุต ความสูงของเสาต้องไม่น้อยกว่า 2 ฟุต ถ้าสูงกว่า 2 ฟุตต้องยึดเสาข้างเพิ่มเติมที่ระยะประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงเสาล่อฟ้า ตัวนำล่อฟ้าซึ่งมีลักษณะตามรูป



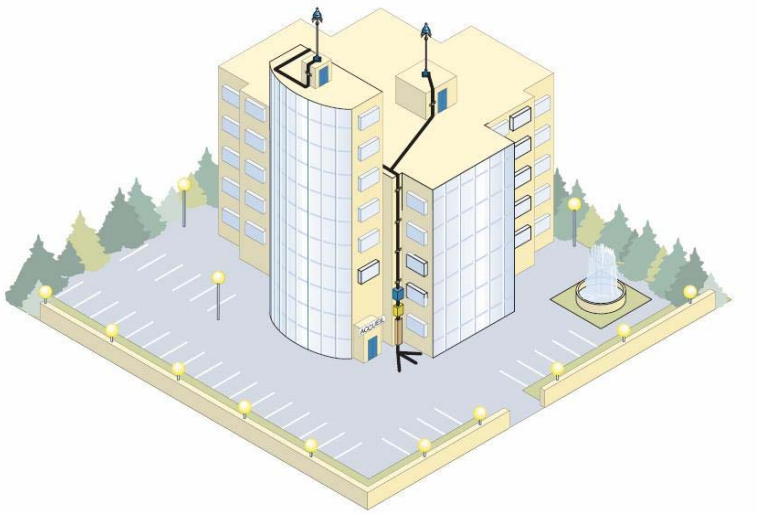
รูปแท่งตัวนำล่อฟ้า

- ตัวนำลงดินหรือสายนำลงดิน เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนสีดำขนาด 70 ตารางมิลลิเมตร ฉนวนมีอัตราทนแรงดันไฟฟ้า 750 โวลต์ สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 70 องศาเซลเซียส กรณีของอาคารสูงต้องเชื่อมต่อกันทุกระยะ 30 เมตรรอบอาคาร และจำเป็นต้องเดินสายให้เป็นเส้นตรงมากที่สุดให้หลีกเลี่ยงการโค้งงอ ในกรณีที่จำเป็นอนุโลมให้โค้งงอได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 90 องศาและมีรัศมีไม่น้อยกว่า 8 นิ้ว การเดินภายนอกอาคารควรหลีกเลี่ยงการเดินสายโค้งงอไปตามรูปทรงของอาคาร โดยเฉพาะตึกที่ชั้นบนยื่นออกไปมากกว่าชั้นล่างจะมีโอกาสเกิดการสปาร์กด้านข้างเมื่อเกิดฟ้าผ่าหรือเกิด Break Down ของอาคารในช่วงที่สายพาดผ่าน นอกจากนี้ต้องระวังไม่เดินสายใกล้กรอบประตูหรือหน้าต่างที่เป็นโลหะ ทั้งนี้อาจใช้โครงสร้างเหล็กของอาคารเป็นตัวนำฟ้าผ่าลงดินได้แต่เหล็กเส้นดังกล่าวต้องต่อถึงกันอย่างแน่นสนิท เพื่อให้กระแสไหลได้สะดวก โดยปกติขนาดสายตัวนำลงดินใช้สายทองแดงเปลือยขนาด 35-50 ตารางมิลลิเมตร

- รากสายดิน เป็นโลหะที่ฝังลงในดิน เพื่อช่วยให้ความต้านทานของระบบสายดินมีค่าต่ำสุด อาจใช้รากสายดินหลายชุด หรือฝังลึกลงไปในดินมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้านทานจำเพาะของดิน และขนาดสิ่งก่อสร้างที่ต้องการติดตั้งระบบล่อฟ้า โดยคำนึงถึงหลักความต้านทานของระบบสายดินต้องไม่ทำให้เกิดการสปาร์กด้านข้างภายในอาคาร และต้องไม่ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างช่วงก้าว (ประมาณ 1 เมตร) บนพื้น การฝังรากสายดินนิยมใช้แท่งเหล็กเคลือบทองแดงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า ½ นิ้ว ยาว 8 ฟุต ตอกลงไปในดิน และควรอยู่ห่างจากฐานอาคารไม่น้อยกว่า 2 ฟุต การติดตั้งจะขึ้นอยู่กับสภาพดินคือ ถ้าดินชื้นรากสายดินอยู่ลึกลงไปไม่น้อยกว่า 10 ฟุต แล้วถมดินอัดให้แน่น ส่วนบริเวณที่มีกรวดทรายปนอยู่ในดินต้องเพิ่มจำนวนรากสายดินเป็น 2 หรือมากกว่าโดยวางห่างกัน 3 เมตรเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า และปักลึกลงไปในดิน 10 ฟุตเช่นกัน กรณีที่มีชั้นหินอยู่ใกล้ผิวดินทำให้ปักรากสายดินไม่สะดวก ให้ขุดเป็นรางยาวไม่น้อยกว่า

12 ฟุต ลึกตั้งแต่ 1-2 ฟุต แต่ถ้าชั้นดินข้างบนเป็นทรายหรือมีกรวดปนดิน รางต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 24 ฟุต และลึกไม่น้อยกว่า 2 ฟุต แต่ถ้าไม่สามารถขุดรางตามแนวนอนดังกล่าวได้ให้วางสายตัวนำในระดับความลึกดังกล่าว แล้วต่อกับแผ่นทองแดงที่มีความหนาอย่างน้อย 0.80 มิลลิเมตร และมีพื้นที่ผิวไม่น้อยกว่า 2 ตารางฟุต โดยปลายสายต้องอยู่ห่างจากตัวอาคารไม่น้อยกว่า 2 ฟุต ถ้าชั้นดินมีความลึกน้อยกว่า 1 ฟุต ต้องใช้ตัวนำวางในรางเป็นวงรอบอาคาร และเพิ่มแผ่นทองแดงขนาด 9 ตารางฟุต หนา 0.80 มิลลิเมตร ที่มุมอาคาร และกลบด้วยดินร่วน เพื่อให้รับความชื้นจากฝนได้ ค่าความต้านทานของรากสายดินที่ติดตั้งแล้วควรอยู่ในช่วง 2-5 โอห์ม นอกจากนี้สายดินของระบบไฟฟ้า โทรศัพท์ หรือท่อโลหะอื่นๆ ที่ฝังดิน ควรมีการเชื่อมโยงเข้ากับระบบสายล่อฟ้า เพื่อลดความต่างศักย์ระหว่างตัวนำประเภทต่างๆ ที่ต่อลงไปในดิน ถ้าความต้านทานของระบบสายดินมีค่าสูง และแก้ไขโดยวิธีข้างต้นไม่สำเร็จ อาจใช้เกลือเติมลงไปในดินบริเวณที่มีการปักรากสายดิน แต่ควรดำเนินการเป็นขั้นตอนสุดท้าย เนื่องจากรากสายดินจะผุกร่อนเร็วเกินไป และการเติมเกลือในปริมาณที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ความต้านทานดินเพิ่มสูงขึ้น

รูปแบบของการป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคารประกอบด้วยตัวนำล่อฟ้า ตัวนำต่อลงดิน รางสายดิน และจุดทดสอบ แสดงได้ตามรูป



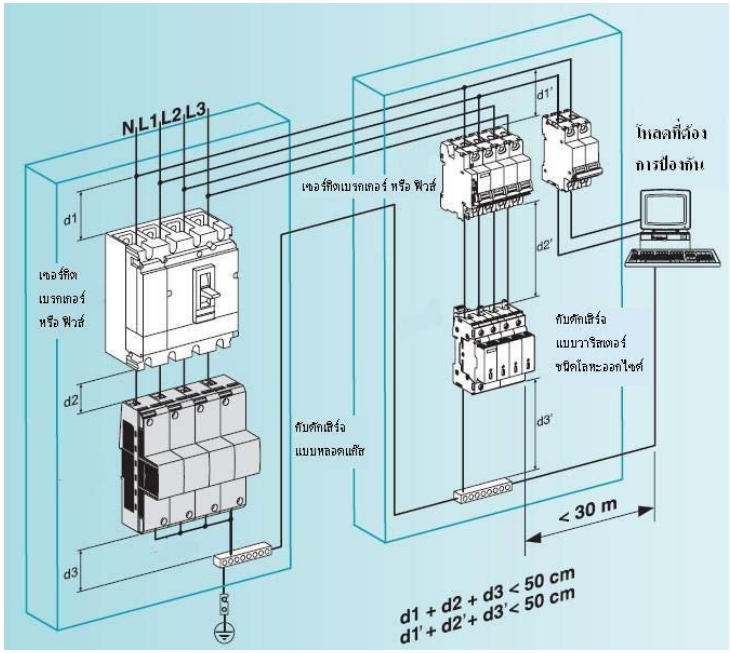
รูปลักษณะของการป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร

4.4.2. การป้องกันฟ้าผ่าภายในอาคาร

การป้องกันชนิดนี้ประกอบด้วย อุปกรณ์จำกัดเสิร์จ และทุกระยะความสูงนอกอาคาร 20 เมตร จะต้องมีวงแหวนระดับ เพื่อประสานให้ศักย์ภายในอาคารเท่ากัน

4.5 อุปกรณ์กับดักเสิร์จ (Surge arrester)

มีลักษณะแตกต่างกันหลายแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน โดยมีเป้าหมายหลักคือ การป้องกันเครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ให้แรงดันไฟฟ้าสูงผิดปกติ และลดความเสียหายเนื่องจากเสิร์จลง อุปกรณ์กับดักเสิร์จที่ใช้ในปัจจุบันเช่น วาริสเตอร์ชนิดโลหะออกไซด์ (Metal oxide varistor-MOV) ตัวต้านทาน (Resistor) หลอดแก๊ส (Gas tube) คาปาซิเตอร์ ชุดระงับแรงดันเสิร์จในภาวะชั่วครู่ (Transient voltage surge suppressors - TVSS) หรือเรียกกันว่า “ อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ ” (Surge protection device - SPD) เป็นต้น



รูปตัวอย่างการต่อชุดกับดักเสิร์จ

หลักในการป้องกันเสิร์จ แยกอุปกรณ์ป้องกันเป็น 2 แบบ คือ

1. เป็นตัวนำจนกระทั่งกระแสไฟฟ้าลดลงเป็นศูนย์ อุปกรณ์นี้จะมีลักษณะของตัวปล่อยประจุในแก๊ส (Gas discharge) ซึ่งในขณะที่เป็นตัวนำจะรองรับกระแสได้สูงมาก เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมมีค่าต่ำมาก อย่างไรก็ตามจุดอ่อนของอุปกรณ์นี้คือ เมื่อมีอิมพัลส์ที่เวลาสั้นมาก (ต่ำกว่า 1 มิลลิวินาที) จะเกิดการจุดชนวนอุปกรณ์ให้ทำการลัดวงจรโดยใช้เวลาเกิน 20 มิลลิวินาที ซึ่งทรานเซียนท์จากการลัดวงจรนี้อาจจะรุนแรงกว่าอิมพัลส์ต้นเหตุได้

รูป (ก) กับดักเสิร์จแบบหลอดแก๊ส

2. เป็นตัวนำเมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงผิดปกติ และเปิดวงจรเมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลง อุปกรณ์นี้มีลักษณะเป็นวัสดุที่ฉนวนไม่เชิงเส้น (Nonlinear insulating material) เช่น MOV ซึ่งเป็นสารออกไซด์ที่มีโครงสร้างเป็นระเบียบในช่วงสั้นๆ

รูป (ข) กับดักเสิร์จแบบวาริสเตอร์ชนิดโลหะออกไซด์

บทที่ 5 การวางแผนปฏิบัติงานเบื้องต้น

ในคู่มือการติดตั้งทางช่างไฟฟ้าสำหรับช่างไฟฟ้าระดับ 3 บทที่ 1 ความปลอดภัยระดับผู้ควบคุมงาน (Supervisor) ได้กล่าวถึงบทบาทของหัวหน้างานต้องทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ดูแลแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน รวมทั้งต้องทำหน้าที่ในการวางแผนปฏิบัติงาน เพื่อให้ผลการดำเนินงานประสบผลสำเร็จตามที่ได้รับมอบหมายจากผู้บริหารระดับสูง หรือเจ้าของสถานประกอบการนั้นเอง

การวางแผนปฏิบัติงานให้ประสบความสำเร็จ โดยนำหลัก 4 M มาปรับประยุกต์ใช้ คือ

- M ที่ 1 คือ Man หมายถึง การมอบหมายงานที่ถนัดตรงตามความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคล
- M ที่ 2 คือ Money หมายถึง การใช้จ่ายงบประมาณให้คุ้มค่าในการลงทุนโดยการประหยัด
- M ที่ 3 คือ Management หมายถึง การบริหารจัดการอย่างมีระบบให้งานสำเร็จตรงเวลาอย่างมีประสิทธิภาพ
- M ที่ 4 คือ Material หมายถึง การเลือกใช้วัสดุ เครื่องมืออุปกรณ์ที่มีคุณภาพอย่างคุ้มค่าโดยประหยัด

หลักปฏิบัติการ PDCA หลังจากที่ได้คน งบประมาณ วัสดุ และการจัดการ เรียบร้อยแล้วก็ต้องเริ่มต้น

- P คือ Planning การวางแผนปฏิบัติงาน กำหนดรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอน
- D คือ Doing ลงมือปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ตามรายละเอียดแต่ละขั้นตอน
- C คือ Checking ตรวจสอบผลการปฏิบัติงานว่า ได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้หรือไม่
- A คือ Action ถ้ามีปัญหาอุสรรคในการฏิบัติงานต้องทำการปรับแผน เพื่อให้สามารถดำเนินการได้

ในการวางแผนปฏิบัติงานด้านการติดตั้งระบบไฟฟ้า หัวหน้างานหรือผู้ควบคุมงาน (Supervisor) จะต้องศึกษาหาข้อมูลรายละเอียดเพื่อประกอบการตัดสินใจ ในการเลือกใช้ระบบและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เพื่อให้การติดตั้งระบบไฟฟ้าเป็นระบบไฟฟ้าที่ดี มีความถูกต้อง และปลอดภัยในการใช้งาน ตามแบบที่วิศวกรไฟฟ้าได้ออกแบบไว้แล้ว และเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการปฏิบัติงานจริง ควรไปตรวจสถานที่ปฏิบัติงานจริงก่อนเริ่มปฏิบัติงาน ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงสภาพพื้นที่ เช่น การทำงานจะต้องประสานงานกับการไฟฟ้าฯ ในการขอใช้กระแสไฟฟ้าและติดตั้งมิเตอร์ชั่วคราว หรือการปิดหุ้มสายไฟฟ้าแรงสูงที่จะก่อให้เกิดอันตรายในขณะที่ปฏิบัติงาน รวมทั้งสิ่งอื่นที่จำเป็น

รูปการตรวจสภาพพื้นที่จริงในการปฏิบัติงาน

การตรวจพื้นที่ในขณะทำงานก็เพื่อให้มั่นใจว่า ผู้ปฏิบัติงานได้ปฏิบัติตามมาตรการและขั้นตอนที่วางไว้ โดยไม่ลัดขั้นตอน ถึงแม้ว่าเป็นขั้นตอนที่คิดว่าไม่สำคัญ ในการตรวจการทำงานควรตรวจโดยใช้แบบตรวจ มีข้อดีคือ ทำให้การตรวจทำได้ครบถ้วนไม่หลงลืม การตรวจต้องบันทึกผลการตรวจทุกครั้ง ถึงแม้จะไม่มีข้อผิดพลาดก็ตาม แบบตรวจแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ตรวจก่อนการปฏิบัติงาน เพื่อตรวจความพร้อมของสภาพพื้นที่ และตรวจในขณะปฏิบัติงาน แบบตรวจสามารถปรับปรุงให้เหมาะสมกับลักษณะงานได้ตามต้องการ รวมทั้งอาจต้องมีแบบตรวจเพิ่มเติมให้เหมาะสมกับสภาพงาน และลักษณะงานที่มีเป็นจำนวนมาก เพื่อให้การปฏิบัติงานประสบผลสำเร็จตามที่วางแผน ควรคำนึงถึงคุณภาพของงานให้ตรงตามแบบที่กำหนด วัสดุอุปกรณ์ต้องเป็นอุปกรณ์ที่ผลิตจากบริษัทที่จัดจำหน่ายโดยตรงเป็นของแท้ มีความปลอดภัยขณะปฏิบัติงานติดตั้งระบบไฟฟ้า และประการสุดท้ายต้องส่งมอบงานภายในเวลาที่กำหนด

พระราชบัญญัติ และกฎข้อบังคับการก่อสร้างอาคาร และการติดตั้งระบบไฟฟ้า

การก่อสร้างอาคารทุกหลังจะต้องทำตามพระราชบัญญัติ และกฎข้อบังคับการก่อสร้างระดับชาติ และระดับท้องถิ่น กฎข้อบังคับเหล่านี้มีไว้เพื่อให้ขณะการก่อสร้างอาคารมีความปลอดภัยต่อคนงานก่อสร้าง รวมถึงผู้ที่สัญจรไปมา และหลังจากสร้างเสร็จต้องให้ความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร เนื่องจากการป้องกันไฟไหม้เป็นเรื่องสำคัญมาก พระราชบัญญัติเหล่านี้จะกล่าวถึงเรื่องนี้อย่างละเอียด

สำหรับการออกแบบ และติดตั้งระบบไฟฟ้านั้น มีข้อแนะนำ และข้อกำหนดอยู่มากมาย เช่น

1. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ ว.ส.ท.
2. มาตรฐาน NEC
3. มาตรฐาน IEC

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ ว.ส.ท. ส่วนมากจะแปล และเรียบเรียงจาก National Electrical Code (NEC) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และในขณะนี้มีอีกมาตรฐานหนึ่งซึ่งผู้ออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าควรจะต้องหาไว้และศึกษา เนื่องจากคาดว่าจะเป็นมาตรฐานสากลในอนาคต นั่นคือ มาตรฐาน IEC 60364 “Electrical Installation of Building” สำหรับ NEC นั้นเขียนได้ครอบคลุมมาก ทำให้อ่านทำความเข้าใจได้ยาก จึงต้องมีหนังสือคู่มือคือ NEC Handbook หนังสือคู่มือนี้จะอธิบายกฎข้อบังคับต่างๆ ของ NEC อย่างละเอียด และมีตัวอย่างพร้อมทั้งเขียนรูปประกอบด้วย ข้อแนะนำของ NEC จะเป็นความต้องการขั้นต่ำ (Minimum Requirements) วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาสภาพที่แท้จริงของแต่ละงาน และออกแบบระบบไฟฟ้าตามความต้องการนั้น

การแบ่งขั้นตอนการออกแบบ

ในการออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมและระบบต่างๆ นั้น เพื่อให้การออกแบบดำเนินไปอย่างมีระบบ และไม่ต้องเสียเวลาในการแก้ไขแบบภายหลังมาก อาจแบ่งขั้นตอนการออกแบบเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. การออกแบบขั้นหลักการ (Conceptual Design)
2. การออกแบบขั้นต้น (Preliminary Design)
3. การออกแบบขั้นรายละเอียด (Detailed Design)

1. การออกแบบขั้นหลักการ (Conceptual Design)

เมื่อรับงานจากเจ้าของโครงการ หรือจากสถาปนิกแล้ว วิศวกรไฟฟ้าต้องทำความเข้าใจกับความต้องการการใช้งานของอาคาร ซึ่งประกอบด้วยความต้องการของเจ้าของโครงการ และความต้องการเฉพาะของอาคาร เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาทำการศึกษา เสนอหลักการ และระบบต่างๆ ที่จะใช้สำหรับงานนี้ ระบบที่อาคารจำเป็นต้องมีคือ ระบบการจ่ายไฟฟ้า ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย ระบบไฟฟ้าสำรอง เป็นต้น และระบบอื่นๆ ถ้ามีจะทำให้การใช้งานของอาคารมีประสิทธิภาพดีขึ้นเช่น ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV System) ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System, BAS) การใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ส่วนมากจะเป็นเพียงแค่หลักการ อาจมี Single Line Diagrams และ Riser Diagrams ประกอบด้วยเพื่อความเข้าใจ นอกจากนี้ต้องมีการประมาณราคาอย่างคร่าวๆ ของระบบต่างๆ ทำเป็นรูปเล่มเสนอเจ้าของโครงการ เพื่อให้เจ้าของโครงการได้ทำการศึกษา และตัดสินใจถึงระบบต่างๆ ที่ใช้ วิศวกรจึงค่อยนำข้อมูลนี้ไปทำการออกแบบต่อไป

2. การออกแบบขั้นต้น (Preliminary Design)

เมื่อเจ้าของโครงการได้ศึกษา Conceptual Design อย่างละเอียดแล้ว อาจมีความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่างๆ เช่น

1. แก้ไขหลักการบางอย่าง
2. ตัดงานบางระบบออก เนื่องจากราคาแพงเกินไป
3. เพิ่มเติมงานบางอย่าง

เมื่อได้ข้อยุติเบื้องต้นที่ชัดเจนแล้ว วิศวกรไฟฟ้าจะต้องนำข้อมูลใหม่ทั้งหมดมาออกแบบเบื้องต้น โดยเพิ่มรายละเอียดให้มากขึ้น แต่ต้องคำนึงว่า แบบยังเปลี่ยนแปลงได้อีก แบบระบบไฟฟ้าที่ควรทำในขั้นตอนนี้คือแบบ Single Line Diagrams และ Riser Diagrams ของทุกระบบ วิศวกรไฟฟ้าจะต้องประมาณราคาใหม่ ซึ่งราคาใหม่ที่ได้จะถูกต้องมากกว่าขั้นแรก

3. การออกแบบขั้นรายละเอียด (Detailed Design)

หลังจากที่ได้อนุมัติการออกแบบเบื้องต้นแล้ว ในหลักการไม่ควรมีการแก้ไขใดๆ อีก จากนั้นวิศวกรไฟฟ้าจึงทำการออกแบบรายละเอียดของระบบต่างๆ ให้ครบ แบบที่เสร็จนี้จะเป็นแบบสำหรับประมูลมีรายละเอียดข้อกำหนด (Specification) มีการทำ BOQ (Bill of Quantity List) เพื่อให้ผู้รับเหมากรอกรายละเอียดแล้วมีการทำราคากลางให้เจ้าของด้วย

ทั้ง 3 ขั้นตอนนี้มีไว้ เพื่อไม่ให้วิศวกรต้องแก้ไขงานหลายขั้นในงานหนึ่งๆ ซึ่งเกิดขึ้นบ่อยครั้ง และจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นวิศวกรจะต้องระมัดระวังเรื่องนี้ให้มาก ควรมีเอกสารขั้นตอนทุกอย่างในการออกแบบทั้ง 3 ขั้นตอนเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้สามารถใช้ในการอ้างอิง และคิดราคาเพิ่ม เมื่อมีการแก้ไขงานเพิ่มเติมจากที่ตกลงเรียบร้อยแล้วได้

5.1 การวางแผนการออกแบบระบบไฟฟ้า

ในงานออกแบบระบบไฟฟ้ามีองค์ประกอบหลายอย่าง ที่จะต้องนำมาพิจารณาในแต่ละโครงการ ซึ่งแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของโครงการนั้นๆ แต่ก็มีงานในหลายส่วนที่เป็นขั้นตอนร่วมที่คล้ายคลึงกันสำหรับงานออกแบบทุกโครงการ ซึ่งส่วนมากก็จะเป็นงานที่ต้องติดต่อกับผู้ออกแบบในสาขาต่างๆ เช่น

1. งานด้านสถาปัตยกรรม
2. งานด้านเครื่องกล
3. งานด้านประปา และน้ำเสีย
4. การไฟฟ้านครหลวง หรือส่วนภูมิภาค
5. องค์การโทรศัพท์ หรือ บริษัทเอกชนผู้ทำการ

1. งานด้านสถาปัตยกรรม

ในช่วงเวลาของการออกแบบ สถาปนิกซึ่งเป็นหัวหน้าโครงการจะต้องศึกษาถึงความต้องการของสถานประกอบการ และเจ้าของโครงการ แล้วจึงทำแบบร่าง (Preliminary Plan) ของอาคาร ซึ่งประกอบด้วย

1. ผังบริเวณ
2. แปลนพื้นที่ของทุกชั้น
3. ภาพตัดต่างๆ

ในระหว่างที่สถาปนิกกำลังจัดทำแบบร่างอยู่นั้น วิศวกรไฟฟ้าจะต้องทำงานร่วมกับสถาปนิกอย่างใกล้ชิด โดยจะต้องบอกถึงขนาดพื้นที่ที่ต้องการสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า และระบบไฟฟ้าต่างๆ เช่น พื้นที่สำหรับติดตั้งหม้อแปลง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า แผงสวิตช์ต่างๆ แผงจ่ายไฟ ห้องรักษาความปลอดภัย เป็นต้น หากวิศวกร

ไฟฟ้าไม่ประสานงานกับสถาปนิกในขั้นตอนนี้ ก็จะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้มากมาย อาจจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงแบบ หรือถ้าแก้ไขแบบไม่ได้ ก็อาจทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ทำได้อย่างไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้งานอุปกรณ์นั้นๆ ทำได้อย่างเต็มที่

นอกจากนี้วิศวกรไฟฟ้ายังต้องการแบบฝ้า (Ceiling System) จากสถาปนิก ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการกำหนดรูปแบบของดวงโคมไฟฟ้า ก่อนที่จะกำหนดรูปแบบของอุปกรณ์อื่นๆ หรือถ้าสถาปนิกมีความต้องการการตกแต่ง หรือเน้นเป็นพิเศษ เช่น ไฟเน้นต่างๆ หรือ น้ำพุที่มีไฟส่อง เป็นต้น วิศวกรก็จะต้องพิจารณาในการจัดหาวงจรมาให้ได้

2. งานด้านเครื่องกล หรือ สุขาภิบาล

การร่วมมือกันในการแลกเปลี่ยนข้อมูลในการออกแบบระหว่างวิศวกรเครื่องกล และวิศวกรสุขาภิบาลกับวิศวกรไฟฟ้าในระหว่างช่วงเริ่มต้นของการออกแบบ จะช่วยให้งานเป็นไปได้อย่างสะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยวิศวกรเครื่องกล และสุขาภิบาลจะต้องให้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้า เช่น ขนาดพิกัด และตำแหน่งที่ตั้งระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ ระบบประปา ระบบกำจัดน้ำเสีย ระบบลิฟต์ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการประมาณโหลดไฟฟ้าเบื้องต้น เพื่อหาขนาดโหลดของสถานประกอบการ และเพื่อช่วยในการออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้า

ในขณะเดียวกันวิศวกรไฟฟ้าจะต้องเตรียมร่างแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งแสดงตำแหน่งของโคมไฟทั้งหมด วิศวกรเครื่องกลจะใช้ข้อมูลนี้ในการประมาณความร้อนที่จะเกิดขึ้นจากระบบแสงสว่าง รวมถึงการเลือกที่ตั้งของช่องระบายอากาศจากฝ้าเพดาน

ในทุกกรณีการติดต่อ และให้ข้อมูลแก่กัน จำเป็นต้องทำเป็นลายลักษณ์อักษรเสมอ การติดต่อด้วยวาจาเพียงอย่างเดียวเมื่อเวลาผ่านไปก็ลืม อีกทั้งไม่มีหลักฐานยืนยันการติดต่อ เพราะการติดต่อสื่อสารที่ผิดพลาดอาจสร้างความเสียหายได้มากมาย ดังนั้นการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดีในแฟ้มเอกสาร จึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการออกแบบเพราะสามารถกลับมาค้นหาสิ่งที่ต้องการได้ตลอดเวลา

3. เจ้าของโครงการ

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าในบางโครงการเจ้าของโครงการไม่มีความต้องการอะไรเป็นพิเศษ สำหรับระบบไฟฟ้า วิศวกรไฟฟ้าจึงมีอิสระในการออกแบบระบบไฟฟ้า เลือกอุปกรณ์ กำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ และระบบแสงสว่างได้อย่างอิสระ

แต่ในบางโครงการเจ้าของโครงการอาจมีประสบการณ์อย่างมากในอาคารที่ก่อสร้าง และอาจมีข้อกำหนดต่างๆ ให้มาอย่างละเอียดของระบบไฟฟ้า เช่น กำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ตำแหน่งของห้อง

Sauna โทรทัศน์ เตาอบ ตู้เย็น อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในห้องชุด ฯลฯ ในบางครั้งถ้าวิศวกรไฟฟ้าต้องการข้อมูลต่างๆ ก็ควรจะปรึกษากับเจ้าของโครงการอย่างละเอียด

เมื่อได้รวมข้อมูลจากเจ้าของโครงการเข้ากับข้อมูลจากสถาปนิก และวิศวกรสาขาอื่นๆ วิศวกรไฟฟ้าก็จะสามารถออกแบบที่ตอบสนองความต้องการของทุกฝ่ายได้อย่างดีที่สุด ทั้งนี้ในการออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาเกี่ยวกับงบประมาณที่เจ้าของมีอยู่ เพื่อเลือกขนาด และชนิดของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับงบประมาณด้วย

เช่นเดียวกับการติดต่อกับวิศวกรในสาขาอื่นๆ การจะติดต่อกับเจ้าของโครงการควรทำเป็นลายลักษณ์อักษรหลายครั้งที่ข้อมูลเหล่านี้จะได้รับผ่านมาทางสถาปนิก เนื่องจากสถาปนิกเป็นผู้ติดต่อกับเจ้าของโครงการอย่างใกล้ชิด และบางครั้งข้อมูลเหล่านี้ก็จะเกี่ยวกับวิศวกรในสาขาอื่นๆ เช่น เตาไฟฟ้าในขบวนการผลิตจะต้องการไฟฟ้าจากวิศวกรไฟฟ้า ต้องการการระบายความร้อนจากวิศวกรเครื่องกล และต้องการฐานรากของเครื่องจากวิศวกรโยธา

4. การไฟฟ้านครหลวง หรือ ส่วนภูมิภาค

เนื่องจากการไฟฟ้านครหลวง หรือ ส่วนภูมิภาค มีข้อกำหนดหลายอย่างสำหรับการจ่ายกระแสไฟให้สถานประกอบการต่างๆ วิศวกรไฟฟ้าจะต้องศึกษาข้อกำหนดต่างๆ ของการไฟฟ้าฯ ให้เข้าใจ และติดตามข้อกำหนดซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ วิศวกรไฟฟ้าต้องออกแบบระบบไฟฟ้าให้ตรงตามกฎข้อบังคับของการไฟฟ้าฯ

ในสถานประกอบการขนาดเล็ก หรือขนาดกลาง กฎข้อบังคับของการไฟฟ้าฯ จะค่อนข้างแน่นอน ดังนั้นการออกแบบจึงสามารถทำให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ ได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องสอบถามจากการไฟฟ้าฯ

แต่ในโครงการขนาดใหญ่ที่มีการใช้กระแสไฟฟ้าปริมาณมากๆ วิศวกรไฟฟ้าจะต้องติดต่อกับการไฟฟ้าฯ ผ่านเจ้าของโครงการ เพื่อขอเข้าปรึกษาว่า ควรจะจ่ายไฟฟ้าให้แก่โครงการในลักษณะใด

1. จะต้องสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยหรือไม่
2. ระดับแรงดันที่ใช้ควรเป็น HV หรือ MV
3. สายป้อนจะเป็นแบบ Over Head หรือ Under Ground
4. ตำแหน่งที่จะจ่ายไฟให้

โดยทั่วไปข้อมูลที่ต้องนำไปให้การไฟฟ้าฯ ใช้ประกอบการพิจารณาคือ

1. ตำแหน่งสถานที่ของโครงการ
2. ลักษณะธุรกิจของโครงการ
3. พื้นที่โดยประมาณ
4. โหลดไฟฟ้าที่คาดคะเนจะใช้
5. กำหนดเปิดใช้งานของโครงการ

การไฟฟ้าฯ จะเป็นผู้พิจารณาว่า จะจ่ายไฟฟ้าให้แก่เจ้าของกิจการในลักษณะอย่างไร Over Head หรือ Under Ground และจะสามารถจ่ายไฟฟ้าให้ได้เมื่อไหร่ ซึ่งวิศวกรไฟฟ้าจะต้องออกแบบให้สอดคล้องกับไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฯ จะจ่ายให้

5. องค์การโทรศัพท์ หรือ บริษัทเอกชนผู้ทำการ

เช่นเดียวกับการใช้ไฟฟ้า ในโครงการใหญ่ๆ ที่ใช้คู่สายโทรศัพท์จำนวนมาก วิศวกรไฟฟ้าจะต้องติดต่อกับองค์การโทรศัพท์ หรือบริษัทเอกชน ซึ่งได้รับสัมปทานจากองค์การโทรศัพท์ เพื่อการขอใช้บริการ และจะได้สามารถวางแผนการเดินสายโทรศัพท์ (ซึ่งอาจเป็น Fiber Optic) เข้าโครงการ หรืออาจพิจารณาถึงความจำเป็นว่าจะต้องตั้งชุมสายในโครงการหรือไม่ ซึ่งข้อมูลที่องค์การโทรศัพท์ หรือบริษัทเอกชนผู้ทำการต้องการนำมาประกอบการพิจารณา คือ

1. สถานที่ตั้งของโครงการ
2. ลักษณะธุรกิจ
3. จำนวนคู่สายที่คาดว่าจะใช้บริการ
4. เวลาที่จะเปิดใช้งาน
5. กำหนดเปิดใช้งานของโครงการ

5.2 การวางแผนการออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าของสถานประกอบการหนึ่งๆ ต้องเริ่มด้วยการรวบรวมโหลดทางไฟฟ้า และศึกษาโหลดเหล่านี้ ซึ่งรวมถึงโหลดของระบบทำความร้อน การระบายอากาศ การปรับอากาศ เครื่องทำน้ำร้อน โหลดที่จัดหาให้โดยเจ้าของ สุดท้ายโหลดไฟฟ้าแสงสว่าง และเต้ารับต่างๆ ส่วนมากโหลดของระบบเครื่องกลสามารถหาได้ในระยะแรกของโครงการ ส่วนมากในช่วงแรกเจ้าของโครงการสามารถให้โหลดของอุปกรณ์ขนาดใหญ่ได้ แต่โหลดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และเต้ารับต่างๆ จะอยู่ภายใต้การควบคุมโดยตรงของวิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบ ซึ่งวิศวกรไฟฟ้าต้องสามารถประมาณโหลดเหล่านี้ได้ การรวบรวมข้อมูลของโหลดไฟฟ้านั้นสามารถใช้เพื่อออกแบบคร่าวๆ ของระบบไฟฟ้า และกำหนดตำแหน่งของแผงจ่ายไฟกับแผงสวิตช์บอร์ดได้ โหลดรวมทั้งหมดอาจใช้เป็นข้อมูลให้การไฟฟ้าฯ เพื่อใช้ในการกำหนดการจ่ายไฟฟ้าให้สถานประกอบการแห่งนั้นๆ

กระบวนการวางแผนเริ่มด้วยการศึกษาแบบทางสถาปัตยกรรมพร้อมกับข้อมูลโหลด จุดที่สำคัญคือ การกำหนดตำแหน่งแผงจ่ายไฟฟ้า และแผงสวิตช์บอร์ดให้ใกล้กับโหลดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดความยาวของสายวงจรย่อย และสายป้อน ตำแหน่งที่ใกล้โหลดของแผงจ่ายไฟฟ้าจะทำให้การปลดวงจรในกรณีฉุกเฉินสามารถเข้าถึงได้ง่าย (Readily Accessible)

การศึกษาแบบทางสถาปัตยกรรม และตำแหน่งของโหลดขนาดใหญ่ หรือกลุ่มของโหลด โดยทั่วไปจะบอกถึงตำแหน่งที่จำเป็นของแผงจ่ายไฟฟ้า จุดประสงค์คือ การออกแบบให้มีจำนวนแผงจ่ายไฟฟ้าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในขณะเดียวกันยังสามารถรักษาความคล่องตัวได้ด้วย

ในปัจจุบันพื้นที่อาคารมีราคาแพงมาก ดังนั้นเจ้าของอาคาร และสถาปนิกจะให้พื้นที่สำหรับงานระบบน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากพื้นที่ที่ให้กับงานระบบจะไม่สามารถทำรายได้ให้กับเจ้าของอาคารได้ แต่ในทางกลับกัน พื้นที่เหล่านี้ก็มีความจำเป็นสำหรับงานระบบที่ต้องให้มีความปลอดภัย และการบำรุงรักษา แบบร่างเริ่มต้นทางสถาปัตยกรรมจะต้องกำหนดตำแหน่งของแผงบริภัณฑ์ประธาน สำหรับอาคารขนาดเล็กแผงบริภัณฑ์ประธานอาจติดตั้งที่ผนังได้ แต่สำหรับอาคารใหญ่อาจต้องมีห้องไฟฟ้าแยกต่างหาก เวลาที่จะบ่งบอกถึงความต้องการเหล่านี้คือ ช่วงแรกของการพัฒนาแบบ ระหว่างนี้สถาปนิกจะวางแผนการใช้พื้นที่ทั้งหมด ช่วงเวลานี้เหมาะสมสำหรับวิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบที่จะบอกขนาด และตำแหน่งของห้องไฟฟ้า ซึ่งสถาปนิกยังสามารถจัดหาพื้นที่ให้ได้โดยง่าย เนื่องจากทุกอย่างยังสามารถแก้ไขได้ หากวิศวกรไฟฟ้าให้ข้อมูลหลังจากเวลานี้ จะสร้างความลำบากให้แก่สถาปนิกในการจัดหาพื้นที่ วิศวกรไฟฟ้าที่ดีไม่ควรยอมรับพื้นที่ที่เล็กเกินไป ทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ผิดจากข้อกำหนดทางการไฟฟ้าฯ และอาจเกิดปัญหาเรื่องการบำรุงรักษา

ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น วิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบควรเขียนแบบตามขนาดสเกลของแผงจ่ายไฟฟ้า แผงระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย และอื่นๆ เพื่อดูว่า ขนาดห้องที่จัดให้มีขนาดเพียงพอหรือไม่ เนื่องจากการไฟฟ้าฯ ได้มีข้อกำหนดเกี่ยวกับช่องว่างปฏิบัติงานด้านหน้า ด้านหลัง และรอบอุปกรณ์ไฟฟ้า

ขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง

การออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง อาจแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาแบบทางด้านสถาปัตยกรรมอย่างละเอียด เช่น
   - จำนวนชั้น ความสูงของแต่ละชั้น และความสูงทั้งหมด
   - การใช้งานส่วนต่างๆ ของอาคาร เช่น สำนักงาน ห้องพัก ทางเดิน ฯลฯ
   - แบบฝ้าเป็นฝ้าแบบ T-Bar หรือ ฝ้าเรียบ
   - ห้องที่ใช้เป็นห้องไฟฟ้า
   - บริเวณที่เหมาะสำหรับเป็นช่องเดินสายไฟฟ้า (Electrical Shaft) เป็นต้น
2. ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างตามความต้องการการใช้งานส่วนต่างๆ ของอาคาร เช่น ห้องทำงานต้องการความสว่าง 500 Lux เป็นต้น และเลือกชนิดของดวงโคมตามความเหมาะสม
3. ให้ตำแหน่งดวงโคมตามแบบดวงโคม และจำนวนที่ได้จาก Lighting Design ลงบนแบบแปลน
4. ให้ตำแหน่งเต้ารับตามความเหมาะสม ซึ่งส่วนมากจะวางตามเสา หรือตามผนังบนแบบแปลน

5. ให้ตำแหน่ง และชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าที่ได้จากเจ้าของโครงการ หรือตามกระบวนการผลิต

6. กำหนดตำแหน่งของแผงจ่ายไฟฟ้าที่จะจ่ายไฟฟ้าให้โหลดเหล่านี้

7. ออกแบบวงจรย่อยสำหรับโหลดต่างๆ ให้ครบโดยคำนึงว่า แผงจ่ายไฟฟ้ามีวงจรสูงสุด 42 วงจร และวงจรใช้งานไม่ควรเกิน 32 วงจร ส่วนที่เหลือเป็นวงจรย่อยสำรอง และวงจรย่อยว่าง ถ้าวงจรใช้งานมีมากกว่า 32 วงจร หรืออาคารใหญ่มาก หรือยาวมาก ควรเพิ่มจำนวนแผงจ่ายไฟฟ้า

8. ทำ Load Schedule ของแผงจ่ายไฟฟ้าให้ครบทุกแผง

9. ถ้ามีแผงจ่ายไฟฟ้าหลายแผงอยู่ใกล้กัน แผงเหล่านี้อาจใช้ไฟฟ้าจากแผงสวิตช์จ่ายไฟ (Distribution Board , DB)

10. ทำ Feeder Schedule ของแผง DB

11. รวบรวมโหลดของระบบอื่นๆ ที่ใช้ไฟฟ้าจากวิศวกรสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น

- ระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ
- ระบบสุขาภิบาล
- ระบบลิฟต์

12. ทำ Main Schedule เพื่อหาขนาดของ Main Distribution Board (MDB)

13. หาขนาดมิเตอร์ หรือขนาดหม้อแปลง

14. หาขนาด Standby Generator Set (ถ้ามี) จากแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Main Distribution Board , EMDB)

15. ออกแบบระบบประธาน

16. จาก Panelboard และ Distribution Board ออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้า

17. ออกแบบ Single Line Diagrams

บทที่ 6 ข้อกำหนดการเดินสาย และวัสดุ

6.1 การติดตั้งอุปกรณ์ตู้ควบคุมไฟฟ้า

6.1.1 แผงสวิตช์ (Switchboards)

หมายถึง แผงจ่ายไฟขนาดใหญ่ที่รับไฟจากการไฟฟ้าฯ หรือจากด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง เพื่อไปจ่ายโหลดต่างๆ เช่น แผงย่อย (Panelboard) MCC เป็นต้น บางทีเรียกว่า Main Distribution Board (MDB) หรือ Main Distribution Panel (MDP)

ส่วนประกอบ

เนื่องจากมีขนาดใหญ่ส่วนมากเป็นแบบตั้งพื้น ปัจจุบันมีการสร้างตู้จ่ายไฟขนาดมาตรฐาน หรือเป็นแบบ Modular มีความสูงประมาณ 2,000 mm. – 2,200 mm. ขนาดความกว้าง และความหนาอาจแตกต่างกันออกไป ความหนาจะต้องคำนึงถึงขนาด และจำนวนของบริภัณฑ์ป้องกันแผงสวิตช์

แผงสวิตช์มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ คือ

- โครงห่อหุ้มทำจากแผ่นโลหะ (Steel Sheet) ซึ่งมีการปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ มาเรียบร้อยแล้ว

คุณสมบัติของโครงห่อหุ้มที่สำคัญคือ

1. คุณสมบัติทางกลจะต้องสามารถรับแรงทางกลจากภายนอก ได้อย่างเพียงพอต่อสภาพการใช้งานจริง ตลอดจนทนต่อสภาพการใช้งานในภาวะไม่ปกติได้

2. คุณสมบัติทางความร้อนจะต้องสามารถทนต่อความร้อนที่เกิดขึ้นได้ ทั้งที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ความร้อนจากความบกพร่องในระบบ ตลอดจนความร้อนจากอาร์กที่เกิดจากการลัดวงจร

3. คุณสมบัติต่อการกัดกร่อน เช่น การกัดกร่อนทางเคมี หรือความชื้น เป็นต้น

- บัสบาร์ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างสายประธาน และสายป้อน บัสบาร์ส่วนมากทำจากทองแดงที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก เนื่องจากต้องนำกระแสปริมาณมากๆ เสมอ และเพื่อความปลอดภัยต้องหุ้มฉนวนที่ขั้วต่อทางไฟฟ้าด้วยเสมอ ถ้าหากเกิดการบกพร่องขึ้นจะเกิดแรงดึงกระชากตัวบัสบาร์ ดังนั้นการยึดบัสบาร์จึงเป็นเรื่องสำคัญมากเช่นกัน การยึดจับจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ โดยผ่าน Insulator

มาตรฐานของแผงสวิตช์

มาตรฐานของแผงสวิตช์ที่สำคัญคือ มาตรฐาน IEC 60439-1 “Low Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies” ซึ่งมีการทดสอบ ที่สำคัญ 2 แบบ คือ

1. การทดสอบประจำ (Routine Test)
2. การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test)

1. การทดสอบประจำ (Routine Test)

เป็นการทดสอบที่ต้องทำกับแผงสวิตช์ทุกตัวเมื่อผลิตเรียบร้อยแล้ว เพื่อแน่ใจว่า แผงสวิตช์ไม่ชำรุดเสียหาย และสามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งมีการทดสอบ 4 อย่างคือ

- การตรวจพินิจพิจารณา Wiring และ Electrical Operation (Inspection)
- การทดสอบไดอิเล็กตริก (Dielectric Test)
- ตรวจสอบความต่อเนื่องของวงจรป้องกัน Protective Circuit
- ทดสอบค่าความต้านทานฉนวน (Verification of the Insulator Resistance)

2. การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test)

เป็นการทดสอบเพื่อแสดงว่า แผงสวิตช์มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐาน IEC 60439-1 โดยมีการทดสอบทั้งหมด 7 อย่าง คือ

- การทดสอบอุณหภูมิเพิ่ม (Temperature Rise)
- การทดสอบคุณสมบัติทางไดอิเล็กตริก (Dielectric Property)
- การทดสอบความทนทานต่อกระแสลัดวงจร (Short Circuit Withstand)
- การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรป้องกัน (Protective Circuit)
- การทดสอบระยะ Clearance และ Creepage (Clearance & Creepage)
- การทดสอบการทำงานทางกล (Mechanic Operation)
- การทดสอบ Degree of Protection (Degree of Protection)

การเลือกใช้แผงสวิตช์

1. พิกัดแรงดันของแผงสวิตช์
2. พิกัดกระแสของแผงสวิตช์
3. พิกัดกระแสลัดวงจร

สำหรับแผงสวิตช์ที่สำคัญ เช่น ตู้ MDB , MCC ควรใช้แบบที่มีการทดสอบ Type Test ด้วย

6.1.2 บริภัณฑ์เครื่องวัด (Measuring Instruments)

ค่าต่างๆ ทางไฟฟ้ามีความสำคัญ เพราะจะทำให้เราทราบสภาพการทำงานของระบบไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีบริภัณฑ์เครื่องวัด ส่วนใหญ่ติดตั้งที่แผงสวิตช์วัดค่าทางไฟฟ้าสำคัญต่างๆ เช่น กระแส (A) แรงดัน (V) กำลังทางไฟฟ้า (W) ตัวประกอบกำลัง (P.F.) เป็นต้น

รูปแสดงค่าไฟฟ้าที่เครื่องวัดทางไฟฟ้าต่างๆ

6.1.3 Ammeter (A)

เป็นเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า โดยทั่วไป Ammeter จะทนกระแสได้ 5A ถ้าต้องการวัดกระแสสูงขึ้นกว่านี้ต้องมีหม้อแปลงกระแส (CT) เพื่อแปลงเป็นค่าไม่เกิน 5A เช่น จาก 1000/5A เป็นต้น มีขนาดมาตรฐาน 96x96 mm^2 Class $\pm$ 1.5% จำนวนหม้อแปลงกระแสขึ้นอยู่กับสายไฟที่เราจะวัด เช่น ระบบ 3 เฟส 4 สาย มี CT 3 ตัว ถ้าเราวัดทีละครั้งจะแปลงกระแสได้โดยใช้ Ammeter Selector มาช่วย

6.1.4 Voltmeter (V)

ใช้วัดแรงดันไฟฟ้า Voltmeter จะทนแรงดันได้ไม่เกิน 500V ต่อโดยตรงผ่าน Voltage Selector เลือกจัดค่าแรงดันระหว่างสายกับนิวทรัล หรือสายกับสายมีขนาดเต็มสเกล 500V Class $\pm$1.5% ขนาดมาตรฐาน 96x96 mm^2

6.1.5 Frequency Meter (F)

ใช้วัดความถี่ทางไฟฟ้าซึ่งประเทศไทยใช้ความถี่ 50 Hz. สเกลช่วงความถี่ 45-55 Hz. Class $\pm$ 0.5% ขนาดมาตรฐาน 96x96 mm^2

6.1.6 Power Factor Meter (P.F.)

วัดตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้า สเกลมีช่วงระหว่าง 0.5 Leading ถึง 0.5 Lagging Class $\pm$ 1.5% ของ 90 องศาทางไฟฟ้า ขนาดมาตรฐาน 96x96 mm^2

6.1.7 Kilo Wattmeter (kW)

ใช้วัดกำลังไฟฟ้ามีให้ใช้งานได้ทั้ง 1 เฟส 2 สาย และ 3 เฟส 4 สาย ขนาดมาตรฐาน 96x96 mm^2

6.1.8 Kilowatt-hour (kWhr)

ใช้วัดค่าพลังงานไฟฟ้ามีทั้งวัด 1 เฟส 2 สาย และ 3 เฟส 4 สาย ขนาดมาตรฐาน 96x96 mm^2

6.1.9 Current Transformers (CT)

หมายถึง หม้อแปลงที่ใช้แปลงกระแสให้มีค่าต่ำลง เพื่อให้เหมาะสมกับการวัด และการทำงานของบริภัณฑ์ป้องกัน Current Transformer จะสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับบริภัณฑ์วัด และบริภัณฑ์ควบคุมต่างๆ เนื่องจากการเกิด Overcurrent ได้ดี ในการใช้งาน Current Transformers จะต้องไม่ให้เกิดการเปิดวงจรด้านทุติยภูมิ เพราะจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟาสูงมากจนอาจทำให้เกิดความเสียหาย

6.1.10 Universal Measuring Device

เป็นบริภัณฑ์เครื่องวัดรวมแบบใหม่ใช้ Microprocessor เป็นบริภัณฑ์หลักในการทำงานสามารถวัดค่าทางไฟฟ้าได้ทั้งหมด เช่น Voltage (V) , Current (A) , Apparent Power (kVA) , Real Power (kW) เป็นต้น ค่าที่ต้องการแสดงเป็นตัวเลขบนจอ LCD Display นอกจากนี้เครื่องยังสามารถทำการ Interface ผ่าน RS 485 หรือ RS 232 ได้ และบางรุ่นมีหน่วยความจำสามารถเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าไว้จำนวนมาก ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์ภายหลัง

6.1.11 คอนแทคเตอร์แม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Contactors)

คอนแทคเตอร์เป็นบริภัณฑ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าควบคุมด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดของคอนแทคเตอร์จะทำงานโดยที่หน้าสัมผัสจะติดถึงกัน ทำให้จ่ายกระแสไฟฟ้าปริมาณมากให้กับโหลดได้ ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดหน้าสัมผัสก็จะแยกออกจากกันทำให้วงจรเปิด

พิกัด และมาตรฐาน

ตามมาตรฐาน IEC 60947-4 ค่าพิกัดที่สำคัญของ Magnetic Contactor มีดังนี้

- ชั้นการใช้งาน (Utilization Category) หมายถึง การใช้งานของคอนแทคเตอร์สำหรับโหลดทางไฟฟ้าที่ต่างกัน ชั้นการใช้งานของคอนแทคเตอร์จะถูกกำหนดโดยค่ากระแส แรงดัน ตัวประกอบกำลัง และค่าคงที่เวลา

- ชั้นการใช้งานกระแสสลับ แบ่งได้ดังนี้

AC1 สำหรับโหลดกระแสสลับทุกชนิด เช่น ตัวความต้านทานที่มีตัวประกอบกำลังไม่ต่ำกว่า 0.95

AC2 สำหรับการเริ่มเดินเครื่อง Plugging หรือ Inching มอเตอร์วงแหวนลื่น (Slip Ring Motor) ในการปิดกระแสเริ่มต้นจะมีค่าเป็น 2.5 เท่าของกระแสพิกัดของมอเตอร์ และในการเปิดคอนแทคเตอร์จะตัดกระแสเป็น 2.5 เท่าของกระแสพิกัดของมอเตอร์

AC3 สำหรับมอเตอร์กรงกระรอก (Squirrel Cage) ซึ่งจะหยุดขณะเดินปกติ

AC4 สำหรับการเริ่มเดินเครื่อง Plugging หรือ Inching มอเตอร์กรงกระรอก คอนแทคเตอร์ปิดกระแสเป็น 5-7 เท่าของกระแสพิกัดมอเตอร์ และในการเปิดคอนแทคเตอร์จะตัดกระแสเป็น 5-7 เท่าของกระแสพิกัดของมอเตอร์เช่นกัน

6.1.12 Motor Starters

มอเตอร์สตาร์ทเตอร์ คือ วงจรควบคุมการเดินเครื่องมอเตอร์ได้จากการนำเอาคอนแทคเตอร์แม่เหล็กไฟฟ้าหลายๆ ตัวมาประกอบกัน เพื่อให้เกิดการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เป็นไปในแบบที่ต้องการ ซึ่งการเลือกใช้งาน Magnetic Contactor มาประกอบกันนั้น นอกจากจะต้องคำนึงถึงค่าพิกัดใช้งานต่างๆ แล้วยังต้องคำนึงถึง Class การใช้งาน และ Category ต่างๆ อีกด้วย (ทั้ง D.C. และ A.C.) หลายๆ ประเภทแล้วแต่จุดประสงค์การควบคุม และชนิดของมอเตอร์ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

1. Direct-on-line Motor Starter (DOL)

วิธีนี้จะสตาร์ทมอเตอร์โดยการต่อสเตเตอร์โดยตรงกับแรงดันแหล่งจ่ายไฟ

2. Star-Delta Motor Starter

ตอนเริ่มสตาร์ทมอเตอร์โดยการต่อสเตเตอร์โดยตรงกับแรงดันแหล่งจ่ายไฟ

3. Auto transformer Motor Starter (Auto)

จะใช้หม้อแปลงออโตลดแรงดันที่จะเข้ามอเตอร์นิยมปรับค่าเป็น 50% , 65% , และ 80% เมื่อสิ้นสุดการสตาร์ท เครื่องจะปลดหม้อแปลงนี้ออกจากวงจร

4. Resistance Motor Starter

ตอนเริ่มสตาร์ทจะต่อความต้านทานอนุกรมกับขดลวดสเตเตอร์ ในเวลาต่อมาจึงทำการลัดวงจรความต้านทาน

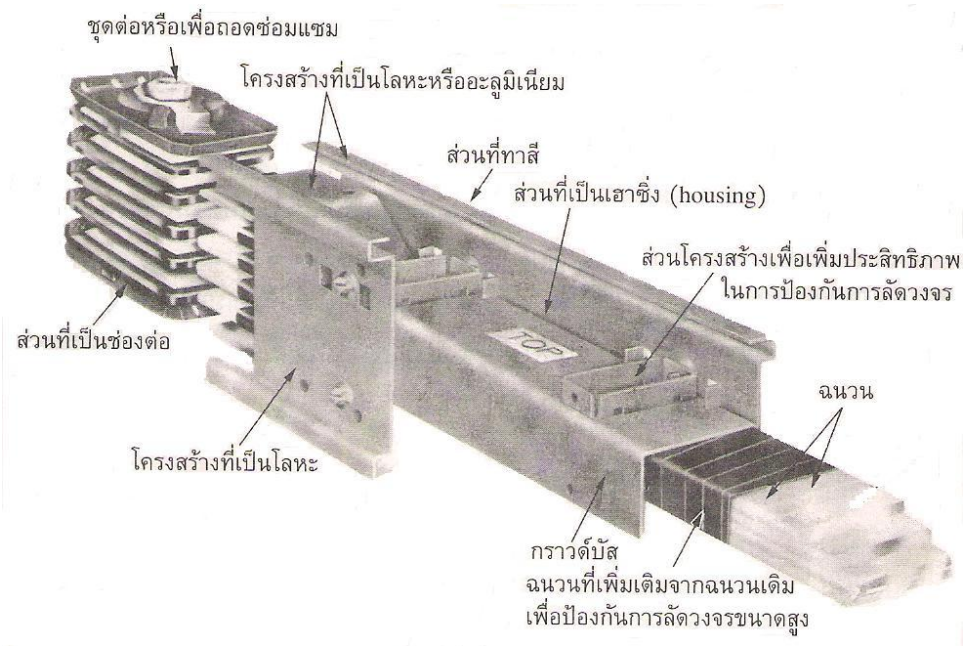
รูปแสดงตู้อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้า

6.2 การติดตั้งบัสเวย์

บัสเวย์ (Busway) หรือบัสดักต์ (Busduct) คือ บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการนำพลังงานไฟฟ้าปริมาณมากๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง บัสเวย์ประกอบด้วย ตัวนำบัสบาร์บรรจุภายในกล่องหุ้มพร้อมบริภัณฑ์ช่วยอีกหลายอย่าง เพื่อให้สามารถส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังจุดที่ต้องการได้ บัสเวย์ทำหน้าที่คล้ายสายไฟฟ้าแต่มันจะมีความคล่องตัวสูงกว่า เพราะสามารถต่อแยก (Tap) ออกไปใช้งานได้ตลอดความยาว

บัสเวย์อาจแบ่งตามลักษณะของกล่องหุ้มได้ 2 แบบ คือ

1. แบบมีรูระบายความร้อน (Ventilated Type)
2. แบบปิดมิดชิด (Totally Enclosed Type)



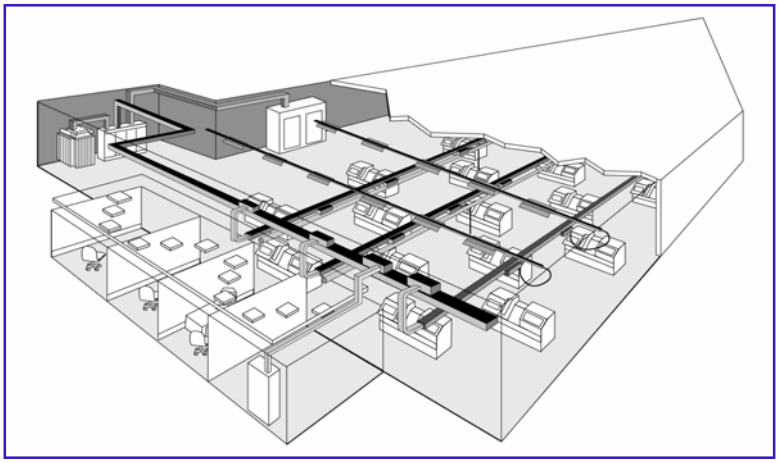
รูปแสดงส่วนประกอบของบัสเวย์

1. แบบมีรูระบายความร้อน (Ventilated Type)

บัสเวย์แบบที่มีรูระบายความร้อนจะต้องติดตั้งตามลักษณะที่ผู้ผลิตกำหนดเท่านั้น

2. แบบปิดมิดชิด (Totally Enclosed Type)

บัสเวย์แบบปิดมิดชิดสามารถติดตั้งได้ทุกลักษณะ โดยไม่ต้องลดพิกัดกระแส เนื่องจากสามารถระบายความร้อนได้ทุกลักษณะการติดตั้ง วัสดุแปลกปลอมต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง น้ำ และแมลงไม่อาจเล็ดลอดเข้าไปภายในกล่องหุ้มได้ บัสเวย์แบบมิดชิดจะมีขนาดเล็ก มีอิมพีแดนซ์ต่ำ เนื่องจากตัวนำบัสบาร์อยู่มิดชิดกันมาก



รูปการใช้บัสเวย์สำหรับอาคาร และโรงงาน

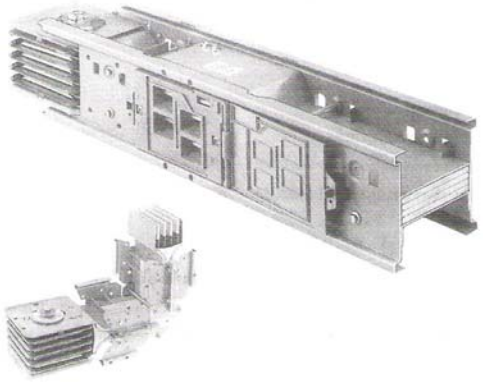
โครงสร้างของบัสเวย์ มีรายละเอียดดังนี้

1. ตัวนำ (Conductor) ตัวนำของบัสเวย์มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ ตัวนำอะลูมิเนียม และตัวนำทองแดง แต่ตัวนำอะลูมิเนียมจะมีน้ำหนักเบา และราคาถูกกว่า

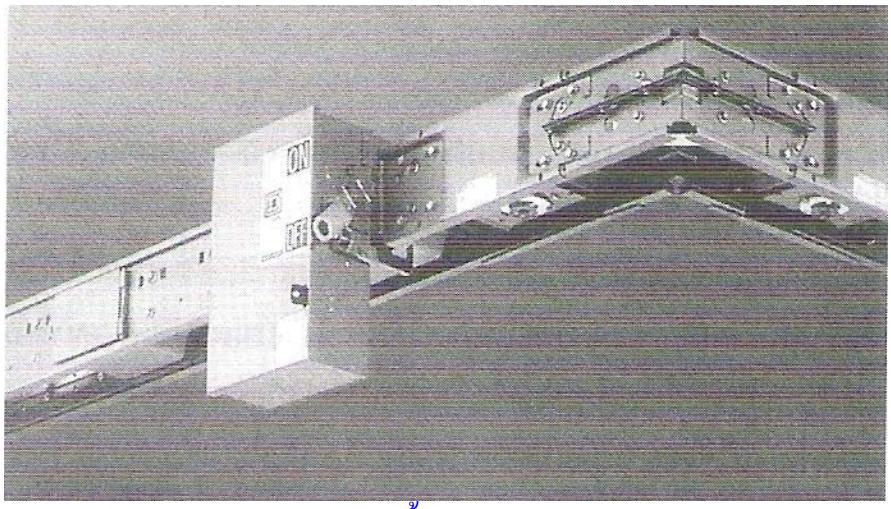
2. โครง (Housing) โครงของบัสเวย์มี 2 ชนิดคือ ชนิดอะลูมิเนียม และเหล็กเคลือบสีอีปอกซี (Epoxy paint steel) โดยโครงของบัสเวย์มี 2 รูปแบบ คือ ชนิดโปร่งให้อากาศระบายได้ และชนิดหุ้มปิดสำหรับกันน้ำ

3. ฉนวน (Insulation) ฉนวนของบัสเวย์มี 2 ชนิดคือ Polyester film และ Epoxy coat โดยมีระดับฉนวนเป็น 2 ระดับ คือ Class A ทนอุณหภูมิได้ถึง 105°C และ Class B ทนอุณหภูมิได้ถึง 130°C

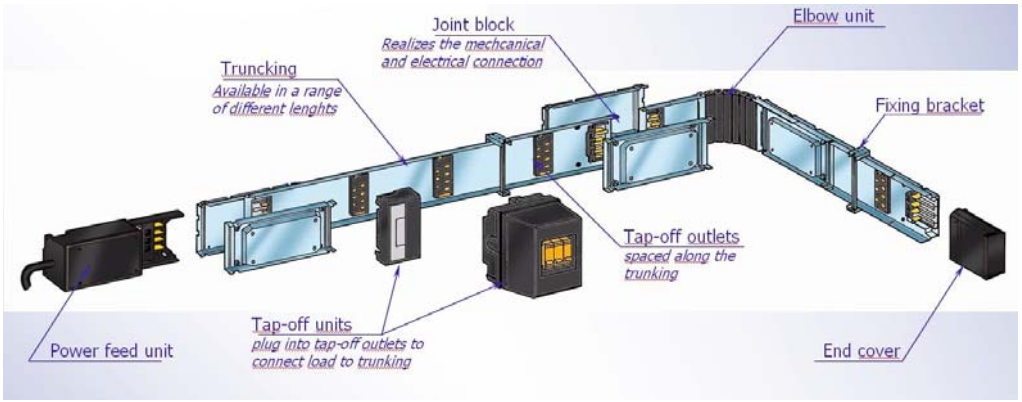
4. บัสต่อลงดิน (Ground bus) บัสต่อลงดินของบัสเวย์มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นทางไหลกลับเมื่อเกิดลัดวงจรลงดิน สำหรับการติดตั้งใช้งานจะมี Plug in unit เพื่อแทปไฟจากบัสเวย์ไปใช้งาน โดยมีลักษณะเป็นกล่องที่มีเซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ภายใน ทั้งนี้แสดงอุปกรณ์ประกอบย่อยตามภาพ



รูปโครงสร้างของบัสเวย์



รูปแสดงการติดตั้งใช้งานบัสเวย์



รูปการประกอบอุปกรณ์สำหรับบัสเวย์

การเลือกแบบ และพิกัดบัสเวย์

ในการเลือกใช้บัสเวย์ของแต่ละงานต้องพิจารณาตามความต้องการดังนี้

1. ใช้ภายใน หรือภายนอกอาคาร
2. พิกัดกระแส
3. แรงดันตก
4. พิกัดกระแสลัดวงจร

1. ใช้ภายใน หรือภายนอกอาคาร

บัสเวย์ส่วนมากเป็นแบบใช้ภายในอาคาร (Indoor) ใช้ในบริเวณที่ความชื้น หรือน้ำเข้าไม่ถึง ถ้าบัสเวย์ต้องเดินผ่านภายนอกอาคาร หรือบริเวณที่อาจมีน้ำรั่ว หรือเข้าถึงได้ต้องใช้บัสเวย์แบบภายนอกอาคาร (Outdoor) บัสเวย์นี้ทำขึ้นพิเศษ โดยจะมีการป้องกันน้ำตามจุดต่อต่างๆ

2. พิกัดกระแส

เนื่องจากบัสเวย์เป็นที่นิยมใช้ในการเดินไฟฟ้าของอาคารพาณิชย์ และโรงงานอุตสาหกรรม จึงมีพิกัดกระแสกว้างมากคือ มีขนาดตั้งแต่ 100A ถึง 5000 A ค่าพิกัดกระแสของบัสเวย์เป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous Rating) โดยคิดที่อุณหภูมิโดยรอบ 40ºC และมีอุณหภูมิเพิ่มไม่เกิน 55ºC

3. แรงดันตก

ค่าพิกัดกระแสต่อเนื่องต้องคำนึงถึงค่าแรงดันตก ถ้าบัสเวย์เดินเป็นระยะไกลๆ ต้องคำนึงถึงแรงดันตกควบคู่ไปกับกระแสพิกัด ถ้าแรงดันตกมากเกินไปอาจต้องพิจารณาเพิ่มบัสเวย์ที่มีพิกัดกระแสสูงขึ้น

4. การทนต่อกระแสลัดวงจร

บัสเวย์จะต้องสามารถทนแรงแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Force) และความร้อนได้ เมื่อเกิดลัดวงจร ปริมาณกระแสลัดวงจรจะขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลงต้นทาง บริษัทผู้ผลิตได้ทำบัสบาร์ที่สามารถทนกระแสลัดวงจรได้หลายระดับ รุ่นที่ทนกระแสลัดวงจรสูงจะมีราคาแพง ดังนั้นควรเลือกบัสเวย์ที่มีพิกัดกระแสลัดวงจรที่เหมาะสม

การลดขนาดพิกัดบัสเวย์

บัสเวย์อาจลดขนาดพิกัดกระแสลงได้โดยไม่จำเป็นต้องมีบริภัณฑ์ป้องกัน ถ้าบัสเวย์อันเล็กที่ต่อออกไปมีขนาดพิกัดไม่น้อยกว่าของบริภัณฑ์ป้องกันต้นทาง และต่อออกไปไม่เกิน 0 ft (15.2 m.)

อุปกรณ์หลักของบัสเวย์ (Busway)

1. Feeder คือท่อตรงของ Busway แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- Feeder Busway คือ ท่อนตรงของ Busway และไม่มีช่องสำหรับต่อแยก (Tap) เพื่อนำกระแสไปใช้งาน

- Plug in feeder busway คือ ท่อนตรงของ Busway ที่มีช่อง Plug in opening สำหรับต่อแยกกระแสไปใช้งาน

2. Plug in opening เป็นช่องสำหรับต่อแยก เพื่อนำกระแสไปใช้งานได้

3. Plug in unit คือ อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นกล่องมีฟิวส์ หรือ เบรกเกอร์อยู่ภายในเพื่อต่อแยก (Tap) ไฟจาก Plug in opening ไปใช้งาน

4. Joint คือ อุปกรณ์สำหรับต่อ Feeder bus เข้าด้วยกัน

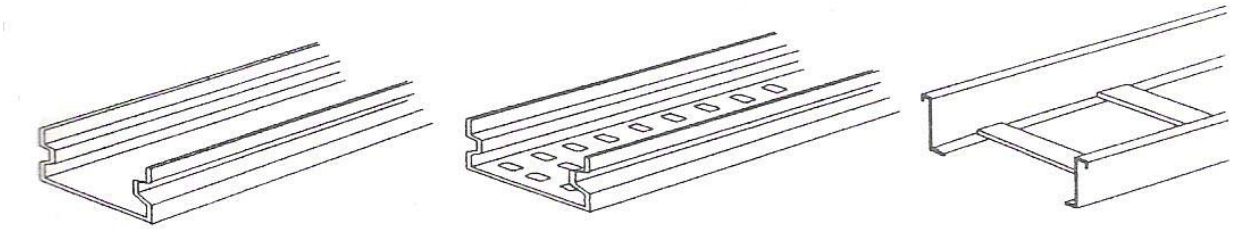
5. Fitting คือ อุปกรณ์ประกอบของ Busway ได้แก่

- Elbow คือ ข้องอ 90 องศาของ Busway มีทั้งแบบแนวดิ่ง และแนวนอน
- Tee คือ ข้อต่อ 3 ทางของ Busway อาจใช้เป็น Branch Busway ที่ต่อจากช่อง Plug ing opening สำหรับต่อแยกกระแสไปใช้งาน
- Flanged end คือ อุปกรณ์ที่ใช้ต่อกับ Busway ในตู้ Switch Board
- Top Boxes มี 2 ชนิด คือ
  - Plug in tap box ใช้เสียบต่อกับช่อง Plug in opening ของ Plug in busway มีพิกัดกระแสระหว่าง 225-1600 A
  - End cable tap box หรือ End closer ใช้ปิดปลายท่อนสุดท้ายของ Feeder busway หรือ Plug in busway มีพิกัดกระแสระหว่าง 800-5000 A
- Support & Hanger คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับยึด หรือแขวน Busway มีทั้งแนวนอน และแนวดิ่ง

6.3 การติดตั้งรางเคเบิล

รางเคเบิล (Cable Trays) แบ่งออกเป็น 3 แบบใหญ่ๆ คือ

1. รางเคเบิลแบบบันได ในท้องตลาดนิยมเรียกว่า Ladder
2. รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ
3. รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ ซึ่งต่างจากแบบที่ 2 ตรงที่ไม่มีช่องระบายอากาศเท่านั้น



รูปรางเคเบิลแบบต่างๆ

รางเคเบิลส่วนใหญ่ไม่มีฝาปิด แต่ในบางสถานที่อาจออกแบบให้มีฝาปิดก็ได้ ซึ่งต้องมีผนังด้านข้าง รางเคเบิลแบบที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายก็คือ แบบบันได และแบบมีช่องระบายอากาศ

6.3.1 การใช้งาน

6.3.1.1 สำหรับสายเคเบิลหลายแกน ใช้ได้ทุกขนาด และวางบนรางเคเบิลได้ทั้งแบบบันได แบบมีช่องระบายอากาศ และแบบด้านล่างทึบ

6.3.1.2 กรณีรางเคเบิลแบบบันได หรือแบบมีช่องระบายอากาศ มีข้อกำหนดดังนี้

1. สายเคเบิลตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางของสายทั้งหมดต้องไม่เกินขนาดความกว้างของรางเคเบิล และให้วางเรียงได้ชั้นเดียวเท่านั้น
2. สายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่อนุญาตให้วางสายได้ ตามที่กำหนดในตารางที่ 1 ช่องที่ 1
3. สายเคเบิลที่มีขนาดตามข้อ 1 และข้อ 2 รวมกัน ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ทั้งหมดต้องไม่เกินพื้นที่สูงสุดที่อนญาตให้วางสายได้ตามที่กำนดในตารางที่ 1 ช่องที่ 2 และสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไปต้องวางเรียงกัน โดยไม่มีสายอื่นมาวางทับ
4. สายเคเบิลหลายแกนสำหรับควบคุม และ / หรือ เคเบิลสัญญาณวางในรางเคเบิลแบบบันได หรือ แบบมีช่องระบายอากาศ ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวน และเปลือกของสายทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของรางเคเบิล สำหรับรางเคเบิลที่มีความลึกมากกว่า 0.15 เมตร ให้ใช้ค่าความลึก 0.15 เมตร ในการคำนวณพื้นที่ภาคตัดขวาง

ตารางที่ 1

พื้นที่หน้าตัดสูงสุดสำหรับวางเคเบิลหลายแกนของรางเคเบิลแบบบันได และแบบมีช่องระบายอากาศ

ความกว้างภายใน	รางเคเบิลแบบบันได และมีช่องระบายอากาศ		รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ	
ของรางเคเบิล	ช่องที่ 1	ช่องที่ 2 *	ช่องที่ 3	ช่องที่ 4
(ตร.มม.)	(ตร.มม.)	(ตร.มม.)	(ตร.มม.)	(ตร.มม.)
150	4500	27000-(30.5 Sd)**	3500	3500-(25.4 Sd)**
300	9000	9000-(30.5 Sd)	7000	7000-(25.4 Sd)
450	13500	13500-(30.5 Sd)	10500	10500-(25.4 Sd)
600	18000	18000-(30.5 Sd)	14000	14000-(25.4 Sd)
750	22500	22500-(30.5 Sd)	17500	17500-(25.4 Sd)
900	27000	27000-(30.5 Sd)	21000	21000-(25.4 Sd)

หมายเหตุ :-

* พื้นที่หน้าตัดสูงสุดสำหรับวางเคเบิลในช่องที่ 2 และ 4 ให้ใช้การคำนวณ เช่น รางเคเบิลขนาดความกว้าง 300 มม. จะมีพื้นที่สูงสุดสำหรับวางเคเบิลตามช่องที่ 2 เท่ากับ 9000 - (30.5 Sd) ตร.มม. เป็นต้น

** Sd หมายถึง ผลรวมเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร รวมฉนวน และเปลือกของสายเคเบิลหลายแกนทุกเส้นที่มีขนาด 95 ตร.มม. ขึ้นไป ซึ่งติดตั้งรวมกับสายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่าในรางเคเบิลเดียวกัน

ตัวอย่าง :-

ต้องการเดินสาย NYY-G (4 C) ขนาด 120 ตร.มม. จำนวน 7 เส้นบนรางเคเบิลแบบบันได จงหาขนาดของรางเคเบิล

การคำนวณดังนี้ :-

- สาย NYY-G 4 แกน ขนาด 120 ตร.มม. มีเส้นผ่าศูนย์กลางสายรวมฉนวน และเปลือก = 56 มม.
- สายจำนวน 7 เส้น รวมเท่ากับ 7 x 56 = 392 มม.
- แต่เนื่องจากสายหลายแกนที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไปให้วางเรียงได้ชั้นเดียวเท่านั้น
- จึงใช้ขนาดความกว้างของรางเคเบิล = 400 มม. แต่เพื่อให้การวางสายในรางทำได้โดยสะดวกควรเผื่อความกว้างของรางเคเบิลไว้ 25%
- ดั้งนั้นขนาดรางเคเบิล = 1.25 x 392 = 490 มม. จึงควรเลือกใช้ขนาดความกว้างของรางเคเบิลเป็น 500 มม.

6.3.1.3 กรณีรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ มีข้อกำหนดดังนี้

1. สายเคเบิลตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางของสายทั้งหมดต้องไม่เกิน 90% ของรางเคเบิล และให้วางเรียงกันได้ชั้นเดียวเท่านั้น

2. สายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่อนุญาตให้วางสายได้ ตามที่กำหนดในตารางที่ 1 ช่องที่ 3

3. สายเคเบิลที่มีขนาดตามข้อ 1 และข้อ 2 รวมกัน ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ทั้งหมดต้องไม่เกินพื้นที่สูงสุดที่อนุญาตให้วางสายได้ ตามที่กำนดในตารางที่ 1 ช่องที่ 4 และสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ต้องวางเรียงกันโดยไม่มีสายอื่นมาวางทับ

4. สายเคเบิลหลายแกนสำหรับควบคุม และ / หรือเคเบิลสัญญาณวางในรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวน และเปลือกของสายทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 40 ของพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของรางเคเบิล สำหรับรางเคเบิลที่มีความลึกมากกว่า 0.15 เมตร ให้ใช้ค่าความลึก 0.15 เมตรในการคำนวณพื้นที่ภาคตัดขวาง

6.3.1.4 สายเคเบิลแกนเดียว ใช้ได้เฉพาะบนรางเคเบิลแบบบันได และมีช่องระบายอากาศเท่านั้น มีข้อกำหนดดังนี้

1. สายเคเบิลตั้งแต่ 400 ตร.มม. ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางของสาย รวมฉนวนและเปลือกทั้งหมดต้องไม่เกินขนาดความกว้างของรางเคเบิล

2. สายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 120-300 ตร.มม. ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่อนุญาตให้วางสายได้ ตามที่กำหนดในตารางที่ 2 ช่องที่ 1

3. สายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 50-95 ตร.มม. ผลรวมเส้นผ่าศูนย์กลางรวมฉนวน และเปลือกของสายทั้งหมดต้องไม่เกินขนาดความกว้างของรางเคเบิล และให้วางเรียงกันได้ชั้นเดียว และวางเป็นรูปสามเหลี่ยมเท่านั้น

4. สายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 400 ตร.มม. ขึ้นไป วางรวมกับสายเคเบิลขนาดเล็กกว่า 400 ตร.มม. ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวน และเปลือกของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 400 ตร.มม. ทั้งหมดต้องไม่เกินพื้นที่สูงสุดที่ยอมให้วางสายได้ ตามที่กำหนดในตารางที่ 2 ช่องที่ 2

ตารางที่ 2

พื้นที่หน้าตัดสูงสุดสำหรับวางเคเบิลแกนเดียวของรางเคเบิลแบบบันได

แบบมีช่องระบายอากาศ

ความกว้างภายใน	ช่องที่ 1	ช่องที่ 2
ของรางเคเบิล	สายขนาด 120-300 ตร.มม.	สายทุกขนาดวางรวมกัน
(มม.)	(ตร.มม.)	(ตร.มม.)
150	4000	4000-(27.9 Sd)**
300	8500	8500-(27.9 Sd)
450	12500	12500-(27.9 Sd)
600	16500	16500-(27.9 Sd)
750	21000	21000-(27.9 Sd)
900	25000	25000-(27.9 Sd)

หมายเหตุ :-

** Sd หมายถึง ผลรวมเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร รวมฉนวน และเปลือกของสายเคเบิลแกนเดียว ที่มีขนาด 400 ตร.มม. ขึ้นไป ซึ่งติดตั้งรวมกับสายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่าในรางเคเบิลเดียวกัน

ตัวอย่าง :-

ต้องการวางสาย THW ขนาด 120 ตร.มม. บนรางเคเบิลแบบบันไดขนาดความกว้าง 150 มม. จะสามารถวางได้กี่เส้น

การคำนวณดังนี้ :-

- เส้นผ่าศูนย์กลางสาย THW = 19.5 มม.
- หาพื้นที่หน้าตัดของสาย THW 120 ตร.มม. = $\pi D^2/4$ = 298.65 ตร.มม.
- แต่พื้นที่หน้าตัดสูงสุดที่ยอมได้ของรางเคเบิลขนาด 150 มม. ตามตารางที่ 2 ช่องที่ 1 คือ 4000 ตร.มม.
- ดังนั้นจำนวนสายที่วางได้ = 4000/298.65 = 13.39 เส้น นั่นคือ ไม่เกิน 13 เส้น

6.3.2 การติดตั้งรางเคเบิล

มีข้อกำหนดดังนี้

1. รางเคเบิลต้องยาวต่อเนื่องตลอดทั้งทางกล
2. รางเคเบิลที่เป็นโลหะต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า และต้องต่อลงดิน

3. สายที่ติดตั้งบนรางเคเบิล เมื่อเดินแยกเข้าท่อสายอื่นต้องมีการจับยึดให้มั่นคง

4. ห้ามติดตั้งสายเคเบิลระบบแรงต่ำในรางเคเบิลเดียวกับเคเบิลระบบแรงสูง

5. รางเคเบิลต้องติดตั้งในที่เปิดโล่ง เข้าถึงได้ และมีที่ว่างเพียงพอที่จะปฏิบัติงานบำรุงรักษาสายเคเบิลได้สะดวก

6. ในรางเคเบิลที่มีเคเบิลแกนเดียวหลายเส้นต่อขนานกัน เพื่อประกอบเป็นสายเฟส หรือสายนิวทรัลของวงจร สายเคเบิลดังกล่าวต้องติดตั้งเป็นกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยตัวนำไม่เกิน 1 เส้นต่อ 1 เฟส หรือนิวทรัล เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไม่สมดุล เนื่องจากการเหนี่ยวนำ และต้องผูกมัดตัวนำแต่ละกลุ่ม เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวเมื่อเกิดการลัดวงจร

7. การต่อสายในรางเคเบิลต้องทำให้ถูกต้องตามวิธีการต่อสาย แต่จุดต่อสายต้องอยู่ภายในรางเคเบิล และต้องไม่สูงเลยขอบด้านข้างของรางเคเบิล

8. ห้ามใช้รางเคเบิลเป็นตัวนำแทนสายดิน

รูปแสดงการติดตั้งรางเคเบิลเพื่อใช้งาน

บทที่ 7 อิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ได้เข้าไปมีบทบาทสำคัญในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ แม้งานด้านช่างไฟฟ้าเองก็มีการนำระบบอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้โดยเฉพาะงานด้านเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้ระบบดิจิตอลเพื่อให้เกิดความรวดเร็ว สามารถอ่านค่าที่วัดได้ทันที อย่างถูกต้อง เที่ยงตรง แม่นยำ

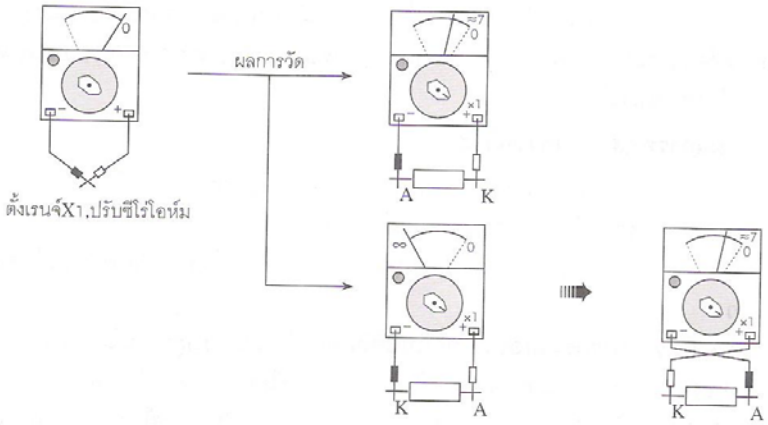
ในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันก็ได้ปรับปรุงคุณภาพในการผลิตสินค้า โดยนำเอาระบบเทคโนโลยีอัตโนมัติมาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพ ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้บริการมากขึ้น ฉะนั้นเพื่อให้การปฏิบัติงานด้านไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ควรต้องเรียนรู้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเติม ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประเภทสารกึ่งตัวนำที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

7.1 ไดโอด

คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีโครงสร้างมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็น มี 1 รอยต่อ ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมาก และมีใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ไดโอดทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงนี้จำเป็นต้องมีเพื่อจ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบต่างๆ

การวัดหาขั้วของไดโอด โดยทั่วไปผู้ผลิตจะทำเครื่องหมาย หรือแถบสีไว้เพื่อบอกว่า เป็นขั้วขาคาโทด แต่ถ้าต้องการหาโดยใช้มิเตอร์วัดสามารถทำได้ดังนี้

- ให้ตั้งเร้นจ์ความต้านทานไปที่ X1
- ปรับซีโร่โอห์ม
- ให้นำสายวัดไปวัดที่ขาทั้งสองของไดโอดโดยสายวัดเส้นใดต่อกับขาใดของไดโอดก็ได้ ดังแสดงในรูป



รูปแสดงลำดับการวัด และผลการวัดหาขั้วไดโอด

จากรูปถ้าผลปรากฏว่า

- เข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนไปทางขวามือแล้วอ่านค่าโอห์มได้ประมาณ 7 โอห์ม แสดงว่า ขาของไดโอดที่ต่อกับสายสีแดงของมิเตอร์เป็นขั้วคาโทด และขาของไดโอดที่ต่อกับสายสีดำของมิเตอร์เป็นขาอาโนด
- เข็มมิเตอร์ไม่เบี่ยงเบน ก็แสดงว่า ขาของไดโอดที่ต่อกับสายสีแดงจากแจ็กบวกเป็นขั้วอาโนด และขาของไดโอดที่ต่อกับสายสีดำจากแจ็กลบเป็นขั้วคาโทด (ไดโอดต้องอยู่ในสภาพปกติ)

การตรวจสอบไดโอด

การตรวจสอบไดโอดแบบเยอรมันเนียม มีลำดับการปฏิบัติดังนี้

- ปลดไดโอดที่ต้องวัดออกจากวงจรทิ้งไว้จนอุณหภูมิอยู่ในระดับปกติ
- ตั้งเร้นจ์วัดความต้านทานไปที่ X1
- ปรับซีโร่โอห์ม
- ทำการวัดแบบฟอร์เวิร์ดไบอัส คือ นำสายวัดสีแดงจากแจ็กบวกแตะที่ขาคาโทด แล้วนำสายวัดสีดำจากแจ็กลบแตะที่ขาอาโนด

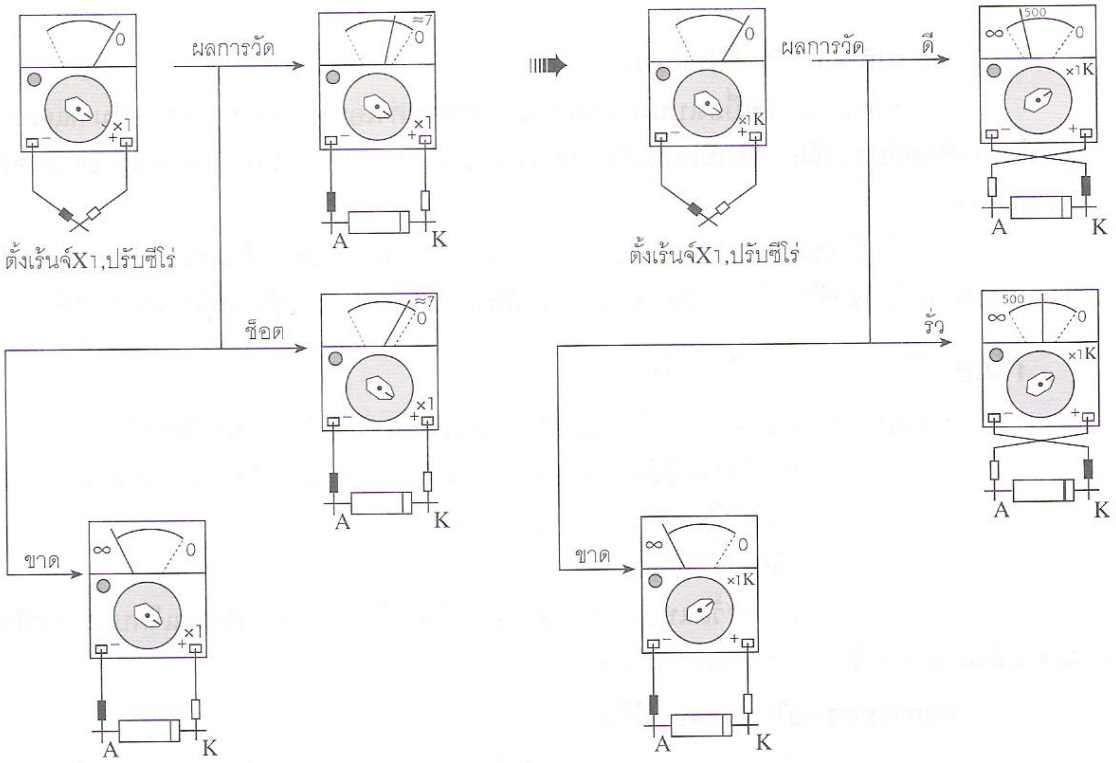
ผลการทดสอบในช่วงฟอร์เวิร์ด

- ต้องอ่านค่าความต้านทานได้ประมาณ 7 โอห์ม แต่ถ้าอ่านค่าความต้านทานได้ 0 โอห์ม แสดงว่าไดโอดตัวนั้นเสีย ในลักษณะการช็อต และ ถ้าอ่านได้ค่าอนันต์แสดงว่า ขาด
- ถ้าอ่านค่าความต้านทานได้ประมาณ 7 โอห์ม แล้วต่อไปให้ตั้งเร้นจ์วัดความต้านทานไปที่ X1 K
- ปรับซีโร่โอห์ม
- ทำการวัดแบบรีเวิร์สไบอัสคือ นำสายวัดสีแดงจากแจ็กบวกแต่ที่ขาอาโนด แล้วนำสายวัดสีดำจากแจ็กลบแตะที่ขาอาโนด ขณะทำการวัดห้ามจับปลายสายวัดทั้งสองให้จับได้เพียงสายวัดข้างใดข้างหนึ่งเท่านั้น

ผลการทดสอบในช่วงรีเวิร์ส

- ถ้าอ่านค่าความต้านทานอยู่ในช่วงระหว่าง 500 กิโลโอห์ม ถึงค่าความต้านทานเป็นอนันต์ก็แสดงว่าไดโอดตัวนั้นอยู่ในสภาพใช้งานได้
- ถ้าค่าความต้านทานได้ต่ำกว่า 500 กิโลโอห์ม ก็แสดงว่าไดโอดตัวนั้นเสีย ในลักษณะรั่ว

การตรวจสอบไดโอดแบบซิลิคอน มีลำดับการปฏิบัติเช่นเดียวกับการตรวจสอบไดโอดแบบเยอรมันเนียม แต่ผลการทดสอบในช่วงรีเวิร์สจะได้ผลต่างออกไปคือ ต้องอ่านค่าความต้านทานเป็นอนันต์เท่านั้นจึงจะถือว่า ไดโอดแบบซิลิคอนตัวนั้นอยู่ในสภาพใช้งานได้ แต่ถ้าเข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนไปทางด้านขวามือเพียงเล็กน้อย แสดงว่า ไดโอดเสียในลักษณะรั่ว



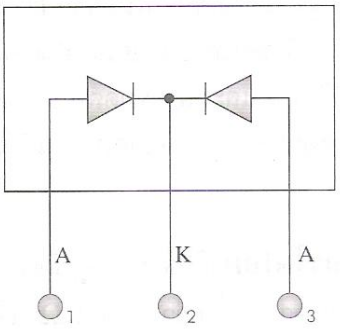
รูปแสดงลำดับการวัด และผลการตรวจสอบไดโอดแบบเยอรมันเนียม

การตรวจสอบไดโอดแพ็กเกจ แพ็กเกจไดโอดโดยทั่วไปก็มีด้วยกัน 2 แบบ คือ

1. แบบฟูลเวฟ
2. แบบบริดจ์

การตรวจสอบไดโอดแพ็กเกจแบบฟูลเวฟ มีลำดับการปฏิบัติดังนี้

- ตรวจสอบเพื่อหาขั้วไดโอด โดยทั่วไปมีรูปแบบค่อนข้างตายตัว ดังแสดงในรูป



รูปแสดงวงจรภายในโดยทั่วไปของไดโอดแพ็กเกจแบบฟูลเวฟ

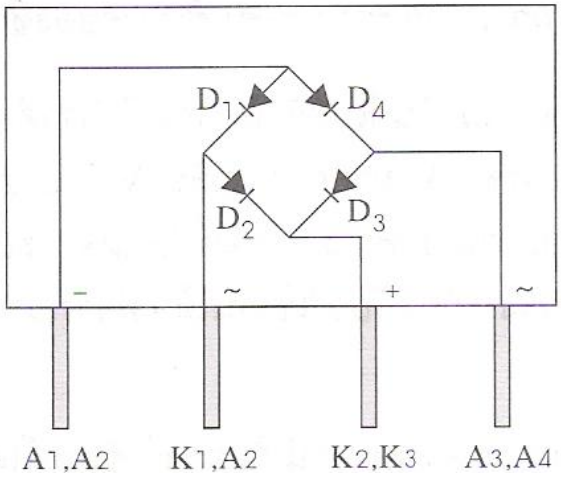
ถ้าไม่แน่ใจก็ใช้มิเตอร์ทำการวัดหาขั้วดังได้กล่าวมาแล้ว จากรูปจะเห็นว่า ภายในฟูลเวฟแพ็กเกจไดโอด ประกอบด้วยไดโอดสองตัว หันด้านขั้วคาโทดชนกัน

- ใช้มิเตอร์ทำการตรวจสอบไดโอดภายในของแพ็กเกจไดโอดแบบฟูลเวฟ ซึ่งลำดับการปฏิบัติเพื่อตรวจสอบ และผลการตรวจสอบเป็นเช่นเดียวกับการตรวจสอบไดโอดแบบซิลิคอนทุกประการ

- ถ้าผลการตรวจสอบปรากฏว่า ไดโอดภายในตัวใดตัวหนึ่งในแพ็กเกจเสีย ก็แสดงว่า ไดโอดแพ็กเกจแบบฟูลเวฟนั้นเสียไปด้วย

การตรวจสอบไดโอดแพ็กเกจแบบบริดจ์ มีลำดับการปฏิบัติดังนี้

- ตรวจสอบเพื่อหาขั้วไดโอด โดยทั่วไปไดโอดแพ็กเกจแบบบริดจ์มีขั้วที่แน่นอนดังแสดงในรูป



รูปแสดงวงจรภายในของไดโอดแพ็กเกจแบบบริดจ์

จากรูปจะเห็นว่า ภายในไดโอดแพ็กเกจแบบบริดจ์ ประกอบด้วยไดโอดทั้งหมด 4 ตัว คือ D1 , D2 , D3 และ D4 ซึ่งไดโอดบริดจ์ไม่ว่า รูปร่างภายนอกจะเป็นแบบใด แต่วงจรภายในล้วนเหมือนดังแสดงในรูปทั้งสิ้น ดังนั้นเราจึงสรุปตำแหน่งขาได้ดังนี้

- ขั้วไฟตรงลบ (-) เป็นจุดร่วมของขั้วอาโนดจากตัวไดโอดภายใน D1 , D2
- ขั้วไฟสลับ (~) เป็นจุดร่วมของขั้วคาโทดจาก D1 และขั้วอาโนดจาก D2
- ขั้วไฟตรง (+) เป็นจุดร่วมของขั้วคาโทดจากตัวไดโอดภายใน D2 , D3
- ขั้วไฟสลับ (~) เป็นจุดร่วมของขั้วอาโนดจาก D3 และขั้วคาโทดจาก D4

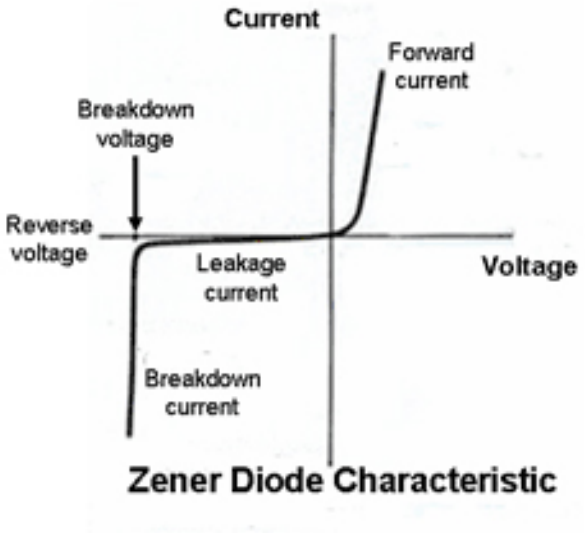
- เมื่อทราบตำแหน่งขั้วของไดโอดภายในแพ็กเกจแบบบริดจ์แล้ว ให้ทำการตรวจสอบเช่นเดียวกับการตรวจสอบไดโอดแบบซิลิคอน และผลการทดสอบก็เป็นเช่นเดียวกันทุกประการ

- ถ้าผลการตรวจสอบปรากฏว่า ไดโอดภายในตัวใดตัวหนึ่งในแพ็กเกจเสียก็แสดงว่า ไดโอดแพ็กเกจแบบบริดจ์นั้นเสียไปด้วย

7.2 ซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอดเป็นไดโอดชนิดพิเศษ ซึ่งสร้างให้มีการทำงานแตกต่างจากไดโอดเรียงกระแสทั่วไป กล่าวคือ เมื่อให้ไบแอสตรงกับซีเนอร์ไดโอด การทำงานจะเหมือนกับไดโอดเรียงกระแสคือ นำกระแสได้ และมีแรงดันตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดขณะได้รับไบแอสตรงเท่ากับ V_B เมื่อซีเนอร์ไดโอดได้รับไบแอสกลับถึงค่าแรงดันที่กำหนด (กำหนดค่าแรงดันขึ้นในกระบวนการสร้างซีเนอร์ไดโอด เช่น 2.2V, 5.1V, 6V, 10V, 12V) ซีเนอร์ไดโอดจะนำกระแสได้ และจะเกิดแรงดันตกคร่อมตัวเองคงที่เท่ากับค่าแรงดันที่กำหนดจากบริษัทผู้ผลิต สัญลักษณ์และกราฟลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอด แสดงในรูป

รูปแสดงสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด



รูปแสดงกราฟลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันของซีเนอร์ไดโอด

การพังทลายของซีเนอร์ (Zener Breakdown)

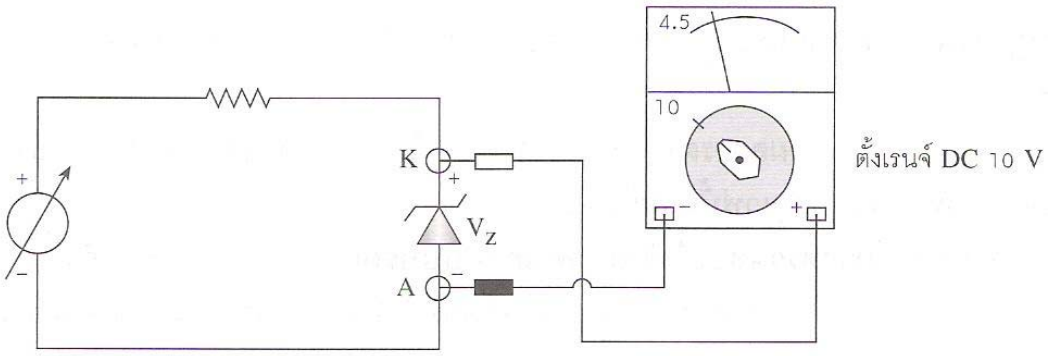
การพังทลายของไดโอดแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ การพังทลายแบบอะวาลานซ์ เมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับแรงดันสูงมาก ทำให้มีกระแสไหลย้อนกลับผ่านไดโอดจำนวนมาก ทำให้รอยต่อของไดโอดทะลุและใช้งานไม่ได้ การพังทลายอีกแบบหนึ่งคือ การพังทลายแบบซีเนอร์เป็นการพังทลายที่เกิดขึ้นกับแรงดันไบแอสกลับค่าต่ำๆ ซึ่งกำหนดได้จากการโดปสารกึ่งตัวนำที่ใช้สร้างเป็นซีเนอร์ไดโอด การพังทลายแบบซีเนอร์นี้จะมีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดจำนวนหนึ่ง ซึ่งต้องรักษาไม่ให้เกิดค่าพิกัดสูงสุด และจะเกิดภาวะที่แรงดันตก

คร่อมซีเนอร์ไดโอดมีค่าคงที่เรียกว่า แรงดันซีเนอร์ คุณสมบัตินี้สามารถนำซีเนอร์ไดโอดไปสร้างเป็นวงจรควบคุมแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้มีค่าแรงดันคงที่ ซีเนอร์ไดโอดที่มีใช้อยู่ในท้องตลาดมีแรงดันซีเนอร์ ตั้งแต่ 1.8V ถึง 200V

7.2.1 การตรวจสอบซีเนอร์ไดโอด

มีหลักการปฏิบัติเช่นเดียวกับไดโอดแบบเยอรมันเนียม แต่ในช่วงรีเวิร์สไบอัส ค่าความต้านทานอาจจะต่ำกว่า 500 K ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแรงดันซีเนอร์ของซีเนอร์ไดโอด แต่การตรวจสอบในช่วงฟอร์เวิร์สยังคงมีค่าความต้านทานประมาณ 7 โอห์มเหมือนเดิม ซึ่งผลแรงดันนี้รวมถึงซีเนอร์ไดโอดแบบซิลิคอนด้วย

การทดสอบซีเนอร์ไดโอดที่ดีและถูกต้อง คือ การป้อนแรงดันรีเวิร์สตกคร่อมตัวซีเนอร์ไดโอดให้สูงกว่าแรงดันซีเนอร์ จากนั้นทำการวัดแรงดันตกคร่อมตัวซีเนอร์ แรงดันที่อ่านได้จะต้องเท่ากับแรงดันซีเนอร์หรือ คลาดเคลื่อนได้ประมาณ $\pm$ 10% ดังแสดงในรูป



รูปแสดงการตรวจสอบแรงดันซีเนอร์ของซีเนอร์ไดโอด

จากรูป ถ้าสมมุติว่า แรงดันซีเนอร์ 4.5 โวลต์ให้เราค่อยๆ ปรับ V ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟปรับแรงดันได้ไปจนกระทั่งแรงดันไฟของ V มากกว่าแรงดัน V2 ไป 2 เท่า ในที่นี้คือ 9V จะเห็นว่า ค่าแรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวซีเนอร์ไดโอดยังคงมีค่า 4.5 โวลต์ โดยดูจากสเกล DCV (ดีซีโวลต์) จะอ่านค่าได้ 4.5 V หรือในช่วง 4.455 ถึง 4.545 ก็ยังนับว่าใช้งานได้ (พิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อน 10%)

7.2.2 ผลการตรวจสอบ

- ถ้าหากอ่านค่าแรงดันไฟได้น้อยกว่านี้ แสดงว่า ซีเนอร์ไดโอดรั่ว
- ถ้าหากอ่านค่าแรงดันไฟได้สูงกว่านี้ แสดงว่า ซีเนอร์ไดโอดเกิดค่าความต้านทานภายในเพิ่ม
- ถ้าหากอ่านค่าแรงดันไฟได้ศูนย์โวลต์ แสดงว่า ซีเนอร์ไดโอดช็อต
- ถ้าหากอ่านค่าแรงดันไฟได้เท่ากับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟ V ที่ป้อนให้วงจร แสดงว่าซีเนอร์ไดโอดขาด

7.2.3 การนำซีเนอร์ไดโอดไปใช้งาน

จากคุณสมบัติการควบคุมแรงดันตกคร่อมตัวเอง เมื่อได้รับไบแอสกลับให้คงที่ที่ย่านกระแสหนึ่ง (ระหว่าง I_{ZM} ถึง I_{ZK}) จึงมีผู้นำซีเนอร์ไดโอดไปใช้งานอย่างกว้างขวาง และที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ใช้ซีเนอร์ไดโอดในการควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้คงที่ในวงจร (Zener - Regulated Power Supply) และอาจใช้ซีเนอร์ในวงจรตัดรูปคลื่น (Clipper Circuit) เป็นต้น

7.3 ไดโอดทางแสง

ไดโอดทางแสง (Optical Diodes) ที่นิยมใช้มี 2 ชนิดคือ ไดโอดเปล่งแสง และโฟโต้ไดโอด ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ทั้งสองนี้ในการรับ และส่งสัญญาณทางไฟฟ้า โดยเปลี่ยนรูปเป็นแสง โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวส่งแสง และใช้โฟโต้ไดโอดเป็นตัวรับแสง

7.3.1 ไดโอดเปล่งแสง

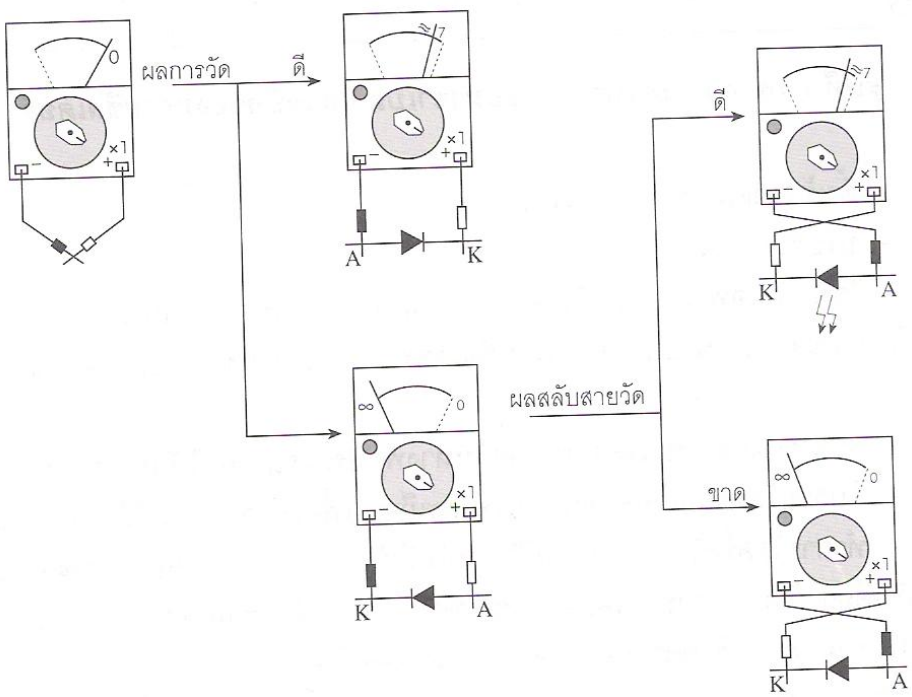
เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดซิลิคอน หรือเจอร์เมเนียมมาผสมกับสารบางชนิด จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากรอยต่อพี-เอ็นปกติ เช่น เมื่อนำซิลิคอนผสมกับแกลเลียมอาเซไนด์และทำเป็นรอยต่อพี-เอ็น เมื่อนำรอยต่อดี-เอ็นดังกล่าวไปให้ไบแอสตรงจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านรอยต่อพี-เอ็น และอิเล็กตรอนอิสระที่รอยต่อจะหลุดออกจากวงโคจรเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง แสดงดังรูปปรากฏการณ์นี้เกิดกับไดโอดเปล่งแสงเท่านั้น เรียกชื่อว่า “ Electroluminescence ”

การตรวจสอบ LED (แอล อี ดี) หรือ ไดโอดเปล่งแสง มีลำดับการปฏิบัติดังนี้

- ตั้งเร้นจ์ความต้านทานไปที่ X1
- ปรับซีโร่โอห์ม เพื่อให้ดูว่า LED ก็คือ ไดโอดชนิดหนึ่ง ในการตรวจเช็คจริงไม่ต้องปรับซีโร่โอห์มก็ได้
- นำสายวัดทั้งสองไปแตะที่ขาทั้งสองของ LED

ผลการตรวจสอบ

- ถ้า LED สว่าง แสดงว่า หาขั้วของ LED ได้แล้ว โดยสายสีแดงจากแจ็กบวกที่ต่อกับขา LED จะเป็นขั้วคาโทด และสายสีดำจากแจ็กลบที่ต่อกับขา LED จะเป็นขั้วอาโนด สังเกตว่า เราสามารถอ่านค่าความต้านทานได้ประมาณ 7 โอห์ม
- ถ้า LED ไม่สว่าง ให้ทำการสลับสายวัด แล้วทำการวัดใหม่หาก LED ไม่สว่าง ก็แสดงว่า LED นั้นขาด

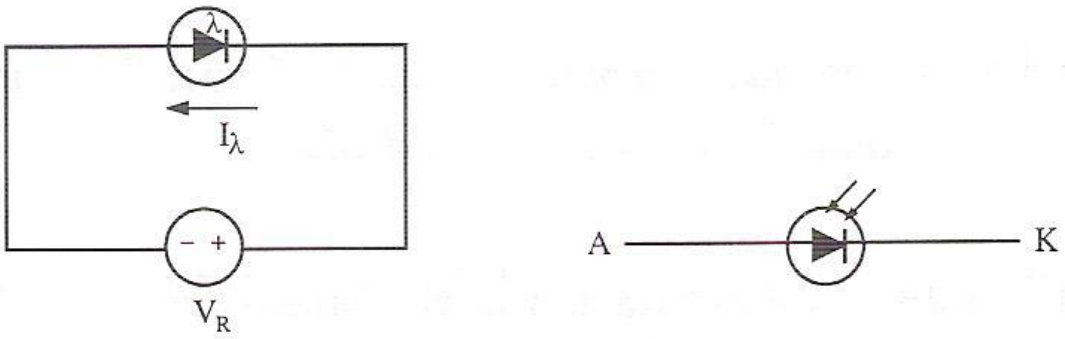


รูปแสดงลำดับการวัด และผลการตรวจสอบ LED

รูปแสดงอุปกรณ์ไดโอดเปล่งแสง

7.3.2 โฟโต้ไดโอด (Photodiode)

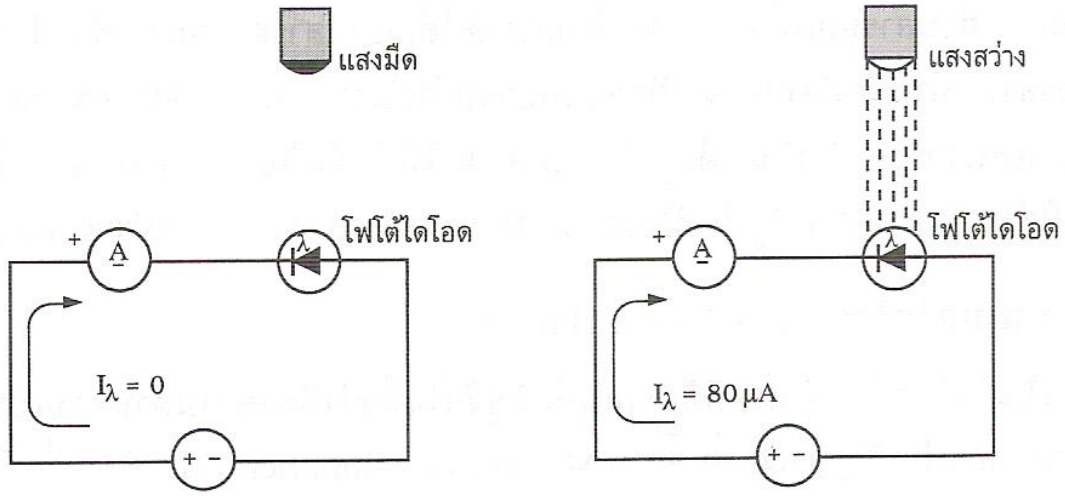
การทำงานของโฟโต้ไดโอดจะตรงข้ามกับไดโอดเปล่งแสง กล่าวคือ เมื่อโฟโต้ไดโอดไม่ได้รับแสงจะไม่มีกระแสไหลผ่านโฟโต้ไดโอด แต่ถ้าได้รับแสงเข้าที่รอยต่อพี-เอ็นของโฟโต้ไดโอดจะมีกระแสไหลผ่านได้ กระแสดังกล่าวจะไหลได้เมื่อโฟโต้ไดโอดได้รับไบแอสกลับเท่านั้น ดังรูป



(ก) การทำงานเมื่อไบแอสกลับ (ข) สัญญลักษณ์

รูปแสดงการไบแอสกลับและสัญญลักษณ์ของโฟโต้ไดโอด

สรุป โฟโต้ไดโอดเมื่อไม่ได้รับแสงจะมีกระแสไหลผ่านจำนวนน้อยมาก อาจละทิ้งได้ แต่เมื่อโฟโต้ไดโอดได้รับแสง ความต้านทานของโฟโต้ไดโอดจะลดลง กระแสจะไหลผ่านโฟโต้ไดโอดได้มากขึ้นดังรูป

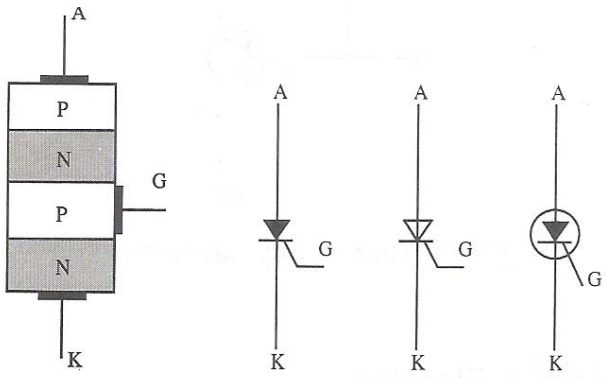


รูปแสดงการทำงานของโฟโต้ไดโอดขณะได้รับแสง

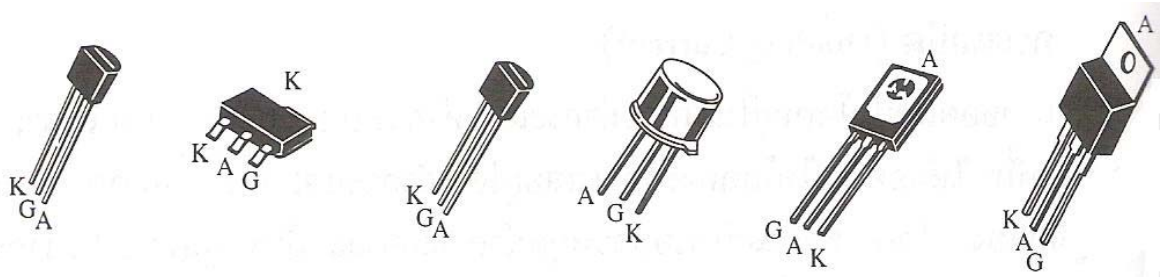
7.4 เอสซีอาร์

เอสซีอาร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีชื่อเต็มว่า Silicon Controlled Rectifier หรือ SCR เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มี 3 รอยต่อ มีขั้ว 3 ขั้วคือ แอโนด (A) แคโทด (K) และเกต (G) เอสซีอาร์มีโครงสร้างที่คล้ายกับชอคเลย์ไดโอด แต่เอสซีอาร์จะนำกระแสได้เมื่อแรงดันที่แอโนดเป็นบวกมากกว่าแคโทด และมีการกระตุ้นกระแสที่เกต (I_G) โดยจ่ายแรงดันบวกที่เกตให้มีกระแสไหลเข้าสู่ขาเกตของ

เอสซีอาร์จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้ เกิดกระแสไหลผ่านระหว่างขั้วแอโนดสู่ขั้วแคโทดของเอสซีอาร์ โครงสร้างภายในของเอสซีอาร์แสดงในรูป (ก) สัญลักษณ์ของเอสซีอาร์แสดงในรูป (ข) และลักษณะภายนอกของเอสซีอาร์แสดงในรูป (ค) เนื่องจากเอสซีอาร์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำไปใช้ในการควบคุมกำลังไฟฟ้าเช่น วงจรเรียงกระแสที่ควบคุมแรงดัน ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟฟ้า ควบคุมปริมาณความร้อนของลวดความร้อน เป็นต้น เอสซีอาร์จึงมีหลายขนาดดังรูป (ค)



(ก) โครงสร้าง *(ข) สัญลักษณ์*



(ค) ลักษณะภายนอกของเอสซีอาร์

รูปแสดงโครงสร้าง สัญลักษณ์และอุปกรณ์เอสซีอาร์เบอร์ต่างๆ

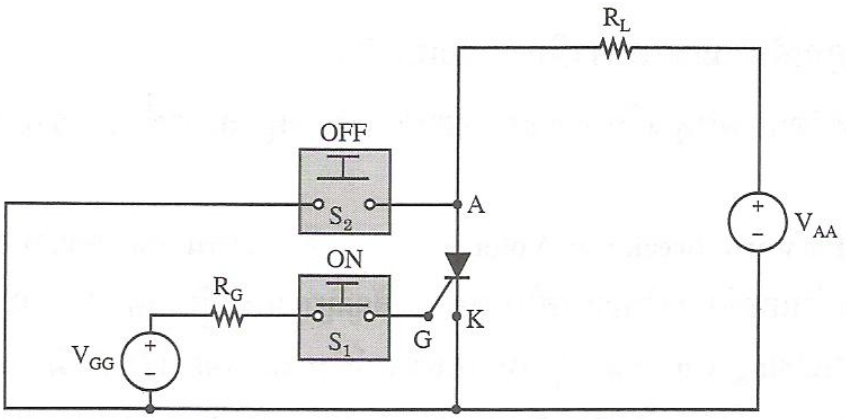
การนำเอสซีอาร์ไปใช้งาน

การนำเอสซีอาร์ไปใช้งาน โดยทั่วไปนิยมนำไปใช้งานด้านการควบคุมกำลังไฟฟ้า (Power Control) และการทำงานเป็นสวิตช์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- วงจรควบคุมการเปิด - ปิด

วงจรควบคุมการเปิด-ปิด คือ การนำเอาเอสซีอาร์ไปทำหน้าที่แทนสวิตช์ หรือแทนแมคเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) หรือ นำไปทำงานแทนรีเลย์ (Relays) เพราะว่าเอสซีอาร์เป็นอุปกรณ์

สารกึ่งตัวนำ ดังนั้นการทำงานในลักษณะของสวิตช์จึงมีข้อได้เปรียบกว่าสวิตช์ทางกล เพราะมีขนาดเล็ก ไม่มีการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ไม่ทำให้เกิดประกายไฟขณะที่เอสซีอาร์ทำงาน ไม่ต้องบำรุงรักษาเหมือนสวิตช์ทางกล ฯลฯ จึงนิยมนำเอสซีอาร์ไปทำงานแทนสวิตช์ทางกลในวงจรที่ทำงานแบบเปิด-ปิด ตัวอย่างแสดงในรูป



รูปแสดงวงจรควบคุมการเปิด-ปิดที่ใช้เอสซีอาร์

การทำงานของวงจรควบคุมการเปิด – ปิดในรูป เมื่อกดสวิตช์ S_1 เอสซีอาร์จะทำงาน เพราะมีกระแส I_G ไหลผ่านเกต จะทำให้มีกระแสแอโนด (I_A) ไหลผ่านภาระไฟฟ้า (R_L) และเมื่อต้องการหยุดทำงานโดยกดสวิตช์ S_2 เอสซีอาร์จะหยุดทำงานด้วยหลักการหยุดนำกระแสแบบบังคับ

7.4.1 การตรวจสอบ เอสซีอาร์

การหาขาคาโทดเกท และ อาโนดของเอสซีอาร์ มีลำดับการปฏิบัติดังนี้

- ถอดเอสซีอาร์ ออกจากวงจรแล้วปล่อยไว้ให้เย็นตัวจนอยู่ในอุณหภูมิปกติ
- ตั้งเร้นจ์วัดค่าความต้านทานไปที่ X1
- ปรับซีโร่โอห์ม
- ทำการวัด 6 ครั้ง เช่นเดียวกับการวัดหาขาเบสของทรานซิสเตอร์

สรุปผลการวัด

จากการวัดทั้ง 6 ครั้ง จะมีอยู่ 1 ครั้งที่อ่านค่าความต้านทานได้ประมาณ 7 โอห์ม และอีก 5 ครั้งที่เหลือจะอ่านค่าความต้านทานเป็นอนันต์ทั้งหมด จากนั้นให้ดูว่าใน 1 ครั้งที่อ่านค่าความต้านทานได้นั้นได้ใช้สายวัดสีแดงจากแจ็กบวกไปแตะที่ขาใด ก็แสดงว่าขานั้นเป็นขาคาโทด ส่วนสายวัดสีดำจากแจ็กลบที่ไปแตะกับอีกขาหนึ่ง ก็แสดงว่า เป็นขาเกทของเอสซีอาร์ และขาที่ปล่อยว่างไว้เป็นขาที่สามคือ ขาอาโนด

ถ้าผลจากการวัดปรากฏว่า ในจำนวนการวัด 6 ครั้ง อ่านค่าความต้านทานเป็นอนันต์ทั้งหมด

แสดงว่า เอสซีอาร์ตัวนั้นชำรุดในลักษณะคาโทดกับเกทขาด

ค่าผลการวัดปรากฏว่า ในจำนวนการวัด 6 ครั้ง มีการอ่านค่าความต้านทานเป็นศูนย์โอห์ม อย่างน้อย 2 ครั้ง แสดงว่า เอสซีอาร์ตัวนั้นชำรุดในลักษณะการช็อต

- เปลี่ยนเร้นจ์การวัดค่าความต้านทานจาก X1 ไปที่ X10 K

- ให้นำสายวัดสีแดงจากแจ็กบวกไปแตะที่ขาคาโทด และนำสายวัดสีดำจากแจ็กลบไปแตะที่ขาอาโนด (ห้ามจับปลายสายวัดทั้งสอง)

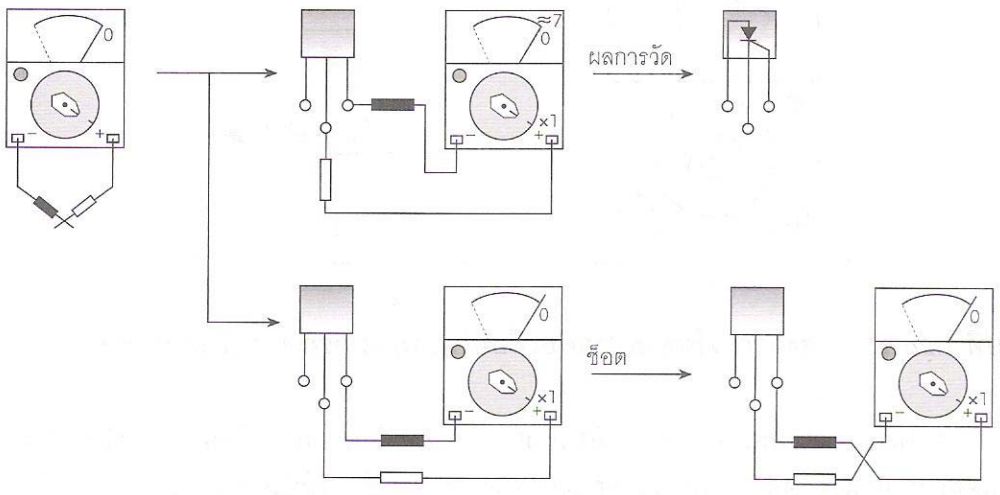
ในกรณีเอสซีอาร์ขนาดเล็ก และขนาดกลางจะอ่านค่าความต้านทานเป็นอนันต์ ถ้าหากเข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนไปทางขวามือเล็กน้อย ก็ถือว่า เอสซีอาร์ตัวนั้นรั่ว

ในกรณีเอสซีอาร์ขนาดใหญ่จะอ่านค่าความต้านทานได้ เข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนไปทางขวามือเล็กน้อย ก็ถือว่า เป็นปกติ

- ให้สลับสายวัดโดยนำสายวัดสีแดงจากแจ็กบวกไปแตะที่ขาอาโนด และนำสายวัดสีดำจากแจ็กลบไปแตะที่ขาคาโทด (ห้ามจับปลายสายวัดทั้งสอง)

ในกรณีเอสซีอาร์ขนาดเล็ก และขนาดกลางจะอ่านค่าความต้านทานเป็นอนันต์ ถ้าเข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนไปทางขวาเล็กน้อย ถือว่า เอสซีอาร์ตัวนั้นรั่ว

ในกรณีเอสซีอาร์ขนาดใหญ่ เข็มมิเตอร์จะเบี่ยงเบนไปทางขวาเล็กน้อย ก็ยังถือว่า เป็นปกติ



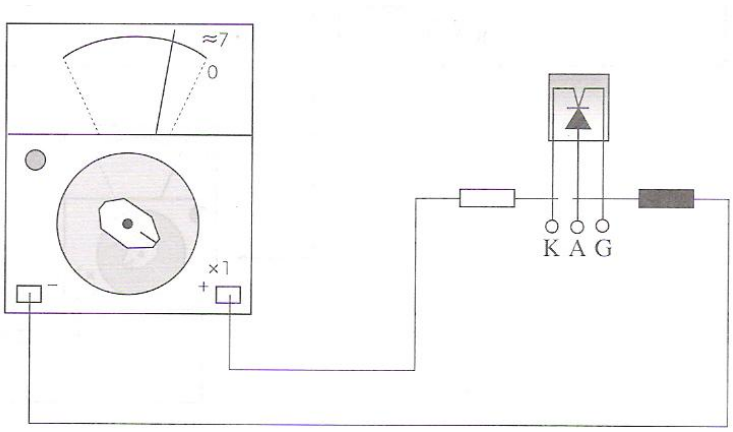
รูปแสดงลำดับ และผลการหาขาคาโทด ขาเกท และ ขาอาโนด

7.4.2 การตรวจสอบเอสซีอาร์ด้วยการทริกเกท โดยใช้เร้นจ์วัดค่าความต้านทาน

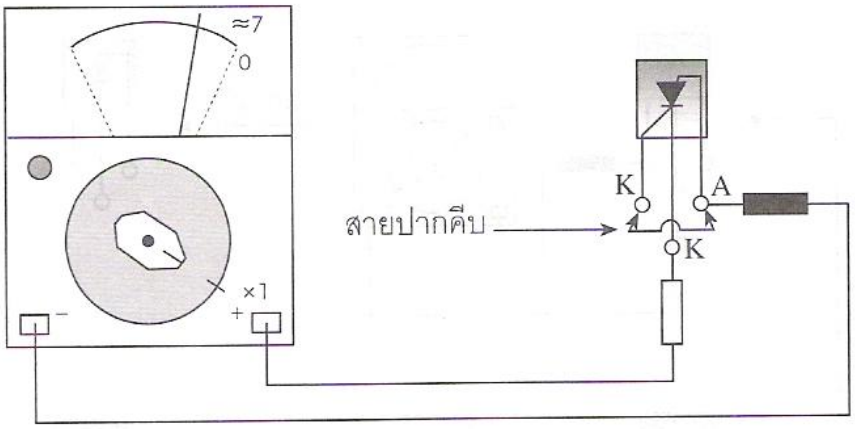
ในกรณีของเอสซีอาร์ขนาดเล็ก และขนาดกลาง ซึ่งต้องการกระแสเกทไม่เกิน 150 มิลลิแอมป์

ในการจุดชนวนให้เอสซีอาร์ทำงานนั้น สามารถที่จะให้เร้นจ์วัดค่าความต้านทานทำการตรวจสอบได้

จากหัวข้อสามารถหาตำแหน่งของเอสซีอาร์ได้แล้ว ให้นำสายวัดสีแดงจากแจ็กบวกไปแตะขาคาโทด และนำสายวัดสีดำจากแจ็กลบไปแตะที่ขาอาโนดกับขาเกท ในลักษณะวางพาดขวางขาทั้งสองในกรณีของขาอาโนดกับขาเกทอยู่ติดกัน แต่ถ้าขาอาโนดอยู่ห่างจากขาเกทโดยมีขาคาโทดขั้นกลางอยู่ก็ให้ใช้สายไฟที่มีปากคีบ คีบคร่อมระหว่างขาอาโนดกับขาเกท ดังแสดงในรูป ก และ รูป ข



รูป ก แสดงวิธีการวางสายวัดเพื่อทริกเกท ในกรณีขาอาโนดกับขาเกทอยู่ติดกัน

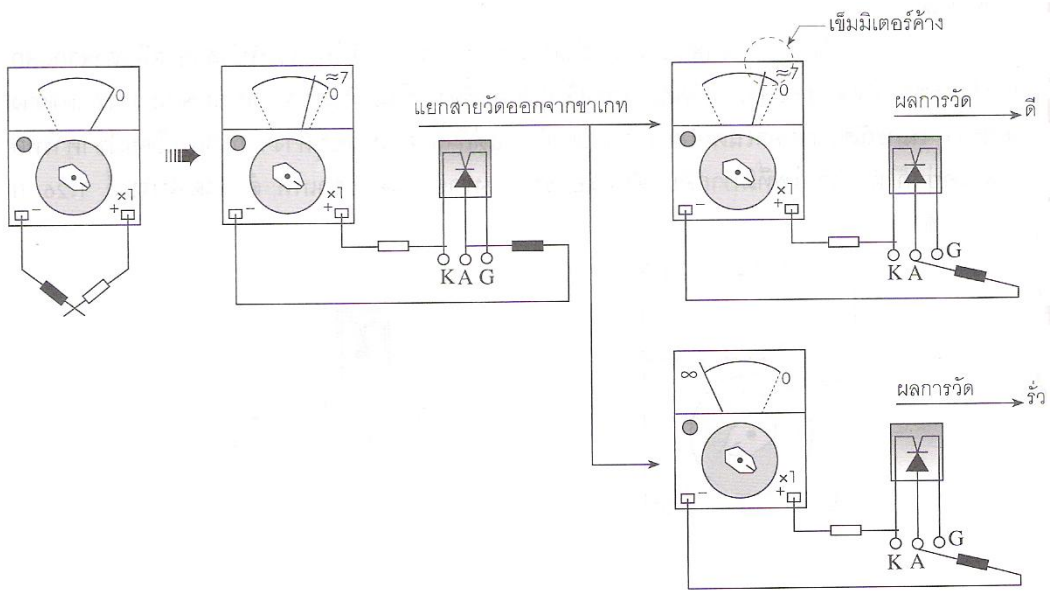


รูป ข แสดงวิธีการใช้สายปากคีบเพื่อทริกเกท ในกรณีขาอาโนดอยู่ห่างจากขาเกท

จะเห็นว่า เข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนไปทางขวามือ และอ่านค่าความต้านทานได้ประมาณ 7 โอห์ม จากนั้นค่อยๆ ยกสายวัดสีดำ โดยขณะยกสายวัดสีดำขึ้นนั้นต้องให้ปลายสายแตะกับขาอาโนดตลอดเวลา จนกระทั่ง

สายวัดสีดำแยกออกจากขาเกทมาแตะที่ขาอาโนดเพียงขาเดียว จะเห็นว่า เข็มมิเตอร์จะอยู่นิ่งตรงค่าความต้านทานประมาณ 7 โอห์มไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงว่า เอสซีอาร์ตัวนั้นอยู่ในสภาพที่ดี แต่ถ้าหากเข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนมาทางซ้ายมือ ซึ่งอ่านค่าความต้านทานเป็นอนันต์ ขณะทำการแยกสายวัดสีดำออกจากขาเกทก็แสดงว่า เอสซีอาร์ตัวนั้นชำรุดในลักษณะรั่ว

ในกรณีของเอสซีอาร์ขนาดใหญ่ เราไม่สามารถใช้เร้นจ์วัดค่าความต้านทานตรวจสอบได้ เพราะเอสซีอาร์ขนาดใหญ่ต้องการกระแสเกิน 150 มิลลิแอมป์ในการจุดชนวนให้เอสซีอาร์ทำงาน แต่เราสามารถตรวจสอบเอสซีอาร์ขนาดใหญ่ได้ด้วยการป้อนแรงดันไฟตรง

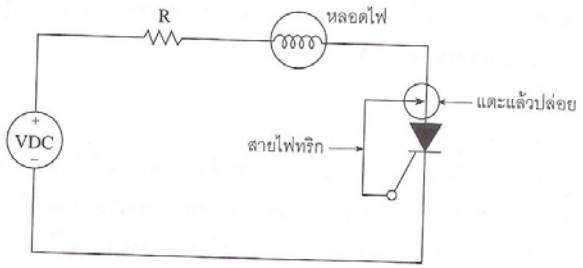


รูปแสดงลำดับและผลการตรวจสอบเอสซีอาร์ด้วยการทริกเกทโดยใช้เร้นจ์วัดค่าความต้านทาน

7.4.3 การตรวจสอบเอสซีอาร์ด้วยการป้อนแรงดันไฟตรง

การตรวจสอบแบบนี้นอกจากจะใช้ตรวจสอบเอสซีอาร์ขนาดใหญ่แล้ว ยังใช้ตรวจสอบเอสซีอาร์ขนาดเล็กและขนาดกลางได้ด้วย แต่การป้อนแรงดันไฟตรงต้องป้อนให้เหมาะสมกับขนาดของเอสซีอาร์ นั้นๆ มีการปฏิบัติดังนี้

- หาขาอาโนด ขาคาโทด และขาเกทก่อน
- ทำการต่อวงจรตามรูป



รูปแสดงวงจรตรวจสอบเอสซีอาร์ด้วยการป้อนแรงดันไฟตรง

- จากรูป VDC คือ แรงดันไฟตรงที่ป้อนให้กับวงจร ประมาณ 12 VDC อาจจะใช้แรงดันไฟฟ้าจากภาคจ่ายไฟ หรือ เร็กกูเลเตอร์ ถ้าภาคจ่ายไฟมีการป้องกันโหลดเกิน หรือโอเวอร์โหลด (OVERLOAD)

ขณะทำการทริกให้เอสซีอาร์ทำงานอาจทำให้เกิดโอเวอร์โหลดแก่เร็กกูเลเตอร์ได้ ฉะนั้นขณะทำการทริกต้องกดปุ่มรีเซทโอเวอร์โหลดค้างไว้ชั่วขณะ

R อาจจะใช้ค่าประมาณ 100 โอห์ม 1 วัตต์ ใช้ต่อเข้ากับวงจร เพื่อจำกัดกระแสของวงจรขณะเอสซีอาร์ทำงาน

หลอดไฟจะใช้ขนาด 12 โวลต์ 12 วัตต์ เพื่อเป็นตัวแสดงผลขณะเอสซีอาร์ทำงาน ถ้าเอสซีอาร์ทำงานหลอดไฟจะสว่าง

สายไฟทริกต่อจากขาเกทใช้เพื่อทริกให้เอสซีอาร์ทำงาน โดยเมื่อนำสายไฟทริกไปแตะกับขาอาโนดแล้วปล่อยจะทำให้เอสซีอาร์ทำงานเกิดการนำกระแสเป็นผลให้หลอดไฟสว่าง จากนั้นให้นำสายไฟอีกสายหนึ่งมาทำการช็อตระหว่างขาอาโนดกับขาคาโทด

จะเห็นว่า หลอดไฟจะดับ แสดงว่า เอสซีอาร์ตัวนั้นอยู่ในสภาพดี ส่วนในกรณีที่เป็นเอสซีอาร์ขนาดเล็กและขนาดกลาง ภาคจ่ายไฟที่จะป้อนแรงดันไฟให้กับวงจรจะมีแรงดันไฟอยู่ประมาณ 1 – 5 โวลต์ และ หลอดไฟจะใช้ค่าวัตต์ต่ำกว่า 12 วัตต์ ในการตรวจสอบ

บทที่ 8 การตรวจสอบระบบไฟฟ้า และรายงานผล

การตรวจสอบระบบไฟฟ้าในภาวะปกตินั้น แบ่งวิธีการตรวจสอบได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

8.1 การตรวจสอบทั่วไป

การตรวจสอบในขั้นตอนนี้ เป็นการตรวจสภาพทั่วไปของระบบไฟฟ้าอย่างง่าย ๆ คือ

8.1.1 สายไฟฟ้า

การตรวจสอบนี้ให้สังเกตดูฉนวน สี รอยแตก อุณหภูมิ หากผิดปกติก็ควรเปลี่ยนใหม่

8.1.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์

การตรวจสอบนี้ให้ใช้หลังมือแตะดูอุณหภูมิ หากสูงผิดปกติก็ควรตรวจแก้ไข

8.1.3 ขั้วต่อ

การตรวจสอบนี้ให้ใช้หลังมือแตะดูอุณหภูมิตัวเบรกเกอร์ หากผิดปกติก็ควรขันให้แน่น และตรวจสายไฟฟ้าที่ใช้งานรวมรวมทั้งพิกัดโหลด

8.1.4 ระบายอากาศในห้องไฟฟ้า

การตรวจสอบนี้ให้ตรวจดูอุณหภูมิในห้อง หากสูงเกินปกติก็ให้หาทางระบายอากาศออก หรือ หากยิ่งดีก็ควรใช้เครื่องปรับอากาศ

8.1.5 ตรวจการระบายอากาศ และท่อไอเสีย

การตรวจสอบนี้ใช้สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

8.1.6 ตรวจแบตเตอรี่

การตรวจสอบแบตเตอรี่ของไฟฟ้าส่องสว่างฉุกเฉิน ให้ทดลองกดปุ่มทดสอบจากเครื่องส่องสว่างฉุกเฉิน ส่วนการตรวจสอบแบตเตอรี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น ให้ทดลองสตาร์ทให้ได้ภายใน 30 วินาที และตรวจดูระดับน้ำกลั่นของแบตเตอรี่สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

8.1.7 ดูชั่วโมงทำงานอุปกรณ์

การตรวจสอบนี้เป็นการตรวจดูว่า ชั่วโมงทำงานครบตามกำหนดบำรุงรักษาแล้วหรือไม่

8.1.8 ตรวจน้ำมันหล่อลื่น น้ำหล่อเย็น ความเร็วรอบ และน้ำมันเชื้อเพลิง

การตรวจสอบนี้ใช้สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

8.2 การตรวจสอบอุปกรณ์

การตรวจสอบขั้นตอนนี้ เพื่อพิจารณาการทำงานและบำรุงรักษาให้ระบบทำงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์คือ

8.2.1 ตู้สวิตช์บอร์ดแรงสูง SF_6 (RMU)

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับตู้สวิตช์บอร์ดแรงสูง SF_6 คือ

- การหลวมหรือความเสียหาย
- การต่อทางกลและไฟฟ้า
- การชาร์จสปริง
- หลอดไฟแสดงสภาวะการทำงาน
- ระดับของก๊าซ
- ชั่วโมงทำงาน
- ความร้อนของฉนวน
- การเบรกดาวน์ของฉนวน
- สายต่อลงดิน

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับตู้สวิตช์บอร์ดแรงสูง SF_6 คือ

- ความต้านทานของฉนวน
- แรงดันไฟฟ้าควบคุม
- พิกัดขนาด

รูปตู้สวิตช์บอร์ดแรงสูง SF_6 (RMU)

8.2.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูงแบบสูญญากาศ (RMU)

ก. การตรวจสอบสภาพทั่วไปสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูงแบบสูญญากาศคือ

- การหลวม หรือ ความเสียหาย
- ความสะอาด
- การขัน และ ขั้วต่อ
- หน้าสัมผัส
- กลไก
- การทำงานปิดแบบช้า
- ขดลวดควบคุม
- จำนวนครั้งที่ทำงาน
- ความร้อนของฉนวน
- การเบรกดาวน์ของฉนวน

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูงแบบสูญญากาศ คือ

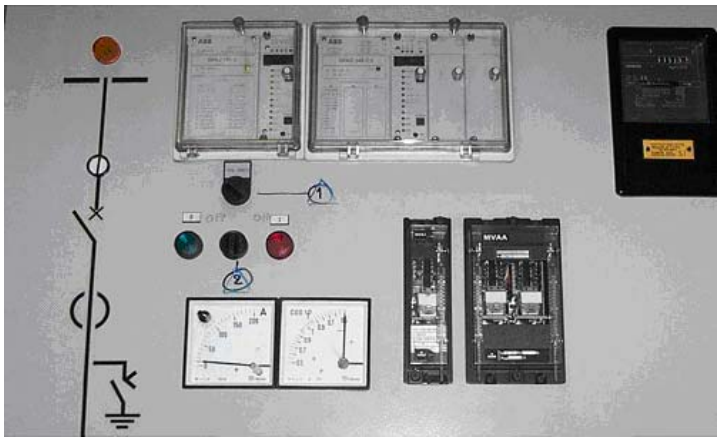
- ความต้านทานฉนวน

รูปเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูงแบบสุญญากาศ (RMU)

8.2.3 รีเลย์ป้องกัน

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับรีเลย์ป้องกัน คือ

- การตั้งรีเลย์
- การทำงาน



รูป Relay CB แรงสูง

8.2.4 สวิตช์ตัดตอน

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับสวิตช์ตัดตอน คือ

- การหลวม หรือ ความเสียหาย
- การต่อทางกล และทางไฟฟ้า
- กลไก
- การทำงาน
- ความร้อนของฉนวน
- การเบรกดาวน์ของฉนวน
- แรงดันไฟฟ้า
- หน้าสัมผัส และแทป

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับสวิตช์ตัดตอน คือ

- ความต้านทานของฉนวน
- หน้าสัมผัส

8.2.5 หม้อแปลงชนิดน้ำมัน

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับหม้อแปลงชนิดน้ำมัน คือ

- การตั้งแทป
- แรงดันแทป
- อุณหภูมิแวดล้อม
- อุณหภูมิน้ำมัน
- อุณหภูมิขดลวด
- ค่าฉนวน
- สภาพน้ำมัน
- การเปลี่ยนน้ำมันครั้งสุดท้าย

รูปหม้อแปลงชนิดน้ำมัน

8.2.6 หม้อแปลงแบบแห้ง

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับหม้อแปลงแบบแห้ง คือ

- การตั้งแทป
- แรงดันแทป
- ค่าฉนวนของขดลวด
- พิกัดของกับดักเสิร์จ
- อุณหภูมิแวดล้อม
- อุณหภูมิขดลวด

รูปหม้อแปลงแบบแห้ง

8.2.7 เพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำ

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับเพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำ คือ

- ทดสอบกลไกการทริบ
- ความสะอาด
- การไม่มีสนิม
- สีภายนอก
- น้ำมันหล่อลื่น
- ร่องรอยของความร้อน
- การต่อ หรือ ขั้วต่อโดยดูการเปลี่ยนสี

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับเพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำ คือ

- ความต้านทานของฉนวน
- ความต้านทานของเบรกเกอร์
- แรงดันไฟฟ้าขั้ว

รูปเพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำ

8.2.8 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อ

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อ คือ

- ความร้อน
- การบุบสลายของเบรกเกอร์
- กดเพื่อทดสอบการทริบ
- ความสะอาด

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อ คือ

- ความต้านทานของฉนวน
- ความต้านทานของเฟส
- เบรกเกอร์เปิดวงจร
- แรงดันไฟฟ้าขั้ว

รูปเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อ

8.2.9 ตู้เมนสวิตช์บอร์ด (MDB)

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับตู้เมนสวิตช์บอร์ด คือ

- หลวม หรือ ความเสียหาย
- รีเลย์ตรวจจับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าเกณฑ์
- รีเลย์ตรวจจับความไม่สมดุล
- มิเตอร์
- หลอดไฟแสดงภาวะการทำงาน
- ความสะอาด
- ฟิวส์

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับตู้เมนสวิตช์บอร์ด คือ

- ขนาดบัสบาร์หลัก และบัสบาร์ย่อย
- ขนาดบัสบาร์ต่อลงดิน และขนาดสายต่อลงดิน

รูปตู้เมนสวิตช์บอร์ด (MDB)

8.2.10 ตู้สวิตช์บอร์ด (DB)

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับตู้สวิตช์บอร์ด คือ

- หลวม หรือ ความเสียหาย
- รีเลย์ตรวจจับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าเกณฑ์
- รีเลย์ตรวจจับความไม่สมดุล
- มิเตอร์
- หลอดไฟแสดงภาวะการทำงาน
- ฟิวส์
- ความสะอาด
- ความร้อนของบัสบาร์

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับตู้สวิตช์บอร์ด คือ

- ขนาดบัสบาร์หลักและบัสบาร์ย่อย
- ขนาดบัสบาร์ต่อลงดิน และขนาดสายต่อลงดิน

รูปตู้สวิตช์บอร์ด (DB)

8.2.11 ตู้สวิตช์บอร์ดย่อย (SDB)

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับตู้สวิตช์บอร์ดย่อย คือ

- หลวม หรือ ความเสียหาย
- รีเลย์ตรวจจับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าเกณฑ์
- รีเลย์ตรวจจับความไม่สมดุล
- มิเตอร์
- หลอดไฟแสดงภาวะการทำงาน
- ฟิวส์
- ความสะอาด
- ความร้อนของบัสบาร์

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับตู้สวิตช์บอร์ดย่อย คือ

- ขนาดบัสบาร์หลักและบัสบาร์ย่อย
- ขนาดบัสบาร์ต่อลงดิน และขนาดสายต่อ

8.2.12 ตู้ของวงจรย่อย (LC)

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับตู้ของวงจรย่อย คือ

- หลวม หรือ ความเสียหาย
- ความสะอาด
- ส่วนที่ร้อน หรือ ขั้วต่อ โดยดูการเปลี่ยนสี

ข. การตรวจวัดเพื่อความถูกต้องสำหรับตู้ของวงจรย่อย คือ

- ขนาดบัสบาร์สำหรับต่อลงดิน
- ขนาดของสายดินด้านเข้า
- ตรวจวัดวงจรย่อย

8.2.13 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ

- หลอดไฟเตือน
- สีทั่วไป
- การต่อลงดินกับโลหะ
- อุปกรณ์ป้องกัน
- หลอดไฟแสดงภาวะการทำงาน
- การหลวมของขั้วต่อ
- ความสะอาด

8.2.14 แบตเตอรี่

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับแบตเตอรี่ คือ

- ความเสียหาย
- การกัดกร่อน
- ขั้ว และ การเชื่อมต่อ
- สีของขั้วต่อ
- การประจุไฟฟ้าตามมาตรฐานของผู้ผลิต
- การเกิดออกไซด์ที่ขั้ว
- สภาพของแบตเตอรี่

8.2.15 การขันโบลท์ และ สกรูของขั้วต่อ

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับการขันโบลท์ และ สกรูของขั้วต่อ คือ

- ขั้วต่อด้านไลน์ และ ด้านโหลด
- บัสบาร์ และ ขั้วต่อ
- ความสะอาด

8.2.16 โคมไฟฟ้า

ก. การตรวจสภาพทั่วไปสำหรับโคมไฟฟ้า คือ

- สภาพเสียหาย และ การวางตำแหน่ง
- ความร้อนของจุดต่อ
- ความสะอาด
- สภาพของบัลลาสต์แกนเหล็กที่ยึดกับไม้

8.3 ความถี่ในการตรวจสอบระบบไฟฟ้า

การตรวจสอบข้างต้นควรกระทำอย่างสม่ำเสมอ โดยระยะเวลาไม่ควรเกินกว่าเวลาที่ระบุตามตาราง

ตาราง

ความถี่ในการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์	ความถี่ในการตรวจสอบ
ตู้สวิตช์บอร์ดแรงสูง SF_6	1 ปี
เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูง	1 ปี
รีเลย์ป้องกัน	1 ปี
สวิตซ์ตัดตอน	1 ปี
หม้อแปลงชนิดน้ำมัน	1 ปี
หม้อแปลงแบบแห้ง	1 ปี
เพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำ	1 ปี
เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกล่องหุ้มหล่อ	1 ปี
ตู้เมนสวิตช์บอร์ด (MDB)	1 ปี
ตู้สวิตช์บอร์ด (DB)	1 ปี
ตู้สวิตช์บอร์ดย่อย (SDB)	1 ปี
ตู้ของวงจรย่อย (LD)	1 ปี
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	3 เดือน
แบตเตอรี่	6 เดือน
การขันโบลท์ และ สกรูของขั้วต่อ	1 ปี
โคมไฟ	1 ปี

8.4 การรายงานผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้า

หลังจากที่ดำเนินการตรวจสอบทั่วไป ตรวจสอบอุปกรณ์ พร้อมกำหนดระยะเวลาความถี่ในการตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของอุปกรณ์แต่ละชนิด เช่น ตู้เมนสวิตช์บอร์ด (MDB) ในเวลา 1 ปีต้องทำการตรวจสอบ 1 ครั้ง เพื่อให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งานนานขึ้น การตรวจสอบตู้เมนสวิตช์บอร์ดต้องตรวจสอบโดยละเอียด หลังจากตรวจสอบครบทุกรายการให้สรุปผลการตรวจสอบพร้อมให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เสนอผู้บริหารในส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อพิจารณา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้านั่นเอง ตามตัวอย่างตารางการตรวจสอบระบบไฟฟ้าเกี่ยวกับตู้เมนสวิตช์บอร์ด และหม้อแปลงไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

รายงานผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้า

สถานที่ปฏิบัติงาน.....

ชื่อผู้ควบคุมงาน.....ตำแหน่ง.....

ลักษณะงาน.....การตรวจตู้เมนสวิตช์บอร์ด(MDB).....

วัน/เดือน/ปี.....เวลา.....

ที่	รายการตรวจ	ถูกต้อง	แก้ไข	หมายเหตุ
1.	ขนาดกระแสของเมนสวิตช์และสายเมน			
2.	พิกัดตัดกระแสลัดวงจรของเมนสวิตช์			
3.	ตรวจการติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน			
4.	สภาพเครื่องห่อหุ้มเมนสวิตช์			
5.	การต่อลงดินที่เมนสวิตช์			
6.	ขนาดสายต่อหลักดิน			
7.	สภาพสายดิน			
8.	การต่อฝากที่เมนสวิตช์			
9.	ขนาดสายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า(วงจรสายป้อน)			
10.	วัดความต้านทานการต่อลงดิน			
11.	ตรวจที่ว่างเพื่อการปฏิบัติงาน			
12.	แสงสว่างเหนือที่ว่างเพื่อการปฏิบัติงาน			
13.	ป้ายชื่อและแผนงานเส้นเดี่ยว			
14.	เครื่องหมายเตือนภัยและปลดวงจร			
15.	การป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า			
16.	จุดต่อสายและจุดต่อบัสบาร์			

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

รายงานผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้า

สถานที่ปฏิบัติงาน.....

ชื่อผู้ควบคุมงาน.....ตำแหน่ง.....

ลักษณะงาน.....การตรวจหม้อแปลงไฟฟ้า.....

วัน/เดือน/ปี.....เวลา.....

ที่	รายการตรวจ	ถูกต้อง	แก้ไข	หมายเหตุ
1.	สภาพตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้า			
2.	การต่อลงดินของส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่ง			
3.	วัดค่าความต้านทานการต่อลงดิน			
4.	ตรวจสารดูดความชื้น			
5.	อุณหภูมิหม้อแปลงไฟฟ้า			
6.	วัดความร้อนจุดต่อสาย			
7.	ตรวจสภาพบุชชิ่งแรงสูงและแรงต่ำ			
8.	ตรวจกับดักฟ้าผ่า (สายล่อฟ้า) และการติดตั้ง			
9.	วัดความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า			
10	วัดกระแสหม้อแปลงไฟฟ้า			
11	วัดแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออก			
12	การป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า			

<u>ข้อเสนอแนะ</u> .....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

รายงานผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้า

สถานที่ปฏิบัติงาน.....

ชื่อผู้ควบคุมงาน.....ตำแหน่ง.....

ลักษณะงาน.....

วัน/เดือน/ปี.....เวลา.....

ที่	รายการ	ถูกต้อง	แก้ไข	หมายเหตุ
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10				
11				
12				
13				
14				

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....