บทที่ 3

ทฤษฎีการออกแบบระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าปกติจะประกอบด้วยวงจรย่อย สายป้อน และสายเมน การออกแบบในที่นี้จะกล่าวถึงการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง วงจรเต้ารับ และเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

3.1 วงจรย่อย

นิยาม วงจรย่อย หมายถึง ส่วนของวงจรไฟฟ้า ที่ต่อมาจากอุปกรณ์ป้องกันตัวสุดท้ายกับจุดต่อโหลด โดยที่อุปกรณ์ป้องกันนี้ จะมีหน้าที่ป้องกันวงจรย่อยนั้นเท่านั้น

โหลดในวงจรย่อย

1. โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง คือหลอดไฟฟ้าที่เห็นใช้งานอยู่ทั่วไป ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกันเช่น หลอดไส้ หลอดฮาโลเจน หลอดฟลูออเรสเซนต์
2. โหลดเต้ารับ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- เต้ารับใช้งานทั่วไป คือเต้ารับที่ใช้งานทั่วไป ไม่ทราบโหลดที่แน่นอน การคิดโหลดจะคิดจุดละ 180 วีเอ (VA)

- เต้ารับที่ทราบโหลดแน่นอน คิดจากขนาดโหลดที่เต้ารับใช้เช่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า

ข้อสำคัญคือเต้ารับแต่ละตัวต้องมีพิกัดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดของวงจรย่อย

3. โหลดอื่นๆ หมายถึงโหลดติดตั้งถาวรที่ต่อใช้งานอยู่ในวงจรไฟฟ้านอกเหนือไปจากโหลดแสงสว่างและโหลดเต้ารับเช่น เครื่องทำน้ำอุ่น และเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณโหลดของวงจรย่อย

การคำนวณโหลดของวงจรย่อยคือการนำโหลดทั้งหมดที่ต่อใช้งานในวงจรย่อยมาคำนวณดังนี้

1. โหลดแสงสว่างและโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าติดตั้งถาวรที่ทราบโหลดแน่นอน คิดตามที่ติดตั้งจริง

2. โหลดของเต้ารับใช้งานทั่วไป คิดโหลดเต้ารับละ 180 วีเอ

3. โหลดของเต้ารับอื่นที่มิได้ใช้งานทั่วไป ให้คิดโหลดตามขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ

การกำหนดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องมีขนาดเท่ากับขนาดของวงจรย่อย แต่ถ้าขนาดดังกล่าวไม่ใช่ขนาดมาตรฐานของผู้ผลิตก็ให้เลือกขนาดมาตรฐานที่สูงถัดขึ้นไปได้

ในวงจรย่อยที่มีโหลดต่อเนื่องและโหลดไม่ต่อเนื่องปนอยู่ หรือมีโหลดเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง การคิดโหลดเพื่อกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยให้คิดดังนี้

ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ≥ โหลดไม่ต่อเนื่อง + (1.25*โหลดต่อเนื่อง)

หมายเหตุ โหลดต่อเนื่องหมายถึงโหลดที่ใช้งานติดต่อนานตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของวงจรย่อย

สายไฟฟ้าของวงจรย่อยของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้ และต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. (sq.mm.) การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าทำได้ 2 วิธีคือ

1. กำหนดจากโหลดที่คำนวณได้ ใช้เฉพาะวงจรที่สามารถคำนวณโหลดได้แน่นอน เครื่องป้องกันกระแสเกินใช้ขนาดสูงขึ้นไม่เกินหนึ่งขั้น และเป็นวงจรที่ไม่มีเต้ารับรวมอยู่ด้วย สายไฟฟ้ากำหนดจากสมการต่อไปนี้

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า ≥ โหลดไม่ต่อเนื่อง + (1.25*โหลดต่อเนื่อง)

2. กำหนดจากเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยขนาดกระแสของสายไฟฟ้าต้องไม่ต่ำกว่าขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน

3.2 สายป้อน

นิยาม สายป้อน หมายถึง กลุ่มวงจรไฟฟ้าที่รับไฟจากสายเมน (service conductor) โดยเริ่มจากแผงสวิตซ์เมน (main switch board) ไปจนถึงอุปกรณ์ป้องกันวงจรย่อย

การคำนวณโหลดของสายป้อน

การคำนวนโหลดของสายป้อนคือการนำโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่ในวงจรสายป้อนมารวมกัน ในการคำนวณยอมให้ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ได้โดยโหลดรวมของสายป้อนคือผลรวมของโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{โหลดรวม} = \sum_{I=1}^{n} (Li * DFi)$$

กำหนดให้

L = ผลรวมของโหลดประเภทเดียวกัน

I = ตัวเลขใดๆตามประเภทของโหลด

DF = ดีมานแฟกเตอร์ของโหลดประเภท I

การใช้ค่าดีมานแฟกเตอร์ มีข้อกำหนดดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง ใช้ค่าดีมานแฟกเตอร์ตามตาราง 3-1

2. โหลดเต้ารับใช้งานทั่วไปที่ได้มีการคิดโหลดไว้เต้ารับละขนาดไม่เกิน 180 วีเอ ของสถานที่อื่นที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ใช้ค่าดีมานแฟกเตอร์ตามตาราง 3-2

3. โหลดเต้ารับอื่นที่ไม่ใช่เต้ารับใช้งานทั่วไปตามข้อ 2. ให้คิดโหลดจากเต้ารับตัวแรกที่มีขนาดโหลดสูงสุดบวกกับ 75% ของโหลดเต้ารับที่เหลือ

4. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปที่ต่อใช้ไฟโดยตรงโดยไม่ผ่านเต้ารับ ใช้ค่าดีมานแฟกเตอร์ตามตาราง 3-3

ดีมานแฟกเตอร์ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้ใช้ได้กับเฉพาะการคำนวณสายป้อนเท่านั้น ห้ามใช้เพื่อการคำนวณวงจรย่อย เนื่องจากในการคำนวณย่อยไม่มีการใช้ค่าดีมานแฟกเตอร์

ตาราง 3-1 ดีมานแฟกเตอร์ของสายป้อนแสงสว่าง
[ที่มา:ลือชัย ทองนิล, 2540]

ชนิดของอาคาร	ดีมานแฟกเตอร์ (ร้อยละ)
อาคารที่พักอาศัย	66
ร้านค้า	90
อาคารสำนักงาน	100
ห้างสรรพสินค้า	100
โรงแรม	75
โรงพยาบาล	75
อาคารชุดประเภทพักอาศัย	75
อาคารประเภทอื่น	100

ตาราง 3-2 ดีมานแฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย
[ที่มา:ลือชัย ทองนิล, 2540]

โหลดของเต้ารับรวม (คิดโหลดเต้ารับละ 180 วีเอ)	ดีมานแฟกเตอร์ (ร้อยละ)
10 เควีเอ แรก	100
เกิน 10 เควีเอ	50

ตาราง 3-3 ดีมานแฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป
[ที่มา:ลือชัย ทองนิล, 2540]

ชนิดของอาคาร	ประเภทของโหลด	ดีมานแฟกเตอร์
1.อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้มอาหาร	10แอมแปร์+ร้อยละ30ของส่วนที่เกิน10 แอมแปร์
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน+ร้อยละ25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
2.อาคารสำนักงานและร้านค้ารวมถึงห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด+ร้อยละ80 ของตัวใหญ่รองลงมา+ร้อยละ80ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำน้ำร้อน	ร้อยละ 100 ของสองตัวแรกที่ใหญ่สุด+ ร้อยละ25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
3.โรงแรมและอาคารประเภทอื่น	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำน้ำร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศประเภทแยกแต่ละห้อง	ร้อยละ 75

การกำหนดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน

ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ≥ โหลดไม่ต่อเนื่อง + (1.25*โหลดต่อเนื่อง)

กรณีที่ขนาดที่คำนวณได้ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานของเครื่องป้องกันกระแสเกินให้ใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดตรงตามผู้ผลิตดังนี้ หากโหลดที่คำนวณได้ไม่เกิน 800 แอมแปร์ (A) ยอมให้ใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินที่เป็นมาตรฐานที่สูงถัดขึ้นไป (ในทางปฏิบัติอาจใช้ขนาดมาตรฐานที่เล็กลงก็ได้) แต่ถ้าโหลดที่คำนวณได้มีค่าเกิน 800 แอมแปร์ ต้องใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดมาตรฐานขนาดใกล้เคียงที่ต่ำลง

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของสายป้อน

สายไฟฟ้าของสายป้อนต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าทำได้ 2 วิธีคือ

1. กำหนดจากโหลดที่คำนวณได้ ดังนี้

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า ≥โหลดไม่ต่อเนื่อง + (1.25*โหลดต่อเนื่อง)

2. กำหนดจากเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน

การกำหนดขนาดสายสายนิวทรัล

ในวงจร 3 เฟส 4สาย กระแสที่ไหลในสายสายนิวทรัลปกติจะไม่เท่ากับในสายเฟส การกำหนดขนาดสายสายนิวทรัลจึงต่างไปจากสายเฟส โดยกำหนดจากปริมาณกระแสที่คาดว่าจะไหลในสายสายนิวทรัลเนื่องจากโหลดไม่สมดุล คือโหลด 1 เฟส ที่ต่ออยู่ในวงจร 3 เฟส เลือกใช้เฟสที่มากสุด การไฟฟ้านครหลวงมีข้อกำหนดดังนี้

1. กรณีสายเส้นไฟมีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายสายนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่ากระแสโหลดสูงสุดนั้น

2. กรณีสายเส้นไฟมีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดเกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายสายนิวทรัลต้องไม่ต่ำกว่า 200 แอมแปร์ บวกด้วย 70 % ของส่วนที่เกิน 200 แอมแปร์

3. ถ้าโหลดไม่สมดุลเป็นโหลดประเภทหลอดดีสชาร์จ อุปกรณ์เกี่ยวกับการประมวณผลด้วยคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกส์ไหลในสายเส้นสายนิวทรัล สายสายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าโหลดไม่สมดุลนั้น

3.3 เมนสวิตช์ และสายเมนเข้าอาคาร

นิยาม เมนสวิตช์ (service equipment) หมายถึงอุปกรณ์สำหรับสับปลดวงจรที่อยู่ระหว่างสายเมนเข้าอาคารกับสายภายใน โดยมีเพื่อตัดวงจรสายภายในทั้งหมดออกจากระบบและป้องกันการใช้กระแสเกิน

นิยาม สายเมนหรือสายเมนเข้าอาคาร (service conductor) หมายถึงสายไฟฟ้าที่ต่ออยู่ระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้ากับเมนสวิตช์ หรือระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้ากับเมนสวิตช์

3.3.1 เมนสวิตช์

เมนสวิตช์เป็นสวิตช์ที่ทำหน้าที่ปลดสายภายในอาคารทั้งหมดออกจากระบบจ่ายไฟ โหลดของสายเมนและเมนสวิตช์คำนวณเช่นเดียวกับสายป้อน

เมนสวิตช์แบ่งออกเป็นเมนสวิตช์แรงต่ำ และเมนสวิตช์แรงสูงมีรายละเอียดดังนี้

1. เมนสวิตช์แรงต่ำ หมายถึงเมนสวิตช์ที่ใช้ในระบบแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 750 โวลต์ (V) โดยเมนสวิตช์ประกอบด้วยเครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกิน

1.1 เครื่องปลดวงจรมีรายละเอียดดังนี้

- เครื่องปลดวงจรชนิด 1 เฟส ที่มีขนาดตั้งแต่ 50 แอมแปร์ขึ้นไป และชนิด 3 เฟส ทุกขนาดต้องเป็นชนิดที่ปลดสับได้ ขณะที่มีโหลด
- เครื่องปลดวงจรต้องสามารถปลดวงจรทุกสายเส้นไฟได้
- เครื่องปลดวงจรต้องมีพิกัดไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดมากที่สุดที่ใส่ได้
- ห้ามต่อเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านไฟเข้าของเครื่องปลดวงจร
- ต้องจัดให้มีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานที่เครื่องปลดวงจรได้อย่างพอเพียงเครื่องป้องกันกระแสเกิน ในแต่ละสายเส้นไฟฟ้าที่ต่อออกจากเครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน โดยมีพิกัดสูงสุดไม่เกินที่กำหนดในตาราง 3- 4 ดังนี้

ตาราง 3-4 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า [ที่มา:ลือชัย ทองนิล, 2540]

ขนาดเครื่องวัด (แอมแปร์)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	โหลดสูงสุด (แอมแปร์)
5(15)	16	10
15(45)	50	30
30(100)	100	75
50(150)	125	100
200	250	200
400	500	400

2. เมนสวิตช์แรงสูง เมนสวิตช์ในระบบแรงสูง ต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดของเมนสวิตช์แรงต่ำและมีข้อกำหนดเพิ่มเติมดังนี้

2.1 สวิตช์แยกวงจรเมื่อใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ต้องติดตั้งแอร์เบรกไอโซเลติ้งสวิตช์ (air break-isolating switch) ทางด้านไฟเข้าของเครื่องปลดวงจร ยกเว้น สวิตช์ชนิดฉนวนก๊าซ (gas insulated switchgear) สวิตช์แยกวงจรไม่บังคับให้ติดตั้งทางด้านไฟเข้า

ทางด้านโหลดของสวิตช์แยกวงจร ต้องมีอุปกรณ์สำหรับต่อลงดินเมื่อปลดวงจรออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดดึงออกได้ (draw-out) ถือว่ามีสวิตช์แยกวงจรอยู่แล้ว สวิตช์แยกวงจรต้องอินเตอร์ล็อก (interlocked) ให้สับปลดได้เฉพาะเมื่อเมนสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปลด หรือต้องมีป้ายเตือนที่เห็นได้ชัดเจนไม่ให้สับปลดวงจรเมื่อเมนสวิตช์อยู่ในตำแหน่งสับ

2.2 เครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ เครื่องปลดวงจรต้องปลดสายเส้นไฟทั้งหมดพร้อมกันได้และต้องสับวงจรได้ขณะที่เกิดกระแสลัดวงจร

2.3 เครื่องป้องกันกระแสเกิน เลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งได้ดังต่อไปนี้

2.3.1 เมื่อเมนสวิตช์ติดตั้งในห้องสวิตช์เกียร์หรือเป็นตู้สวิตช์เกียร์โลหะ เครื่องป้องกันกระแสเกินและเครื่องปลดวงจรต้องเป็นดังต่อไปนี้

- สวิตช์น้ำมันชนิดไม่อัตโนมัติ ฟิวส์คัตเอาท์ใช้น้ำมัน หรือแอร์โหลดอินเตอร์รัพเตอร์สวิตช์ (air load interrupter switch) ต้องใช้ร่วมกับฟิวส์ ความสามารถในการปลดวงจรของสวิตช์ต้องไม่น้อยกว่าขนาดกระแสใช้งานต่อเนื่องของฟิวส์

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งมีพิกัดกระแสและความสามารถในการตัดไฟที่เหมาะสมกับการใช้งาน

-สวิตช์ซึ่งสามารถตัดกระแสเมื่อไม่มีโหลด (no-load) ของหม้อแปลงที่จ่ายไฟผ่านสวิตช์ร่วมกับฟิวส์ขนาดที่เหมาะสม เมื่อจัดให้สวิตช์นี้อินเตอร์ล็อกกับเมนสวิตช์ทางด้านไฟออกของหม้อแปลงเพื่อไม่ให้สวิตช์ดังกล่าวตัดวงจรขณะที่วงจรทางด้านไฟออกของหม้อแปลงยังต่ออยู่

2.3.2 เมื่อเมนสวิตช์ไม่ได้ติดตั้งในห้องสวิตช์เกียร์หรือไม่ได้เป็นตู้สวิตช์เกียร์โลหะ เครื่องป้องกันกระแสเกินและเครื่องปลดวงจรต้องเป็นดังต่อไปนี้

- แอร์โหลดอินเตอร์รัพเตอร์สวิตช์ หรือสวิตช์อื่นที่สามารถตัดกระแสโหลดที่กำหนดของวงจรได้ ใช้ร่วมกับฟิวส์ที่ติดอยู่บนเสาหรือบนโครงสร้างที่ยกขึ้นให้สูง และอยู่ภายนอกอาคารและสวิตช์ที่สามารถสับ-ปลด โดยบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในอาคารนั้น

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งมีพิกัดกระแสและความสามารถในการตัดไฟที่เหมาะสมและต้องติดตั้งไว้ภายนอกอาคารให้ใกล้จุดที่สายเมนเข้าอาคารมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.3.3 เมื่อใช้ฟิวส์ ต้องมีความสามารถในการตัดไฟไม่น้อยกว่าค่ามากที่สุดของกระแสลัดวงจรที่อาจเกิดขึ้นในวงจรที่จุดต่อสายด้านไฟออก

2.3.4 เมื่อใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องเป็นแบบปลดได้โดยอิสระเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเมนสวิตช์ต้องมีเครื่องหมายแสดงให้เห็นชัดเจนว่าอยู่ในตำแหน่งสับหรือปลดและต้องมีความสามารถในการตัดไฟไม่น้อยกว่ากระแสลัดวงจรค่ามากที่สุดอาจจะเกิดขึ้นที่จุดต่อสายด้านไฟออก สำหรับการทำงานรวมกับรีเลย์กระแสเกินลักษณะการใช้งานอย่างน้อยต้องเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- มีรีเลย์กระแสเกิน 2 ตัวควบคุมการทำงานโดยหม้อแปลงกระแสในสายเส้นไฟ 2 เส้นและรีเลย์กระแสเกินอีก 1 ตัวที่ไวต่อกระแสรั่วลงดิน

- มีรีเลย์กระแสเกิน 3 ตัวทำงานจากการบังคับของหม้อแปลงกระแสในสายเส้นไฟ 3 เส้นและรีเลย์กระแสเกินอีก 3 ตัวที่ไวต่อกระแสรั่วลงดิน

เครื่องป้องกันกระแสเกินของเมนสวิตช์ระบบแรงสูง ไม่บังคับใช้ค่ากระแสร้อยละ 80 ของพิกัดกระแสของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับโหลดต่อเนื่อง

3.3.2 **สายเมนเข้าอาคาร**

สายเมนเข้าอาคารหรือเรียกสั้นๆว่าสายเมน ต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดทั้งหมดได้การคำนวณโหลดของสายเมนใช้หลักการเดียวกับการคำนวณสายป้อน สายเมนเข้าอาคารแยกเป็นสายเมนระบบแรงต่ำและระบบแรงสูง

1. สายเมนสำหรับระบบแรงต่ำ แบ่งเป็นสายอากาศและสายใต้ดินดังนี้

- สายเมนเข้าอาคารชนิดสายอากาศ ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้งมีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสโหลดได้แต่ต้องไม่เล็กกว่า 4.0 ตร.มม.

- สายเมนเข้าอาคารชนิดสายใต้ดิน ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้งมีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสโหลดได้แต่ต้องไม่เล็กกว่า 10.0 ตร.มม.

2. สายเมนสำหรับระบบแรงสูง

- สายเมนเข้าอาคารชนิดสายอากาศเป็นสายเปลือยหรือสายหุ้มฉนวนก็ได้มีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสโหลดได้

- สายเมนเข้าอาคารชนิดสายใต้ดิน ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้งมีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสโหลดได้ การติดตั้งจะต้องทำป้ายระบุแนวของสายใต้ดินและบอกความลึกของสายบนสุดไว้ ป้ายต้องเห็นได้ชัดเจนระยะห่างระหว่างป้ายไม่เกิน 50 เมตร เพื่อป้องกันการขุดเจาะไปถูกสายไฟฟ้าเสียหายและควรมีแผนผังแสดงแนวสายใต้ดินเก็บรักษาไว้พร้อมที่จะตรวจสอบได้ และใช้ประโยชน์ในการบำรุงรักษาในวันหน้าด้วย

3.4 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์เป็นโหลดที่สำคัญในระบบไฟฟ้า โหลดไฟฟ้าส่วนใหญ่ จะมีมอเตอร์เป็นองค์ประกอบ เช่น เครื่องจักรในโรงงาน ปั๊มน้ำ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น มอเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปมีตั้งแต่ขนาดเล็กพิกัดไม่กี่วัตต์ ไปจนถึงขนาดใหญ่มีพิกัดเป็นเมกะวัตต์ และจะมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เพื่อความสะดวก รวดเร็ว สำหรับผู้ออกแบบ จึงได้จัดทำตารางแสดง ขนาดสายวงจรย่อย ขนาดฟิวส์ และขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ สำหรับมอเตอร์ขนาดต่างๆ ในตาราง 3-5 สำหรับมอเตอร์ 3 เฟส และตาราง 3-6 สำหรับมอเตอร์ 1 เฟส

ตาราง 3-5 ขนาดสายและอุปกรณ์ป้องกันสำหรับมอเตอร์ 3 เฟส

[ที่มา:บุญชม รัตนปทุมวงศ์,อมราวดี วีระพงษ์, 2540]

MOTOR RATING		RATED CURRENT	POWER (kVA)	SIZE OF CONDUCTORS					PROTECTIVE DEVICES	
kW	Hp	I_R (A) (1.25 I_L)		IN AIR	IN METALLIC CONDUIT		IN UNDER GROUND CONDUIT			
				WIRE T-4	WIRE T-4	CONDUIT IMC	WIRE T-6	CONDUIT IMC	FUSE (A)	CB (AT)
0.37	0.5	1.03 (1.3)	0.68	3X2.5 G-1.5	3X2.5 G-1.5	½	3X2.5 G-1.5	1 ¼	4	10
0.55	0.75	1.6 (2)	1.05	3X2.5 G-1.5	3X2.5 G-1.5	½	3X2.5 G-1.5	1 ¼	4	10
0.75	1.0	2.0 (2.5	1.32	3X2.5 G-1.5	3X2.5 G-1.5	½	3X2.5 G-1.5	1 ¼	4	10
1.1	1.5	2.6 (3.3)	1.71	3X2.5 G-1.5	3X2.5 G-1.5	½	3X2.5 G-1.5	1 ¼	6	10
1.5	2.0	3.5 (4.4)	2.30	3X2.5 G-1.5	3X2.5 G-1.5	½	3X2.5 G-1.5	1 ¼	10	10
2.2	3.0	5 (6.3)	3.29	3X2.5 G-1.5	3X2.5 G-1.5	½	3X2.5 G-1.5	1 ¼	16	10
3.7	5.0	7.7 (9.6)	5.07	3X2.5 G-2.5	3X2.5 G-2.5	½	3X2.5 G-2.5	1 ¼	20	20
5.5	7.5	11.5 (14.4)	7.57	3X2.5 G-2.5	3X2.5 G-2.5	½	3X2.5 G-2.5	1 ¼	25	25
7.5	10	15.5 (19.4)	10.20	3X2.5 G-2.5	3X4 G-4	¾	3X2.5 G-2.5	1 ¼	35	30
11	15	22 (27.5)	14.48	3X4 G-4	3X6 G-6	¾	3X4 G-4	1 ¼	35	50
15	20	30 (37.5)	19.74	3X6 G-6	3X10 G-6	1	3X6 G-6	1 ¼	50	60
18.5	25	37 (46.3)	24.35	3X10 G-10	3X16 G-10	1	3X10 G-10	1 ½	53	80
22	30	44 (55)	28.96	3X10 G-10	3X16 G-10	1	3X10 G-10	1 ½	80	80
30	40	60 (75)	39.49	3X16 G-10	3X25 G-10	1 ¼	3X16 G-10	1 ½	100	90
37	50	72 (90)	47.39	3X25 G-16	3X35 G-10	1 ¼	3X25 G-6	2	100	110
45	60	85 (106.3)	55.94	3X25 G-16	3X50 G-10	1 ½	3X35 G-6	2	125	125

ตาราง 3-5 (ต่อ) ขนาดสายและอุปกรณ์ป้องกันสำหรับมอเตอร์ 3 เฟส

MOTOR RATING		RATED CURRENT	POWER (kVA)	SIZE OF CONDUCTORS					PROTECTIVE DEVICES	
kW	Hp	I_R (A) (1.25 I_L)		IN AIR	IN METALLIC CONDUIT		IN UNDER GROUND CONDUIT			
				WIRE T-4	WIRE T-4	CONDUIT IMC	WIRE T-6	CONDUIT IMC	FUSE (A)	CB (AT)
55	75	105 (131.3)	69.11	3X35 G-16	3X70 G-16	2	3X50 G-16	2	160	150
75	100	138 (172.5)	90.83	3X70 G-25	3X95 G-25	2	3X70 G-25	½	200	225
90	125	170 (212.5)	111.89	3X70 G-25	3X120 G-25	2 ½	3X95 G-25	3	200	250
110	150	205 (256.3)	134.93	3X95 G-25	3X185 G-25	3	3X120 G-25	3	250	300
132	175	245 (306.3)	161.25	3X120 G-25	3X240 G-25	3	3X150 G-25	3	315	400
160	220	300 (375)	197.45	3x185 G-25	3X300 G-25	3 ½	3X240 G-25	3 ½	400	400
					2(3X95) G-25	2 x 2	2(3x70) G-25	2x 2 ½		
200	270	370 (462.5)	243.53	3x240 G-50	3X400 G-50	4	3X300 G-50	4	500	500
					2(3X150) G-50	2x 2 ½	2(3x95) G-50	2x3		

ตาราง 3-6 ขนาดสาย และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับมอเตอร์ 1 เฟส

[ที่มา:บุญชม รัตนปทุมวงศ์,อมราวดี วีระพงษ์, 2540]

RATING OF MOTOR		RATED CURRENT	POWER (kVA)	SIZE OF CONDUCTORS					PROTECTIVE DEVICES	
kW	Hp	I_R (A) (1.25 I_{FL})		T-4IN AIR	T-4IN CONDUIT		T-6 IN UNDER GROUND CONDUIT		FUSE (A)	CB (AT)
				WIRE	WIRE	CONDUIT IMC	WIRE	CONDUIT IMC		
0.37	0.5	3.9 (4.9)	0.86	2X2.5 G-1.5	2X2.5 G-1.5	½	2X2.5 G-1.5	1	10	10
0.55	0.75	5.2 (6.5)	1.14	2X2.5 G-1.5	2X2.5 G-1.5	½	2X2.5 G-1.5	1	16	10
0.75	1.0	6.6 (8.3)	1.45	2X2.5 G-1.5	2X2.5 G-1.5	½	2X2.5 G-1.5	1	16	15
1.10	1.5	9.6 (12.0)	2.11	2X2.5 G-2.5	2X2.5 G-2.5	½	2X2.5 G-2.5	1 ¼	20	20
1.50	2.0	12.7 (15.9)	2.79	2X2.5 G-2.5	2X2.5 G-2.5	½	2X2.5 G-2.5	1 ¼	25	25
2.2	3.0	18.6 (23.3)	4.09	2X4 G-4	2X4 G-4	½	2X2.5 G-2.5	1 ¼	35	35
3.0	4.0	24.3 (30.4)	5.35	2X4 G-4	2X6 G-6	½	2X4 G-4	1 ¼	50	50
4.0	5.0	29.6 (37.0)	6.51	2X6 G-6	2X10 G-6	¾	2X6 G-6	1 ¼	50	60
4.4	6.0	34.7 (43.4)	7.63	2X10 G-10	2X16 G-10	1	2X10 G-10	1 ¼	63	70
5.5	7.5	4.2 (52.8)	9.28	2X10 G-10	2X16 G-10	1	2X10 G-10	1 ¼	63	70
6.0	8.0	44.5 (55.6)	9.79	2X10 G-10	2X16 G-10	1	2X10 G-10	1 ¼	80	90
7.0	9.0	49 (61.9)	10.89	2X16 G-10	2X25 G-10	1 ¼	2X16 G-10	1 ¼	80	90
7.5	10.0	54.4 (68.0)	11.97	2X16 G-10	2X25 G-10	1 ¼	2X16 G-10	1 ¼	100	90

3.5 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformers)

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับของแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันหนึ่งไปเป็นแรงดันไฟฟ้าอีกระดับหนึ่งที่ความถี่เดียวกัน หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก มีอายุการใช้งานยาว การทำงานของหม้อแปลงอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ

หม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเรียกว่าหม้อแปลงจำหน่าย(distribution transformers) ซึ่งจะแปลงแรงดันไฟฟ้า จากระบบแรงดันปานกลาง ไปเป็นระบบแรงดันต่ำ โดยทั่วไปหม้อแปลงชนิดนี้จะมีพิกัดถึง 2000 เควีเอ แต่ในบางกรณีอาจมีพิกัดถึง 3150 เควีเอ

3.5.1 เทอมที่ใช้สำหรับหม้อแปลง

ขนาดพิกัด (เควีเอ)

ขนาดพิกัด (เควีเอ) คือ ขนาดของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่หม้อแปลงสามารถจ่ายออกไปให้แก่โหลด โดยที่ส่วนประกอบที่สำคัญของหม้อแปลงมีอุณหภูมิไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ในการเลือกขนาดของหม้อแปลงนั้น จะต้องคำนึงถึงขนาดพิกัดเป็นเควีเอของหม้อแปลงให้มีขนาดเพียงพอสำหรับโหลดทั้งหมด และจะต้องมีการเผื่อไว้สำหรับการขยายโหลดในอนาคตด้วย

ขนาดพิกัดมาตรฐานของหม้อแปลงที่นิยมใช้ มีดังต่อไปนี้

50 เควีเอ	100 เควีเอ	125 เควีเอ	160 เควีเอ	200 เควีเอ	250 เควีเอ
315 เควีเอ	400 เควีเอ	500 เควีเอ	630 เควีเอ	800 เควีเอ	1000 เควีเอ
1250 เควีเอ	1600 เควีเอ	2000 เควีเอ	2500 เควีเอ	3150 เควีเอ	

แรงดันพิกัด (Rated Voltage)

แรงดันพิกัด คือ แรงดันที่จ่ายให้ทางด้านปฐมภูมิ หรือแรงดันที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำทางด้านทุติยภูมิขณะไม่มีโหลด ระหว่างขั้วของขดลวดหม้อแปลงหลายเฟส หรือระหว่างขั้วของหม้อแปลง 1 เฟส โดยค่าแรงดันพิกัดจะใช้ตามระดับแรงดันที่ทางการไฟฟ้าจ่ายให้กับระบบ ถ้าอยู่ในเขตของการไฟฟ้านครหลวง จะมีค่าแรงดันพิกัดด้านแรงดันสูงเป็น 12, 24 กิโลโวลต์ และแรงดันพิกัดด้านแรงต่ำเป็น 416/240 โวลต์ ส่วนกรณีอยู่ในเขตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะมีค่าแรงดันพิกัดด้านแรงสูงเป็น 22 , 33 กิโลโวลต์ และแรงดันพิกัดด้านแรงดันต่ำเป็น 400/230 โวลต์

แรงดันอิมพีแดนซ์ (Impedance Voltage)

แรงดันอิมพีแดนซ์ หมายถึง ค่าแรงดันที่ต้องการด้านแรงดันสูง สำหรับทำให้ได้กระแสพิกัดไหลผ่านในขณะที่ขดลวดด้านแรงต่ำถูกลัดวงจร โดยปกติค่าแรงดันอิมพีแดนซ์จะระบุเป็นเปอร์เซนต์ของค่าแรงดันพิกัด โดยที่หม้อแปลงขนาดตั้งแต่ 50 เควีเอ ถึง 630 เควีเอ จะมีแรงดันอิมพีแดนซ์ 4 % หม้อแปลงขนาดตั้งแต่ 800 เควีเอ ถึง 2500 เควีเอ จะมีแรงดันอิมพีแดนซ์ 6 %

3.5.2 **การป้องกันหม้อแปลง**

หม้อแปลงถึงแม้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ทนทานแข็งแรง แต่มันจะต้องมีการป้องกันกระแสเกิน ซึ่งเกิดจากการลัดวงจร หรือทำงานเกินโหลดทั้งทางด้านแรงดันสูงและด้านแรงดันต่ำ อุปกรณ์ป้องกันที่นิยมใช้กันมาก คือ ฟิวส์และเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยพิกัดการปรับตั้งสูงสุดของอุปกรณ์ป้องกัน จะต้องเป็นไปตามตาราง 3-7

ตาราง 3-7 ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงระบบแรงดันสูง [ที่มา:บุญชม รัตนปทุมวงศ์,อมราวดี วีระพงษ์, 2540]

ขนาดอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง	ด้านไฟเข้าแรงดันมากกว่า 750 โวลต์		ด้านไฟออก		
			แรงดันมากกว่า 750 โวลต์		แรงดันไม่เกิน 750 โวลต์
	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือฟิวส์
ไม่เกิน 6 %	600%	300%	300%	250%	125%
มากกว่า 6 % แต่ไม่เกิน 10%	400%	300%	250%	225%	125%

การป้องกันหม้อแปลงทางด้านแรงสูง

หม้อแปลงจำหน่ายที่มีพิกัดถึงประมาณ 2500 เควีเอ โดยทั่วไปจะใช้ฟิวส์แรงสูงเป็นอุปกรณ์ป้องกันลัดวงจร การเลือกขนาดพิกัดของฟิวส์จะต้องคำนึงถึงกระแสกระโชคของหม้อแปลง และต้องสามารถทำงานประสานกับอุปกรณ์ทางด้านแรงต่ำ

สำหรับขนาดพิกัดของฟิวส์แรงสูงสำหรับหม้อแปลงขนาดพิกัดต่างๆ สามารถเลือกใช้ตามตาราง 3-8

ตาราง 3-8 ขนาดพิกัดฟิวส์แรงสูงสำหรับหม้อแปลง
[ที่มา:บุญชม รัตนปทุมวงศ์,อมราวดี วีระพงษ์, 2540]

พิกัดแรงดัน (kV)	ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVA)																
	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1500	2000	2500
	พิกัด ฟิวส์แรงสูง (A)																
3	25	25	40	40	63	63	63	80	100	100	160	200	200	250	315		
5	16	25	25	25	40	40	63	63	63	80	100	100	160	200	200	250	315
6	10	16	25	25	25	40	40	63	63	63	80	100	100	160	200	200	250
10	10	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	80	100	100	160	200
12	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	80	100	160	160
15	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	125
20	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	80	100
24	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	80
30	10	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	40	2x40	2x40
36	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	2x40	2x40

หม้อแปลงจำหน่ายที่มีขนาดใหญ่ อาจใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ในการป้องกันทางด้านแรงสูงได้ เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูง ที่ใช้ควรเป็นแบบใช้ SF6 หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์สุญญากาศ และจะต้องใช้ร่วมกับหม้อแปลงกระแส และ รีเลย์ป้องกัน นอกจากนี้ยังต้องมีแบตเตอร์รีเพื่อใช้ในวงจรทริป ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้วย

การป้องกันหม้อแปลงทางด้านแรงต่ำ

ทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลง ก็ต้องมีการป้องกันกระแสลัดวงจร และกระแสโหลดเกินเช่นกัน อุปกรณ์ป้องกันที่นิยมใช้กันมากคือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้เป็นดังนี้

- ค่าปรับตั้งกระแสไม่เกิน 125 % ของกระแสพิกัดหม้อแปลง
- มี Short Time Ratting
- มีค่าพิกัดตัดกระแสลัดวงจร (IC) เพียงพอกับกระแสลัดวงจร

ถ้าใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตาม IEC 947-2 ต้องใช้ Utilization Category B ซึ่งมี Short Time Current Withsand และมี Short Circuit Breaking Capacity (Ics) สำหรับหม้อแปลงขนาดใหญ่

ตั้งแต่ 500 เควีเอ ขึ้นไป เซอร์กิตเบรกเกอร์ควรเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศ มีวิธีการตัดวงจรแบบโซลและมีวิธีการป้องกันกระแสรั่วลงดินด้วย (Ground Fault Protection)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ป้องกันหม้อแปลงจะต้องมีพิกัดตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอ ณ จุดติดตั้ง ค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วทางด้านแรงต่ำ ของหม้อแปลง 400-230 โวลต์ แสดงในตาราง 3-9

ตาราง 3-9 ค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำ ของหม้อแปลง 400-230 โวลต์
[ที่มา:บุญชม รัตนปทุมวงศ์,อมราวดี วีระพงษ์, 2540]

ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVA)	ค่ากระแสลัดวงจร (kA)		
	ความจุลัดวงจร (MVA)		
	350	500	Infinite Bus
315	11.1	11.2	11.4
400	14	14.1	14.4
500	17.4	17.6	18
630	21.7	22	22.7
800	18.5	18.7	19.3
1000	22.9	23.2	24.1
1250	28.2	28.8	30.1
1600	35.5	36.4	38.5
2000	43.6	44.8	48.1
2500	53.2	55.1	60.1

การปรับตั้งแอมแปร์ทริป (AT) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ควรใช้ไม่เกิน 80 % ของค่าแอมแปร์เฟลม (AF) และถ้าหม้อแปลงเป็นแบบแห้งที่มีการติดตั้งพัดลม เพื่อเพิ่มพิกัด 40% ขนาดแอมแปร์ทริปของเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็จะต้องเพิ่มตามด้วย ดังตาราง 3-10

ตาราง 3-10 ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ใช้กับหม้อแปลง 400/230 โวลต์ (แรงต่ำ)
[ที่มา:บุญชม รัตนปทุมวงศ์,อมราวดี วีระพงษ์, 2540]

TR (kVA)	IN(LV) (A)	MAIN CB				FEEDER CB IC(kA)
		NORMAL		FORCED AIR		
		CB SIZE	IC(kA)	CB SIZE	IC(kA)	
315	454	450 AT/ 630 AF	35			14
400	522	700 AT/ 800 AF	50	800 AT/ 1000 AF	50	18
500	577	900 AT/ 1000 AF	50	1000 AT/ 1250 AF	50	22
630	909	1100 AT/ 1250 AF	50	1200 AT/ 1600 AF	50	22
800	1155	1400 AT/ 1600 AF	50	1600 AT/ 2000 AF	50	25
1000	1443	1800 AT/ 2000 AF	50	2000 AT/ 2500 AF	50	30
1250	1804	2200 AT/ 2500 AF	65	2500 AT/ 3150 AF	65	42
1600	2309	2800 AT/ 3150 AF	65	3200 AT/ 4000 AF	65	50
2000	2887	3000 AT/ 4000 AF	65	4000 AT/ 5000 AF	65	65
2500	3608	4500 AT/ 5000 AF	80	5000 AT/ 6300 AF	80	80

หมายเหตุ หม้อแปลงน้ำมันขนาด $\leq$ 630 เควีเอ Uk = 4 %

หม้อแปลงน้ำมันขนาด $>$ 630 เควีเอ Uk = 6 %

3.5.3 **สายเมนของหม้อแปลงไฟฟ้า**

ขนาดสายเฟส

สายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ามี 2 ส่วน คือ ทางด้านไฟฟ้าแรงดันสูงและแรงดันต่ำ สายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าถือว่าเป็นสายเมน ดังนั้นการคำนวณหาขนาดสายไฟฟ้าต้องทำเช่นเดียวกับสายป้อนกล่าวคือ

โหลดรวม = 1.25 x โหลดต่อเนื่อง + โหลดไม่ต่อเนื่อง

ขนาดสายนิวหรัล

หม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งทางด้านแรงต่ำเป็นแบบ 3 เฟส 4 สาย การคำนวณหาขนาดสายนิวทรัลต้องทำเช่นเดียวกับสายนิวทรัลของสายป้อน หลายประเทศในยุโรปนิยมเลือกขนาดสายนิวทรัลเท่ากับประมาณ 50 % ของสายเฟส ซึ่งสามารถใช้ได้เกือบทุกกรณี ทั้งนี้เนื่องจาก

1. ขนาดสายนิวทรัลประมาณ 50 % ของสายเฟส สามารถนำกระแสมากกว่าครึ่งหนึ่งของสายเฟสเสมอ เนื่องจาก skin effect บางขนาดสามารถนำกระแสได้ถึงกว่า 70 % ของพิกัดกระแสสายเฟส
2. โหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าส่วนมากประกอบด้วยโหลดหลายชนิดเป็นต้น
   - โหลดสามเฟสสมดุล มีมอเตอร์สามเฟส เป็นต้น
   - โหลดเฟสเดียวที่มีฮาร์มอนิกส์ เช่น โหลดแสงสว่าง และโหลดประเภทอิเลคทรอนิกส์
   - โหลดเฟสเดียวที่ไม่ได้ให้ฮาร์มอนิกส์

ในการคำนวณหาขนาดสายนิวทรัลนั้น โหลดสามเฟสสมดุลย์ไม่ต้องนำมาคิด และโหลดเฟสเดียวไม่มีฮาร์มอนิกส์ สามารถใช้ดีมานแฟกเตอร์ 70 % กันส่วนที่เกิน 200 แอมแปร์ ผลการคำนวณส่วนมากจะได้พิกัดสายนิวทรัลเล็กลง

พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าของสายเฟสและสายนิวทรัลประมาณ 50 % มีดังตาราง 3-11

ตาราง 3-11 การเดินสายไฟในท่อโลหะเดินอากาศและในรางเคเบิล
[ที่มา:บุญชม รัตนปทุมวงศ์,อมราวดี วีระพงษ์, 2540]

ขนาดสายไฟฟ้า (sq.mm.)	พิกัดกระแส (A)			
	ในท่อโลหะในอากาศ		ในรางเคเบิล	
	(A)	%	(A)	%
500	541	100	613	100
300	400	74	444	72
240	344	64	331	54
400	474	100	522	100
240	344	73	331	63
185	287	61	276	54
300	400	100	444	100
185	287	72	276	62
150	251	63	237	53
240	344	100	331	100
150	251	73	237	72
120	214	62	205	62
185	287	100	276	100
95	187	65	170	64
150	251	100	237	100
95	187	75	176	74
70	148	59	141	59

จะเห็นได้ว่าถ้าโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า ประกอบด้วยโหลดสามเฟสสมดุลมากกว่า 38 % (โหลดเฟสเดียว 62 %) สามารถเลือกขนาดสายนิวทรัลประมาณ 50 % ของสายเฟสได้เสมอ

สายเหนือดิน Overhead (OH)

ปัจจุบันสายเหนือดิน ในระบบแรงดันปานกลางนิยมใช้สาย Partial Insulated Cable (PIC) หรือ สาย Spaced Aerial (SAC) สายขนาดเล็กสุดที่ใช้คือ 35 ตร.มม.

PIC 3x35 ตร.มม. (172 แอมแปร์)

SAC 3x35 ตร.มม. (170 แอมแปร์)

สายใต้ดิน Underground (UG)

สายไฟฟ้าแรงดันสูง ที่เดินฝังดินโดยตรง ร้อยในท่อร้อยสาย หรือเดินใน Duct Bank ต้องเป็นแบบ Fully Insulated ซึ่งนิยมใช้กันมากคือ สาย XLPE สายขนาดเล็กสุดที่ใช้คือ 35 ตร.มม. (175 แอมแปร์)

จะเห็นได้ว่า สายไฟฟ้าแรงดันสูงที่ใช้เป็นสายเมนของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นขนาด 35 ตร.มม. สามารถใช้กับหม้อแปลงจำหน่ายได้ตั้งแต่ 315 เควีเอ ถึง 2500 เควีเอ