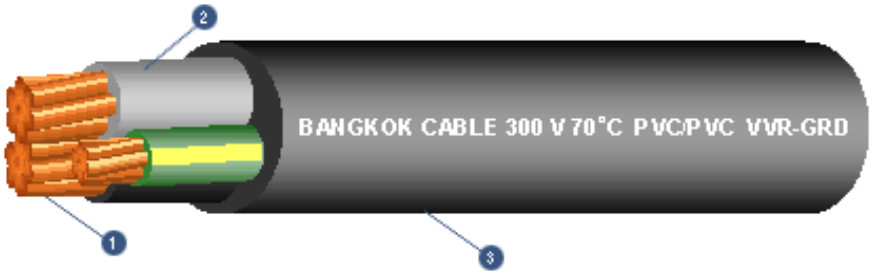
สายไฟฟ้า

Electrical Wiring & Cable

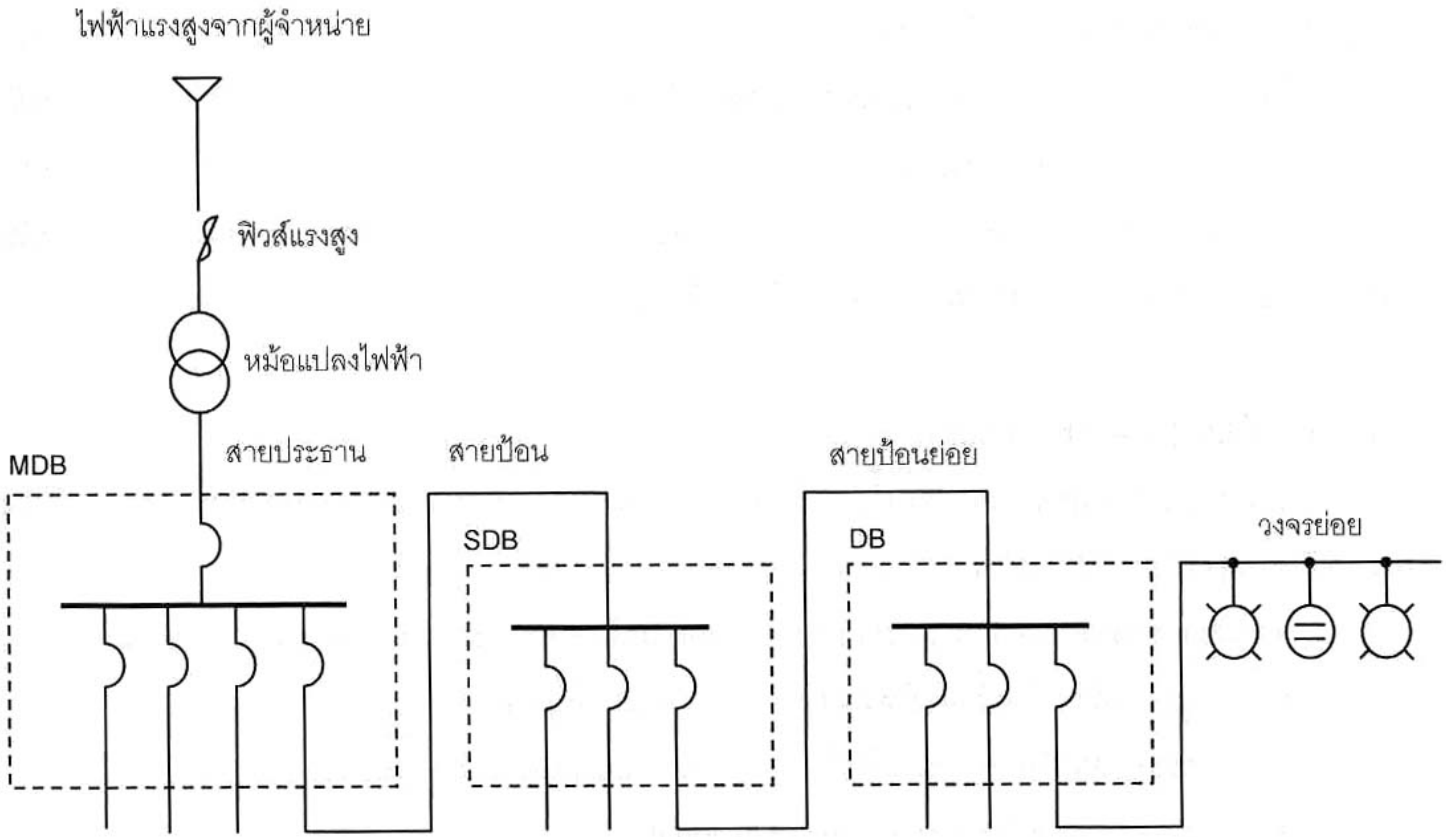


ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์

มาตรฐานสายไฟฟ้า (ที่กำหนดใน วสท.)

- **สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน**
  - สายทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มอก.11-2531
  - สายอลูมิเนียมหุ้มฉนวนพีวีซี มอก.293-2541
  - สายตามมาตรฐาน กฟน. หรือ กฟภ.
- **สายไฟฟ้าเปลือย**
  - สายทองแดงรีดแข็งสำหรับสายไฟฟ้าเหนือดิน มอก.64-2517
  - สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย มอก.85-2523
  - สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือยแกนเหล็ก มอก.86-2523

สายไฟฟ้าสำหรับงานติดตั้ง



- ลักษณะงานเป็นแบบติดตั้งถาวร (Fixed Wiring)
- นิยมใช้สายทองแดงตามมาตรฐาน มอก.11-2531

ประเภทและข้อกำหนด
การใช้งานสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก.11-2531
(อุณหภูมิใช้งาน 70 °C)

ตาราง วสท. ที่ 5-16

ตาราง วสท. 5-16 (1)

- 300 และ 750 V

ตารางที่ 5-16
ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก. 11-2531
(อุณหภูมิใช้งาน 70 องศาเซลเซียส)

มอก. 11-2531 ตารางที่	ชนิดของสาย	ชื่อเรียก	แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(โวลต์)	ลักษณะการติดตั้ง
1	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแกนเดียว	IV HIV	300	• เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน • เดินในช่องเดินสายในสถานที่แห้ง • ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
2	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกแกนเดียว สายแบน 2 แกน และสายแบน 3 แกน	VAF VAF-S	300	**สายกลม** • เดินลอย • เดินเกาะผนัง • เดินซ่อน (Conceal) ในผนัง • เดินในช่องเดินสาย • ห้ามฝังดินโดยตรง • เดินร้อยท่อฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ **สายแบน** • เดินเกาะผนัง • เดินซ่อน (Conceal) ในผนัง • ห้ามเดินในช่องเดินสาย *ยกเว้น รางเดินสาย* • ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
3	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกหลายแกน	VVR	300	• ใช้งานทั่วไป • ห้ามฝังดินโดยตรง • เดินร้อยท่อฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ

ตาราง วสท. 5-16 (2)

มอก. 11-2531 ตารางที่	ชนิดของสาย	ชื่อเรียก	แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(โวลต์)	ลักษณะการติดตั้ง
4	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแกนเดียว	THW	750	• เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน • เดินในช่องเดินสายในสถานที่แห้ง • ห้ามฝังดินโดยตรง • เดินร้อยท่อฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ
5	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกแกนเดียวและสายแบน 2 แกน	VVF VVF-S	750	**สายกลม** • เดินลอย • เดินเกาะผนัง • เดินซ่อน (Conceal) ในผนัง • เดินในช่องเดินสาย • เดินร้อยท่อฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ **สายแบน** • เดินเกาะผนัง • เดินซ่อน (Conceal) ในผนัง • ห้ามเดินในช่องเดินสาย *ยกเว้น รางเดินสาย* • ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
6	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกแกนเดียว	NYY	750	• ใช้งานทั่วไป • เดินร้อยท่อฝังดิน • ฝังดินโดยตรง

ตาราง วสท. 5-16 (3)

มอก. 11-2531 ตารางที่	ชนิดของสาย	ชื่อเรียก	แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(โวลต์)	ลักษณะการติดตั้ง
7	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกหลายแกน	NYY	750	• ใช้งานทั่วไป • เดินร้อยท่อฝังดิน • ฝังดินโดยตรง
8	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก 3 แกน มีสายนิวทรัล	NYY-N	750	• ใช้งานทั่วไป • เดินร้อยท่อฝังดิน • ฝังดินโดยตรง
9	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก	VCT	750	• ใช้งานทั่วไป • ฝังดินโดยตรง
10	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนและเป็นสายชนิดอ่อนตัวได้	VSF VFF VTF	300	• ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้และใช้ต่อเข้าดวงโคม
11	สายแบน 2 แกน และสายแบน 3 แกน มีสายดิน	B-GRD VAF-G	300	• เดินเกาะผนัง • เดินซ่อน (Conceal) ในผนัง • ห้ามเดินในช่องเดินสาย ***ยกเว้น*** *รางเดินสาย* • ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
12	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกหลายแกน	VVR-GRD	300	• ใช้งานทั่วไป • ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
13	สายแบน 2 แกน มีสายดิน	VVF-GRD	750	• เดินเกาะผนัง • เดินซ่อน (Conceal) ในผนัง • ห้ามเดินในช่องเดินสาย ***ยกเว้น*** *รางเดินสาย* • ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

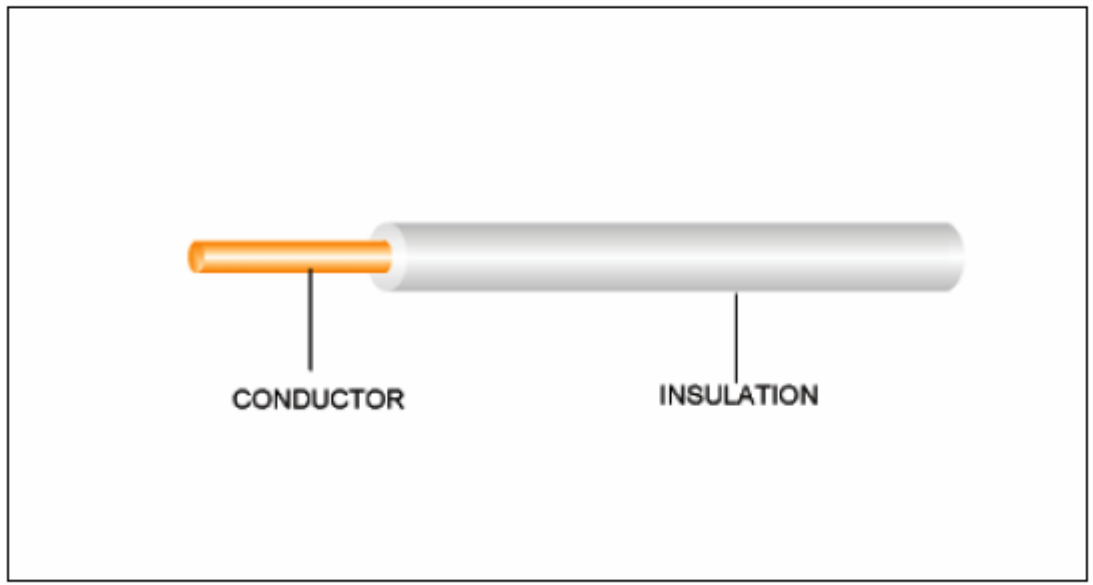
ตาราง วสท. 5-16 (4)

มอก. 11-2531 ตารางที่	ชนิดของสาย	ชื่อเรียก	แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(โวลต์)	ลักษณะการติดตั้ง
14	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกหลายแกนมีสายดิน	NYY-GRD	750	• ใช้งานทั่วไป • ฝังดินโดยตรง
15	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกมีสายดิน	VCT-GRD	750	• ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า
16	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนชนิดอ่อนตัวมีสายดิน	VFF-GRD	300	• ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้และใช้ต่อเข้าดวงโคม
17	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกหลายแกน	VFF-F	300	• ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531

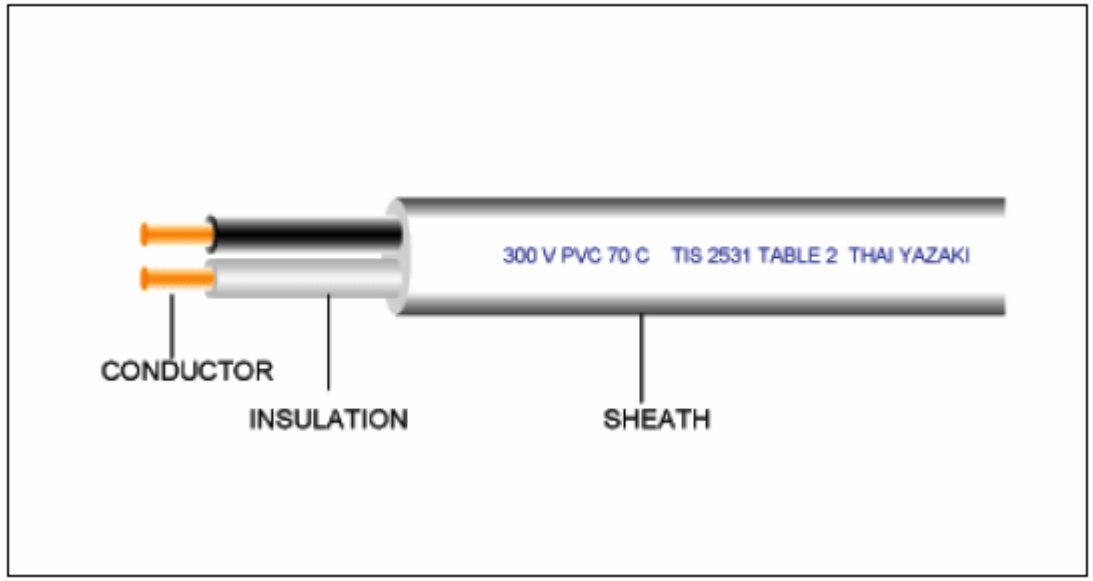
ตารางที่ 1 สาย IV, HIV (300 V, 70°C)

300 V 70 °C PVC INSULATED,SINGLE CORE



ตารางที่ 2 สาย VAF, VAF-S (300 V, 70°C)

300 V 70 ° C PVC INSULATED AND SHEATHED FLAT TYPE



2 แกน

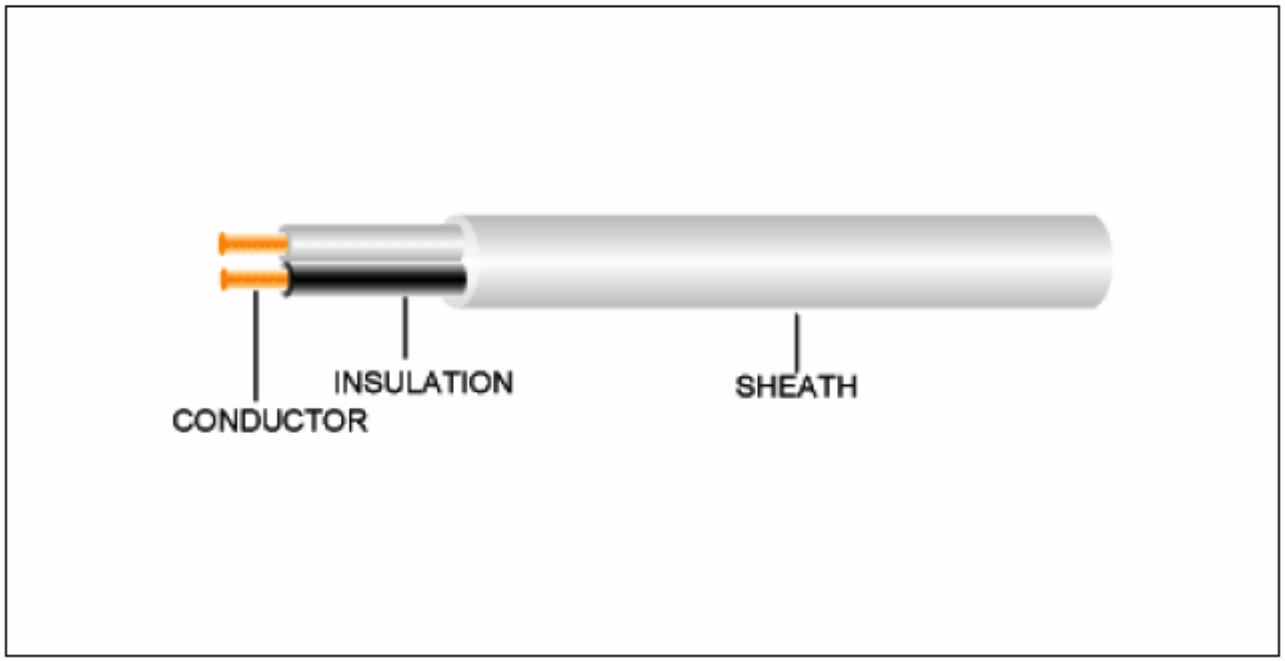
3 แกน

ตารางที่ 2 สาย VAF, VAF-S (300 V, 70°C)

- ฉนวน PVC สีขาว ป้องกันความชื้นและการเสียหายทางกล
- นิยมใช้งานกันในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ที่ใช้ไฟ 1 เฟส 2 สาย (220 V)
- มักติดตั้งด้วยการใช้เข็มขัดรัดสาย (ตีกิ๊บ)

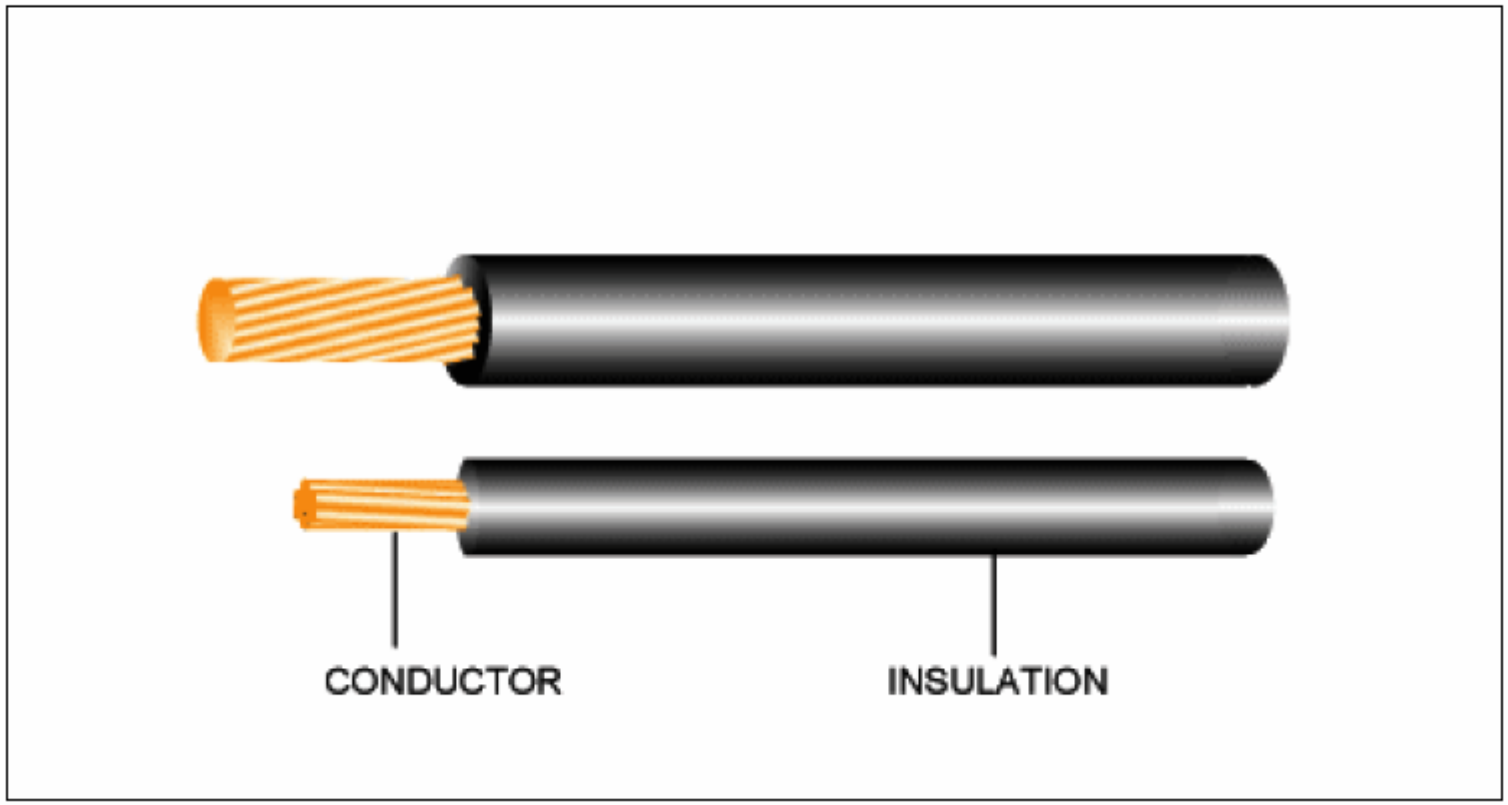
ตารางที่ 3 สาย VVR (300 V, 70°C)

300 V 70 ° C PVC INSULATED AND SHEATHED ROUND TYPE



ตารางที่ 4 สาย THW (750 V, 70°C)

750 V 70 ^{0} C PVC INSULATED, SINGLE CORE

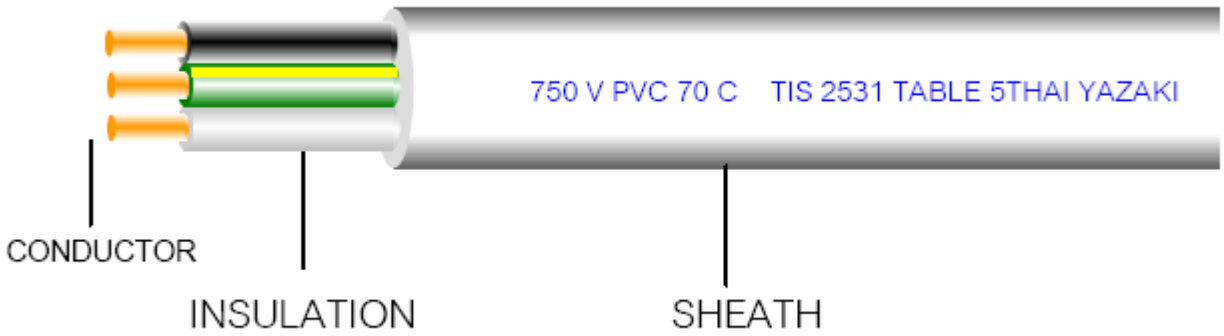


ตารางที่ 4 สาย THW (750 V, 70°C)

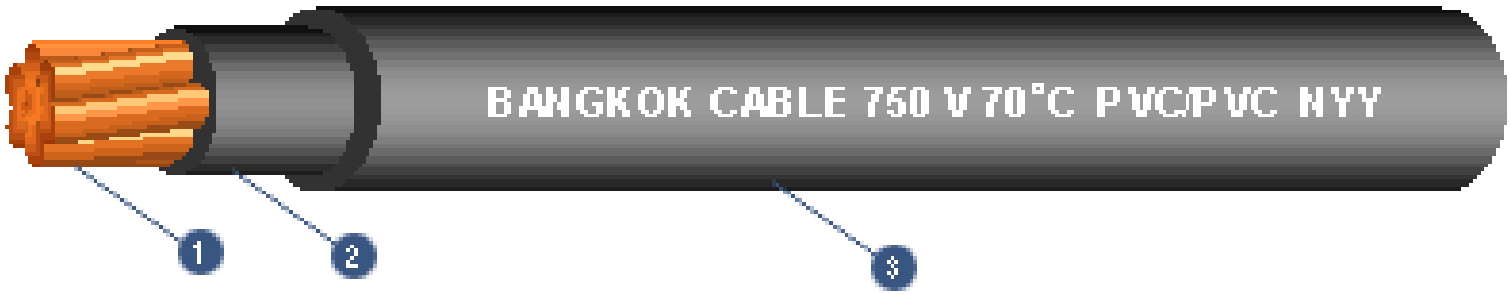
- เหมาะสำหรับงานระบบ 3 เฟส 4 สาย (380/240 V)
- ประเทศไทยนิยมใช้มากในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารพาณิชย์
- นิยมใช้เป็นสายในวงจรย่อย, สายป้อน และ สายเมน
- เดินสายในท่อร้อยสาย, รางเดินสาย และ รางเคเบิล

ตารางที่ 5 สาย VVF, VVF-S (750 V, 70°C)

750 V 70 ^{0} C PVC INSULATED AND SHEATHED FLAT TYPE, WITH GROUND



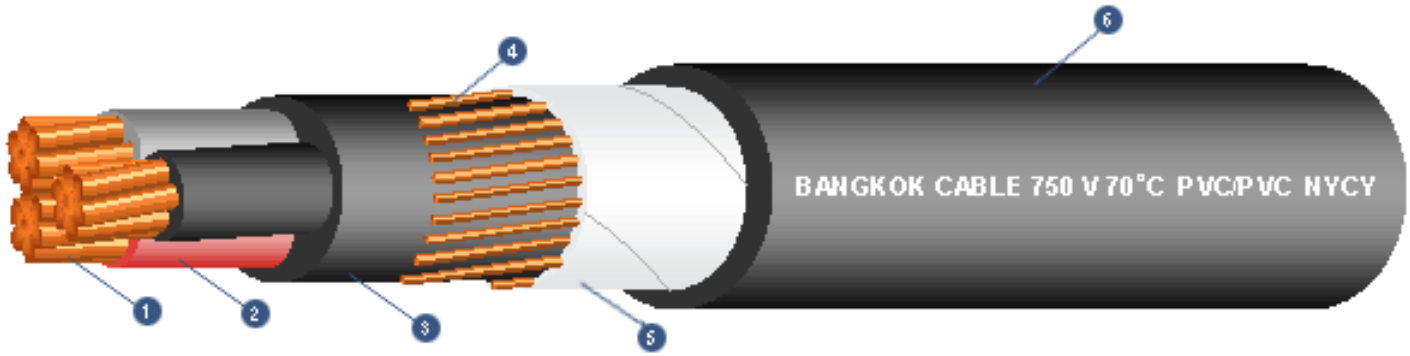
ตารางที่ 6 สาย NYY แกนเดียว (750 V, 70°C)



ตารางที่ 6 สาย NYY แกนเดียว (750 V, 70°C)

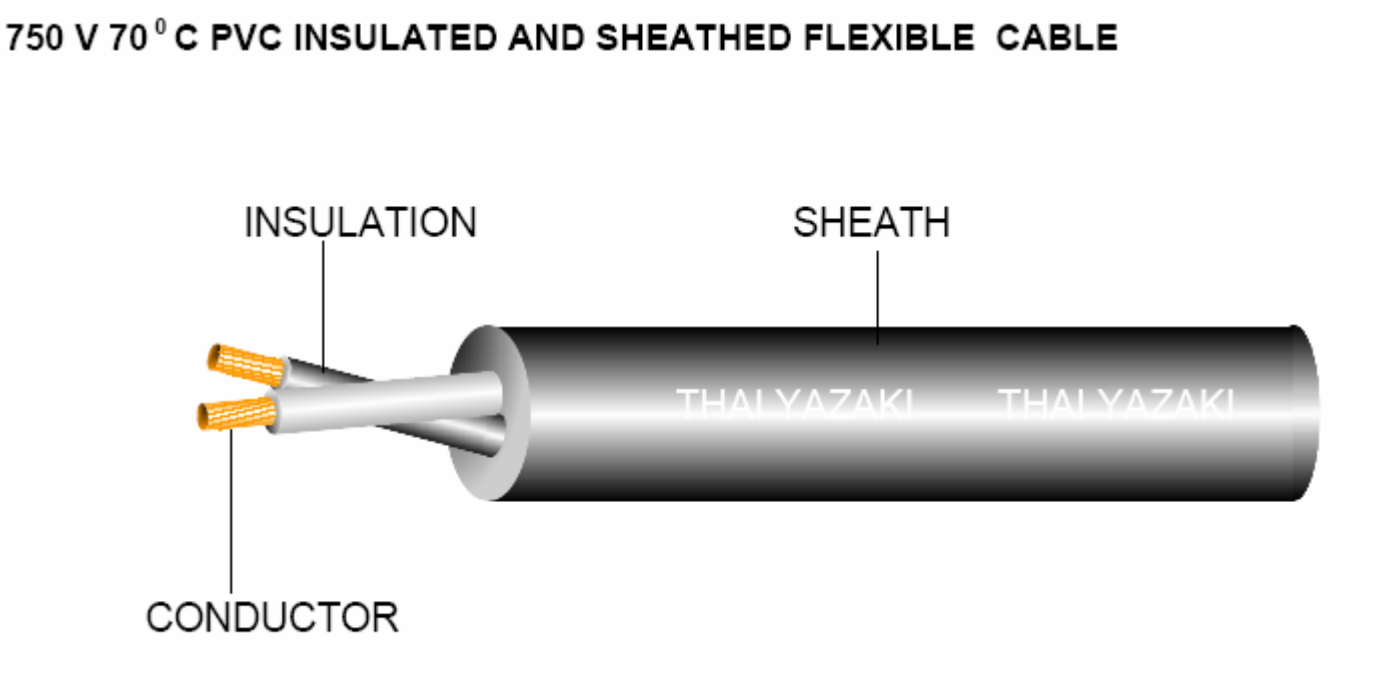
- สายหุ้มฉนวน 2 ชั้น ป้องกันความชื้นและแรงกระแทกทางกลได้สูง
- นอกจากมีชนิดแกนเดียวแล้ว ยังมีแบบ 2 ถึง 4 แกน
- นิยมใช้เป็นสายป้อน และ สายเมน
- สามารถติดตั้งด้วยวิธีการเดินฝังดินโดยตรงได้

ตารางที่ 7 สาย NYY หลายแกน (750 V, 70°C)



ตารางที่ 8 สาย NYY – N (750 V, 70°C)

ตารางที่ 9 สาย VCT (750 V, 70°C)

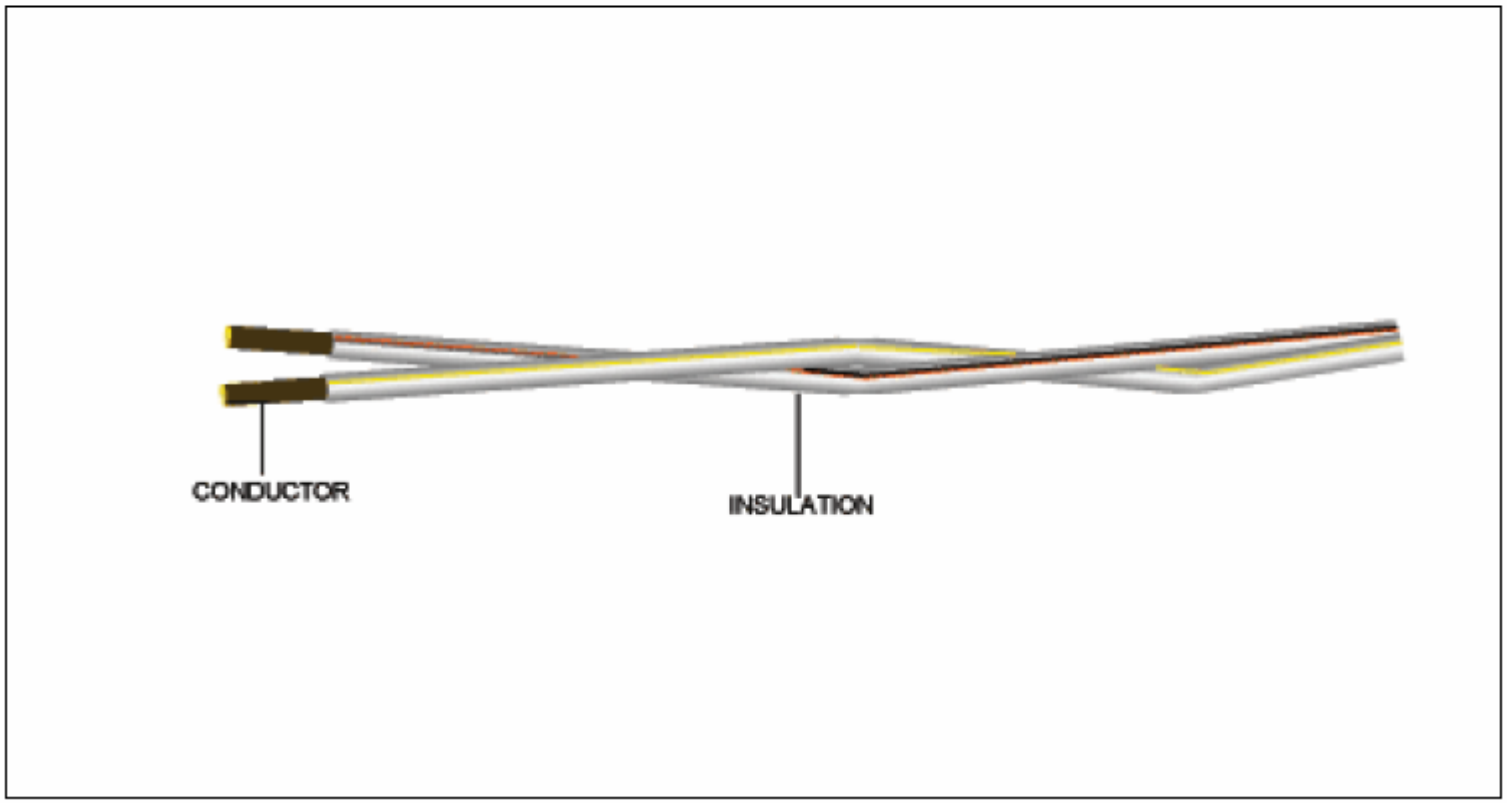


- ใช้เดินสายเข้ากับอุปกรณ์ในระยะสั้นๆ
- ใช้เดินสายเข้าเครื่องจักร, อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ สัญญาณไฟเตือน

ตารางที่ 10 สาย VSF, VFF, VTF (300 V, 70°C)

VSF

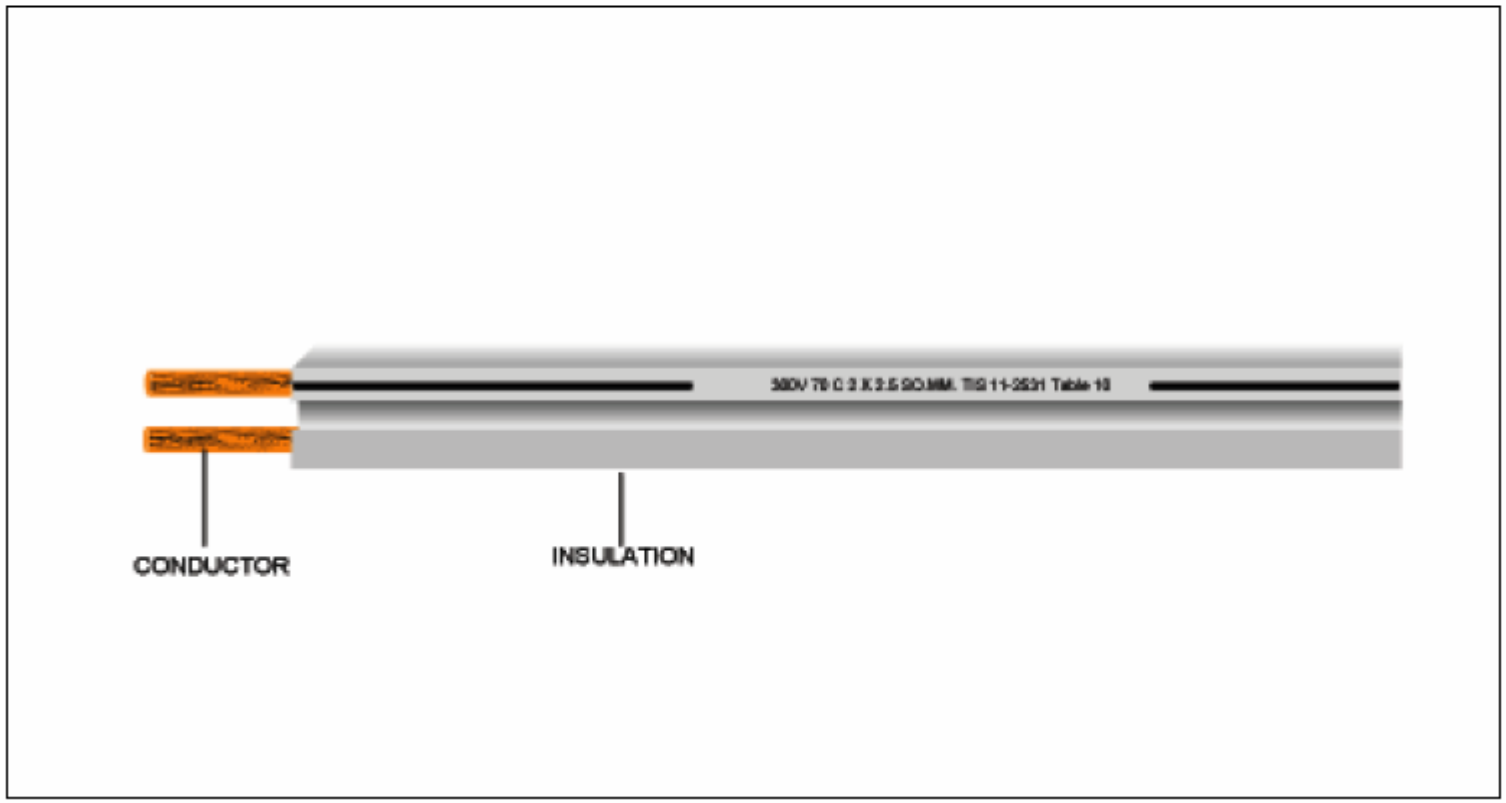
300 V 70° C PVC INSULATED FLEXIBLE CONDUCTOR, SINGLE CORE



ตารางที่ 10 สาย VSF, VFF, VTF (300 V, 70°C)

VFF

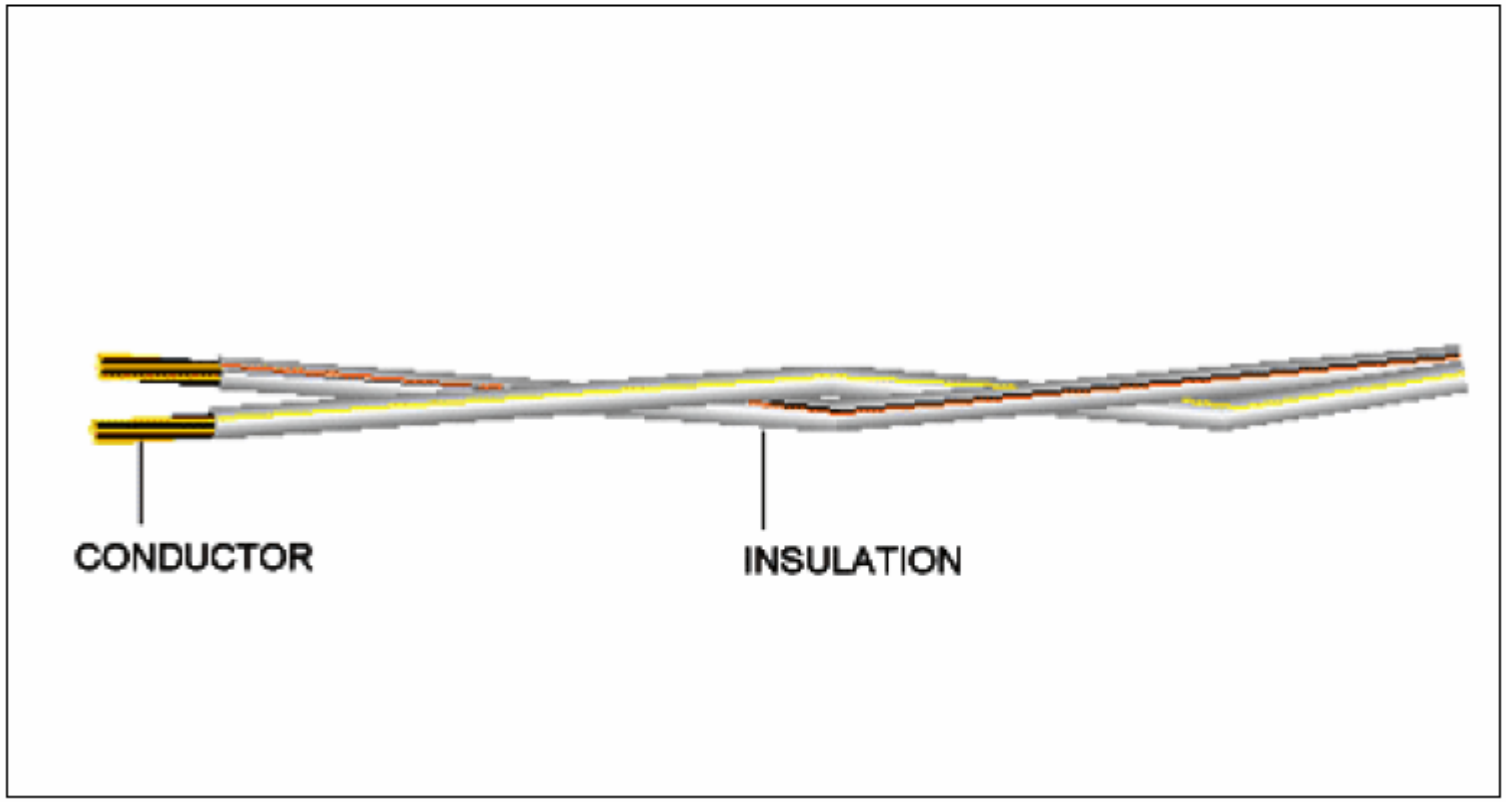
300 V 70° C PVC INSULATED FLAT TYPE, FLEXIBLE CONDUCTOR



ตารางที่ 10 สาย VSF, VFF, VTF (300 V, 70°C)

VTF

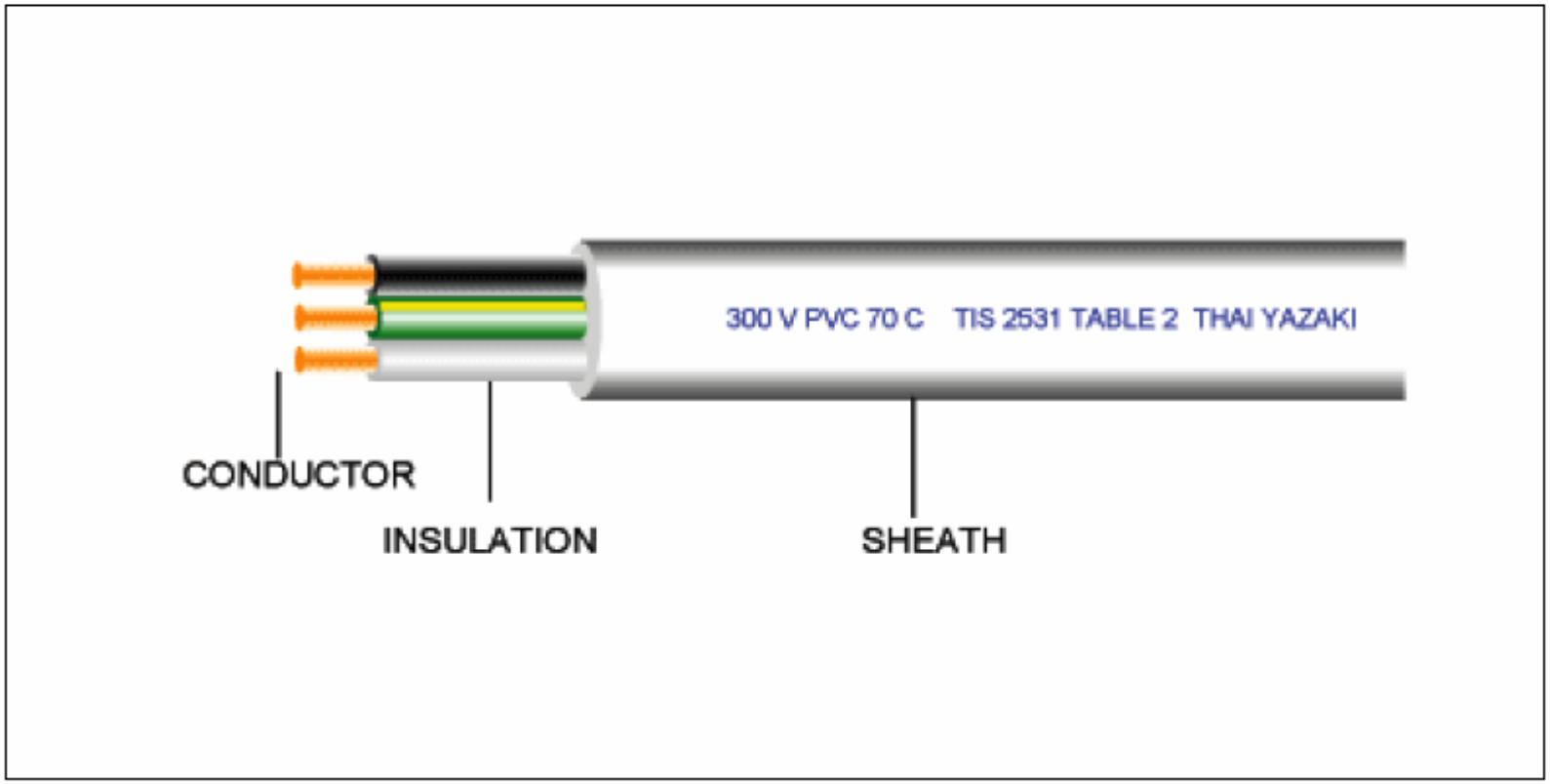
300 V 70° C PVC INSULATED TWISTED, FLEXIBLE CONDUCTOR



ตารางที่ 11 สาย B-GRD, VAF-G (300 V, 70°C)

VAF-GRD

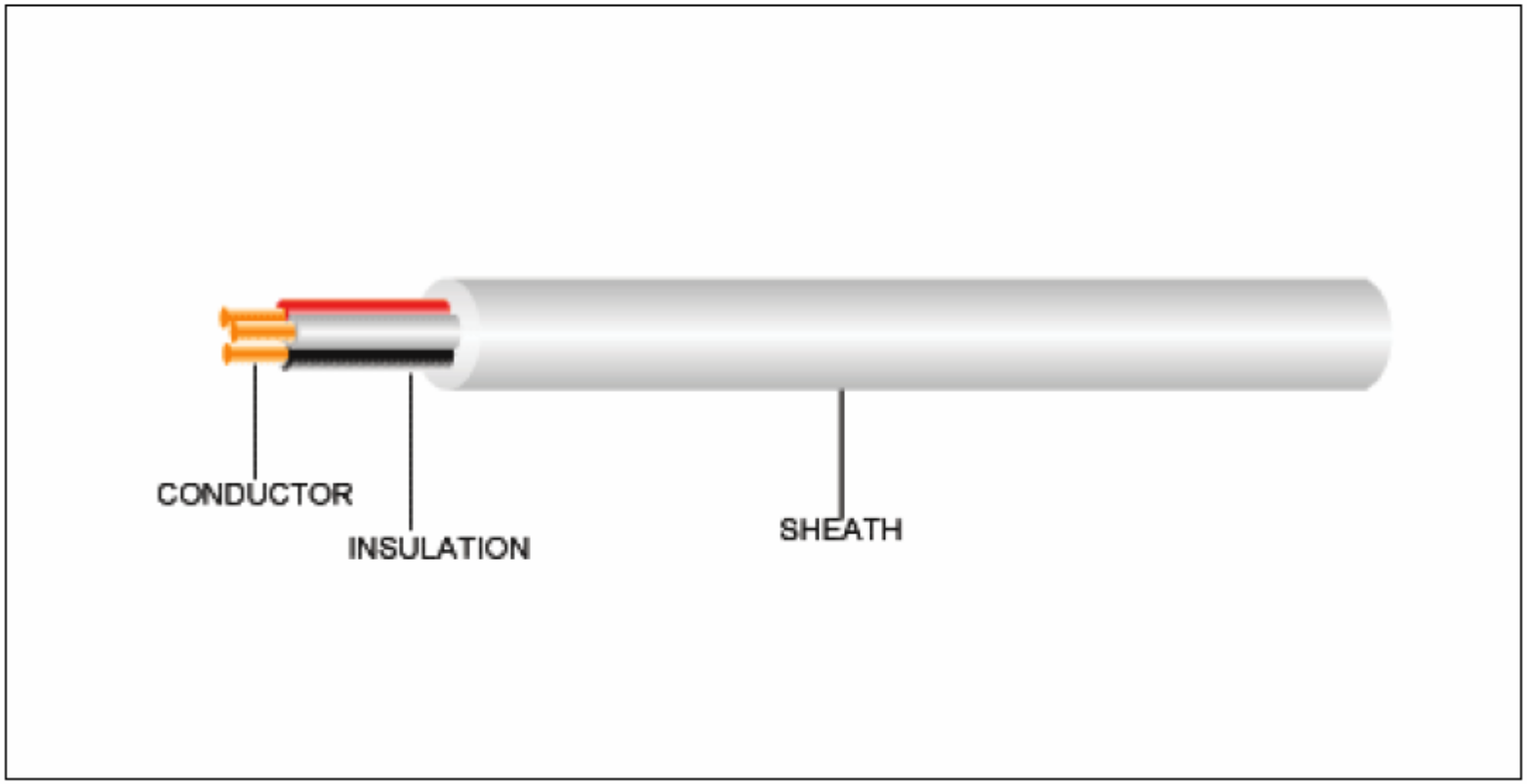
300 V 70 ^{0} C PVC INSULATED AND SHEATHED FLAT TYPE,WITH GROUND



ตารางที่ 12 สาย VVR - GRD (300 V, 70°C)

VVR-GRD

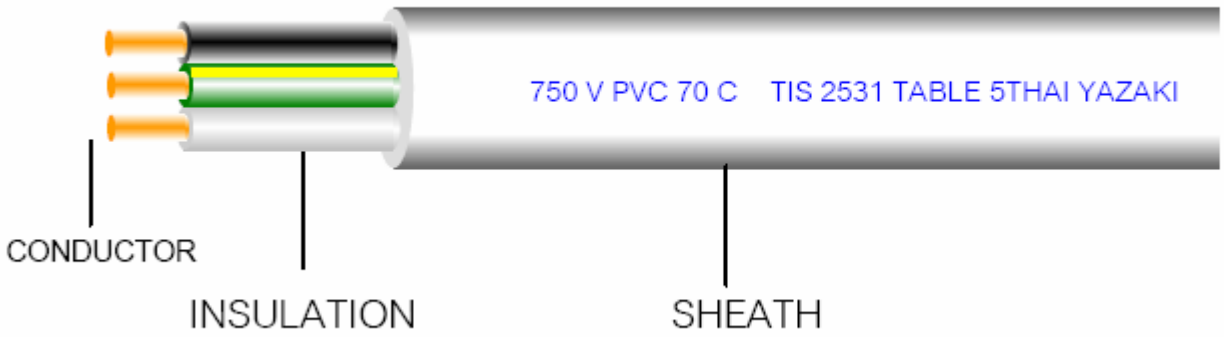
300 V 70 ^{0} C PVC INSULATED AND SHEATHED ROUND TYPE, WITH GROUND



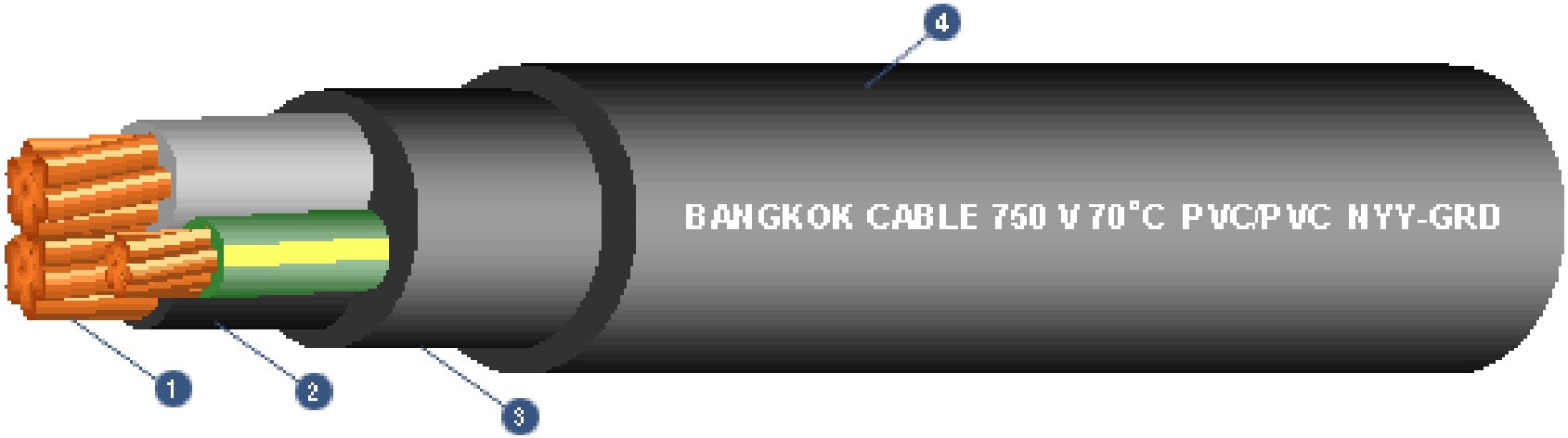
ตารางที่ 13 สาย VVF - GRD (750 V, 70°C)

VVF-GRD,MEA TYE B-GRD

750 V 70 ^{0} C PVC INSULATED AND SHEATHED FLAT TYPE, WITH GROUND



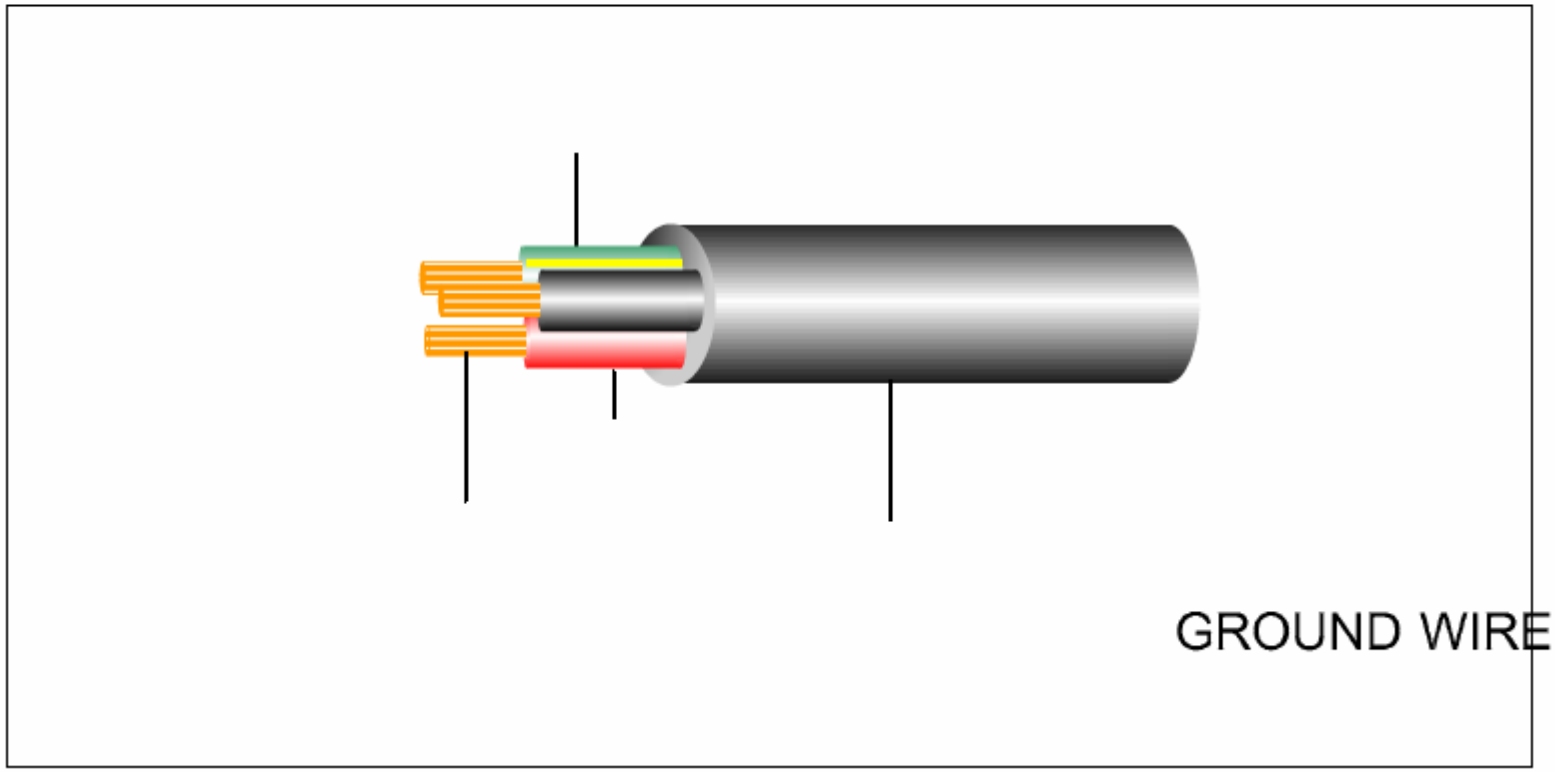
ตารางที่ 14 สาย NYY - GRD (750 V, 70°C)



ตารางที่ 15 สาย VCT - GRD (750 V, 70°C)

VCT-GRD

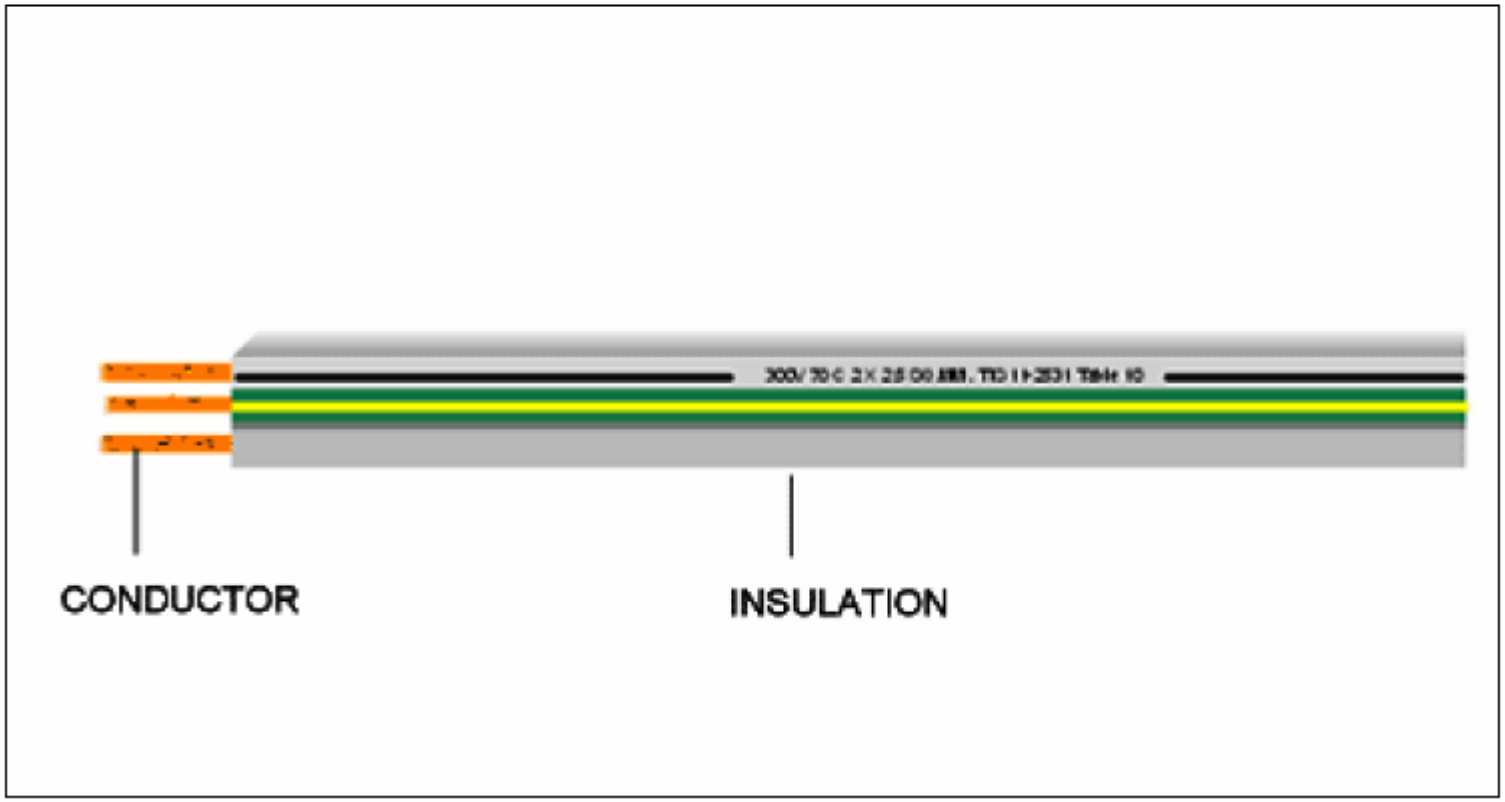
750 V 70 ^{0} C PVC INSULATED AND SHEATHED FLEXIBLE CONDUCTOR WITH GROUND



ตารางที่ 16 สาย VFF - GRD (300 V, 70°C)

VFF-GRD

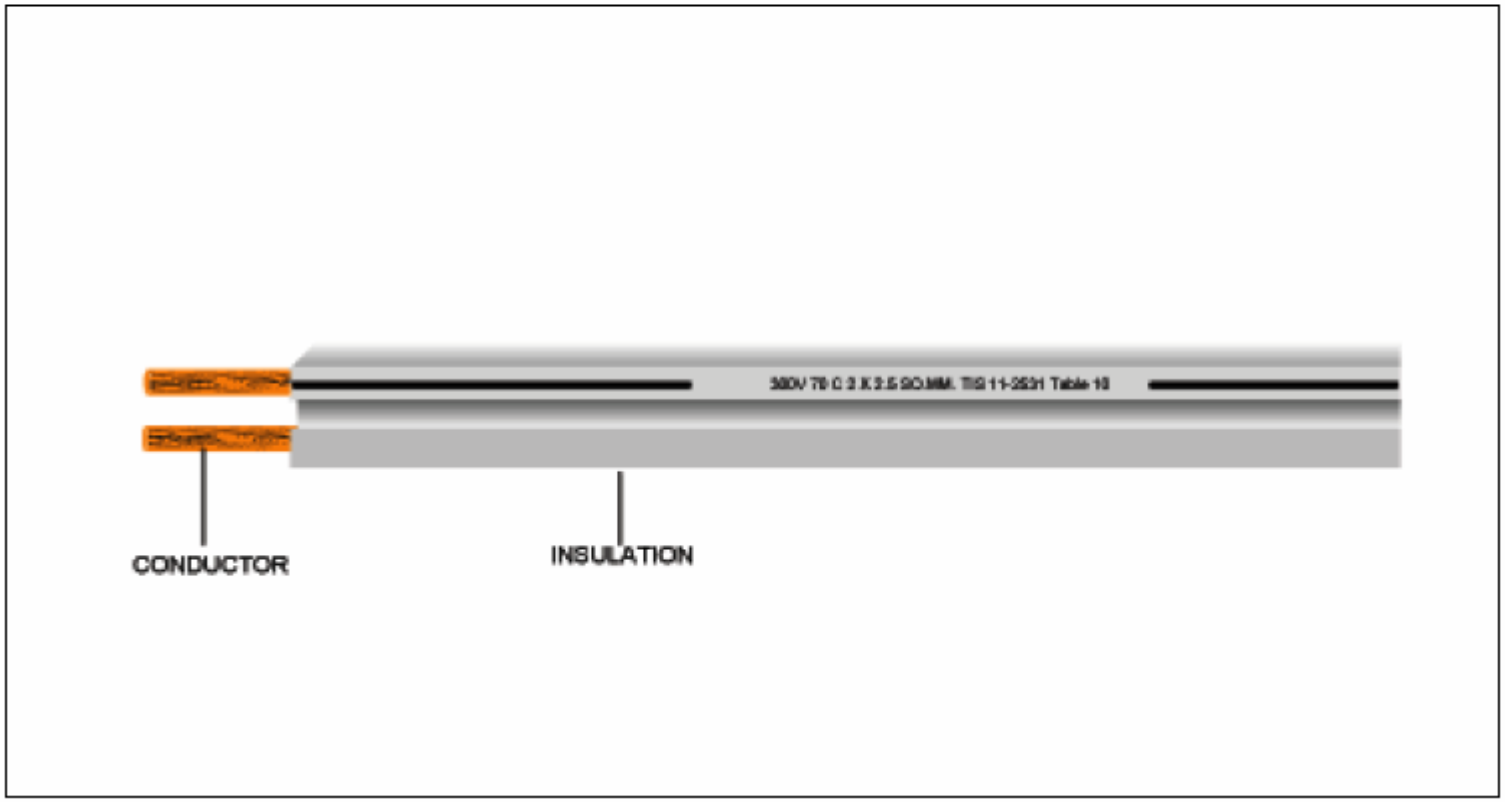
300 V 70° C PVC INSULATED FLAT TYPE CONDUCTOR WITH GROUND



ตารางที่ 17 สาย VFF - F (300 V, 70°C)

VFF **VFF-F** จะมีหลายแกน

300 V 70° C PVC INSULATED FLAT TYPE, FLEXIBLE CONDUCTOR



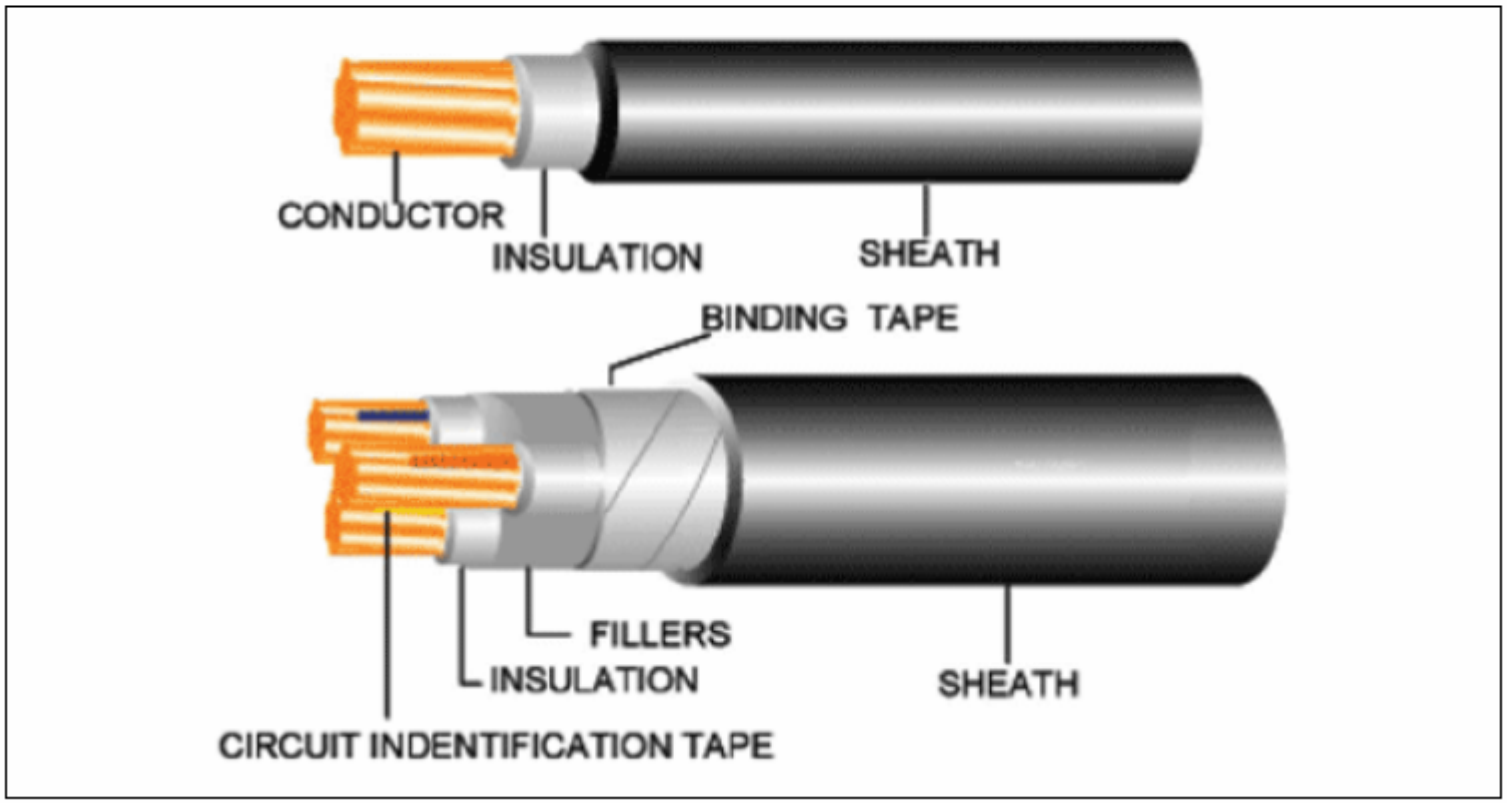
สายทองแดงหุ้มฉนวน XLPE

- ชื่อเรียกทางการค้า คือ “CV”
- **ไม่อยู่**ในมาตรฐาน มอก. แต่ผลิตตาม IEC 502 หรือ JIS C-3606
- ตัวนำเป็นทองแดง และหุ้มด้วยฉนวนคลอสลิ้งค์โพลีเอททีลีน
- ใช้งานได้เหมือนสาย NYY มักนิยมใช้เป็นสายป้อนหรือสายเมน
- สามารถทนแรงดันได้สูง และ มีอุณหภูมิใช้งานได้สูง
- นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น งานติดตั้งมอเตอร์แรงดันสูง

สายทองแดงหุ้มฉนวน XLPE

0.6 /1 KV-CV ⟶ ใช้ในงานแรงดันสูงได้

0.6/1 kV. 90 ° C CROSS- LINKED POLYETHYLENE INSULATED PVC SHEATED POWERABLE



รายละเอียด และ ราคา สายไฟฟ้า (Specification & Price List)

- ดูได้จากคู่มือการใช้งานสายไฟฟ้า และ รายการราคา
- สามารถขอได้จากบริษัทผู้จำหน่าย มีลักษณะคล้ายๆกันทุกบริษัท
- eg. บ.บางกอกเคเบิล www.bangkokcable.com
  บ.ไทยยาซากิ www.**thaiyazaki**-electricwire.co.th

รายละเอียดสายไฟฟ้า

- สาย THW หนึ่งแกน
- ข้อมูล บ.ไทย-ยาซากิ

Nominal Cross Section area (mm^2)	Number and diameter of wire (No./mm)	Insulation Thickness (mm)	Max. Overall diameter (mm)	Minimum insulation resistance at 70 ^{0}C (MΩ-Km)	Maximum continuous current rating in free air (Ampere)	Cable weight (approx.) (Kg/Km)	Standard length (m)
0.5	1 / 0.80	0.8	3.0	0.0175	9	11	100/C
1	1 / 1.13	0.8	3.3	0.0141	13	17	100/C
1	7 / 0.43	0.8	3.5	0.0135	13	18	100/C
1.5	1 / 1.38	0.8	3.6	0.0123	17	22	100/C
1.5	7 / 0.53	0.8	3.8	0.0116	17	24	100/C
2.5	1 / 1.78	0.8	4.0	0.0102	23	32	100/C
2.5	7 / 0.67	0.8	4.3	0.0093	23	35	100/C
4	1 / 2.25	0.9	4.8	0.0094	32	49	100/C
4	7 / 0.85	0.9	5.2	0.0085	32	50	100/C
6	7 / 1.04	0.9	5.8	0.0073	43	75	100/C
10	7 / 1.35	1.1	7.2	0.0069	60	120	100/C
16	7 / 1.70	1.1	8.4	0.0057	83	180	100/C
25	7 / 2.14	1.3	10.5	0.0054	114	280	100/C
35	19 / 1.53	1.3	11.5	0.0047	141	380	100/C
50	19 / 1.78	1.5	13.5	0.0046	175	500	500/D
70	19 / 2.14	1.5	15.5	0.0039	221	700	500/D
95	19/ 2.52	1.7	18.0	0.0038	275	1,000	500/D
120	37 / 2.03	1.7	19.5	0.0034	321	1,200	500/D
150	37 / 2.25	1.9	21.5	0.0034	367	1,500	500/D
185	37 / 2.52	2.1	24.0	0.0034	424	1,900	500/D
240	61 / 2.25	2.3	27.0	0.0033	505	2,500	500/D
300	61 / 2.52	2.5	30.0	0.0032	581	3,100	500/D
400	61 / 2.85	2.7	33.5	0.0030	675	3,900	500/D
500	61 / 3.20	3.1	38.5	0.0031	781	5,000	500/D

C: Packing in coil.
D: Packing in drum.

รายการราคา (สาย THW)

TABLE OF PRICE LIST.
ตารางแสดงราคาตั้ง สายไฟฟ้า

Nominal cross sectional area (mm^2) ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)	Number of copper (No/mm) จำนวนเส้นลวด (เส้น)	Price (Bath per Metter) ราคา (บาท ต่อ เมตร)
0.5	1	1.90
1.0	1	2.80
1.5	1	3.70
2.5	1	5.30
4.0	1	8.00
6.0	7	13.60
10	7	21.50
16	7	32.40
25	7	51.00
35	19	71.00
50	19	99.00
70	19	133.00
95	19	175.00
120	37	222.00
150	37	280.00
185	37	340.00
240	61	455.00
300	61	560.00
400	61	710.00
500	61	910.00

การพิจารณาการเลือกใช้สายไฟฟ้า

- **พิกัดแรงดัน**
- **พิกัดกระแส**
  - วิธีการเดินสาย
  - อุณหภูมิแวดล้อม
- **แรงดันตก**
- **สายควบ**

การพิจารณาเรื่อง พิกัดแรงดัน

- ใช้สายไฟฟ้ากับระบบแรงดันไม่เกินที่ระบุไว้ตามชนิดของสายไฟฟ้า

  - มอก.11 – 2531 มีระดับ300 และ 750 V

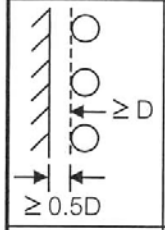
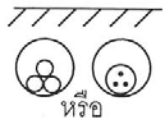
- ห้ามนำสาย **VAF** ไปใช้กับระบบ 3 เฟส 4 สาย 380 V

การพิจารณาเรื่อง พิกัดกระแส

พิกัดกระแสจะขึ้นอยู่กับ :

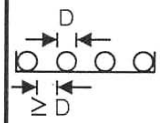
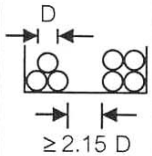
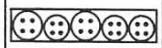
- วิธีการเดินสายไฟ
- อุณหภูมิโดยรอบ
- จำนวนไฟฟ้าที่เดินอยู่ร่วมกัน

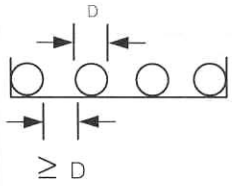
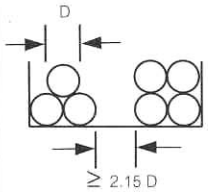
ตารางที่ 5-11

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 2)						
							
	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

วิธีการเดินสาย	ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง
ก	สายแกนเดียวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ
ข	สายแบนหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง
ค	สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่ออากาศ ในท่อฝังในปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน
ง	สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน
จ	สายแกนเดียวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

ตารางที่ 5-12

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์) วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 1)					
						
	ก	ข	ค	ง	จ	ฉ
1	-	-	-	-	11	10
1.5	-	-	-	-	14	13
2.5	-	-	-	-	18	17
4	-	-	-	-	24	23
6	-	-	-	-	31	29
10	-	-	-	-	43	41
16	-	-	-	-	56	53
25	-	-	-	-	77	73
35	-	-	-	-	95	90
50	169	110	143	101	119	113
70	217	141	183	130	148	140
95	271	176	230	163	187	178
120	316	205	267	190	214	203
150	364	237	308	218	251	238
185	424	276	360	254	287	273
240	509	331	432	305	344	327
300	592	444	504	414	400	393
400	696	522	593	487	-	-
500	818	613	699	572	-	-

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ชนิดของตัวนำและอุปกรณ์การติดตั้ง
ก		● สายแกนเดียววางเรียงกันชั้นเดียวบนรางเคเบิล มีระยะห่างระหว่างสายไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเส้นโตที่อยู่ใกล้กัน
ข		● สายแกนเดียววางบนรางเคเบิล ไม่มีระยะห่างระหว่างสายวางเรียงกันหรือซ้อนกัน
ค		● สายแกนเดียววางซ้อนกันเป็นสามเหลี่ยมบนรางเคเบิล มีระยะห่างระหว่างกลุ่มสายไม่น้อยกว่า 2.15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายแต่ละเส้น
ง		● สายแกนเดียววางบนรางเคเบิลมีฝาปิด ที่ไม่มีระยะห่างระหว่างสายวางเรียงกันหรือซ้อนกัน
จ		● สายหลายแกนวางบนรางเคเบิล วางเรียงกันหรือซ้อนกัน
ฉ		● สายหลายแกนวางบนรางเคเบิลมีฝาปิดทึบยาวเกิน 1.80 เมตร วางเรียงกันหรือซ้อนกัน

การใช้ตัวคูณปรับค่ากระแส

ใช้ตัวคูณปรับค่า ก็ต่อเมื่อ :

- กรณีมีการเดินสายในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกัน > 3 เส้น
- กรณีอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างจากอุณหภูมิใช้งาน

ตัวคูณลดกระแส กรณีมีจำนวนสายในช่องเดินสายเกิน 3 เส้น

ตารางที่ 5-10

จำนวนสาย	ตัวคูณ
4-6	0.82
7-9	0.72
10-20	0.56
21-30	0.48
31-40	0.44
เกิน 40	0.38

การนับจำนวนสายไฟฟ้าในช่องเดินสาย

- **ไม่นับ**ตัวนำนิวทรัลของระบบ 3 เฟส ซึ่งได้ออกแบบให้มีโหลดสมดุล แต่บางขณะมีกระแสโหลดไม่สมดุลไหลผ่าน

- **ให้นับ**ตัวนำนิวทรัลของระบบ 3 เฟส ซึ่งโหลดส่วนใหญ่ (มากกว่า 50 %) ประกอบด้วย

  - หลอดชนิดปล่อยประจุ (Electric Discharge) เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

  - อุปกรณ์เกี่ยวกับประมวลผลข้อมูล (Data Processing) หรือ

  - อุปกรณ์อื่น ที่มีลักษณะคล้ายกัน ที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิคส์ (Harmonic) ในตัวนำนิวทรัล

ตัวคูณลดกระแส กรณีอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างจาก 40°C หรือ 30°C

ตารางที่ 5-11, 5-12 ข้อ 3

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

ตัวอย่างที่ 1

สายขนาด 25 ตร.มม. วิธีเดินสายแบบ ค. ในท่อโลหะ ถ้าติดตั้งในสถานที่ที่มีอุณหภูมิโดยรอบประมาณ 48^{o}C จะมีพิกัดกระแสเท่าไร

วิธีทำ

- เปิดตาราง 5 -11 เพื่อหาพิกัดกระแส
- เนื่องจากอุณหภูมิ ไม่เท่ากับ 40^{o}C ต้องใช้ตัวคูณ

เปิดตารางที่ 5 -11 ค่าพิกัดกระแสของสาย 25 ตร.มม. เดินสายแบบ ค. ณ อุณหภูมิปกติ (ไม่เกิน 40 ^{o}C) มีค่าเท่ากับ **77 A**

ตารางที่ 5-11 ข้อ 3 ที่อุณหภูมิ 48^{o}C เดินสายแบบ ค. ต้องใช้ตัวคูณ

ขนาด = 0.82

ค่าพิกัดกระแสของสายไฟจะเหลือ

77 x 0.82 = 63.14 A

ตัวอย่างที่ 2

สายขนาด 25 ตร.มม. วิธีเดินสายแบบ ค. ในท่อโลหะ ถ้ามีจำนวนสายในท่อรวม 7 เส้น จะมีพิกัดกระแสเท่าไร

วิธีทำ

- เปิดตาราง 5-11 ค่าพิกัดกระแสของสาย 25 ตร.มม. (กรณีมีสายในท่อไม่เกิน 3 เส้น) ได้ **77 A**

- เปิดตาราง 5-10 สายในท่อมี 7 เส้น ใช้ตัวคูณ **0.72**

- ค่าพิกัดกระแสของสายไฟจะเหลือเพียง

77 x 0.72 = 55.44 A

ตัวอย่างที่ 3

สายขนาด 25 ตร.มม. วิธีเดินสายแบบ ค. ในท่อโลหะ ถ้ามีจำนวนสายในท่อรวม 7 เส้น และสถานที่ติดตั้งมีอุณหภูมิโดยรอบประมาณ 48 ^{o}C จะมีพิกัดกระแสเท่าไร

วิธีทำ

- เปิดตาราง 5-11 ค่าพิกัดกระแสของสาย 25 ตร.มม. (กรณีมีสายในท่อไม่เกิน 3 เส้น) ได้ **77 A**

- เปิดตาราง 5-10 สายในท่อมี 7 เส้น ใช้ตัวคูณ **0.72**

- เปิดตารางที่ 5-11 ข้อ 3 ที่อุณหภูมิ 48°C เดินสายแบบ ค. ต้องใช้ตัวคูณขนาด = 0.82

- ค่าพิกัดกระแสของสายไฟจะเหลือเพียง

77 x 0.72 x 0.82 = 45.46 A

ตัวอย่างที่ 4

จงหาค่าพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก.11-2531 ตารางที่ 4 ขนาด 70 ตร.มม. เมื่อใช้วิธีการเดินสายในท่อโลหะหนาปานกลาง (IMC) มีจำนวนสายในท่อรวม 5 เส้น โดยเป็น

- สายเส้นมีไฟของระบบ 3 เฟส จำนวน 3 เส้น
- สายนิวทรัล จำนวน 1 เส้น
- สายดิน จำนวน 1 เส้น

วิธีทำ

เนื่องจากไม่ทราบว่าสายนิวทรัลมีกระแสหรือไม่ จึงแยกคิดเป็น 2 กรณี

1. กรณีที่เป็นระบบ 3 เฟสแบบสมดุล (ไม่มีกระแสในสายนิวทรัล)

- กรณีนี้ ถือว่ามีสายที่มีกระแสไหลภายในท่อเพียง 3 เส้น
- สามารถหาค่าพิกัดกระแสจากตาราง 5-11 วิธีเดินสายแบบ ค. ขนาดสาย 70 ตร.มม.

ได้ค่าพิกัดกระแสของสาย = 148 A

2. กรณีที่เป็นระบบ 3 เฟสแบบไม่สมดุล (มีกระแสในสายนิวทรัล)

- กรณีนี้ ถือว่ามีสายที่มีกระแสไหลภายในท่อ 4 เส้น
- สามารถหาค่าพิกัดกระแสจากตาราง 5-11 วิธีเดินสายแบบ ค. ขนาดสาย 70 ตร.มม.

ได้ค่าพิกัดกระแสของสาย = 148 A

- สายจำนวน 4 เส้น จากตาราง 5-10 ใช้ตัวคูณขนาด 0.82

ได้ค่าพิกัดกระแสของสายลดลงเป็น

148 x 0.82 = **121.36** **A**

แรงดันตก

Voltage Drop

ผลของการเกิดแรงดันตก

- โหลดได้รับแรงดันไฟฟ้าไม่ถึงพิกัด
  - หลอดไฟลดความสว่างลง
  - หลอดประเภท discharge อาจจะไม่ติด
  - มอเตอร์มีประสิทธิภาพลดลง
- เกิดพลังงานสูญเสียในสายไฟมากขึ้น (I^2R)

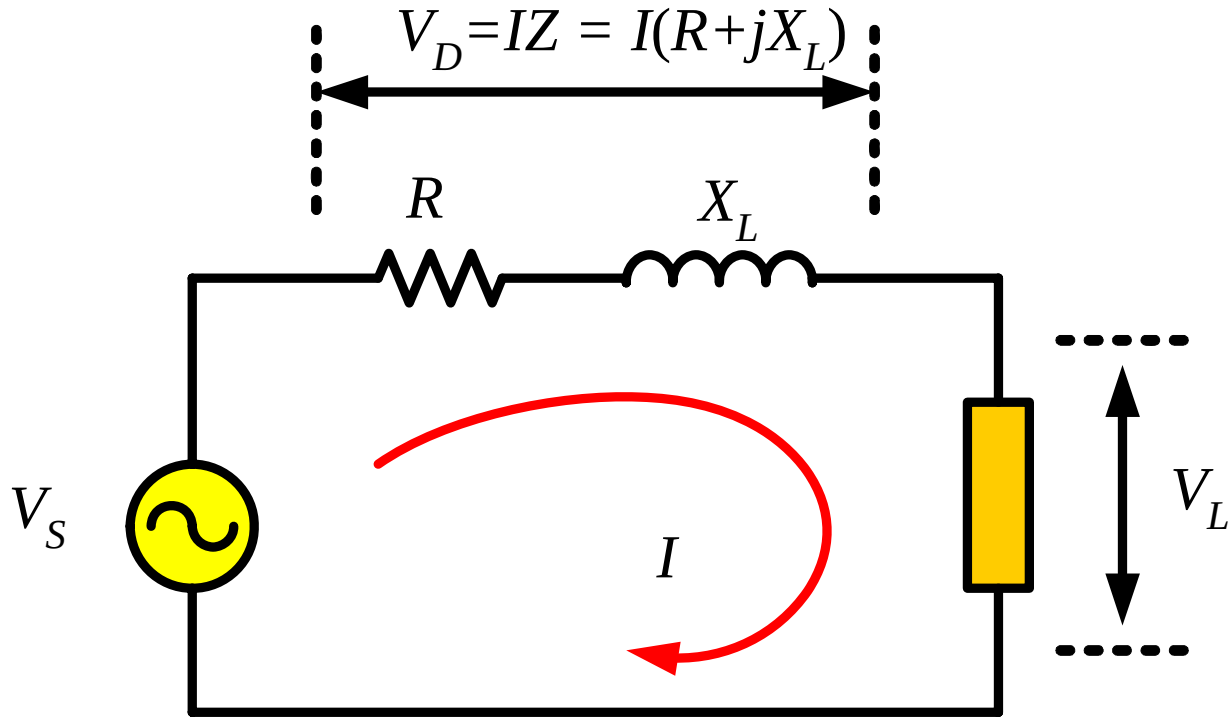
สาเหตุการเกิดแรงดันตก

- ขนาดของสายไฟเล็กเกินไป
- กระแสไหลในสายไฟฟ้ามากเกินไป

สัมพันธ์กัน

- ระยะทางของโหลดอยู่ไกลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ามาก

การพิจารณาค่าแรงดันตก



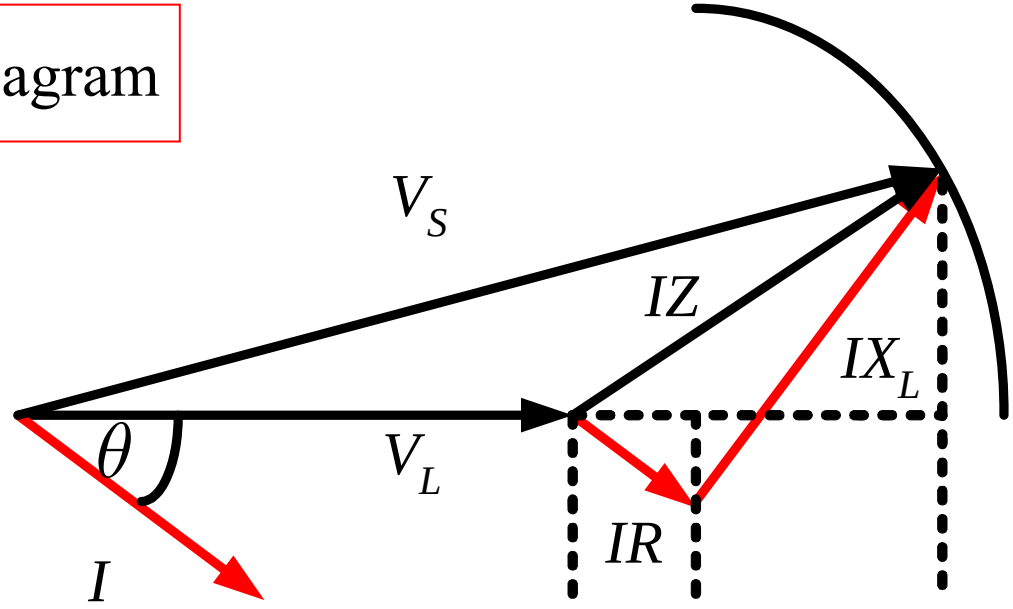
$Z = zl$

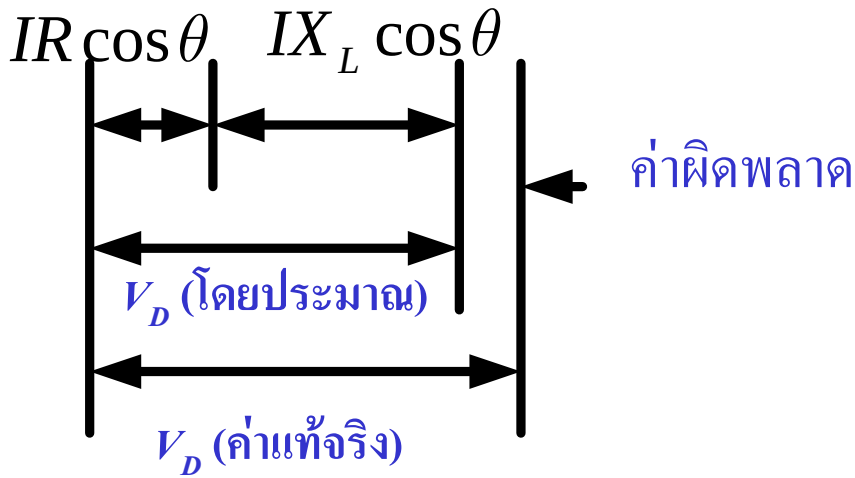
z — อิมพีแดนซ์ ต่อ ความยาว

l — ความยาว

การพิจารณาค่าแรงดันตก

Phaser Diagram





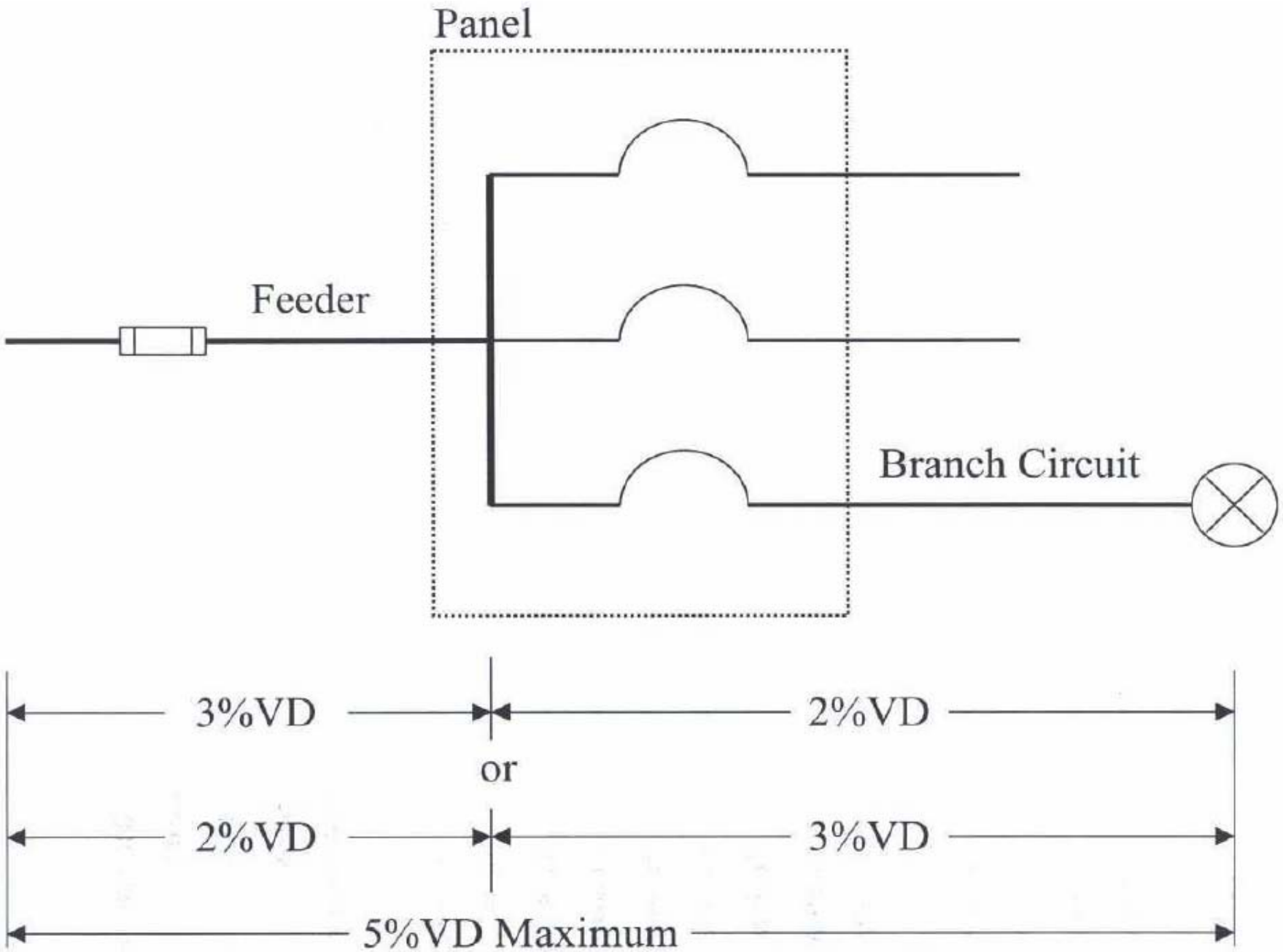
มาตรฐานเรื่องแรงดันตกในสาย

ว.ส.ท.

- ไม่ได้ระบุไว้ในมาตรฐาน (คาดว่าจะมีในอนาคต)

NEC 210 — 19 (a) FPN 4 และ 215-2 FPN 2

- แรงดันตกในวงจรย่อย (Branch Circuit) มีค่าไม่เกิน **3 %**
- แรงดันตกในสายป้อน (Feeder) มีค่าไม่เกิน **3 %**
- แรงดันตกรวมในวงจร ทั้งสายป้อนและวงจรย่อย มีค่าไม่เกิน **5 %**


Panel
Feeder
Branch Circuit
3%VD
2%VD
or
2%VD
3%VD
5%VD Maximum

การคำนวณ

ค่าแรงดันตกในสาย

$$V_D = I \times Z$$

$$V_D = I \times \left(R\cos\theta + X_L \sin\theta \right)$$

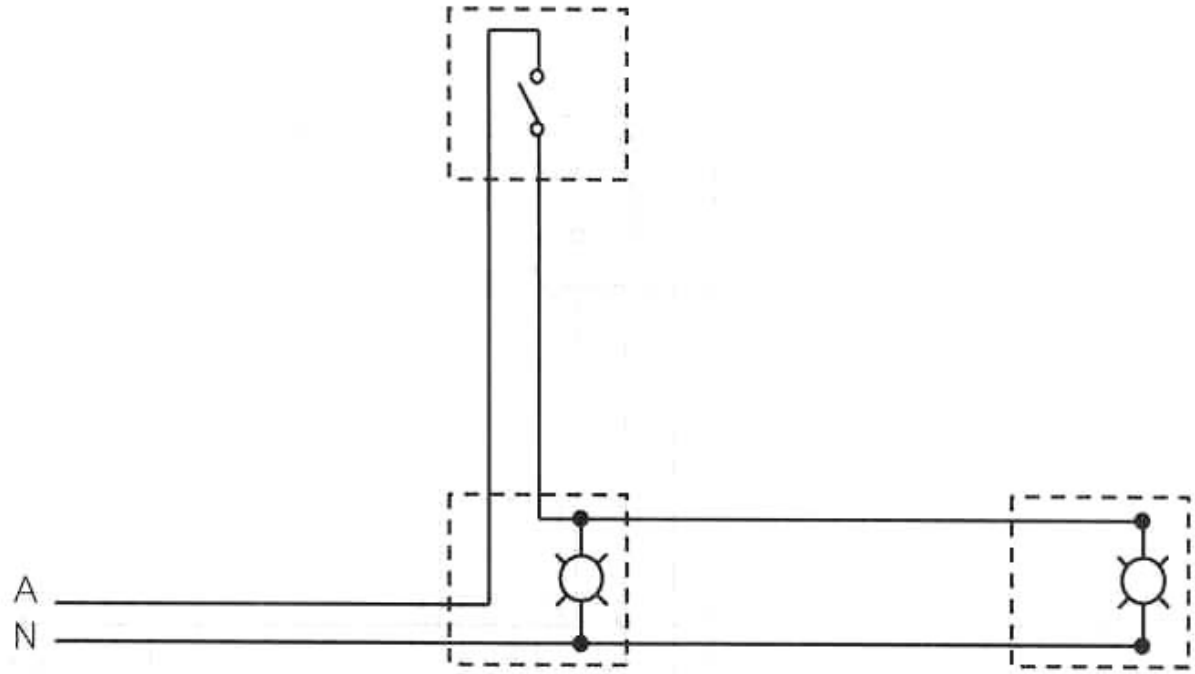
เมื่อ

R = ค่าความต้านทานในสายตลอดความยาวทางเดียว (โอห์ม)

X_L = ค่ารีแอคแตนซ์ในสายตลอดความยาวทางเดียว (โอห์ม)

$\cos\theta$ = ตัวประกอบกำลัง (power factor)

ระบบ 1 เฟส 2 สาย



- กระแสไหลในสายเฟส และสายนิวทรัล
- คิดค่า R และ X_L ทั้งในสายเฟส และสายนิวทรัล

ระบบ 1 เฟส 2 สาย

ค่าแรงดันตกในสายเป็น :

$$V_D = 2 \times I \times \left(R \cos\theta + X_L \sin\theta \right)$$

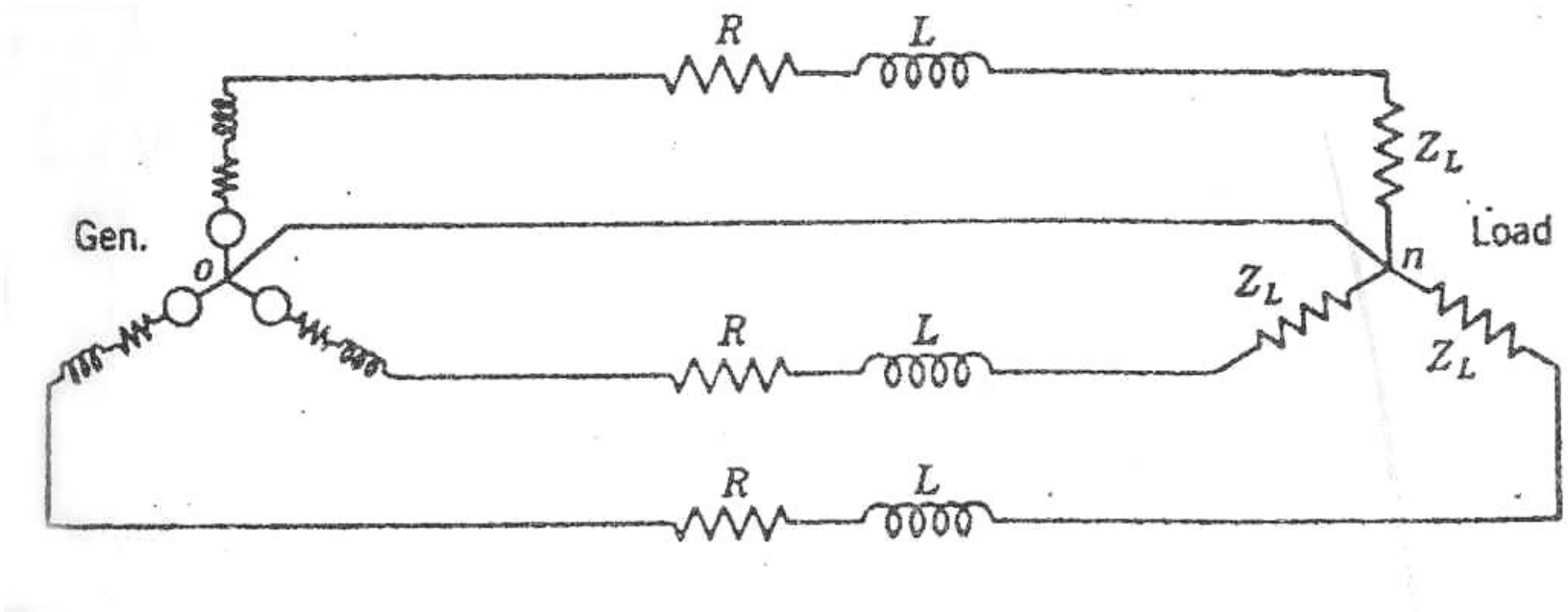
เมื่อ

$R = r.l$ = ค่าความต้านทานในสายตลอดความยาวทางเดียว (โอห์ม)

$X_L = x_L.l$ = ค่ารีแอคแตนซ์ในสายตลอดความยาวทางเดียว (โอห์ม)

$\cos\theta$ = ตัวประกอบกำลัง (power factor)

ระบบ 3 เฟส 4 สาย



- ระบบ 3 เฟสสมดุล กระแสในสายนิวทรัล เท่ากับ ศูนย์ (0)
- แรงดันระหว่างสาย(เฟส) = $\sqrt{3}\times$ แรงดันเฟส

ระบบ 3 เฟส 4 สาย

ค่าแรงดันตกในสาย (แรงดันระหว่างสาย) เป็น :

$$V_D = \sqrt{3} \times I \times \left(R \cos\theta + X_L \sin\theta \right)$$

$$V_D = 1.732 \times I \times \left(R \cos\theta + X_L \sin\theta \right)$$

เมื่อ

$R = r.l$ = ค่าความต้านทานในสายตลอดความยาวทางเดียว (โอห์ม)

$X_L = x_L.l$ = ค่ารีแอคแตนซ์ในสายตลอดความยาวทางเดียว (โอห์ม)

$\cos\theta$ = ตัวประกอบกำลัง (power factor)

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการคำนวณเรื่องแรงดันตก

กระแส (*I*)

- คำนวณจากขนาดโหลดที่ต่ออยู่
- ค่ากระแสพิกัดสูงสุดของสาย ตามตารางวิธีการเดินสาย

ตัวประกอบกำลัง

- หาค่าได้ยาก เนื่องจากโหลดบางชนิดมีค่าไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงตามการใช้งาน เช่น โหลดมอเตอร์ไฟฟ้า
- ประมาณค่าโดยทั่วไปที่ค่าตัวประกอบกำลัง 0.8 lagging

ค่า R และ X_L ของสายไฟฟ้า

- สาย THW
- สายชนิดอื่น อาจใช้ค่านี้ประมาณได้

ตารางที่ 2.8 อิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าเดินในท่อสำหรับสายตาม มอก.11-2531 ตารางที่ 4

ขนาดสายไฟ (ตร.มม.)	R	X_L	
	ความต้านทานกระแสสลับที่ 70 °C (mΩ / m.)	รีแอคแตนซ์ในท่ออโลหะ (mΩ / m.)	รีแอคแตนซ์ในท่อโลหะหรือเป็นเคเบิล (mΩ / m.)
0.5	42.8976	0.14230	0.17788
1	21.5680	0.12660	0.15825
1.5	14.4184	0.11950	0.14938
2.5	8.8297	0.11013	0.13766
4	5.4933	0.10686	0.13358
6	3.6701	0.10269	0.12836
10	2.1806	0.09988	0.12485
16	1.3703	0.09508	0.11885
25	0.8664	0.09464	0.11830
35	0.6250	0.08665	0.10831
50	0.46197	0.08722	0.10903
70	0.32096	0.08433	0.10541
95	0.23230	0.08345	0.10431
120	0.18527	0.08002	0.10003
150	0.15143	0.07969	0.09961
185	0.12258	0.07948	0.09935
240	0.09555	0.07788	0.09735
300	0.07752	0.07738	0.09673
400	0.06452	0.07658	0.09573
500	0.05382	0.07723	0.09654

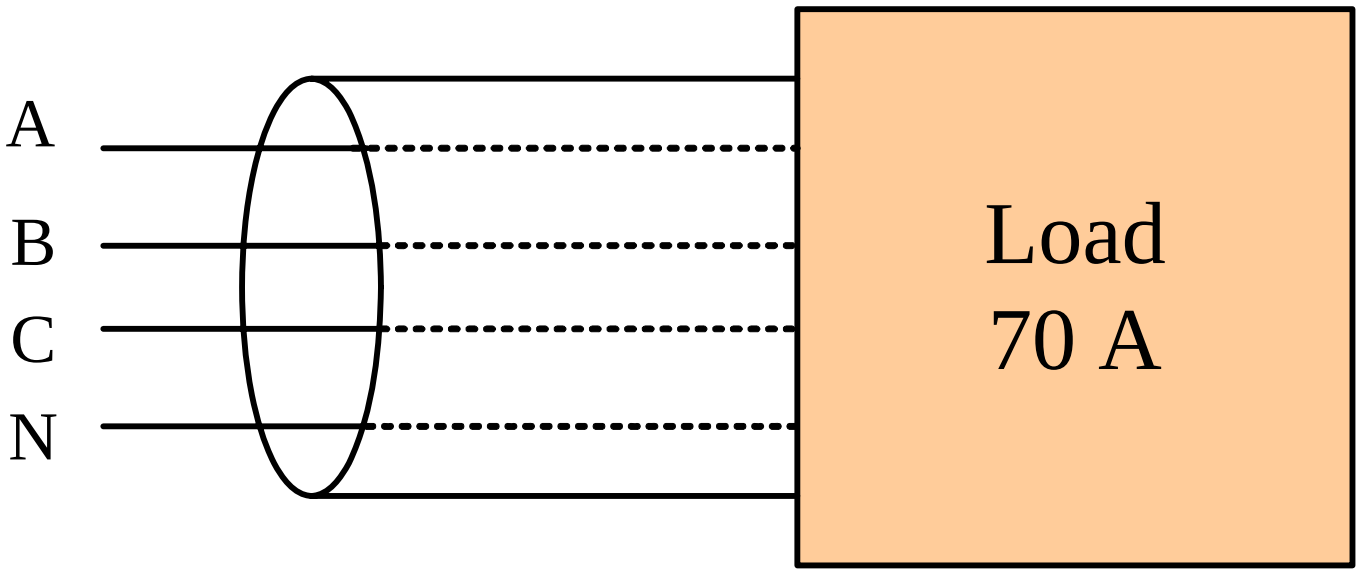
ค่า R และ X_L ของบัสเวย์ (BusWay)

ตารางที่ 2.9 อิมพีแดนซ์ของบัสเวย์

พิกัดกระแส (แอมแปร์)	ชนิดตัวนำทองแดง			ชนิดตัวนำอะลูมิเนียม		
	ความต้านทาน (mΩ / m.)	รีแอคแตนซ์ (mΩ / m.)	อิมพีแดนซ์ (mΩ / m.)	ความต้านทาน (mΩ / m.)	รีแอคแตนซ์ (mΩ / m.)	อิมพีแดนซ์ (mΩ / m.)
225	0.0806	0.0626	0.1064	0.1306	0.0472	0.1389
400	0.0446	0.0596	0.0744	0.0620	0.0590	0.0856
600	0.0370	0.0590	0.0744	0.0620	0.0590	0.0586
800	0.0344	0.0519	0.0623	0.0394	0.0344	0.0523
1,000	0.0233	0.0344	0.0415	0.0262	0.0219	0.0341
1,200	0.0180	0.0248	0.0306	0.0236	0.0202	0.0311
1,350	0.0131	0.0197	0.0237	0.0213	0.0191	0.0286
1,600	0.0118	0.0186	0.0220	0.0180	0.0169	0.0247
2,000	0.0108	0.0169	0.0201	0.0177	0.0133	0.0221
2,500	0.0105	0.0169	0.0199	0.0177	0.0093	0.0200
3,000	0.0098	0.0169	0.0195	0.0177	0.0049	0.0184
4,000	0.0098	0.0169	0.0195	-	-	-
5,000	0.0065	0.0106	0.0124	-	-	-

ตัวอย่าง 5

สายป้อนขนาด 4 x 35 ตร.มม. เดินในท่อโลหะในอากาศระยะทาง 120 เมตร จะมีแรงดันตกคร่อมในสายไฟเท่าใด ถ้าสายป้อนชุดนี้จ่ายโหลดที่ 70 แอมแปร์ ระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส 4 สาย 380/220 V 50 Hz



กรณีคิดที่ค่า P.F. = 0.8 lagging

จะได้ $\cos\theta = 0.8$ และ $\sin\theta = 0.6$

เนื่องจากเป็นวงจร 3 เฟส จะมีค่าแรงดันตกเป็น

$$V_D = 1.732 \times I \times \left(R\cos\theta + X_L \sin\theta \right)$$

- สายยาว 120 เมตร
- ค่าความต้านทานต่อความยาวมีค่าเป็น 0.625×10^{-3} [Ohm/m]
- ค่ารีแอกแตนซ์ต่อความยาวมีค่าเป็น 0.10831×10^{-3} [Ohm/m]

จะได้ ค่า R และ X_L เป็น

$$R = \left(0.625 \times 10^{-3}\right) \times 120$$

$$= 0.075 \quad \Omega$$

$$X_L = \left(0.10831 \times 10^{-3}\right) \times 120$$

$$= 0.013 \quad \Omega$$

จะมีค่าแรงดันตกเป็น

$$V_D = 1.732 \times 70 \times \left(0.075 \times 0.8 + 0.013 \times 0.6\right)$$

$$= 8.22 \quad \text{V}$$

สามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้เป็น :

$$= \frac{8.22 \times 100}{380}$$

$$= 2.16 \ \%$$

กรณีคิดที่ค่า P.F. = 1.0 (unity p.f.)

จะได้ $\cos\theta = 1.0$ และ $\sin\theta = 0.0$

$$V_D = 1.732 \times 70 \times (0.075 \times 1.0 + 0.013 \times 0.0)$$

$$= 9.09 \quad \text{V}$$

สามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้เป็น :

$$= \frac{9.09 \times 100}{380}$$

$$= 2.39 \quad \%$$

การหาระยะทางที่เดินสายได้ไกลที่สุด โดยที่เกิดแรงดันตก ไม่เกินมาตรฐาน

ระบบ 1 เฟส 2 สาย

จาก $$V_D = 2 \times I \times \left(R\cos\theta + X_L \sin\theta \right)$$

จะได้ $$V_D = 2 \times I \times l \times \left(r\cos\theta + x_L \sin\theta \right)$$

$$l = \frac{V_D}{2 \times I \times \left(r\cos\theta + x_L \sin\theta \right)}$$

เมื่อ r = ค่าความต้านทานในสาย ต่อ ความยาวทางเดียว (โอห์ม/m)

x_L = ค่ารีแอคแตนซ์ในสาย ต่อ ความยาวทางเดียว (โอห์ม/m)

ระบบ 3 เฟส 4 สาย

$$l = \frac{V_D}{\sqrt{3} \times I \times \left(r \cos\theta + x_L \sin\theta \right)}$$

เมื่อ r = ค่าความต้านทานในสาย ต่อ ความยาวทางเดียว (โอห์ม/m)

x_L = ค่ารีแอคแตนซ์ในสาย ต่อ ความยาวทางเดียว (โอห์ม/m)

l = ระยะทางที่เดินสายได้ไกลสุด (เมตร)

ตัวอย่างที่ 6

จากสายขนาด 35 ตร.มม. จากตัวอย่างที่ 5 จะเดินได้ไกลที่สุดกี่เมตร จึงจะมีแรงดันตกในสายไฟฟ้าไม่เกิน 2 % ตามมาตรฐาน

วิธีทำ ระบบ 3 เฟส แรงดัน 380 V

แรงดันตก 2 % คิดเป็น $= \frac{2}{100} \times 380$

$= 7.6 \quad V$

จาก

$$l = \frac{V_D}{\sqrt{3} \times I \times \left(r \cos\theta + x_L \sin\theta \right)}$$

จะได้

$$l = \frac{7.6}{\sqrt{3} \times 70 \times \left[\left(0.625 \times 10^{-3} \times 0.8 \right) + \left(0.1083 \times 10^{-3} \times 0.6 \right) \right]}$$

$$= 111 \quad \text{เมตร}$$

สายป้อน 35 ตร.มม. รับกระแส 70 A จะเดินสายได้ไกลสุดไม่เกิน 111 เมตร จึงทำให้เกิดแรงดันตกในสายไม่เกิน 2 %

สามารถนำสมการแรงดันตกไปสร้างตารางใช้งานได้

- ระบบ 1 เฟส 2 สาย 220 V ที่ค่า P.F. 0.8 lagging

ที่แรงดันตกไม่เกิน 2 %

$$l = \frac{4.4}{2 \times I \times \left(r \times 0.8 + x_L \times 0.6 \right)}$$

ที่แรงดันตกไม่เกิน 3 %

$$l = \frac{6.6}{2 \times I \times \left(r \times 0.8 + x_L \times 0.6 \right)}$$

ตารางที่ 2.10 ระยะทางโหลดสูงสุด(เมตร) ของสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531ตารางที่ 4 เดินในท่อโลหะ สำหรับค่าแรงดันตกไม่เกิน 2% (4.4 V.) ระบบ 1 เฟส 2 สาย 220 V.

โหลดกระแสสลับ 1 เฟส 2 สาย 220 V. 50 Hz ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 2%									
กระแส (Amp.)	ขนาดสาย (ตร.มม.)								
	70	50	35	25	16	10	6	4	2.5
10	688	506	389	288	188	121	73	49	31
15	458	337	260	192	126	81	49	33	21
20	344	253	195	144	94	60	37	25	
30	229	169	130	96	63	40	24		
40	172	126	97	72	47	30			
50	138	101	78	58	38				
60	115	84	65	48					
70	98	72	56	41					
80	86	63	49						
90	76	56	43						
100	69	51							
110	63	46							
120	57								
130	53								
140	49								

ตารางที่ 2.11 ระยะทางโหลดสูงสุด(เมตร) ของสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531ตารางที่ 4 เดินในท่อโลหะ สำหรับค่าแรงดันตกไม่เกิน 3% (6.6 V.) ระบบ 1 เฟส 2 สาย 220 V.

โหลดกระแสสลับ 1 เฟส 2 สาย 220 V. 50 Hz ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 3%									
กระแส (Amp.)	ขนาดสาย (ตร.มม.)								
	70	50	35	25	16	10	6	4	2.5
10	1,031	759	584	432	283	181	110	74	46
15	688	506	389	288	188	121	73	49	31
20	516	379	292	216	141	91	55	37	
30	344	253	195	144	94	60	37		
40	258	190	146	108	71	45			
50	206	152	117	86	57				
60	172	126	97	72					
70	147	108	83	62					
80	129	95	73						
90	115	84	65						
100	103	76							
110	94	69							
120	86								
130	79								
140	74								

สามารถนำสมการแรงดันตกไปสร้างตารางใช้งานได้ (2)

- ระบบ 3 เฟส 4 สาย 380 V ที่ค่า P.F. 0.8 lagging

ที่แรงดันตกไม่เกิน 2 %

2 % ของ 380 V

$$l = \frac{7.6}{\sqrt{3} \times I \times (r \times 0.8 + x_L \times 0.6)}$$

ที่แรงดันตกไม่เกิน 3 %

$$l = \frac{11.4}{\sqrt{3} \times I \times (r \times 0.8 + x_L \times 0.6)}$$

ตารางที่ 2.12 ระยะทางโหลดสูงสุด(เมตร) ของสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531ตารางที่ 4 เดินในท่อโลหะ สำหรับค่าแรงดันตกไม่เกิน 2% (7.6 V.) ระบบ 3 เฟส 4 สาย 380 V.

โหลดกระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย 380 V. 50 Hz ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 2%									
กระแส (Amp.)	ขนาดสาย (ตร.มม.)								
	70	50	35	25	16	10	6	4	2.5
10	1,371	1,009	777	574	376	241	146	98	61
15	914	672	518	383	251	161	97	65	41
20	686	504	388	287	188	121	73	49	
30	457	336	259	191	125	80	49		
40	343	252	194	144	94	60			
50	274	202	155	115	75				
60	229	168	129	96					
70	196	144	111	82					
80	171	126	97						
90	152	112	86						
100	137	101							
110	125	92							
120	114								
130	105								
140	98								

3 เฟส ที่ 2 %

ตารางที่ 2.12 (ต่อ) ระยะทางโหลดสูงสุด(เมตร) ของสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531ตารางที่ 4 เดินในท่อโลหะ สำหรับค่าแรงดันตกไม่เกิน 2% (7.6 V.) ระบบ 3 เฟส 4 สาย 380 V.

โหลดกระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย 380 V. 50 Hz ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 2%									
กระแส (Amp.)	ขนาดสาย (ตร.มม.)								
	500	400	300	240	185	150	120	95	70
100	437	401	366	325	278	243	211	177	137
120	364	334	305	271	232	202	176	147	114
140	312	286	261	232	199	173	151	126	98
160	273	250	229	203	174	152	132	110	
180	243	223	203	181	155	135	117	98	
200	218	200	183	163	139	121	105		
250	175	160	146	130	111	97			
300	146	134	122	108					
350	125	114	104						
400	109	100	91						
450	97	89							
500	87								

3 เฟส ที่ 2 %

ตารางที่ 2.13 ระยะทางโหลดสูงสุด(เมตร) ของสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531ตารางที่ 4 เดินใน ท่อโลหะ สำหรับค่าแรงดันตกไม่เกิน 3% (11.4 V.) ระบบ 3 เฟส 4 สาย 380 V.

โหลดกระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย 380 V. 50 Hz ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 3%									
กระแส	ขนาดสาย (ตร.มม.)								
(Amp.)	70	50	35	25	16	10	6	4	2.5
10	2,057	1,513	1,165	861	564	362	218	147	92
15	1,371	1,009	777	574	376	241	146	98	61
20	1,029	757	582	431	282	181	109	74	
30	686	504	388	287	188	121	73		
40	514	378	291	215	141	90			
50	411	303	233	172	113				
60	343	252	194	144					
70	294	216	166	123					
80	257	189	146						
90	229	168	129						
100	206	151							
110	187	138							
120	171								
130	158								
140	147								

3 เฟส ที่ 3 %

ตารางที่ 2.13 (ต่อ) ระยะทางโหลดสูงสุด(เมตร) ของสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531ตารางที่ 4 เดินในท่อโลหะ สำหรับค่าแรงดันตกไม่เกิน 3% (11.4 V.) ระบบ 3 เฟส 4 สาย 380 V.

โหลดกระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย 380 V. 50 Hz ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 3%									
กระแส (Amp.)	ขนาดสาย (ตร.มม.)								
	500	400	300	240	185	150	120	95	70
100	655	601	548	488	417	364	316	265	206
120	546	501	457	407	348	303	263	221	171
140	468	429	392	348	298	260	226	189	147
160	409	376	343	305	261	227	198	166	
180	364	334	305	271	232	202	176	147	
200	328	301	274	244	209	182	158		
250	262	240	219	195	167	146			
300	218	200	183	163					
350	187	172	157						
400	164	150	137						
450	146	134							
500	131								

3 เฟส ที่ 3 %

ตัวอย่างที่ 7

ต้องการเดินสายไฟ ตาม มอก.11-2531 ตารางที่ 4 ในท่อโลหะบาง (EMT) เมื่อโหลดมีขนาด 30 A ระบบไฟฟ้าเป็นแบบ 1 เฟส 2 สาย 220 V 50 Hz ที่แรงดันตกไม่เกิน 2 % ระยะทาง 60 เมตร ควรจะเลือกใช้สายไฟขนาดเท่าไร

หาระยะทางได้จาก ตารางแรงดันตก 2 % ของระบบ 1 เฟส 2 สาย

- พิจารณากระแสที่ 30 A
- พิจารณาระยะทางให้ มากกว่าหรือเท่ากับ 60 เมตร

โหลดกระแสสลับ 1 เฟส 2 สาย 220 V. 50 Hz ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 2%									
กระแส (Amp.)	ขนาดสาย (ตร.มม.)								
	70	50	35	25	16	10	6	4	2.5
10	688	506	389	288	188	121	73	49	31
15	458	337	260	192	126	81	49	33	21
20	344	253	195	144	94	60	37	25	
30	229	169	130	96	63	40	24		
40	172	126	97	72	47	30			

เลือกใช้สายขนาด 16 ตร.มม.

กรณีไม่คิดเรื่องแรงดันตก

- ที่พิกัดกระแส 30 A วางในท่อโลหะ จากตารางที่ 5-11 พบว่า

ใช้สายไฟฟ้าขนาด 6 ตร.มม. (31 A)

** ซึ่งเมื่อติดตั้งจริงๆแล้ว มักจะทำให้เกิดปัญหากับโหลดได้

ตัวอย่างที่ 8

โหลดขนาด 10 A 1 เฟส ระยะทาง 40 เมตร ต้องการให้มีแรงดันตกไม่เกิน 1 % ควรเลือกใช้สายขนาดใด

วิธีทำ

สามารถใช้ตารางแรงดันตก 2 % ของระบบ 1 เฟส 2 สาย มาพิจารณาได้ โดยค่าระยะทางของสายตามตารางจะต้องลดลงครึ่งหนึ่ง

- แรงดันตก 1 % พิจารณาที่ระยะ 40 เมตร
- แรงดันตก 2 % พิจารณาที่ระยะ 80 เมตร

โหลดกระแสสลับ 1 เฟส 2 สาย 220 V. 50 Hz. ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 2%

กระแส (Amp.)	ขนาดสาย(ตร.มม.)								
	70	50	35	25	16	10	6	4	2.5
10	688	506	389	288	188	121	73	49	31
15	458	337	260	192	126	81	49	33	21
20	344	253	195	144	94	60	37	25	
30	229	169	130	96	63	40	24		
40	172	126	97	72	47	30			
50	138	101	78	58	38				
60	115	84	65	48					
70	98	72	56	41					
80	86	63	49						
90	76	56	43						
100	69	51							
110	63	46							
120	57								
130	53								
140	49								

เลือกใช้สายขนาด 10 ตร.มม.

ที่แรงดันตก 1% จะได้ระยะทาง = $121 \times \frac{1}{2}$

= 60.50 เมตร

ตัวอย่างที่ 9

โหลดขนาด 172 A ระบบ 3 เฟส ระยะทาง 270 เมตร ต้องการให้มีแรงดันตกไม่เกิน 5 % ควรเลือกใช้สายขนาดเท่าไร

วิธีทำ

เนื่องจากค่ากระแส 172 A ไม่ปรากฏในตาราง สามารถใช้ตารางหาระยะทางของสายที่แรงดันตก 2 % มาพิจารณา

แรงดันตก 5 %	คิดที่ระยะ	270	เมตร
แรงดันตก 2 %	คิดที่ระยะ	$\frac{270\times 2}{5}=108$	เมตร

โหลดกระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย 380 V. 50 Hz ที่ P.F. = 0.8 lagging ที่ 2%									
กระแส	ขนาดสาย (ตร.มม.)								
(Amp.)	500	400	300	240	185	150	120	95	70
100	437	401	366	325	278	243	211	177	137
120	364	334	305	271	232	202	176	147	114
140	312	286	261	232	199	173	151	126	98
160	273	250	229	203	174	152	132	110	
180	243	223	203	181	155	135	117	98	
200	218	200	183	163	139	121	105		
250	175	160	146	130	111	97			
300	146	134	122	108					
350	125	114	104						
400	109	100	91						
450	97	89							
500	87								

- ค่ากระแส 172 A ค่าใกล้เคียงคือ 160 และ 180 A
- ระยะแรงดันตก 108 เมตร เลือกใช้สาย 120 mm^2

ตรวจสอบ

สายขนาด 120 mm^2

กระแส 160 A ได้ระยะทางไกลสุด 132 เมตร

กระแส 180 A ได้ระยะทางไกลสุด 117 เมตร

กระแส 172 A ได้ระยะทางไกลสุด X เมตร

ประมาณค่า (Interpolate)

$$\frac{160-180}{160-172}=\frac{132-117}{132-X}$$

แก้สมการได้

$\longrightarrow$ $X = 126$ เมตร

ระยะทางไกลสุดในกรณีคิดแรงดันตก 5 %

$$\text{ระยะทางไกลสุด} = 126 \times \frac{5}{2}$$

$$= 315 \quad \text{เมตร}$$

ระยะทางไกลสุดที่ได้ มากกว่า 270 เมตร เพราะฉะนั้นสามารถใช้สายขนาด 120 mm^2 ได้

สายควบ

(Multiple Conductor)

สายควบ คือ ??

- การนำสายมาเดินควบกันหลายๆเส้น ต่อ เฟส
- เนื่องจากค่าพิกัดกระแสของสายเส้นเดียวไม่เพียงพอที่จะรองรับกระแสได้
- มักพบตามการเดินสายเมนแรงต่ำจากหม้อแปลงไปยังตู้ MDB

ข้อดี

- พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟมากขึ้น สามารถรับกระแสได้มากขึ้น
- บางครั้งราคาของสายควบอาจจะถูกกว่าราคาของสายขนาดเส้นใหญ่เส้นเดียว

ข้อเสีย

- ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง ← ท่ออาจมากขึ้น
  (การเดินสายในท่อร้อยสายทำได้ยากกว่า)

- ถ้าใช้สายคนละขนาดกันจะทำให้เกิดกระแสไหลมากเกินไปในสายเส้นใดเส้นหนึ่งได้

- กรณีถ้าขั้วสายเส้นใดเส้นหนึ่งไม่แน่นหนา จะทำให้สายอื่นๆรับกระแสมากเกินไปได้

การใช้งานสายควบ

- ใช้เป็นสายเมนแรงต่ำจากหม้อแปลงไปยังตู้ MDB
- ใช้เป็นสายป้อน
- จะต้องพิจารณาเรื่องของราคา และความยากง่ายในการติดตั้ง รวมทั้งการบำรุงรักษาด้วย

ข้อพิจารณาการใช้สายควบ**

- สายไฟจะต้องมีความยาวเท่ากัน
- สายไฟจะต้องเป็นสายชนิดเดียวกัน เช่น ต้องเป็นสายตัวนำทองแดงเหมือนกันเท่านั้น ห้ามใช้สายทองแดงไปควบกับสายอลูมิเนียม
- สายไฟต้องมีขนาดเท่ากัน
- ฉนวนของสายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดเดียวกัน

ข้อพิจารณาการใช้สายควบ (2)

- ลักษณะการติดตั้งและการต่อสายไฟฟ้าเหมือนกัน
- ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. อนุญาตให้ใช้สายควบได้ สำหรับสายไฟขนาด 50 ตร.มม.ขึ้นไปเท่านั้น

ตัวอย่างที่ 10

จงหาค่าของกระแสที่ไหลในสายแต่ละเส้นของสายควบ ขนาด 35 mm^2 และ 70 mm^2 ยาว 10 เมตร ซึ่งเดินในท่อโลหะเมื่อมีกระแสในวงจรเป็น 240 A

สามารถใช้เป็นสายควบ ได้หรือไม่ !!!!

จากตาราง ว.ส.ท. 5-11 พิกัดกระแสของสาย เท่ากับ

- สาย 35 ตร.มม. พิกัดกระแส 95 A
- สาย 70 ตร.มม. พิกัดกระแส 148 A

ถ้าดูเฉพาะพิกัดกระแสจากตาราง ก็น่าจะนำกระแสได้

แต่ต้องพิจารณาขนาดกระแสที่ไหลในสายแต่ละเส้น

วิธีการพิจารณา

หาอิมพีแดนซ์ของสาย

สาย 35 mm^2

$$Z_1 = 10 \times (0.62500 + j0.10831)$$

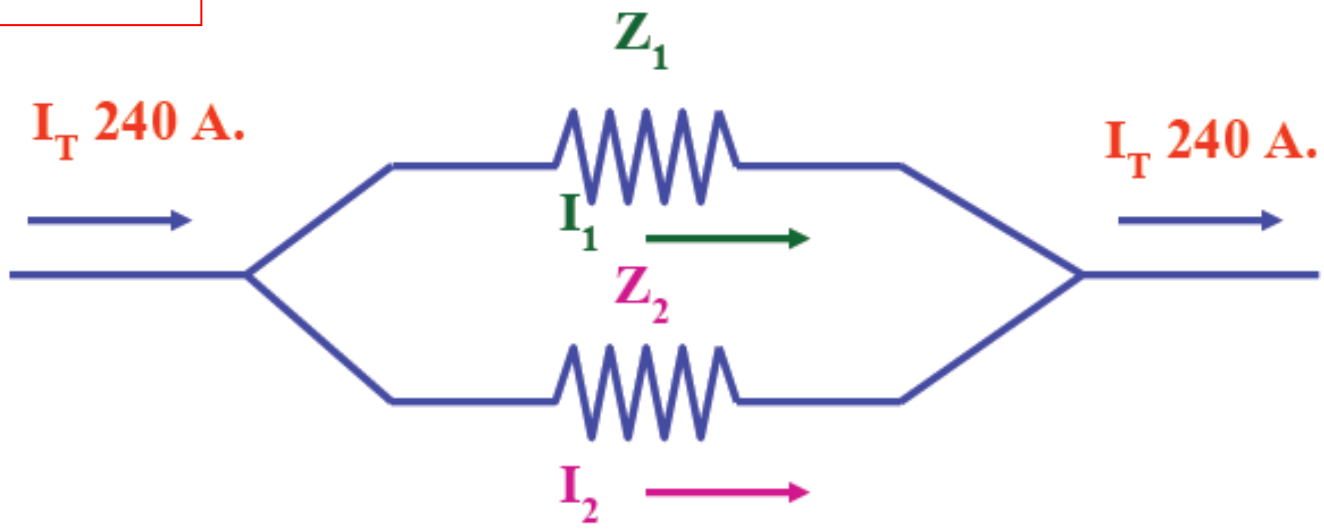
$$= 6.25 + j1.0831 \quad m\Omega$$

สาย 70 mm^2

$$Z_2 = 10 \times (0.32096 + j0.10541)$$

$$= 3.2096 + j1.0541 \quad m\Omega$$

วงจรเทียบเท่า



$$I_1 = \frac{I_T \times Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$I_2 = \frac{I_T \times Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

สาย 35 ตร.มม.

จาก $$I_1 = \frac{I_T \times Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$= \frac{240 \times (3.2096 + j1.0541)}{(6.25 + j1.0831) + (3.2096 + j1.0541)}$$

$$= \frac{770.304 + j252.984}{9.1596 + j2.1372}$$

$$= 83.62 \quad \text{A}$$

พิกัดกระแสตามตาราง = 95 A

สาย 70 ตร.มม.

จาก $$I_2 = \frac{I_T \times Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$= \frac{240 \times (6.25 + j1.0831)}{(6.25 + j1.0831) + (3.2096 + j1.0541)}$$

$$= \frac{1500 + j259.944}{9.1596 + j2.1372}$$

$$= 156.98 \quad \text{A}$$

พิกัดกระแสตามตาราง = 148 A

$$I_1 + I_2 = 83.62 + 156.98$$

$$= 240.6 \quad \text{A}$$

แต่ว่า สาย 70 ตร.มม. จะรับกระแสพิกัดเกินพิกัด

เกิดความร้อนสูง ฉนวนอาจลุกไหม้ได้

ข้อแนะนำเพิ่มเติม
สำหรับการติดตั้งสายไฟฟ้า

Induction Heating

- เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำขึ้นบริเวณเครื่องห่อหุ้ม หรือ ท่อสายโลหะ
- กระแสเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดความร้อน

สาเหตุการเกิด Induction Heating

- เมื่อมีกระแสสลับไหลในตัวนำ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ
- สนามแม่เหล็กจะไปเหนี่ยวนำท่อสายโลหะ ในอัตรา 100 ครั้ง / วินาที (ระบบไฟ 50 Hz)
- สนามแม่เหล็กที่ตัดกับท่อ จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ท่อ

Hysteresis Heating

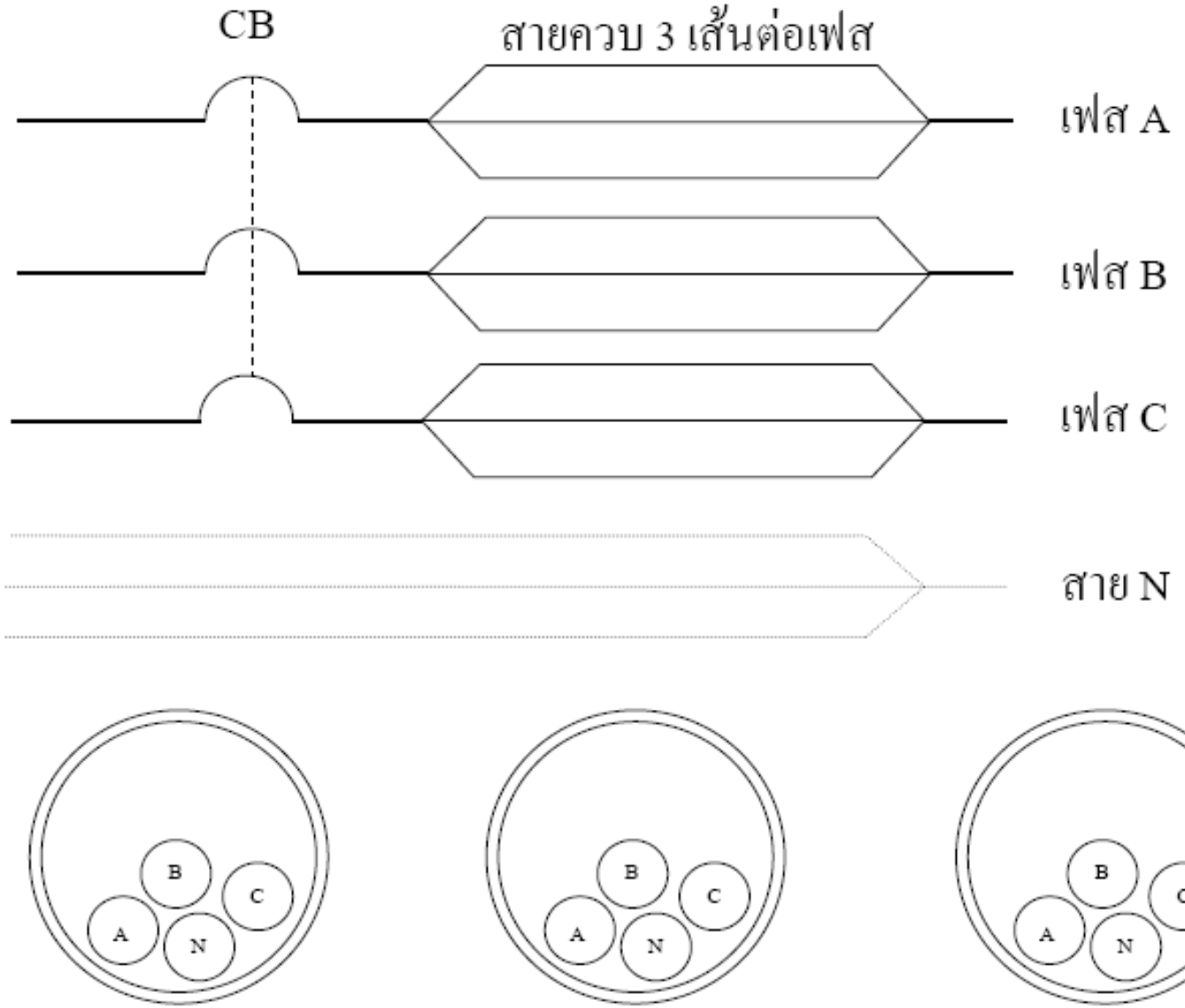
- เกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้นบริเวณแผ่นโลหะ (ที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก) ที่มีสายไฟฟ้าเดินผ่านช่องโลหะนั้น
- โมเลกุลภายในแผ่นเหล็ก เกิดการกลับขั้วไปมาตลอดมา
- เกิดความร้อนที่แผ่นโลหะ

วิธีป้องกัน

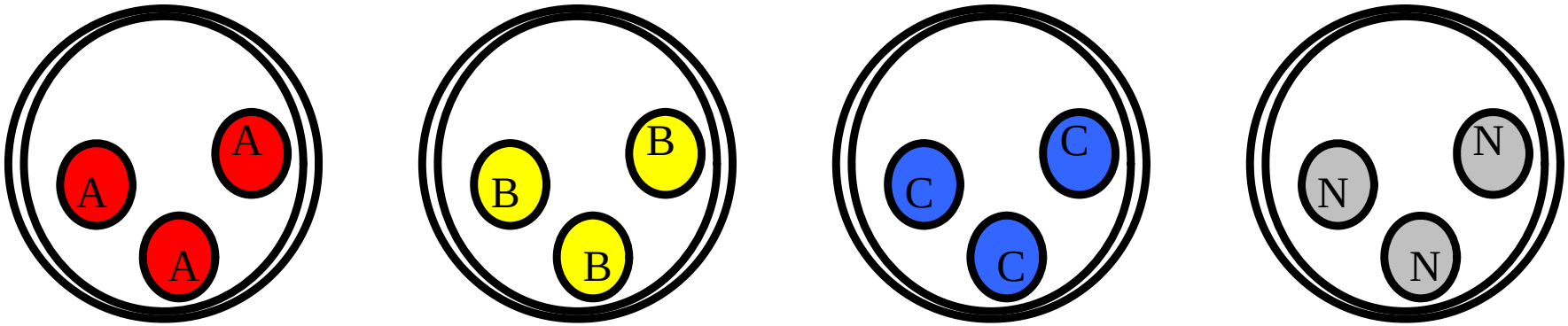
ตามมาตรฐาน วสท. และ NEC มีข้อกำหนดดังนี้

1. เมื่อติดตั้งสายสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสในเครื่องห่อหุ้ม หรือ ช่องเดินสายที่เป็นโลหะ ต้องจัดทำไม่ให้เกิดความร้อนแก่โลหะที่ล้อมรอบเนื่องจากผลของการเหนี่ยวนำ เช่น

- การรวมเส้นสายไฟทุกเส้นและตัวนำนิวทรัล (ถ้ามี) รวมทั้งสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้เครื่องห่อหุ้มหรือช่องเดินสายเดียวกัน
- ในการเดินสายควบและใช้ท่อร้อยสายหลายท่อ ในแต่ละท่อต้องมีครบทั้งสายเส้นไฟ ตัวนำนิวทรัล และสายดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า



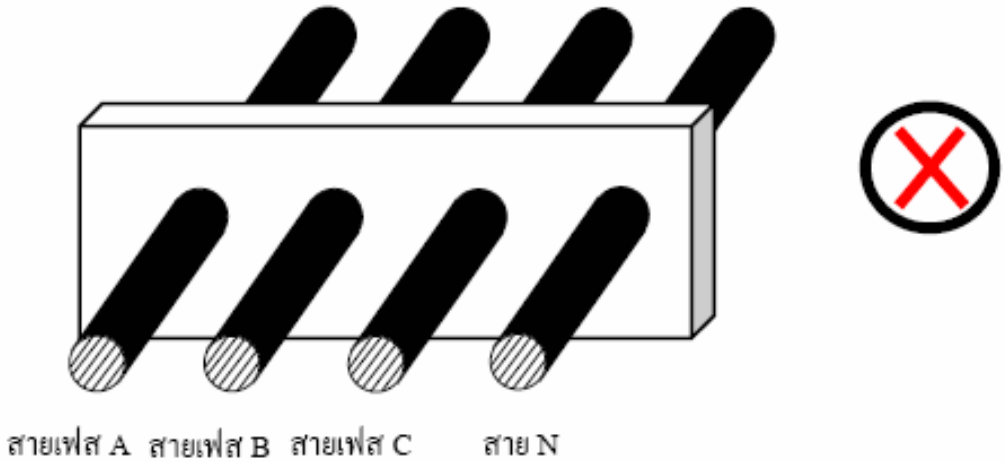
ในแต่ละท่อจะต้องประกอบด้วยสายเส้นไฟของทุกเฟสและถ้ามีสายนิวทรัล ด้วยให้แยกสายนิวทรัลใส่ในท่อทุกเส้นด้วย ห้ามใส่สายควบแยกเฟสละท่อ



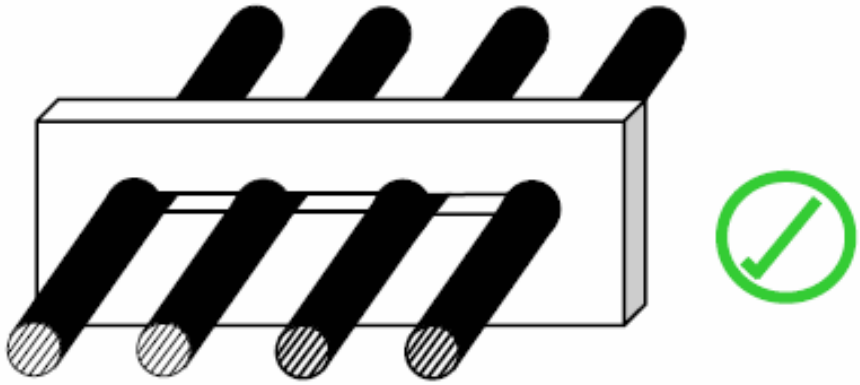
ไม่ถูกต้อง ใส่สายควบแยกเฟสแต่ละท่อ

วิธีป้องกัน

2. เมื่อสายเดี่ยวของวงจรเดินผ่านโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก จะต้องจัดให้ผลจากการเหนี่ยวนำมีน้อยที่สุด โดยการตัดร่องให้ถึงกันระหว่างรูแต่ละรูที่ร้อยสายแต่ละเส้น หรือโดยการร้อยสายทุกเส้นของวงจรผ่านช่องเดียวกัน



การเดินสายในลักษณะนี้จะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้แผ่นเหล็กเกิดความร้อน



สายเฟส A สายเฟส B สายเฟส C สาย N

ต้องทำการเซาะร่องให้ถึงกันลักษณะเหมือนกับสายทุกเส้นเดินอยู่ในร่องเดียวกันจะช่วยป้องกันการเกิดความร้อนจากการเหนี่ยวนำได้

รหัสสีของสายไฟฟ้า

มาตรฐานรหัสสีของสายไฟฟ้า

ตามว.ส.ท. 2545 ได้กำหนดสีของสายไฟหุ้มฉนวนระบบแรงต่ำไว้ดังนี้

หัวข้อ 5.1.11

- ตัวนำนิวทรัล ให้ใช้ สีเทาอ่อนหรือสีขาว
- สายเส้นไฟ ต้องมีสีต่างไปจากสายนิวทรัลและตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- สายไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส ให้ใช้สายที่มีสีฉนวนหรือทำเครื่องหมายเป็นสีดำ แดง น้ำเงิน สำหรับเฟส 1 2 3 ตามลำดับ
- สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้ใช้สีเขียว หรือเขียวแถบเหลือง หรือเป็นสายเปลือย

หัวข้อ 5.1.11

- ข้อยกเว้น 1

สายไฟฟ้าที่มีขนาดโตกว่า 16 ตร.มม ให้ทำเครื่องหมายแทนการกำหนดสีที่ปลายสาย

- ข้อยกเว้น 2

สายออกจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (มิเตอร์ไฟฟ้า) ถึงบริภัณฑ์ประธาน (แผงคัทเอ้าท์หรือแผงควบคุมไฟฟ้า) ไม่ต้องกำหนดสี

หัวข้อ 5.17.5 ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับแผงสวิตช์แรงสูง

5.17.5.2

ตัวนำและบัสบาร์ในแผงสวิตช์ต้องติดตั้งอย่างมั่นคงในตำแหน่งที่ปลอดภัยจากความเสียหายทางกายภาพ บัสบาร์แต่ละเฟสต้องมีการทำเครื่องหมายแสดงเฟส ในการทำเครื่องหมาย ให้ใช้ สี แดง เหลือง น้ำเงิน สำหรับเฟส อาร์ วาย บี ตามลำดับ การจัดเฟสของบัสบาร์ในแผงสวิตช์ เมื่อมองจากด้านหน้าให้อยู่ในลักษณะ เฟส อาร์ (R) วาย (Y) บี (B) เรียงจากด้านหน้าไปด้านหลังแผง จากด้านบนลงด้านล่าง หรือจากซ้ายมือไปขวามือ การจัดเฟสลักษณะอื่นอนุญาตให้ใช้เฉพาะการเชื่อมต่อเข้ากับระบบที่มีอยู่แล้ว แต่ต้องทำเครื่องหมายให้เห็นได้ชัดเจน

การปฏิบัติงานตามมาตรฐาน

- ระบบแรงต่ำใช้ตามข้อกำหนด

เฟส A	ใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนสีดำ
เฟส B	ใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนสีแดง
เฟส C	ใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนสีน้ำเงิน
สายนิวทรัล	ใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนสีเทาอ่อน หรือ สีขาว
สายดิน	ใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนสีเขียว หรือ สีเขียวแถบเหลือง

การปฏิบัติงานตามมาตรฐาน

- ง่ายต่อการตรวจสอบและบำรุงรักษา
- มีความปลอดภัยในการใช้งาน
- สามารถปลดบางวงจรที่ต้องการตรวจสอบ ออกได้โดยวงจรอื่นๆไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน