บทที่ 6

สายไฟฟ้า

(CONDUCTOR WIRES)

สายไฟฟ้าเป็นสื่อนำหรือตัวนำกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปยังจุดที่ใช้ไฟฟ้า ลักษณะที่สำคัญของสายไฟฟ้าจะดูจากประสิทธิภาพของสายไฟที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลได้สูงสุดโดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อสายไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าทนได้ขณะใช้งาน ค่าแรงดันไฟฟ้าตกในสาย เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำตัวนำไฟฟ้าในปัจจุบันคือสายทองแดงและสายอลูมิเนียม

ความต้านทานของสายไฟฟ้า จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้

ก. พื้นที่หน้าตัดของสาย สายไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำใหญ่จะมีค่าความต้านทานของสายไฟฟ้าน้อยกว่าสายไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำเล็ก

ข. ความยาวของสาย สายไฟฟ้าที่มีความยาวยิ่งมาก ความต้านทานของสายไฟก็จะมากขึ้นตาม

ค. อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความต้านทานของสายไฟก็จะเพิ่มขึ้น

ง. ความต้านทานของสายไฟจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำสายไฟ

เมื่อสายไฟมีค่าความต้านทานมากจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกในสายไฟมาก ซึ่งจะมีผลให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมดโหลดหรือภาระทำงานได้ไม่เต็มพิกัด ประสิทธิภาพในการทำงานก็จะลดลงด้วย.

1. แบ่งตามลักษณะการทำได้ 2 แบบ
   - 1.1 สายแข็ง (SOLID WIRE)
   - 1.2 สายอ่อน(STRANDED WIRE)
2. แบ่งตามชนิดของวัสดุที่ทำได้ 2 ชนิด
   - 2.1 สายทองแดงมีความบริสุทธิ์ของทองแดง 98 %
   - 2.2 สายอลูมิเนียมมีความบริสุทธิ์ของทองแดง 99.3 %
3. แบ่งตามลักษณะการใช้งาน
   - 3.1 สายเปลือย (BARE WIRE)
   - 3.2 สายหุ้มฉนวน (INSULATED WIRE)

ชนิด	ลักษณะงาน	อุณหภูมิ	แรงเคลื่อนไฟฟ้า
NAY	เป็นสายอลูมิเนียมหุ้มฉนวนPVCสีฟ้าใช้ทำเป็นสายเมนต่อมายังกิโลวัตต์อาวมิเตอร์	60 ° c	250 V
IV	เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนPVCใช้ทำเป็นสายเมนจากกิโลวัตต์อาวมิเตอร์เข้าบ้าน	60 ° c	250 V
VCT	เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนPVCใช้ติดตั้งในงานเครื่องจักรกลต่างๆ	60 ° c	750 V
VAF	เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนPVCใช้ในบ้านพักอาศัยทั่วไป	60 ° c	250 V
VFF	เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนPVCชนิดงอได้ (Flexible copper wires) ใช้กับงานชั่วคราว	60 ° c	250 V
THW	เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนPVCใช้ในสำนักงาน,งานอุตสาหกรรมทั่วๆไป	75 ° c	750 V
NYY	เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนPVCสองชั้นใช้ติดตั้งใต้พื้นดิน	60 ° c	750 V
NAYY	เป็นสายอลูมิเนียมหุ้มฉนวนPVCสองชั้นใช้ติดตั้งใต้พื้นดิน	60 ° c	750 V
AV	เป็นสายอลูมิเนียมหุ้มฉนวนPVCใช้เดินในระบบไฟฟ้าในรถยนต์	60 ° c	12 V

<u>สีของฉนวนหุ้มสายไฟ</u>

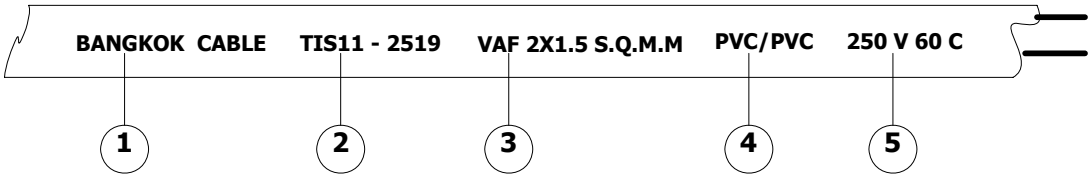
เพื่อความสะดวกในการต่อสาย , การตรวจสอบวงจร จึงมีการกำหนดสีของฉนวนหุ้มสายไฟดังนี้

- **สายหุ้มฉนวนชนิด 2 แกน (CORE) ใช้สีเทาอ่อน กับ สีดำ**
- **สายหุ้มฉนวนชนิด 3 แกน (CORE) ใช้สีเทาอ่อน , สีดำ , สีแดง**
- **สายหุ้มฉนวนชนิด 4 แกน (CORE) ใช้สีเทาอ่อน ,สีดำ ,สีแดง , สีน้ำเงิน**
- **สายหุ้มฉนวนชนิด 5 แกน (CORE) ใช้สีเทาอ่อน ,สีดำ,สีแดง,สีน้ำเงิน ,สีเหลือง**
- **สายหุ้มฉนวนที่เป็นสายดิน (GROUND) จะใช้สีเขียว**

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าในปัจจุบันนิยมกำหนดเป็นตารางมิลลิเมตร

ข้อมูลบนสายไฟฟ้า

ความหมาย



1 หมายถึง บริษัทผู้ผลิต

2 หมายถึง มาตรฐานอุตสาหกรรมไทย (THAILAND INDUSTRIAL STANDARD)

3 หมายถึง เป็นชนิดสาย VAF แบบ 2 แกนแต่ละแกนมีพื้นที่หน้าตัด 1.5 ตารางมิลลิเมตร

4 หมายถึง สายทองแดงหุ้มด้วย PVC สองชั้น

5 หมายถึง ใช้กับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 250 V ทนอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส

จุดประสงค์ของการเดินสายไฟฟ้าในท่อ

1. เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสายไฟฟ้าโดยตรง
2. เพื่อป้องกันความชื้น
3. เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน
4. เพื่อความสวยงาม

ประเภทของท่อเดินสายไฟฟ้า

1. ท่อ PVC มี 3 สี
   - 1.1 ท่อสีฟ้าใช้สำหรับเดินท่อน้ำเพื่อการบริโภคเพราะมีสารตะกั่วน้อยในระดับที่ปลอดภัย
   - 1.2 ท่อสีเทาใช้กับท่อบำบัดน้ำเสียมีสารตะกั่วน้อยที่ปลอดภัยกับสิ่งแวดล้อม
   - 1.3 ท่อสีเหลืองใช้กับงานไฟฟ้าเพราะแข็งแรงทนต่อการกระแทกได้ดีเนื่องจากมีสารตะกั่วมาก
2. ท่อโลหะ (CONDUIT) มี 3 ประเภท
   - 2.1 ท่อโลหะบาง(ELECTRICAL METALLIC TUBING) เรียกว่าท่อ EMT ใช้กับงานเดินสายไฟแสงสว่าง
   - 2.2 ท่อโลหะหนาปานกลาง(INTERMEDIATE METAL -CONDUIT) เรียกว่าท่อ IMC ใช้กับงานเดินสายไฟที่ต้องรับแรงในระดับปานกลาง
   - 2.3 ท่อโลหะหนา(RIGID STEEL CONDUIT) เรียกว่าท่อ RSC ใช้กับงานเดินสายไฟที่ฝังในดิน

ประโยชน์ของการใช้ท่อสาย

1. ป้องกันสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกายภาพ เช่นการถูกกระแทกจากของหนักหรือสารเคมีเป็นต้น
2. ป้องกันอันตรายกับคนไปแตะถูกสายไฟฟ้าเนื่องจากสายไฟชำรุดหรือเสื่อมสภาพ
3. สะดวกต่อการร้อยสายและเปลี่ยนสายไฟฟ้าใหม่เมื่อสายหมดอายุการใช้งาน
4. ท่อสายที่เป็นโลหะจะต้องมีการต่อลงดิน ซึ่งจะสามารถป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช๊อตได้
5. สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ เนื่องจากการเกิดการลัดวงจรภายในท่อประกายไฟหรือความร้อนจะถูกจำกัดอยู่ภายในท่อ

ท่อร้อยสายอาจทำจากวัสดุที่เป็นโลหะ เช่น เหล็ก อลูมิเนียม พลาสติก หรืออแสเบสโตส

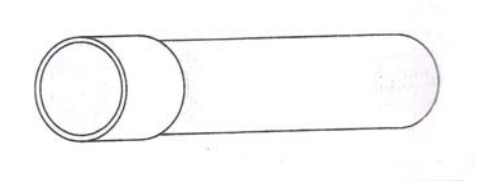
ชนิดของท่อสาย

ท่อที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีดังนี้

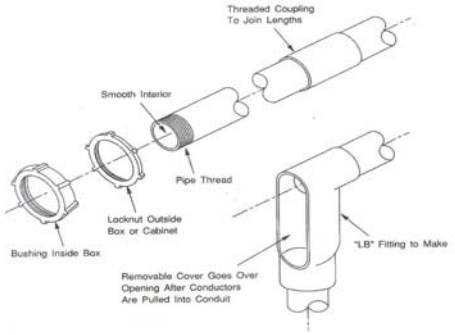
- ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit,RMC)
- ท่อโลหะหนาปานกลาง(Intermediate Metal Conduit,IMC)
- ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Conduit,EMT)
- ท่อโลหะอ่อน(Flexible Metal Conduit,FMC)
- ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit,RNC)
- รางเดินสาย (Wire ways)
- รางเดินสายประกอบ (Auxiliary Gutters)

การนำท่อสายไปใช้งาน

1. ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit,RMC) เป็นท่อที่มีความแข็งแรงที่สุด สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี ท่อชนิดนี้ทำมาจากเหล็กกล้าจะเรียกว่าท่อ RSC(Rigid Steel Conduit) ส่วนใหญ่จะผ่านวิธีการชุบด้วยสังกะสี (Galvanized) ซึ่งจะป้องกันสนิมได้ดีสามารถใช้งานได้ทุกสถานที่และสภาพอากาศ ใช้ได้ทั้งภายนอก – ภายในอาคารและสามารถฝังใต้ดินได้



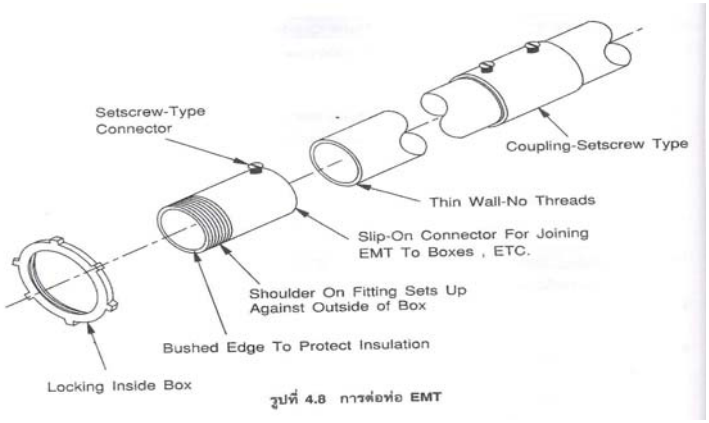
รูปท่อ RMC



รูปการต่อท่อ RMC

2. ท่อโลหะหนาปานกลาง(Intermediate Metal Conduit,IMC) เป็นท่อที่มีความหนาน้อยกว่า RMC แต่สามารถใช้งานแทนท่อ RMC ได้และมีราคาถูกกว่า ใช้งานได้เช่นเดียวกับท่อRMC

3. ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Conduit,EMT) เป็นท่อที่มีผนังบางกว่าท่อRMCและ IMC จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าและมีรคาถูกกว่า ใช้งานได้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น ทั้งในที่เปิดโล่ง (Exposed)และที่ซ่อน (Conceal) เช่น เดินลอยตามผนัง เดินในฝ้าเพดาน เป็นต้น



รูปการต่อท่อ EMT

4. ท่อโลหะอ่อน(Flexible Metal Conduit,FMC) ทำจากเหล็กชุบสังกะสี ในลักษณะที่มีอ่อนตัวสูง สามารถโค้งงอได้ เหมาะสำหรับงานกับอุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน เช่นมอเตอร์เครื่องจักร เป็นต้น

5. ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit,RNC) ทำจากสารอโลหะซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมทางกายภาพ ได้แก่ ไฟเบอร์ ใยหิน ซีเมนต์ พีวีซีอย่างแข็ง อีพอคซี่เสริมใยแก้ว โพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง เป็นต้น ท่ออโลหะแข็งจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าท่อโลหะแต่ความทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี ความชื้นและการกระทบกระแทกได้ดี

ตัวอย่างการใช้ตารางสายไฟฟ้า

ชนิด VAF แบบ 2 แกน พิกัดแรงเคลื่อน 250 V

พื้นที่หน้าตัดของสายไฟ (ตารางมิลลิเมตร)	จำนวน/เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เส้น (ม.ม.)	พิกัดกระแสในอากาศ (แอมแปร์)	
		60 °C	75 °C
0.5	1/0.80	6	8
1	1/1.13	10	13
1.5	1/1.38	13	17
2.5	1/1.78	18	23
4	1/2.25	23	30
6	1/2.76	30	39
6	7/1.04	30	39

ชนิด THW แบบ แกนเดียว พิกัดแรงเคลื่อน 750 V

พื้นที่หน้าตัดของสายไฟ (ตารางมิลลิเมตร)	จำนวน/เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เส้น (ม.ม.)	พิกัดกระแสในอากาศ (แอมแปร์)	
		ในอากาศ	ในท่อ
0.5	1/0.80	9	5
1	1/1.13	15	8
1.5	1/1.38	20	10
2.5	1/1.78	27	15
6	1/2.76	48	27
6	7/1.04	48	27

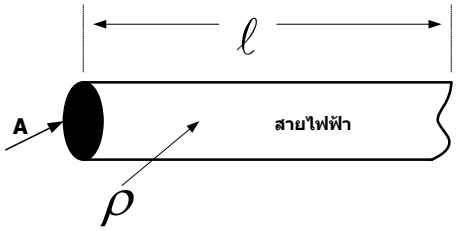
ชนิด NYY แบบ 2 แกน พิกัดแรงเคลื่อน 750 V

พื้นที่หน้าตัดของสายไฟ (ตารางมิลลิเมตร)	จำนวน/เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เส้น (ม.ม.)	พิกัดกระแส (แอมแปร์)			
		ในอากาศ		ในท่อ	
		60 °C	75° C	60 °C	75° C
1	1/1.13	12	16	19	23
1.5	1/1.38	16	18	24	28
2.5	1/1.78	21	27	33	38
4	1/2.25	27	35	43	50
6	1/2.76	35	45	54	63

จำนวนสูงสุดของสาย THW ในท่อร้อยสาย(ไม่เกิน 40 % ของพื้นที่หน้าตัดภายในท่อ)

ขนาดสาย (ต.ร.มม.)	½ “ (12.7มม.)	3/4 “ (19มม.)	1“ (25มม.)	11/4 “ (32มม.)	1½ “ (38) มม.)	2 “ (50มม.)	2½ “ (60มม.)	3 “ (75มม.)	3½ “ (90มม.)	4“ (100มม.)
1	7	13	20	33						
1.5	6	11	17	28	44					
2.5	4	8	13	22	34					
4	3	5	9	15	23	36				
6	2	4	7	12	19	29				
10	1	3	4	7	12	19	32			
16	1	1	3	5	9	14	23	36		
25	1	1	1	3	5	9	15	23	29	
35	-	1	1	3	4	7	12	19	24	30
50	-		1	1	3	5	9	14	17	21
70	-		1	1	2	4	7	10	13	16

<u>การหาค่าความต้านทานในสายไฟ</u>



เมื่อ R = ความต้านทานของสายไฟ (Ω)

ρ= ความต้าทานจำเพาะของสายไฟ (Ω- m)

ℓ = ความยาวของตัวนำไฟฟ้า (m)

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ (m^2)

ρของทองแดง = 0.017857 $\approx$ 1/56

ρ ของอลูมิเนียม = 0.02857 $\approx$ 1/35

<u>ตัวอย่าง</u> สายไฟฟ้าเส้นหนึ่งทำด้วยทองแดงมีพื้นที่หน้าตัด 2.5 mm^2 ยาว 100 เมตร จงคำนวณหาค่าความต้านทานของสายไฟเส้นนี้

<u>วิธีทำ</u> จากสูตร $R = \rho\frac{\ell}{A}$ (Ω)

$R = \frac{100}{56 * 2.5}$ (Ω)

R = 0.714 Ω