



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การประมาณราคาระบบไฟฟ้าภายในอาคารศาลอาญาทุจริต เขต ตลิ่งชัน

Price Estimation of Electrical System within The Criminal Court
Building for Corruption at Taling Chan District

โดย

นาย ศุภวิชญ์ บุตรังสี 5904200012

นาย ธนภูมิ จันทปัญญา 5904200016

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษา 3 ปีการศึกษา 2562

หัวข้อโครงการ การประมาณราคาระบบไฟฟ้าภายในอาคารศาลอาญาทุจริต เขต ตลิ่งชัน
Price Estimation of Electrical System within The Criminal Court
Building for Corruption at Taling Chan District

รายชื่อผู้จัดทำ นาย ศุภวิชญ์ บุตรังสี 5904200012
 นาย ธนภูมิ จันทปัญญา 5904200016

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สิทธิพร เพ็ชรกิจ

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2562

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....
 (อาจารย์ สิทธิพร เพ็ชรกิจ)

.....
 (นาย ศิวโรจน์ ไทรบุญจันทร์)

.....
 (อาจารย์ คัมภีร์ อธิวิทย์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ.2563

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์สิทธิพร เพ็ชรกิจ

ตามที่ นาย ศุภวิชญ์ บุศรังสี และ นาย ธนภูมิ จันทปัญญา นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 18 พฤษภาคม 2563 ถึงวันที่ 28 สิงหาคม 2563 ใน ตำแหน่ง ผู้ช่วยวิศวกร QS office ณ บริษัท อัลฟ่า อิเล็กทรอนิกส์ เอ็นจิเนียริง จำกัด และได้รับมอบหมายจาก พนักงานที่ปรึกษาให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง การประเมินราคางานระบบไฟฟ้าภายในอาคารศาลอาญาทุจริต

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้วจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมา พร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นาย ศุภวิชญ์ บุศรังสี

นาย ธนภูมิ จันทปัญญา

นักศึกษาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ชื่อโครงการ	: การประมาณราคางานระบบไฟฟ้าภายในอาคารศาลอาญา ทุจريت เขต ตลิ่งชัน
หน่วยกิต	: 5 หน่วยกิต
จัดทำโดย	: นาย ศุภวิชญ์ บุตรรังสี 5904200012 : นาย ธนภูมิ จันทปัญญา 5904200016
อาจารย์ที่ปรึกษา	: อาจารย์ สิริทิพร เพ็ชรกิจ
ระดับการศึกษา	: ปริญญาตรี
สาขาวิชา	: วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	: วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา	: 3/2562

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอการประมาณราคางานระบบไฟฟ้าภายในอาคารศาลอาญาทุจريتเขต ตลิ่งชันซึ่งเป็นโครงการสหกิจศึกษาของมหาวิทยาลัยสยาม ร่วมกับ บริษัท อัลฟ่า อิเล็กทรอนิกส์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด การประมาณราคาระบบไฟฟ้าภายในอาคารนี้เริ่มจากการตรวจสอบแบบแปลน การหาปริมาณ อุปกรณ์ในแบบ การจัดทำรายการและตรวจสอบราคาวัสดุอุปกรณ์ การจัดทำตารางปริมาณวัสดุอุปกรณ์ และออกใบเสนอราคา ตามลำดับ ในการทำการประมาณราคานี้ได้ทำการเปรียบเทียบกับราคาอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่น่าพอใจ รายละเอียดการประมาณราคาและผลการปฏิบัติงานได้อธิบายไว้ในปริญญานิพนธ์เล่มนี้แล้ว ปริญญานิพนธ์นี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณราคาได้ต่อไป

คำสำคัญ : การประมาณราคาระบบไฟฟ้า / การถอดแบบ/ ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

Project Title : Electrical Systems Installation within The Criminal
Court Building for Corruption at Taling Chan District

Credits : 5 credits

By : Mr. KomKrit Seejang 5904200013

Advisor : Mr. Kampree Thiravith

Degree : Bachelor of Engineering

Major : Electrical Engineering

Faculty : Engineering

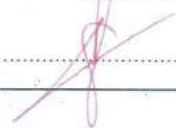
Semester / Academic Year : 3/2019

Abstract

This thesis presented Electrical installation work within the criminal court building for corruption in Taling Chan District. The electrical system installation in the building was part of the cooperative education project of Siam University in collaboration with the Alpha Electric Engineering Co., Ltd. This cooperative education project was about electrical system installation within of the Criminal Court for Corruption building, Taling Chan District, which consists of Lighting system installation work, receptacle outlet installation work, fire alarm warning installation work, and announcement system installation work. Details of the electrical system installation work within the Criminal Court Building for corruption Taling Chan District and the operation process were described in this thesis. This thesis can be used for further benefit and further studying on the electrical system installation in buildings.

Keyword: Electrical installation / Indoor electrical system

Approved by



กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท อัลฟา อิเล็กทรอนิกส์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ตั้งแต่วันที่ 18 พฤษภาคม 2563 ถึงวันที่ 28 สิงหาคม 2563 ส่งผลผู้จัดทำได้รับความรู้แล้วประสบการณ์ต่างๆที่มีค่า สำหรับรายงานสหกิจศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. บริษัท อัลฟา อิเล็กทรอนิกส์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
2. คุณ ยุวดี สุวรรณกำเนิด (QS Director)
3. นาย ศิวโรจน์ ไทรบุญจันทร์ (Senior Quantity)
4. นาย ธนาชัย เรืองสมานไมตรี (Quantity Control)
5. อาจารย์ สิทธิพร เพ็ชรกิจ (อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา)

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้แนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงานผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้การดูแลและความเข้าใจในชีวิตการทำงานจริงซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นายศุภวิชญ์ บุศรังสี

นายธนภูมิ จันทปัญญา

วันที่ 28 สิงหาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของรายงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2 หลักการเบื้องต้น	2
2.1 สายไฟฟ้า	2
2.2 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ	5
2.3 ท่อสาย	16
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	30
3.2 ลักษณะการประกอบการและหลักขององค์กร	30
3.3 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย	31
3.4 ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา	31
3.5 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน	31
3.6 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน	31
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	32
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน	
4.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	33
4.1.1 แบบของผู้ว่าจ้าง	34
4.2 การถอดแบบ	41
4.2.1 นับจำนวนอุปกรณ์	41

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2.2 หาระยะสายและท่อ	46
4.3 การประมาณราคา	50
4.3.1 เชื้อคราคาอุปกรณ์	50
4.3.2 ออกใบ BOQ	55
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน	56
5.1.1 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติสหกิจศึกษา	56
5.1.2 ข้อดีการปฏิบัติสหกิจศึกษา	56
5.2 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน	56



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย	3
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดงและอะลูมิเนียม	4
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของฉนวนPVCและXLPE	5
ตารางที่ 2.4 เครื่องหมายการทนไฟอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ	8
ตารางที่ 2.5 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้าฉนวนPVCแกนเดี่ยวที่70°C	13
ตารางที่ 2.6 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้าฉนวนPVCหลายแกนที่70°C	14
ตารางที่ 2.7 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้าฉนวนXLPEแกนเดี่ยวที่90°C	15
ตารางที่ 2.8 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้าฉนวนXLPEหลายแกนที่90°C	16
ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน	31
ตารางที่ 4.1 อุปกรณ์ภายในอาคารของระบบแสงสว่าง	45
ตารางที่ 4.2 อุปกรณ์ภายในอาคารของระบบได้รับ	45
ตารางที่ 4.3 การประมาณราคาและค่าแรง	54

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 สาย CV	6
รูปที่ 2.2 สายทนไฟ (FRC)	7
รูปที่ 2.3 สาย ACC	9
รูปที่ 2.4 สาย ACSR	9
รูปที่ 2.5 สายPIC4	10
รูปที่ 2.6 สายSAC	11
รูปที่ 2.7 สาย XLPE	11
รูปที่ 2.8 ท่อ RSC (Rigid Steel Conduit)	18
รูปที่ 2.9 ท่อ RMC (Rigid Metal Conduit)	18
รูปที่ 2.10 การติดตั้งท่อในที่มีการผูกกร่อน	19
รูปที่ 2.11 บุซซิ่ง	19
รูปที่ 2.12 มุมตัดโค้งท่อระหว่างจุดดึงสาย	19
รูปที่ 2.13 ท่อโลหะหนาปานกลาง (IMC)	20
รูปที่ 2.14 ท่อโลหะบาง (EMT)	21
รูปที่ 2.15 ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit)	21
รูปที่ 2.16 ท่อโลหะ	22
รูปที่ 2.17 Duct Bank	23
รูปที่ 2.18 รางเดินสาย	23
รูปที่ 2.19 รางเคเบิลแบบบันได (Ladder Type)	25
รูปที่ 2.20 รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ (Perforated Type)	25
รูปที่ 2.21 รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ (Solid Bottom Type)	26
รูปที่ 2.22 กล่องไฟฟ้า และแผ่นปิดชนิดต่างๆ	27
รูปที่ 2.23 กล่องดึงสายชนิดดึงตรง	28
รูปที่ 2.24 เครื่องประกอบท่อ RMC, EMT และบุซซิ่ง	29
รูปที่ 2.25 ข้องอและตัวจับยึด	29
รูปที่ 3.1 แผนที่ บริษัท อัลฟ่า อิเล็กทริก เอ็นจิเนียริง จำกัด	30

รูปที่ 4.1 Symbol ไฟฟ้าแสงสว่าง	35
รูปที่ 4.2 Symbol Outlet	36
รูปที่ 4.3 Single Line Diagram	37
รูปที่ 4.4 Riser Diagram	38
รูปที่ 4.5 แบบ Shop Drawing	40
รูปที่ 4.6 ถอดแบบระบบไฟฟ้า	41
รูปที่ 4.7 แบบ Shop ที่ใช้ในการนับอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง	42
รูปที่ 4.8 แบบ Shop ที่ใช้ในการนับอุปกรณ์ระบบเต้ารับ	43
รูปที่ 4.9 แบบ ขยายระบบเต้ารับ	44
รูปที่ 4.10 ทหาระยะสายไฟ	46
รูปที่ 4.11 ทหาระยะท่อ	47
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการทหาระยะสาย/ท่อ	49
รูปที่ 4.13 ราคาสาย THW	51
รูปที่ 4.14 ราคาสาย NYY	52
รูปที่ 4.15 ราคาตู้ MDB	53
รูปที่ 4.16 ตรวจสอบสายไฟและท่อ	55
รูปที่ 4.17 BOQ CONTACT	56



บทที่ 1

บทนำ

1.ประวัติความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้การประมาณราคาเป็นกระบวนการเริ่มต้นในการทำงานก่อสร้าง และงานอื่นๆ อีกที่เกี่ยวข้อง เป็นที่ทราบดีว่างานระบบไฟฟ้าเป็นงานที่มีความสำคัญต่ออาคารที่พักอาศัยและอาคารสถานที่ต่างๆ ในด้านการอำนวยความสะดวกสบาย การให้แสงสว่างและการใช้งานสิ่งอำนวยความสะดวกทางไฟฟ้าต่างๆ การประมาณราคาระบบไฟฟ้าเป็นกระบวนการ ที่สำคัญในการที่จะใช้ในการประมาณงาน เพื่อให้ได้งานมาทำงานก่อสร้าง ดังนั้นการประมาณราคาระบบไฟฟ้าจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรที่จะศึกษาให้เข้าใจเพื่อนำไปใช้ในการทำงานได้ในภายภาคหน้า

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อให้เกิดความรู้เกี่ยวกับการประมาณราคาระบบไฟฟ้า
- 1.1.2 เพื่อทำการประเมินราคาระบบไฟฟ้าภายในอาคารศาลาอาญาทุจริต เขตตลิ่งชัน

1.2 ขอบเขตของรายงาน

- 1.2.1 ทำการประมาณราคาระบบไฟฟ้าภายในอาคารศาลาอาญาทุจริต เขต ตลิ่งชัน 8 ชั้น โดยทำการประมาณราคาชั้นที่ 2 เพื่อเป็นกรณีศึกษาให้เห็นภาพรวมทั้งหมดของการประมาณราคาทั้งโครงการ
- 1.2.2 เป็นการประมาณราคางานทั้งระบบไฟฟ้ากำลังและไฟฟ้าสื่อสาร

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้รับรู้ทางด้านการประมาณราคาระบบไฟฟ้า
- 1.3.2 ได้ความรู้ทางด้านการวางระบบการถอดแบบ
- 1.3.3 สามารถนำความรู้ไปพัฒนาต่อยอดทางด้านการประมาณราคาระบบไฟฟ้าให้ดียิ่งขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2 หลักการเบื้องต้น

การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารสูงต้องเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม แม้ว่าการออกแบบระบบไฟฟ้าจะออกแบบให้มีค่าลงทุนเริ่มแรกต่ำที่สุด แต่ต้องให้ได้ระบบไฟฟ้าที่ดี มีความถูกต้องและปลอดภัยในการใช้งานต่อผู้ใช้งานเป็นสำคัญโดยให้เป็ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยหรือตามมาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทยอย่าง NEC (National Electrical Code) ที่เป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาโดยต้องทำความเข้าใจอย่างระมัดระวังเพื่อให้เป็นไปตามที่ประเทศไทยได้ข้อกำหนดไว้เนื่องจากผู้ที่ทำการออกแบบระบบไฟฟ้าต้องรับผิดชอบต่องานที่ได้ทำสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าและนิยมนำมาใช้ในประเทศแบ่งได้ดังนี้

2.1 มาตรฐานประจำชาติประเทศอุตสาหกรรมที่สำคัญในโลกต่างมีมาตรฐานของตนเองนานแล้วโดยมาตรฐานประจำชาติของแต่ละประเทศต่างสร้างขึ้นมาใช้ภายในประเทศของตนเองเพื่อให้ตรงกับอุตสาหกรรมภายในประเทศและตรงกับวิถีปฏิบัติของตนเองนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของประเทศนั้นๆด้วย

มาตรฐานประจำชาติที่สำคัญ ได้แก่

- ANSI (American National Standard Institute) ของประเทศสหรัฐอเมริกา
- BS (British Standard) ของประเทศสหราชอาณาจักร
- DIN (German Industrial Standard) ของประเทศเยอรมนี
- VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) ของประเทศเยอรมนี
- JIS (Japanese Industrial Standard) ของประเทศญี่ปุ่น
- มอก. ของประเทศไทย (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)

มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

1. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยเนื่องจากหลายๆประเทศมีมาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยเองก็ได้มีการจัดทำมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยด้วยความร่วมมือจากการไฟฟ้าและสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยเพื่อให้ทั้งประเทศได้มีมาตรฐานที่เป็นเรื่องของการติดตั้งทางไฟฟ้าเพียงฉบับเดียวไว้ใช้ประโยชน์

2. มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าประเทศในทวีปยุโรปได้มีมาตรฐานการติดตั้งระบบในและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นของตัวเองซึ่งรายละเอียดต่างๆมีความแตกต่างเป็นอย่างมากดังนั้น International Electro Technical Commission (IEC) จึง ได้จัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าขึ้นในปี1972 คือ IEC 60364 “ Electrical Installation of Buildings ”

3. มาตรฐานสากล NEC NEC (National Electrical Code) เป็นมาตรฐานที่ได้รับความนิยมอย่างมากสำหรับในประเทศไทยซึ่งเป็นมาตรฐานการออกแบบติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเทศสหรัฐอเมริกา มีตั้งแต่ปี 1897 และมีการแก้ไขปรับปรุงทุกๆ 3 ปี จึงเป็นมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งที่สมบูรณ์มากแม้ว่า NEC จะเป็นมาตรฐานที่ดีมากแต่ก็มีข้อกำหนดที่วิศวกรไฟฟ้าไทยต้องอ่านและทำความเข้าใจอย่างระมัดระวัง เพื่อให้การออกแบบระบบต่างๆเป็นไปอย่างถูกต้องเนื่องจากระบบต่างๆที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาตาม NEC นั้นมีข้อแตกต่างจากระบบที่ใช้ภายในประเทศไทยหลายอย่างด้วยกันตามที่ได้แสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย

	ประเทศสหรัฐอเมริกา	ประเทศไทย
ความถี่	60Hz	50Hz
ระบบไฟฟ้า	120/208V, 277/480V	230/400V
สายไฟฟ้า	AWG	mm ²
มิติ	Inch , feet	m , mm
น้ำหนัก	Pound	Kg.

แต่เนื่องจากข้อแตกต่างของระบบที่ใช้ดังกล่าวมาแล้วมีใช้เฉพาะในสหรัฐอเมริกาเท่านั้นหากประเทศสหรัฐอเมริกายังไม่ปรับปรุงมาตรฐาน NEC ของตนให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลจะเสียความนิยมไปอย่างช้าๆ และในที่สุดก็อาจมีแค่ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ใช้เท่านั้น

2.1 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้ามีหน้าที่คือการนำพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังบริเวณที่ไฟฟ้าต่างๆสายไฟฟ้ามีผู้ที่ผลิตมากมายและหลายชนิดตามความต้องการในรูปแบบของการติดตั้งต่างๆดังนั้นการเลือกใช้สายไฟฟ้าเพื่อให้ความเหมาะสมกับงานที่ใช้เพื่อความปลอดภัยประหยัดและเชื่อถือได้ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลายประการด้วยกันได้แก่ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ติดตั้งความสามารถในการ

นำกระแสของตัวนำขนาดแรงดันตกที่เกิดขึ้นความสามารถในการทนต่อความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งในขณะใช้งานปกติและขณะเกิดลัดวงจร

2.1.1 ส่วนประกอบ

สายไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ตัวนำ ฉนวนและเปลือก

2.1.2 ตัวนำ

- ทองแดงเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงมากมีความแข็งแรงเหนียวทนต่อการกัดกร่อนได้ ดีแต่มีข้อเสียอยู่คือมีน้ำหนักมากและราคาสูง
- อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงรองจากทองแดง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีกระแสเท่ากันแล้วพบว่าอะลูมิเนียมจะมีน้ำหนักที่เบาและราคาถูกกว่าทองแดง

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดงและอะลูมิเนียม

คุณสมบัติ	ทองแดง	อะลูมิเนียม
ความนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ (ทองแดง=100)	100	61
สภาพความต้านทานไฟฟ้าที่ 20°C ($\Omega m \times 10^{-8}$)	1.724	2.803
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (per °C $\times 10^{-6}$)	17	23
จุดหลอมเหลว (°C)	1083	659
ความนำความร้อน ($W / cm^{\circ}C$)	3.8	2.4
ความหนาแน่นที่ 20°C (g / cm^3)	8.89	2.7

2.1.3 ฉนวน

ฉนวนมีหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำเพื่อป้องกันการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดินและเพื่อป้องกันตัวนำจากผลกระทบทางกลและทางเคมีต่างๆ ในระหว่างที่ตัวนำกระแสไฟฟ้าจะเกิดพลังงานสูญเสียในรูปแบบความร้อนความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวนความสามารถในการทนต่อความร้อนของฉนวนจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทนต่อความร้อนของสายไฟฟ้านั้นเอง

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE

คุณสมบัติ	PVC	XLPE
พิกัดอุณหภูมิสูงสุดขณะใช้ (°C)	70	90
พิกัดอุณหภูมิสูงสุดขณะลัดวงจร (°C)	120	250
ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	6	2.4
ความหนาแน่น (g / cm^3)	1.4	0.92
ความนำความร้อน ($cal / cm.sec ^\circ C$)	3.5	8
ความทนทานต่อแรงดึง ($kg / Sq.mm$)	2.5	3

จะเห็นว่าฉนวน XLPE มีความแข็งแรง ทนต่อความร้อนและถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าฉนวน PVC ทำให้มีความนิยมที่ฉนวนชนิด XLPE

2.1.4 เปลือก

เปลือกทำหน้าที่หุ้มแกนหรือหุ้มสายชั้นนอกสุดอาจจะมี 1 หรือ 2 ชั้นก็ได้เพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้นในขณะติดตั้งหรือใช้งาน

2.2 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

สายไฟฟ้าแรงดันต่ำเป็นสายไฟฟ้าที่ใช้ได้กับแรงดันไม่เกิน 1000 V มีลักษณะเป็นสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนโดยที่ตัวนำสำหรับสายไฟฟ้าชนิดนี้ อาจจะใช้ทองแดงหรืออะลูมิเนียมแต่ ที่นิยมใช้สำหรับสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ คือ สายทองแดง สายไฟฟ้าขนาดใหญ่มีลักษณะเป็นตัวเกลียวแต่ถ้าเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กตัวนำก็จะเป็นตัวนำเดี่ยววัสดุฉนวนที่นิยมใช้กับสายไฟฟ้าแรงดันต่ำได้แก่ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-linked Polyethylene (XLPE)

2.2.1 สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน PVC

สายไฟฟ้าชนิดนี้แล้วจะมีตัวนำที่วัสดุเป็นอะลูมิเนียมและหุ้มด้วยฉนวน PVC โดยอาจจะเป็น PVC ธรรมดาหรือเป็นแบบ Heat Resisting PVC ก็ได้ซึ่งไฟฟ้าชนิดนี้สามารถใช้กับแรงดันได้ไม่เกิน 750 V ตามที่มาตรฐานได้กำหนดโดยสายไฟฟ้าชนิดนี้จะปฏิบัติตามมาตรฐาน มอก .293-2541

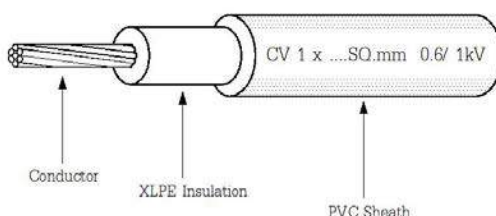
2.2.2 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC

เนื่องจากทองแดงนั้นมีคุณสมบัติข้อดีที่เหนือกว่าอะลูมิเนียมหลายประการด้วยกันไม่ว่าจะเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงกว่าการตัดต่อก็ทำได้ง่ายกว่าจึงนิยมใช้สายไฟฟ้าชนิดนี้กันมากสายไฟฟ้า

ทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC มีด้วยกันมากมายหลายชนิดและแต่ละชนิดก็เหมาะกับงานแต่ละแบบโดยที่สามารถจะเป็นสายเชื่อมต่อวงจรเล็กๆจนกระทั่งเป็นสายประธานหรือสายป้อน

2.2.3 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE

เนื่องจากคุณสมบัติของฉนวน XLPE ที่มีความสามารถในการที่จะทนต่อความร้อนได้สูง มีความแข็งแรง ทนต่อแรงทางกล และการกัดกร่อนทางเคมีได้ในปัจจุบันจึง มีการใช้สายไฟฟ้าที่หุ้มด้วยฉนวน XLPE มากขึ้นโดยสายชนิดนี้มีชื่อเรียกว่าสาย CV หรือ CVE ซึ่งไม่ได้อยู่ในระบบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แต่จะใช้ตามมาตรฐานอื่น เช่น IEC 60502 โดยทั่วไปสายชนิดนี้จะสามารถใช้งานได้เหมือนกับสาย NYY จึงนิยมใช้เป็นสายป้อนหรือสายประธาน



รูปที่ 2.1 สาย CV

2.2.4 สายไฟฟ้าทนไฟ (Fire Resistant Cable)

สายไฟฟ้าปกติจะมีฉนวนหรือเปลือกที่ทำจากวัสดุ เช่น PVC หรือ XLPE โดยหากเมื่อวัสดุเหล่านี้ถูกเพลิงไหม้ ก็จะทำให้วัสดุเหล่านี้สามารถติดไฟและลุกลามไปทั่วบริเวณตามช่องทางเดินสายไฟ นอกจากนี้จะทำให้เกิดควันหนาแน่นและอากาศพิษกระจายไปทั่ว ซึ่งทำให้คนหมดสติและเสียชีวิตในที่สุดได้เพื่อแก้ ปัญหาจะต้องเลือกสายไฟที่มีลักษณะทนไฟ

สายไฟฟ้าทนไฟมีลักษณะสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (Flame Propagation or Flame Retardancy) คือคุณสมบัติการหน่วงเหนี่ยวลุกลามของการลุกไหม้ของสายไฟฟ้า เมื่อเกิดไฟไหม้สายไฟฟ้าจะช่วยลดปัญหาลุกลามของไฟไปตามสายไฟฟ้า ดังนั้นบริเวณที่ถูกเพลิงไหม้จะขยายเป็นบริเวณกว้างและเมื่อเอาแหล่งไฟออกก็จะดับลง (Self-extinguish) กำหนดให้ใช้ตามฐานของ IEC 610332-1 หรือ IEC 60332-3

2. คุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรด (Acid and Corrosive Gas Emission) คือคุณสมบัติซึ่งแสดงการเกิดกรดหลังจากเกิดไฟไหม้ กรดที่เกิดขึ้นจะกัดโลหะของโครงสร้างและอุปกรณ์อื่นๆสายไฟฟ้าที่มีสาร Halogen น้อย หรือไม่มีเลยก็จะลดการเกิดกรดและก๊าซพิษกำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานของ IEC 60754-2
3. คุณสมบัติการปล่อยควัน (Smoke Emission) คือ คุณสมบัติที่แสดงว่าปริมาณควันที่จะเกิดขณะเพลิงไหม้สายไฟฟ้า กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานของ IEC 61034-2
4. คุณสมบัติต้านทานการติดไฟ (Fire Resistance) คือคุณสมบัติที่แสดงว่าภายใต้สถานการณ์ไฟไหม้สายไฟไหม้สายไฟฟ้ายังสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ในเวลาหนึ่ง กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานของ BS 6387 หรือ IEC 60331 ส่วนประกอบของสายไฟฟ้าทนไฟ (FRC)



รูปที่ 2.2 สายทนไฟ (FRC)

- ตัวนำ (Conductor) : ทองแดง
 - เทปกั้นไฟ (Fire Barrier Tape) : Mica/Glass
 - ฉนวน (Insulator) : XLPE
 - ฉนวนหุ้มชั้นนอก (Outer Sheath) : ทำด้วยสารจำพวก Zero Halogen , Low Somk (HOLS)
- สายไฟฟ้าทนไฟ (FRC) ควรใช้กับระบบและวงจรไฟฟ้าที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัยเช่น
1. ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย (Fire Alarm System)
 2. ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation)
 3. ระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Lighting System)
 4. ระบบเสียงอากาศ (Public Address System)
 5. ระบบไฟฟ้าสำรอง (Standby Power System)
 6. ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network System)

7. ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit TV System)
8. ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน (Lifts and Escalators System)
9. ระบบปั้มน้ำดับเพลิงและปั้มอัดอากาศในช่องบันไดหนีไฟ (FirePumps and Pressurised Stairs)
10. ในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งต้องการให้ระบบสามารถปฏิบัติงานได้ในขณะที่เกิดไฟไหม้

ตารางที่ 2.4 เครื่องหมายการทนไฟ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

ประเภท	การทดสอบ	เครื่องหมาย
การทนไฟ	650°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	A
	750°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	B
	950°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	C
	650°C เป็นเวลา 20 นาที	S
การทนไฟและน้ำ	650°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นพ่นน้ำและทำการทดสอบ	W
การทนไฟและทนแรงกระแทก	650°C เป็นเวลา 15 นาที โดยมีแรงกระแทก	X
	750°C เป็นเวลา 15 นาที โดยมีแรงกระแทก	Y
	950°C เป็นเวลา 15 นาที โดยมีแรงกระแทก	Z

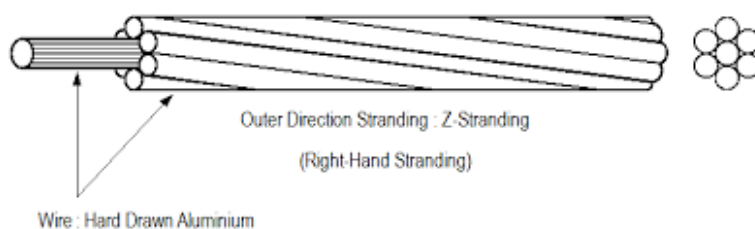
2.2.5 สายไฟฟ้าแรงดันสูง

สายไฟฟ้าที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นสายที่มีขนาดใหญ่ในลักษณะตัวนำตีเกลียวสายไฟฟ้าแรงดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท

2.2.6 สายเปลือย (Bare Wires)

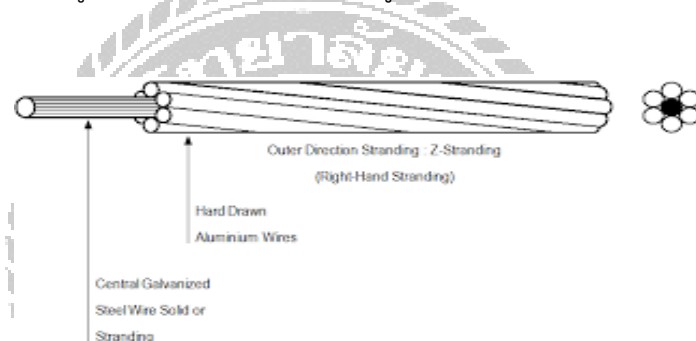
สายเปลือย คือ สายที่ไม่มีฉนวนหุ้มสาย ถ้าหากนำไปใช้กับระบบจำหน่ายแรงดันต่ำจะไม่ปลอดภัยจึงจะใช้สายนี้เฉพาะกับงานแรงดันสูงเท่านั้น สายเปลือยที่นิยมใช้งานมักจะทำมาจากอะลูมิเนียม เพราะน้ำหนักเบาและราคาถูก สายเปลือยที่นิยมใช้งานในปัจจุบันได้แก่

1. สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC-All Aluminium Conductor) เป็นสายที่ตัวนำอะลูมิเนียมพันตีเกลียวเป็นชั้นๆ



รูปที่ 2.3 สาย ACC

2. สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมผสม (AAAC-All Aluminium Alloy Conductor) เป็นสายที่มีส่วนผสมของอะลูมิเนียม แมกนีเซียม และซิลิกอน
3. สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR-Aluminium Conductor Steel Reinforced) สายไฟฟ้าประเภทนี้เป็นสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวและมีสายอยู่ตรงกลาง



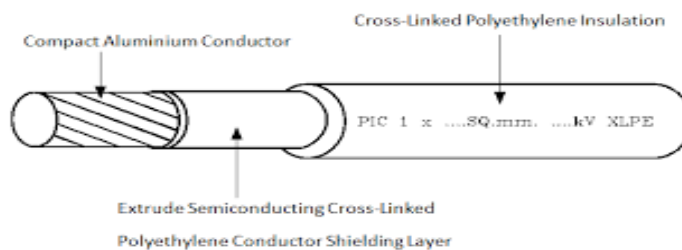
รูปที่ 2.4 สาย ACSR

2.2.7 สายหุ้มฉนวน (Insulated Wires)

การเดินสายไฟฟ้าแรงสูงผ่านบริเวณที่มีผู้คนอาศัยจะต้องใช้สายไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีฉนวนหุ้มและใช้สายหุ้มฉนวนเพื่อความปลอดภัยและยังช่วยลดการเกิดลัดวงจรจากสัตว์หรือกิ่งไม้แตะถูกสายไฟฟ้าอีกด้วย ทำให้ระบบไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้สูงขึ้น สายไฟฟ้าแรงดันสูงหุ้มฉนวนที่นิยมใช้มีดังนี้

1. สาย Partial Insulated Cable (PIC)

การใช้สายเปลือยจะมีโอกาสเกิดลัดวงจรขึ้นได้ง่ายเพื่อลดปัญหานี้จึงได้ให้มีการนำสาย PIC มาใช้แทนสายเปลือยโดยโครงสร้างของสาย PIC นี้ประกอบด้วยตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียวหุ้มฉนวน XLPE 1 ชั้น ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 สาย PIC4

2. สาย Space Aerial Cable (SAC)

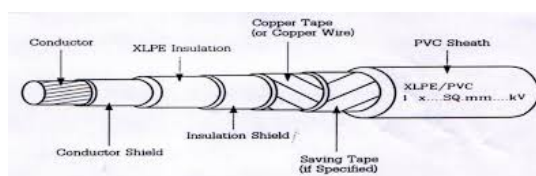
สายชนิดนี้ จัดเป็นสาย Fully Insulated มีโครงสร้างคล้ายสาย XLPE เนื่องจากสายชนิดนี้สามารถวางใกล้กันได้จึงใช้สายชนิดนี้เมื่อสายไฟฟ้าผ่านใน บริเวณที่มีระยะห่าง (Clearance) กับอาคารจำกัดหรือผ่านบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่สายชนิดนี้ยังสามารถวางพาดไปกับมุมตึกได้เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานมาก



รูปที่ 2.6 สาย SAC

3. สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE)

สาย XLPE สาย Fully Insulated โดยมีโครงสร้าง และ ส่วนประกอบดังรูป



รูปที่ 2.7 สาย XLPE

- ตัวนำ (Conductor) ส่วนใหญ่เป็นทองแดงในลักษณะทีเกลียว (Strand) ซึ่งอาจจะจัดอยู่ในรูปแบบของ Copper Concentric Strand
- ชีลด์ของตัวนำ (Conductor Shield) ทำด้วยสารกึ่งตัวนำ (Semi-conducting Material) ที่มีหน้าที่ช่วย ให้สนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับฉนวนกระจายอย่างสม่ำเสมอในแนวรัศมีเป็นการช่วยลดการเกิด Breakdown ได้
- ฉนวน (Insulation) เป็นชั้นที่หุ้มห่อชั้นชีลด์ของตัวนำอีกทีหนึ่งทำด้วยฉนวน XLPE สายเคเบิลที่ติดตั้งผิว ด้านนอกของชั้นฉนวนจะต้องเรียบ
- ชีลด์ของฉนวน(Insulation Shield) เป็นชั้นของ Semi-conducting Tape พันทับชั้นของฉนวนจากนั้น ก็จะหุ้มด้วยชั้นของ Copper Tape อีกหนึ่งชีลด์ของฉนวนนี้จะทำหน้าที่จำกัดสนามไฟฟ้าให้อยู่ภายใน สายเคเบิลเป็นการป้องกันระบบสื่อสาร นอกจากนี้การต่อชีลด์ลงดินจะช่วยลดอันตรายจาก การสัมผัสถูกสายเคเบิลด้วยและทำให้เกิดการกระจายของแรงดันอย่างสม่ำเสมอขณะใช้งาน
- เปลือกนอก (Jacket) ของสายนี้อาจจะเป็น Polyvinyl Chloride หรือ Polyethylene ก็ได้แล้วแต่ว่า ลักษณะของงานจะเป็นอย่างไรถ้าเป็นงานกลางแจ้งก็มักจะใช้ Polyvinyl Chloride เพราะว่ามันเฉื่อย ต่อการติดไฟในขณะที่ Polyethylene มักจะใช้งานแบบเดินลอยเนื่องจากความทนต่อสภาพดินฟ้า อากาศส่วนในกรณีวางเคเบิลใต้ดินอาจมีชั้นของ Service Tape ซึ่งอาจทำด้วยชิ้นผ้า(Fabric Tape) คั่นระหว่างชีลด์กับเปลือกนอกช่วยป้องกันการเสียดสีและการกระทบกระแทกสายชนิดนี้สามารถเดิน ลอยในอากาศหรือฝังใต้ดินก็ได้ แต่นิยมใช้ฝังใต้ดินเนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานสามารถทนต่อความชื้น ได้ดี

2.2.4 แรงดันตก

แรงดันตก (Voltage Drop) คือ ความแตกต่างระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่จุดแหล่งจ่ายต้นทางและจุด รับไฟฟ้า โดยเกิดเนื่องจากการที่มีกระแสไฟฟ้านั้นไหลผ่านสายไฟฟ้าที่มีค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) ของตัวสายไฟฟ้าเอง แรงดันตกนั้นถือเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่งที่จะต้องพิจารณาเมื่อใช้สายไฟฟ้าที่ มีความยาวมากๆ ผลของแรงดันตกต่อบริภัณฑ์ไฟฟ้ามีมากมายเช่นมีผลต่อความสว่างของหลอดไฟฟ้า เพราะความสว่างของหลอดไฟฟ้าจะแปรตามแรงดันยกกำลังสองเมื่อแรงดันตกลงไป จะทำให้ความสว่าง ลดลงไปเป็นอนันต์มากถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์(Fluorescent)การที่แรงดันตกจะทำให้หลอดติดยาก บัลลาสต์ร้อนเกินไป เป็นต้น

แรงดันตกสำหรับระบบแรงดันต่ำกรณีรับไฟแรงต่ำจากไฟฟ้าแรงดันตกคิดจากเครื่องวัดฯจนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้ายรวมกันต้องไม่เกิน 5% จากแรงดันที่ระบุ

แรงดันตกในวงจรไฟฟ้าโหลดจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ Concentrated Load, Distributed Load

- Concentrated Load คือวงจรที่โหลดมีเพียงชุดเดียวและอยู่ที่สายแรงดันตกของการจ่ายโหลดลักษณะนี้จะมีค่าสูงสุด
- Distributed Load คือวงจรที่มีโหลดหลายชุดกระจายไปตามความยาวสายแรงดันตกของการจ่ายโหลดลักษณะนี้จะมีค่าน้อยกว่าแบบแรก

2.2.4.1 ตารางแรงดันตก

เพื่อให้การคิดคำนวณแรงดันตกทำให้ได้สะดวกขึ้นมาตรฐานหลายฉบับจะทำตารางให้โดยตารางจะเป็นแต่ละขนาดแต่ละชนิดตามการติดตั้งเป็น mV/A/m ดังนั้นถ้าทราบกระแสและระยะทางก็สามารถคำนวณแรงดันตกได้มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ วสท. ได้ให้การคำนวณแรงดันตกซึ่ง มี 4 ตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.5 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้าฉนวน PVC แกนเดี่ยวที่ 70°C

ขนาดสาย (mm ²)	1 เฟส AC (mV / A / m)			3 เฟส AC (mV / A / m)				
	รูปแบบการติดตั้ง:							
	กลุ่มที่ 1, 2	กลุ่มที่ 3, 7		กลุ่มที่ 1, 2	กลุ่มที่ 3, 7			
		Touching	Spaced		Triof	Flat	Spaced	
1.0	44	44	44	38	38	38	38	
1.5	29	29	29	25	25	25	25	
2.5	16	18	18	15	15	15	15	
4	11	11	11	9.5	9.5	9.5	9.5	
6	7.3	7.3	7.3	6.4	6.4	6.4	6.4	
10	4.4	4.4	4.4	3.8	3.8	3.8	3.8	
16	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4	
25	1.81	1.75	1.75	1.52	1.50	1.50	1.52	
35	1.33	1.26	1.27	1.13	1.11	1.12	1.15	
50	1.00	0.94	0.97	0.85	0.81	0.84	0.86	
70	0.71	0.66	0.69	0.61	0.57	0.60	0.63	
95	0.56	0.50	0.54	0.46	0.44	0.47	0.50	
120	0.46	0.41	0.45	0.40	0.35	0.39	0.43	
150	0.41	0.35	0.39	0.35	0.30	0.34	0.38	
185	0.36	0.29	0.34	0.31	0.26	0.30	0.34	
240	0.30	0.25	0.29	0.27	0.21	0.25	0.29	
300	0.27	0.22	0.26	0.24	0.18	0.23	0.26	
400	0.25	0.19	0.23	0.22	0.16	0.20	0.24	
500	0.23	0.17	0.21	0.20	0.15	0.19	0.23	

ตารางที่ 2.6 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้าฉนวน PVC หลายแกน ที่ 70°C

ขนาดสาย (mm ²)	1 เฟส AC (mV / A / m)	3 เฟส AC (mV / A / m)
	ทุกกลุ่มการติดตั้ง	ทุกกลุ่มการติดตั้ง
1.0	44	38
1.5	29	25
2.5	18	15
4	11	9.5
6	7.3	6.4
10	4.4	3.8
16	2.8	2.4
25	1.75	1.50
35	1.25	1.10
50	0.93	0.80
70	0.65	0.57
95	0.49	0.43
120	0.41	0.36
150	0.34	0.29
185	0.29	0.25
240	0.24	0.21
300	0.21	0.18
400	0.17	0.15

ตารางที่ 2.7 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้าฉนวน XLPE แกนเดี่ยว ที่ 90°C



ขนาดสาย (mm ²)	1 เฟส AC (mV / A / m)			3 เฟส AC (mV / A / m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1, 2	กลุ่มที่ 3, 7		กลุ่มที่ 1, 2	กลุ่มที่ 3, 7		
		Touching	Spaced		Trefoil	Flat	Spaced
1.0	46	46	46	40	40	40	40
1.5	31	31	31	27	27	27	27
2.5	19	19	19	16	16	16	16
4	12	12	12	10	10	10	10
6	7.9	7.9	7.9	6.8	6.8	6.8	6.8
10	4.7	4.7	4.7	4.0	4.0	4.0	4.0
16	2.9	2.9	2.9	2.5	2.5	2.5	2.5
25	1.85	1.85	1.85	1.60	1.57	1.58	1.60
35	1.37	1.35	1.37	1.17	1.14	1.15	1.17
50	1.04	1.00	1.02	0.91	0.87	0.87	0.90
70	0.75	0.70	0.73	0.65	0.61	0.62	0.64
95	0.58	0.52	0.56	0.50	0.45	0.46	0.50
120	0.49	0.42	0.47	0.42	0.37	0.38	0.42
150	0.42	0.36	0.40	0.37	0.31	0.33	0.37
185	0.37	0.31	0.35	0.32	0.26	0.27	0.31
240	0.32	0.25	0.30	0.27	0.22	0.23	0.27
300	0.28	0.22	0.26	0.24	0.19	0.20	0.24
400	0.25	0.19	0.23	0.22	0.17	0.18	0.22
500	0.23	0.17	0.21	0.20	0.15	0.16	0.20

ตาราง 2.8 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้าฉนวน XLPE หลายแกน ที่ 90°C

ขนาดสาย (mm ²)	1 เฟส AC (mV / A / m)	3 เฟส AC (mV / A / m)
	ทุกกลุ่มการติดตั้ง	ทุกกลุ่มการติดตั้ง
1.0	46	40
1.5	31	27
2.5	19	16
4	12	10
6	7.9	6.8
10	4.7	4
16	2.9	2.5
25	1.85	1.60
35	1.35	1.15
50	0.99	0.86
70	0.68	0.60
95	0.52	0.44
120	0.42	0.36
150	0.35	0.31
185	0.30	0.25
240	0.24	0.22
300	0.21	0.18
400	0.19	0.16

2.3 ท่อสาย (Raceways)

การเดินสายไฟฟ้าในท่อสาย (Raceways) นั้นเพื่อป้องกันสายไฟฟ้าจากแรงกระแทกต่างๆ เนื่องจากสายไฟฟ้าถึงแม้ว่าจะมีฉนวนที่หุ้มสายไฟฟ้าที่มีความแข็งแรงทนทานพอสมควร แต่ยังไม่แข็งแรงพอ

ประโยชน์ของการใช้ท่อสาย มีดังนี้

1. ป้องกันสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกายภาพ เช่น การถูกกระทบกระแทกจากวัตถุมีคม หรือถูกสารเคมีต่างๆ
2. ป้องกันอันตรายกับคนที่อาจจะไปแตะถูกสายไฟฟ้าเมื่อฉนวนของมันเสียหายหรือมีการเสื่อมสภาพ
3. สะดวกต่อการร้อยสาย และ เปลี่ยนสายไฟฟ้าสายใหม่ เมื่อสายหมดอายุการใช้งาน
4. ท่อสายที่เป็นโลหะ ต้องมีการต่อลงดิน ดังนั้น จะเป็นการป้องกันไฟฟ้าช็อตได้
5. สามารถป้องกันไฟไหม้ได้เนื่องจากถ้าเกิดการลัดวงจรภายในท่อประกายไฟหรือความร้อนจะถูกจำกัดอยู่ภายในท่อ

ชนิดของท่อสายที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มีดังนี้

1. ท่อโลหะหนา(Rigid Metal Conduit)
2. ท่อโลหะหนานปานกลาง (Intermediate Metal Conduit)
3. ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing)
4. ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metallic Conduit)

2.3.1 ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit, RMC)

ท่อโลหะหนาเป็นท่อที่มีความแข็งแรงที่สุด สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆโดยท่อชนิดนี้ถ้าทำมาจากเหล็กกล้าจะเรียกว่า ท่อ RSC (Rind Steel Conduit) และส่วนใหญ่จะผ่านขบวนการชุบด้วยสังกะสี (Galvanized) ซึ่งจะช่วยให้การป้องกันสนิมได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.8 ท่อ RSC (Rigid Steel Conduit)



รูปที่ 2.9 ท่อ RMC (Rigid Metal Conduit)

สถานที่ใช้งาน

-ใช้งานได้ทุกสถานที่และอากาศ (All Occupancies and All Atmospheric Conditions)
สามารถใช้ทั้งภายนอก ภายในอาคาร และ สามารถฝังใต้ดินได้

ขนาดมาตรฐาน

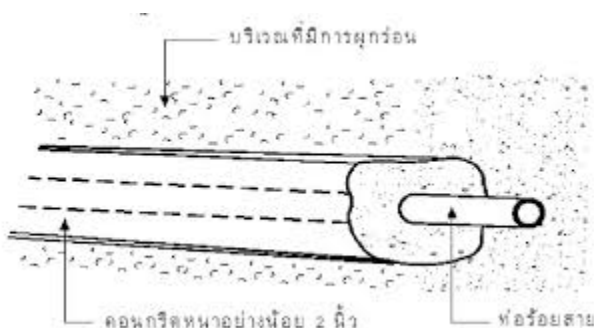
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ขนาดทางการค้า) 15mm.(1/2") – 150 mm.(6") ความยาวท่อละ 3

การติดตั้ง

- ในสถานที่เปียก (Wet Location) ส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อ เช่น Bolt, Strap และ Screw เป็นต้น

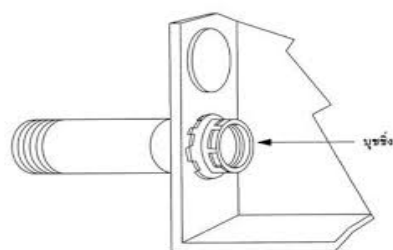
เป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้

- ในที่ที่มีการผุกร่อน (Cinder Fill) ท่อจะต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้หรือหุ้มท่อด้วยคอนกรีตหนา อย่างน้อย 2 นิ้ว



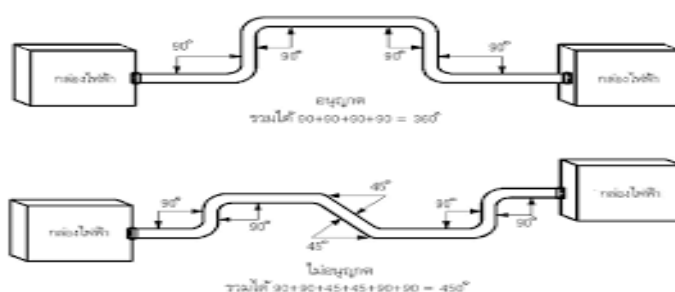
รูปที่ 2.10 การติดตั้งท่อในที่ที่มีการผุกร่อน

- การต่อท่อเข้ากับเครื่องประกอบจะต้องใช้บุชชิง (Bushing) เพื่อป้องกันฉนวนของสายไฟฟ้าเสียหาย



รูปที่ 2.11 บุชชิง

- มุกดัดโค้งของท่อระหว่างจุดติดตั้งสายรวมก่อนจะต้องไม่เกิน 60 องศา



รูปที่ 2.12 มุมดัดโค้งท่อระหว่างจุดตั้งสาย

- การเดินท่อจะต้องมีการจับยึดที่มั่นคงแข็งแรงทุกระยะไม่เกิน 3.0 m และต้องให้ห่างจากกล่องไฟฟ้าหรือจุดต่อไฟไม่เกิน 0.9 m

2.3.2 ท่อโลหะหนานปานกลาง (Intermediate Metal Conduit , IMC)

ท่อโลหะหนานปานกลาง หรือ ท่อ IMC เป็นท่อที่มีความหนาน้อยกว่าท่อRMC แต่สามารถใช้งานแทนท่อ RMC ได้ และมีราคาถูก



รูปที่ 2.13 ท่อโลหะหนานปานกลาง (IMC)

สถานที่ใช้งาน

- ทุกสถานที่เช่นเดียวกับท่อ RMC

ขนาดมาตรฐาน

- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm. (1/2")-100 mm.(4")
- ความยาวท่อนละ 3 m.

การติดตั้ง

- เช่นเดียวกับท่อ RMC

การต่อท่อ

- เช่นเดียวกับท่อ RMC

การต่อสาย และการต่อแยก

- เช่นเดียวกับท่อ RMC

2.3.3 ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing , EMT)

ท่อโลหะบางหรือท่อ EMT เป็นท่อที่มีผนังบางกว่าท่อ RMC และ IMC จึงมีความแข็งแรงที่น้อยกว่า และมีราคาถูกกว่า



รูปที่ 2.14 ท่อโลหะบาง (EMT)

สถานที่ใช้งาน

- ใช้ได้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น ทั้งในที่เปิดเผย (Exposed) และ ที่ซ่อน (Conceal) เช่น เดินลอยตามผนังเดินในฝ้าเพดานหรือทำการฝังในผนังคอนกรีตได้ไม่ควรใช้ท่อ EMT ในพื้นที่ที่มีการกระทบกระแทกทางกล ไม่ใช่ในระบบแรงสูง

ขนาดมาตรฐาน

- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm. (1/2) – 50 mm. (2")
- ความยาวท่อนละ 3 m.

2.3.4 ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit , FMC)

ท่อโลหะอ่อนทำมาจากเหล็กกล้าชุบสังกะสีในลักษณะที่มีความอ่อนตัวสูงสามารถโค้งงอได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit)

สถานที่ใช้งาน

ท่อโลหะอ่อนเหมาะสำหรับใช้กับงานที่อุปกรณ์นั้นมีการกระเทือนขณะใช้งานหรือเช่นมอเตอร์ เครื่องจักรต่างๆ หรือ ใช้กับงานที่ต้องการความโค้งงอด้วยมุมสูง เช่น จุดต่อดวง โคม ท่อโลหะอ่อนไม่อนุญาตให้

ใช้ในบางกรณี ดังนี้

- ในปล่องลิฟต์ หรือ ปล่องขนของ
- ในห้องแบตเตอรี่
- ในสถานที่อันตราย
- ในสถานที่เปียกยกเว้นเมื่อมีการป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อ และใช้สายไฟฟ้าที่เหมาะสม
- ฝังในดิน หรือ ฝังในคอนกรีต

2.3.5 ท่อโลหะแข็ง

ท่อโลหะแข็งจะมีความทนทานต่อการกัดกร่อนและการกระแทกแตกได้ดีแม้ว่าท่อชนิดนี้จะมี ความแข็งแรงน้อยกว่าท่อโลหะแต่มีความทนทานต่อความชื้นและการกัดกร่อนจากสารเคมีในอากาศได้ดีกว่า



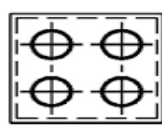
รูปที่ 2.16 ท่อโลหะ

สถานที่ใช้งาน

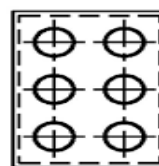
- ท่อโลหะแข็งสามารถใช้งานได้ในพื้นที่ดังนี้
- ในที่เปิดเผย (Exposed) ที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ
- ท่อที่ซ่อน (Conceal) เช่นเดินซ่อนในผนังพื้นและเพดานในที่เปียกและชื้นโดยมีการป้องกันน้ำในท่อ
- สามารถฝังใต้ดินได้เพราะมันทนต่อความชื้นและการผุกร่อนได้ แต่เพื่อความแข็งแรงส่วนมากจะหุ้มด้วยคอนกรีตที่เรียกว่า Duct Bank



2x1 DUCT BANK



2x2 DUCT BANK



2x3 DUCT BANK

รูปที่ 2.17 Duct Bank

- ท่อโลหะแข็งไม่อนุญาตให้ใช้บางกรณีดังนี้
- ใช้เป็นเครื่องแขวน และจับยึดดวงโคม
- ในที่มีอุณหภูมิสูงกว่าของอุณหภูมิของท่อที่ระบุ

2.3.6 รางเดินสาย (Wire ways)

รางเดินสายเป็นรางที่ใช้เดินสายไฟฟ้า ทำจากแผ่นเหล็กแผ่นพับเป็นสี่เหลี่ยมจะมีฝาเปิดปิดเป็นแบบบานพับหรือแบบถอดออกได้แผ่นเหล็กที่ใช้ทำรางเดินสายจะต้องผ่านขบวนการต่างๆเพื่อกันสนิมก่อน



รูปที่ 2.18 รางเดินสาย

การต่อรางเดินสายเข้าด้วยกันหรือจะเดินเป็นทางโค้งสามารถใช้เป็นอุปกรณ์สำเร็จรูปต่อเข้ากับรางเดินสายได้เลยเพื่อความสะดวกเช่นของ(Elbow)จุดเชื่อมต่อตัวที(Tee)และตัวลดขนาด(Reducer) เป็นต้น การเดินสายไฟฟ้าในรางเดินสาย Wire ways มีดังต่อไปนี้

1. อนุญาตให้ใช้ในที่เปิดโล่งซึ่งเข้าถึงได้
2. ห้ามใช้ในแผ่นผ้าเพดาน
3. รางเดินสายขนาดใหญ่ที่สุดที่ให้ใช้ 150 x 300 mm.
4. สายแกนเดี่ยวของวงจรเดียวกันทั้งสายดินต้องวางเป็นกลุ่มเดียวกันแล้วมัดรวมเข้าด้วยกัน
5. พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้าต้องไม่เกิน 20% ของพื้นที่หน้าตัดรางเดินสาย
6. ถ้าตัวนำกระแสไม่เกิน 30 เส้นพิกัดกระแสติดตัวนำกระแส 3 เส้นในท่อไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับค่า

สถานที่ใช้งาน

- รางเดินสายใช้ในที่เปิดโล่งถ้าเป็นภายนอกอาคารจะต้องเป็นชนิดที่กันฝนได้ (Rain tight) ไม่ใช้ในที่ที่มีอันตรายทางกายภาพ

จำนวนตัวนำ

- ผลรวมของพื้นที่ภาคตัดขวางของสายไฟฟ้าจะต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของรางเดินสาย

พิกัดกระแสของตัวนำ

- พิกัดกระแสของตัวนำในรางเดินสายในกรณีเดินสายในท่อโลหะในอากาศถ้าจำนวนตัวนำเกิน 30 เส้น จะต้องใช้ตัวคูณลดโดยจะนับตัวนำที่มีกระแสเท่านั้น ตัวนำสำหรับวงจรสัญญาณตัวนำในระบบควบคุมมอเตอร์และสตาร์ทเตอร์ที่ใช้ในการเดินเครื่องเท่านั้นไม่ถือเป็นตัวนำกระแส

ขนาดมาตรฐาน

- รางเดินสายที่บริษัทผู้ผลิตนิยมผลิตออกมาจำหน่ายมีขนาดดังนี้
 - H(ความสูง)=50,75,100,150 และ 200 mm.
 - W(ความกว้าง)= 50,75,100,150,200,250 และ 300 mm.
 - L(ความยาว)= 1200 และ 2400 mm.
 - T(ความหนา)=1.0 และ 1.5 mm.

2.3.7 รางเคเบิล (Cable Trays)

รางเคเบิลหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าเคเบิลเทรย์เป็นโครงสร้างสำหรับรับรองสายเคเบิลจะต้องมีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของทั้งหมด รางเคเบิลอาจแบ่งออกตามลักษณะต่างๆได้ดังนี้

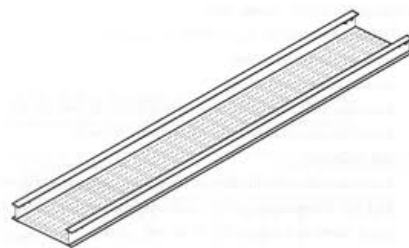
1. รางเคเบิลแบบบันได (Ladder Type)
2. รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ (Perforated Type)



รูปที่ 2.19 รางเคเบิลแบบบันได (Ladder Type)

รางเคเบิลแบบบันได (Ladder Type) จะมีลักษณะคล้ายบันได (Rung) ใช้กับสายเคเบิลกำลังต่ำมาจากแผ่นเหล็กแผ่นมาตรฐานผ่านการพ่นด้วยสีฝุ่น Epoxy/Polyester หรือเคลือบผิวด้วย Hot-Dip Galvanized

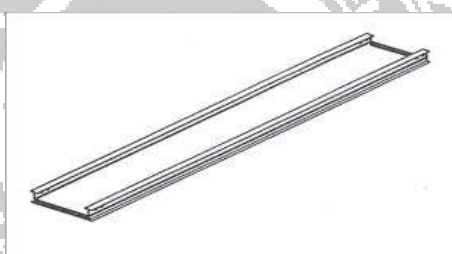
2.3.7.2 รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ (Perforated Type)



รูปที่ 2.20 รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ (Perforated Type)

รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ (Perforated Type) จะมีลักษณะเป็นขึ้นเดี่ยวตลอดและมีรูระบายอากาศ ด้านล่างใช้มือจับยึดสายชนิดเส้นใหญ่เส้นเดี่ยวหรือสายควบคุมชนิดหลายตัวนำทำมาจากแผ่นเหล็กมาตรฐานผ่านการพ่นด้วยสีฝุ่น Epoxy/Polyester หรือเคลือบผิวด้วยกรรมวิธี Hot-Dip Galvanized หรือ เคลือบด้วยวิธีอะลูซิงค์ (Aluzinc)

2.3.7.3 รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ (Solid Bottom Type)



รูปที่ 2.21 รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ (Solid Bottom Type)

รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ (Solid Bottom Type) จะมีลักษณะเป็นขึ้นเดี่ยวโดยตลอดและโดยที่ด้านล่างเป็นโลหะทึบใช้กับสายตัวนำโดยทั่วไปที่มีขนาดเล็กซึ่งสามารถเพิ่มเคลื่อนย้ายเปลี่ยนแปลงสายไฟฟ้าโดยสะดวก

2.3.8 เครื่องประกอบ (Fittings)

เครื่องมือประกอบ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการเดินสายจะใช้ร่วมกับท่อสายต่างๆเช่น ท่อ ร้อยสายและรางเคเบิลเป็นต้นการใช้เครื่องประกอบในการเดินสายจะมีวัตถุประสงค์เพื่องานทางกลมากกว่าทางไฟฟ้าโดยสรุปดังนี้

- เพื่อช่วยในการจับยึดท่อสายให้มีความมั่นคงแข็งแรง

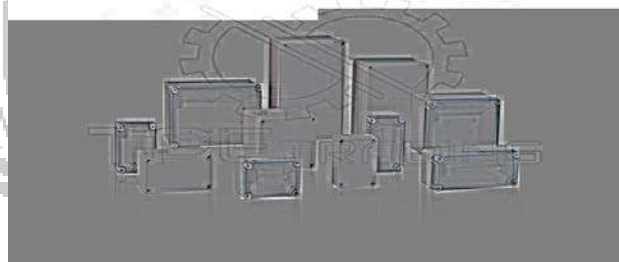
- เพื่อการเปลี่ยนทิศทางในการเดินสาย
- เพื่อความสะดวกในการเดินสาย
- เพื่อการตัดต่อสาย

เครื่องประกอบสามารถแบ่งตามหน้าที่การใช้งานได้ 3 ประเภทดังนี้

- กล่องไฟฟ้า (Boxes)
- กล่องดึงสาย (Pull Boxes)
- อุปกรณ์ประกอบท่อร้อยสาย (Conduit Fittings)

2.3.8.1 กล่องไฟ (Boxes)

กล่องไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินสายมีมากมายหลายชนิดโดยที่แต่ละชนิดจะมีหน้าที่จำแนกเช่นกล่องสำหรับจุดต่อไฟฟ้าของสวิตช์หรืออุปกรณ์ (Outlet Boxes) กล่องสำหรับต่อสายกล่องแยกเป็นต้นกล่องไฟฟ้าเหล่านี้จะช่วยให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าจากประกายไฟที่จุดต่อไฟไปใกล้วัสดุที่ติดไฟ



รูปที่ 2.22 กล่องไฟฟ้า และแผ่นปิดชนิดต่างๆ

กล่องไฟฟ้านั้นมีแบบที่ทำมาจากโลหะ และอโลหะโดยกล่องไฟฟ้าที่ทำมาจากโลหะพวกเหล็กแล้ว เคลือบด้วยสังกะสี (Galvanized Steel) จะต้องมีการต่อลงดินเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกล่องไฟฟ้าแบบที่ทำมาจากพวกอโลหะ Porcelain, Bakelite และ PVC กล่องไฟฟ้านั้นจะมีขนาดตามที่ใช้การใช้งานโดยจะขึ้นอยู่กับจำนวนของสายไฟฟ้าที่ผายกล่องไฟฟ้านั้นการไฟฟ้าได้ให้ข้อกำหนดสำหรับกล่องไฟฟ้าไว้ดังนี้

- กล่องไฟฟ้าจะต้องสามารถเข้าถึงได้ และ มีที่วางปฏิบัติงานพอเพียง
- ตรงตำแหน่งที่สายไฟผ่านกล่องจะต้องมีบุชชิงหรือเครื่องประกอบขอบบนเพื่อป้องกันฉนวนของสายไฟเสียหาย

- กล่องไฟฟ้าในระบบแรงสูงต้องมีป้ายอันตรายไฟฟ้าแรงสูงติดไว้ถาวรที่ด้านนอกของฝากล่อง

2.3.8.2 กล่องดึงสาย (Pull Boxes)

ถ้าท่อร้อยสายไฟนั้นมีความยาวมากและอาจต้องเปลี่ยนทิศทางการเดินสายจะใช้กล่องดึงสายช่วยในการเดินสายไฟฟ้าโดยจะช่วยลดช่วงความยาวในการดึงสายไฟป้องกันไม่ให้สายไฟฟ้าและเสียหายและเพื่อความสะดวก

2.3.8.2.1 แบบดึงตรง (Straight Pull)

ในกรณีชนิดดึงตรงกล่องดึงสายจะต้องมีความยาวไม่น้อย 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ใหญ่ที่สุด ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 กล่องดึงสายชนิดดึงตรง

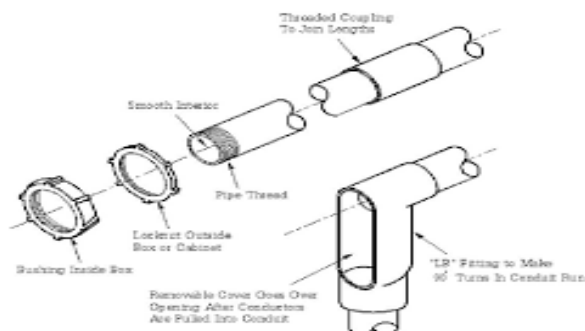
2.3.8.2.2 แบบดึงตรง (Angle Pull)

ในกรณีชนิดดึงเป็นมุมนั้นระยะระหว่างท่อไปถึงผนังฝั่งตรงข้ามของกล่องดึงสายจะต้องมีระยะไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ใหญ่ที่สุดรวมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่เหลือ ซึ่งเข้าสู่ผนังของกล่องในแถวเดียวกันและระยะที่สั้นสุดระหว่างท่อทางด้านเข้าและท่อทางด้านออกจะต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนั้น

2.3.8.3 อุปกรณ์ประกอบท่อร้อยสาย (Conduit Fittings)

เครื่องประกอบท่อร้อยสายหมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับท่อร้อยสายเช่นข้อต่อ (Couplings) ข้อต่อยึด (Connectors) บุชชิ่ง (Bushing), ข้องอ (Elbows), ตัวจับยึด (Supports) เป็นต้น เครื่องประกอบท่อร้อยสายชนิดที่ใช้กับท่อโลหะหนา (RMC) และท่อโลหะหนาปานกลาง (IMC) และส่วนใหญ่จะเป็นแบบมี

เกลียวส่วนในกรณีที่ใช้กับท่อโลหะบาง (EMT) นั้นเนื่องจากท่อชนิดนี้ไม่มีเกลียวจึงต้องเชื่อมเข้ากับกล่องไฟฟ้าหรือ อุปกรณ์อื่นๆโดยใช้ข้อต่อและข้อต่อยึดชนิดต่างๆได้แก่แบบขันสกรู (Set screw) แบบชนิดอัดแน่น (Compression) และแบบชนิดย่ำร่อง (Indenter) เครื่องประกอบท่อร้อยสายชนิดต่างๆแสดงในรูปที่ 2.24



รูป 2.24 เครื่องประกอบท่อ RMC, EMT และบุชซิ่ง



รูปที่ 2.25 ข้อต่อและตัวจับยึด

บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

สถานประกอบการชื่อ บริษัท อัลฟา อิเล็กทริก เอ็นจิเนียริง จำกัด สำนักงานใหญ่ 33/101 หมู่ 10 ถนนเทพารักษ์ ตำบลบางปลา บางพลี สมุทรปราการ 10540



รูปที่ 3.1 แผนที่บริษัท อัลฟา อิเล็กทริก เอ็นจิเนียริง จำกัด

3.2 ลักษณะการประกอบการและหลักขององค์กร

บริษัท อัลฟา อิเล็กทริก เอ็นจิเนียริง จำกัด มีความชำนาญด้านการออกแบบและติดตั้งงานระบบไฟฟ้า เครื่องกล สุขาภิบาลสาธารณูปโภคต่างๆพร้อมบริการจัดจำหน่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม อาคารสำนักงานและงานโครงสร้างของภาครัฐเราโดดเด่นด้วยความเป็นเลิศในด้านการบริหารจัดการระบบวิศวกรรมและการจัดสรรทรัพยากรอย่างเป็นระบบที่สามารถสอดประสานเข้ากับความต้องการของลูกค้าเข้ากับความคุ้มค่าในการดำเนินการช่วยสร้างสรรค์ให้เกิดผลงานที่เต็มเปี่ยมไปด้วยคุณภาพ

3.3 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

ได้รับมอบหมายให้ทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยวิศวกร QS Office (Quantity Control) โดยมีหน้าที่ช่วยถอดปริมาณอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและประเมินราคาของแต่ละโครงการ

3.4 ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา

1 นาย ศิวโรจน์ ไทรบุญจันทร์ ตำแหน่ง (Senior Quantity)

Email: si_wa_rot@hotmail.com 086-781-9826

2 นาย ธนาชัย เรืองสมานไมตรี ตำแหน่ง (Quantity Control)

Email: thanachai@gmail.com 083-256-9157

3.5 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

ระยะเวลาที่ได้ปฏิบัติงานที่ บริษัท อัลฟาอิเล็กทรอนิกส์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด เริ่มเข้าฝึกปฏิบัติสหกิจ ตั้งแต่วันที่ 18 พฤษภาคม 2563 ถึงวันที่ 28 สิงหาคม 2563 เป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ โดยระยะเวลาในการทำงานใน 1 วัน จะทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งตามที่บริษัทได้กำหนดตั้งแต่ เวลา 08.30 – 17.30 น. และหยุดทุกวันอาทิตย์

3.6 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน

ที่	หัวข้อ	พ.ศ.2563 - 2564											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ย.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	ศึกษาทฤษฎี สหกิจศึกษา												
2	ปฏิบัติงาน สหกิจศึกษา												
3	ค้นคว้าหาข้อมูล												
4	จัดทำโครงการ												
5	นำเสนอโครงการ												

เวลาที่กำหนดไว้

เวลาดำเนินการ

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

โครงการศาลอาญาทุจริต เขต ตลิ่งชัน ซึ่งได้ว่าจ้าง บริษัท อัลฟา อิเล็กทริก เอ็นจิเนียริง จำกัด ผู้รับเหมาติดตั้งระบบไฟฟ้าของโครงการจึงมีขั้นตอนในการปฏิบัติงานติดตั้งระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า สำหรับโครงการดังนี้

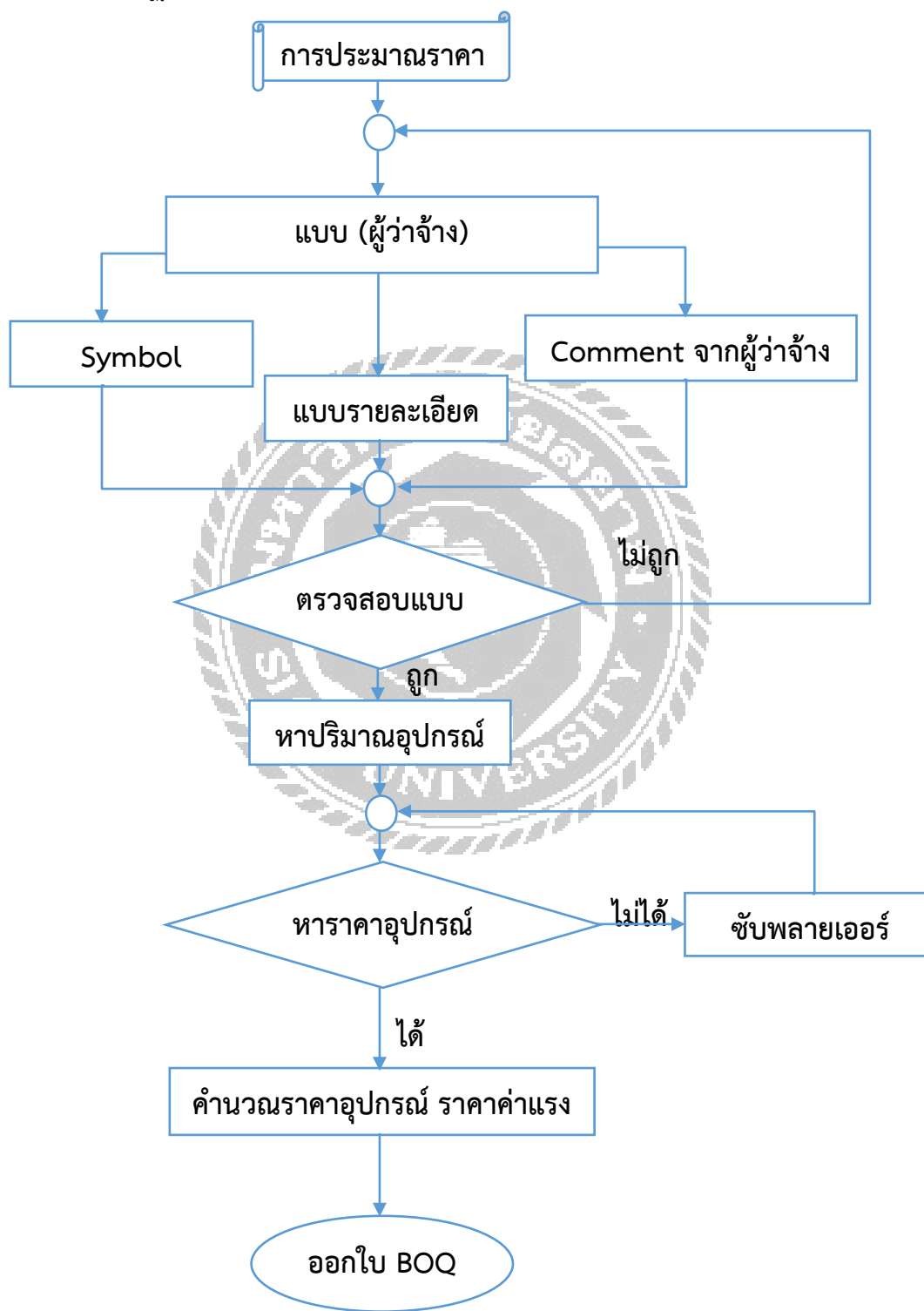
- 1 ซื้อแบบจากผู้ว่าจ้าง
- 2 ถอดปริมาณอุปกรณ์
- 3 ทหาราคาอุปกรณ์
- 4 คำนวนราคาค่าอุปกรณ์ ราคาค่าแรง
- 5 ออกใบ BOQ



บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงาน

4.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน



อธิบายขั้นตอนการทำงานของ Flowchart การประมาณราคาระบบไฟฟ้า

หลักการทำงานของ การประมาณราคา ระบบไฟฟ้า โดยเริ่มต้นจากการซื้อแบบจากผู้ว่าจ้าง ทำการตรวจสอบแบบแปลน หาปริมาณอุปกรณ์ หาราคาอุปกรณ์ และออกใบBOQ

4.1.1 แบบของผู้ว่าจ้าง

ทางผู้ว่าจ้างของโครงการ ได้ให้แบบที่จะทำการถอดแบบซึ่งประกอบไปด้วย

- แบบ Design
- Symbol
- Single Line Diagram
- Riser Diagram
- แบบรายละเอียด

4.1.1.1 แบบ Design

แบบ Design คือแบบที่ผู้ว่าจ้างนำมาใช้ให้ทำการประมาณราคาซึ่งจะประกอบไปด้วยลักษณะของห้องต่างๆระยะของโคมไฟต่างๆระยะของเต้ารับและสวิตช์

4.1.1.2 Symbol

เป็นสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าต่างๆที่ทางผู้ว่าจ้างกำหนดหรือออกแบบตามมาตรฐาน

CODE	DESCRIPTION
	โคม 3x36 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ALUMINIUM LOUVER
	โคม 2x36 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ALUMINIUM LOUVER
	โคม 2x18 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ALUMINIUM LOUVER
	โคม 1x36 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์ PRISMATIC
	โคม 1x18 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์ PRISMATIC
	โคมเปลี่ยน 2x36 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์
	โคมเปลี่ยน 1x36 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์
	โคมเปลี่ยน 1x18 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์
	โคมเปลี่ยน 1x36 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์ พร้อมที่กันฝุ่น
	โคมเปลี่ยน 1x18 W. หลอดฟลูออเรสเซนต์ พร้อมที่กันฝุ่น
	โคมไฟดาวน์ไลท์ หลอด PLC 2x18W.
	โคมไฟดาวน์ไลท์ หลอด PLC 1x18W. ขั้วหลอด E27
•	โคมไฟติดผนัง 1x25 วัตต์ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

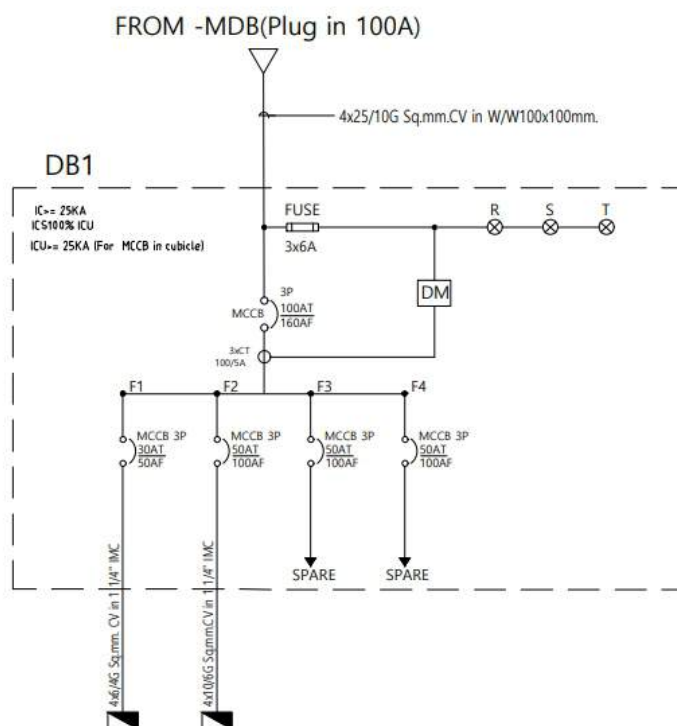
รูปที่ 4.1 Symbol ไฟฟ้าแสงสว่าง

	เข้ารับคู่ พร้อมสายดิน
	เข้ารับคู่ พร้อมสายดิน ชนิดกันน้ำ
	
	เข้ารับเดี่ยว พร้อมสายดิน ชนิดกันน้ำ
	WATER HEATER
	JUNCTION BOX
	สวิตช์
	3
	4
	สวิตช์พัดลม
	เข้ารับโทรศัพท์
	ท่อโลหะบาง
	ท่อโลหะหนานปานกลาง
	
	
	Emergency Light 2x9W LED, 12V, 2.9Ah, 3hrs.
	Exit sign 10W, LED

รูปที่ 4.2 Symbol Outlet

4.1.1.3 Single Line Diagram

เป็นไดอะแกรมที่แสดงลักษณะการต่อวงจรการจ่ายไฟของระบบไฟฟ้าเฟสเดียวหรือสามเฟสซึ่งอาจประกอบด้วยตัวนำวงจร 2 , 3 หรือ 4 ตัวนำหรือมากกว่านั้นโดยใช้เส้นเพียงหนึ่งเส้นแทนตัวนำทุกๆตัวนำและอุปกรณ์ต่างๆในวงจรโดยจะมีสัญลักษณ์และคำขยายความประกอบให้เพียงพอต่อความเข้าใจอย่างมาก Single Line Diagram จะมีเฉพาะระบบไฟฟ้ากำลังเท่านั้น



รูปที่ 4.3 Single Line Diagram

4.1.1.4 Riser Diagram

เป็นไดอะแกรมที่แสดงลักษณะการเชื่อมโยงของอุปกรณ์สำคัญต่างๆ ของแต่ละระบบโดยแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ดังกล่าวในแต่ละชั้นของอาคารประกอบกับรายละเอียดของท่อ สายที่ใช้เชื่อมโยง รวมถึงความสูงของแต่ละชั้นเทียบกับระดับอ้างอิงของอาคารโดยใช้เส้นที่ขีดในแนวนอนแทนการแบ่งชั้น

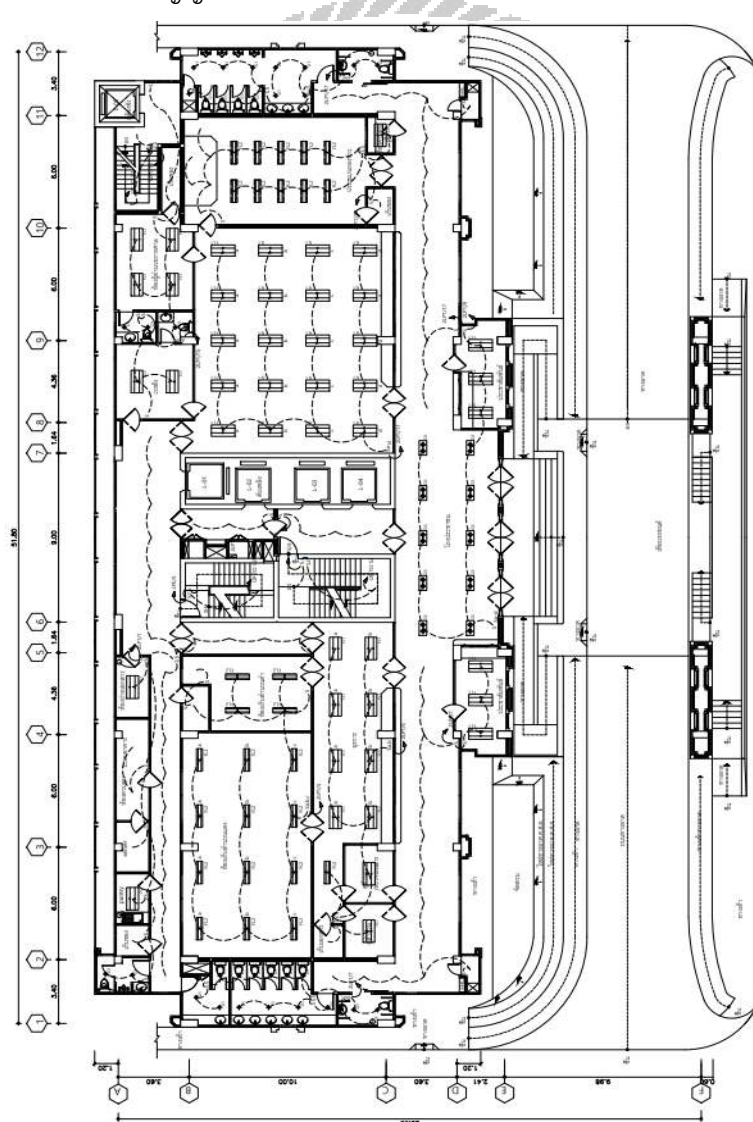
ทำการตรวจสอบแบบทั้งหมดที่ทางผู้ว่าจ้างให้มาแล้วจะต้องทำการเขียนแบบขึ้นมาใหม่คือ แบบ Shop Drawing จะเป็นแบบที่จะใช้ในการถอดแบบต่อไป

4.1.1.7 แบบ Shop Drawing

เมื่อทำการตรวจสอบเสร็จแล้วจะต้องทำการเขียนแบบ Shop Drawing คือแบบที่ใช้ในการถอดแบบ ซึ่งจะถูกจัดทำขึ้น เมื่อตรวจสอบรายละเอียดของแบบเสร็จแล้ว เป็นแบบที่ระบุรายละเอียดเพื่อให้ผู้ถอดแบบสามารถถอดได้ง่ายขึ้น Shop Drawing นี้จะมีรายละเอียดของการติดตั้งมากกว่า Design Drawing มีการบอกตำแหน่งแนวหรือเส้นทางการติดตั้งท่อและสายไฟโดยจะแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.1.1.7.1 แบบระบบแสงสว่างเป็นแบบที่มีเฉพาะดวงโคมต่างๆที่ให้แสงสว่าง

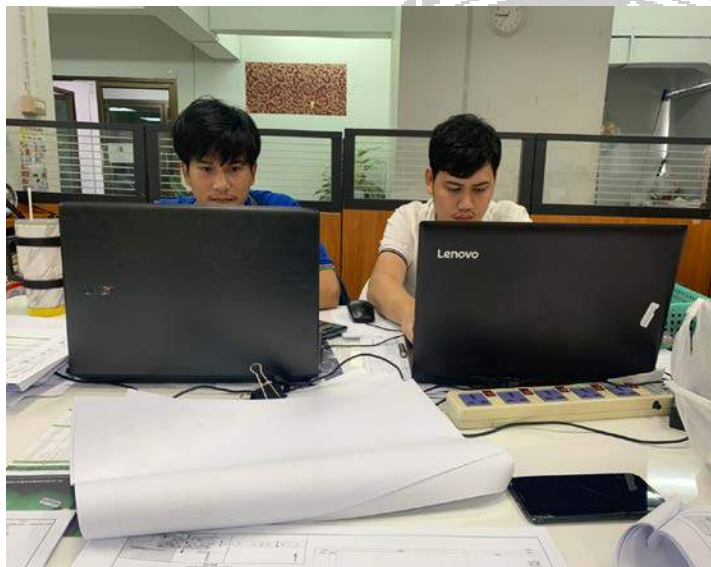
4.1.1.7.2 แบบ Outlet จะมีเฉพาะสวิทช์เปิดปิดต่างๆ เตารับไฟฟ้า เตารับสัญญาณโทรทัศน์ เตารับสัญญาณโทรศัพท์ เตารับสัญญาณอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 4.5 แบบ Shop Drawing

4.2 การถอดแบบ

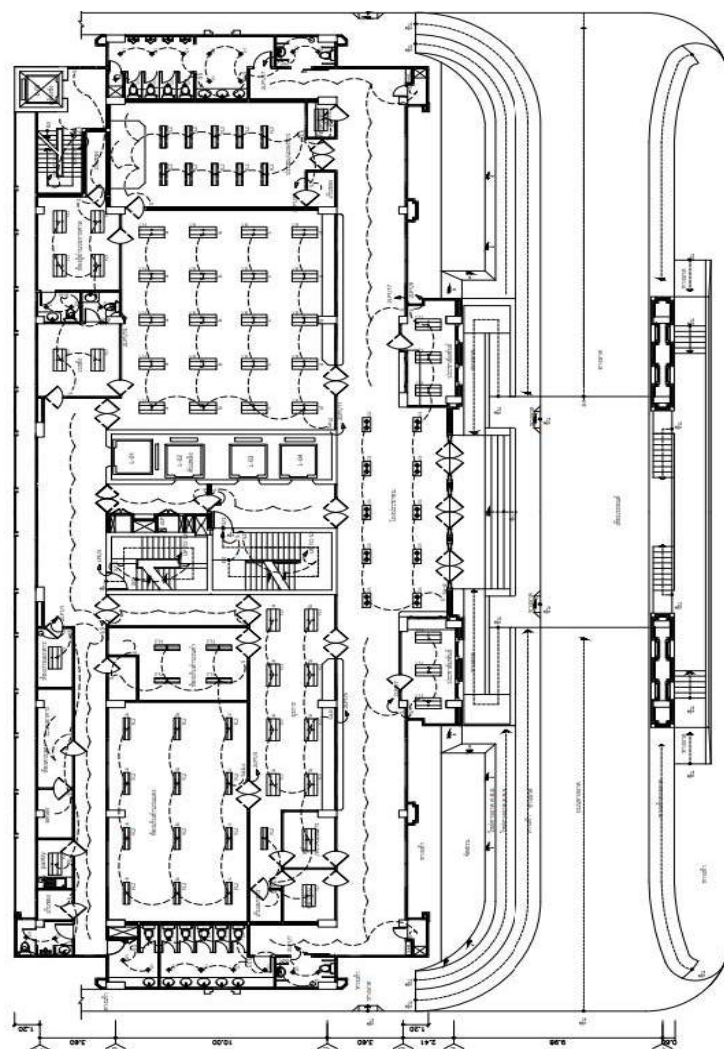
การหาปริมาณงานไฟฟ้าสำหรับการประมาณการถอดแบบงานไฟฟ้านั้นแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่นับได้เช่น พวกดวงโคม สวิตช์และเต้ารับ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้สามารถนับได้จากแบบแปลนว่าจะ ต้องใช้จำนวนเท่าใด ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือที่นับไม่ได้เช่น พวกท่อร้อยสายไฟ สายไฟ เป็นต้น ต้องใช้วิธีประมาณการและเผื่อไปอีกประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์เพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาดผู้ประมาณการ จะต้องหาความรู้และศึกษาเกี่ยวกับข้อกำหนดหรือข้อบังคับของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้องแม่นยำ



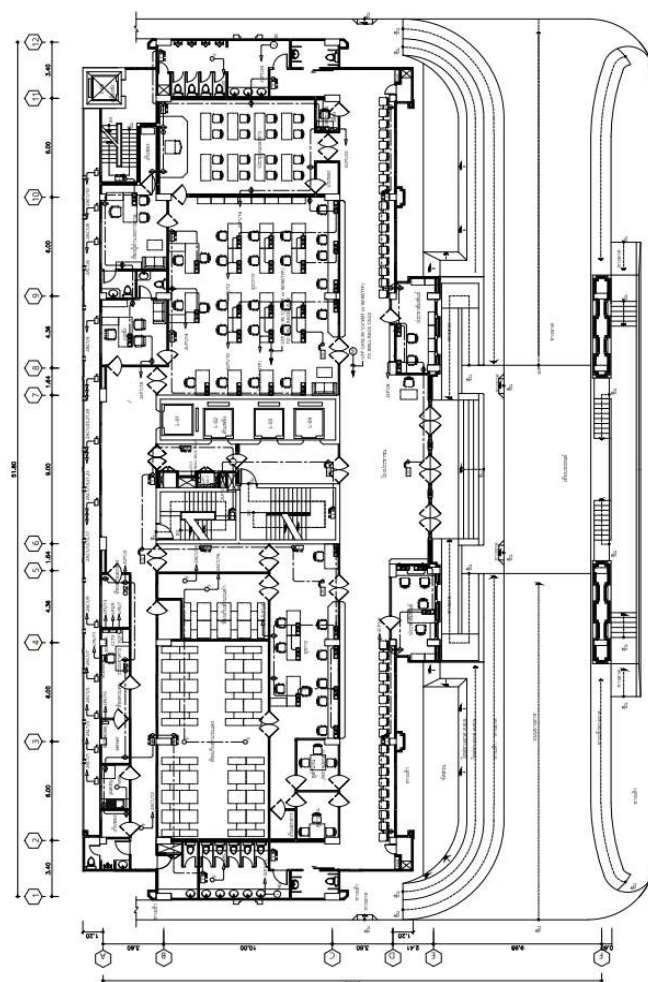
รูปที่ 4.6 ถอดแบบระบบไฟฟ้า

4.2.1 นับจำนวนอุปกรณ์

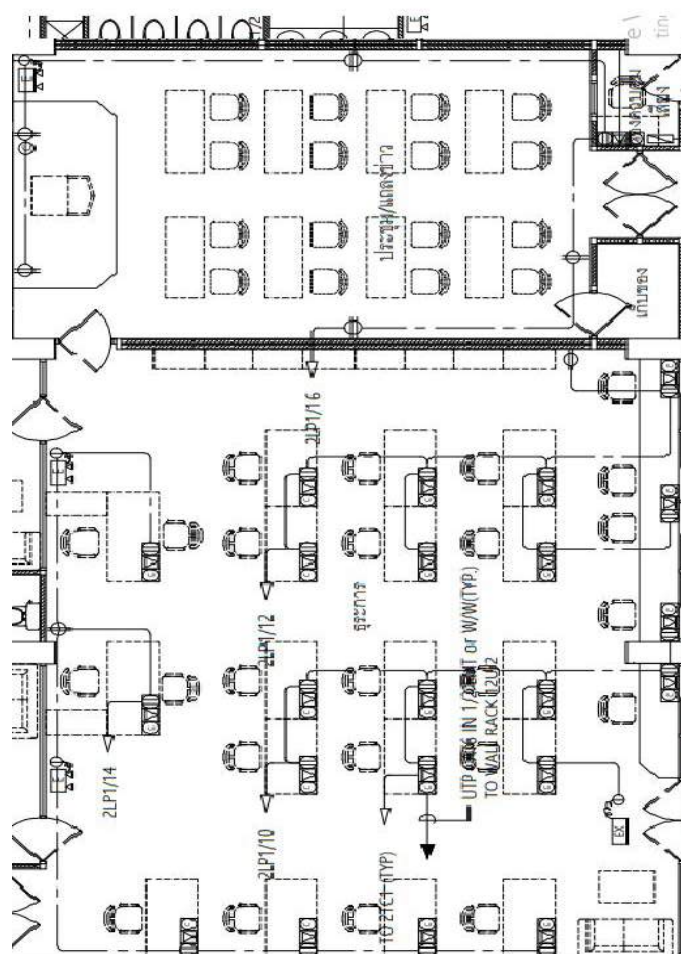
การนับจำนวนอุปกรณ์ต่างๆของระบบไฟฟ้า-สื่อสาร ต้องแยกรายการอุปกรณ์ออกจากกัน เช่น ระบบ สื่อสารระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ระบบไฟฟ้าบริเวณทางเดิน ระบบประกาศเสียง ระบบไฟฉุกเฉิน ทำการนับจำนวนอุปกรณ์ต่างๆจะใช้แบบชนิดเป็นแบบ Shop ในการนับจำนวน



รูปที่ 4.7 แบบ Shop ที่ใช้ในการนับอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง



รูปที่ 4.8 แบบ Shop ที่ใช้ในการนับอุปกรณ์ระบบเต้ารับ



รูปที่ 4.9 แบบขยายระบบตัวรับ

4.2.1.1 ผลการถอดแบบ

จำนวนอุปกรณ์

ตารางที่ 4.1 อุปกรณ์ภายในอาคารของระบบแสงสว่าง

รายการ	จำนวน
โคม 3x36 w. หลอดฟลูออเรสเซนต์	45 ดวงโคม
โคม 2x36 w. หลอดฟลูออเรสเซนต์	27 ดวงโคม
โคมไฟดาวน์ไลท์ หลอด PLC 1x18 w.	10 ดวงโคม
โคมไฟดาวน์ไลท์ หลอด PLC 2x18 w.	27 ดวงโคม
โคมไฟติดผนัง 1x25 w. ฟลูออเรสเซนต์	10 ดวงโคม
สวิตช์	63 ชุด

ตารางที่ 4.2 อุปกรณ์ภายในอาคารของระบบเต้ารับ

รายการ	จำนวน
เต้ารับเดี่ยว พร้อมสายดิน	2ชุด
เต้ารับคู่ พร้อมสายดิน	70ชุด
Emergency Light 2x9 w. LED	20ชุด
Exit Sign 10w. LED	5ชุด

4.2.2 ทหาระยะสายและท่อ

ระยะต้องดูสเกลก่อนว่าทางผู้ว่าจ้างกำหนดมาเท่าใด ในโครงการ ศาลาทุจริต กำหนดใช้สเกล 1:150 โดยการวัดต้องคำนึงถึงความสูงระหว่างพื้นและเพดาน เนื่องจากจะได้ประมาณความสูงของ Outlet ต่างๆได้ส่วนมากจะอยู่สูงจากพื้นประมาณ 30 cm (แล้วแต่แบบ จะกำหนด) ศาลาอาญาทุจริต กำหนดความสูงระหว่างพื้นถึงเพดาน 3-4 เมตร



รูปที่ 4.10 ทหาระยะสายไฟ



รูปที่ 4.11 หาระยะท่อ

$$2LP1/3 = 12.80 + (5 \times 2) + 4.75 + 5 = 32.55m$$

$$2LP1/5 = 36.50 + (11 \times 2) + 8.2 + 5 = 71.70m$$

$$2LP1/7 = 17.64 + (18 \times 2) + 21 + 5 = 79.64m$$

$$2LP1/9 = 29.30 + (15 \times 2) + 40.8 + 5 = 105.10m$$

$$2LP1/21 = 34.40 + (9 \times 2) + 26.89 + 5 = 84.29m$$

$$\therefore 60.89 + 32.55 + 71.7 + 79.64 + 105.10 + 110.90 + 82.40 + 51.94 + 50.92 + 101.38 + 84.29 = 831.71m$$

ใช้สาย 2-2.5 Sq.mm IEC01 = $2 \times 831.71 = \underline{1663.42m \#}$

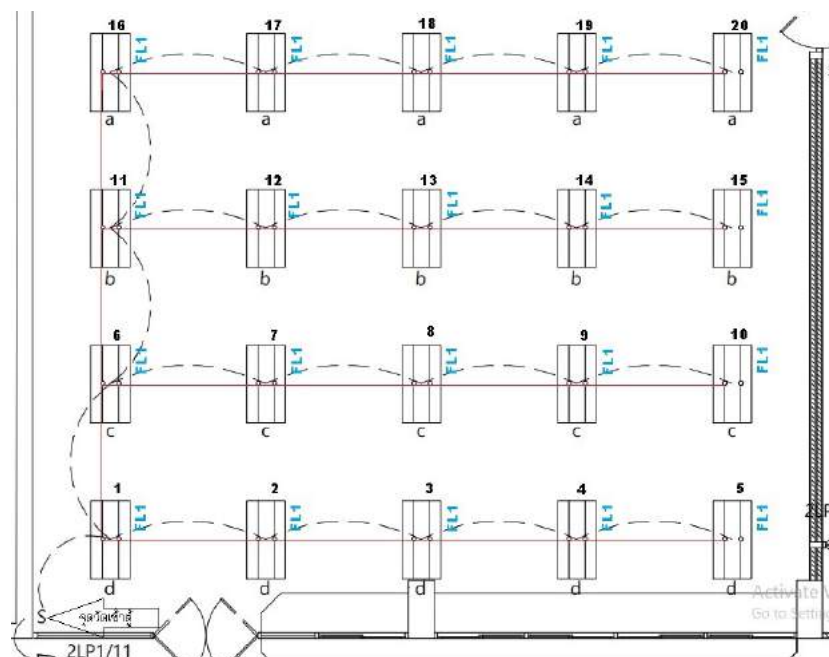
2.5 Sq.mm (G) IEC01 = 831.71m #

ใช้ท่อ $\frac{1}{2}$ " IMC = 831.71m #

ตัวอย่าง การหาระยะของสายไฟและท่อร้อยสาย

เช่น 2LP1/11 มีระยะสายระหว่างโหนดวัดได้ 19.4 เมตร มีอุปกรณ์ 15 ชุด คูณ 2 เมตร (เป็นการเผื่อสายเข้าอุปกรณ์) ระยะสายเข้าตู้วัดจากอุปกรณ์ตัวแรกถึงหัวตู้ DB หรือ ตู้ LP วัดได้ 18.9 เมตร และความสูงของชั้น ตามแบบแปลนของโครงการศาลาอาญาทุจริต เขต ดลิ่งชั้น มีความสูงของชั้นเท่ากับ 3.6 เมตร ดังนั้นจึงเพื่อความสูงของชั้นเป็น 5 เมตร

$$\therefore 2LP1/11 = 47 + (20 \times 2) + 18.9 + 5 = 110.90m$$



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการหาระยะสายและท่อ

$$2LP1/6 = 47 + (11 \times 2) + 21.77 + 5 = 95.77\text{m}$$

$$2LP1/8 = 17.15 + (8 \times 2) + 8.8 + 5 = 46.95\text{m}$$

ใช้สาย 2-4Sq.mm IEC01 = $2 \times 434.69 = 869.38\text{m}$ #

2.5Sq.mm (G) IEC01 = 434.69m #

4.3 การประมาณราคา

การประมาณราคาคือการคำนวณค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบไฟฟ้าให้สมบูรณ์และใช้งานได้ตามแบบที่ออกไว้การประมาณราคาที่ดีจะให้ตัวเลขค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายจริงแต่ทั้งนี้ทั้งนั้นความ

THW (IEC01)

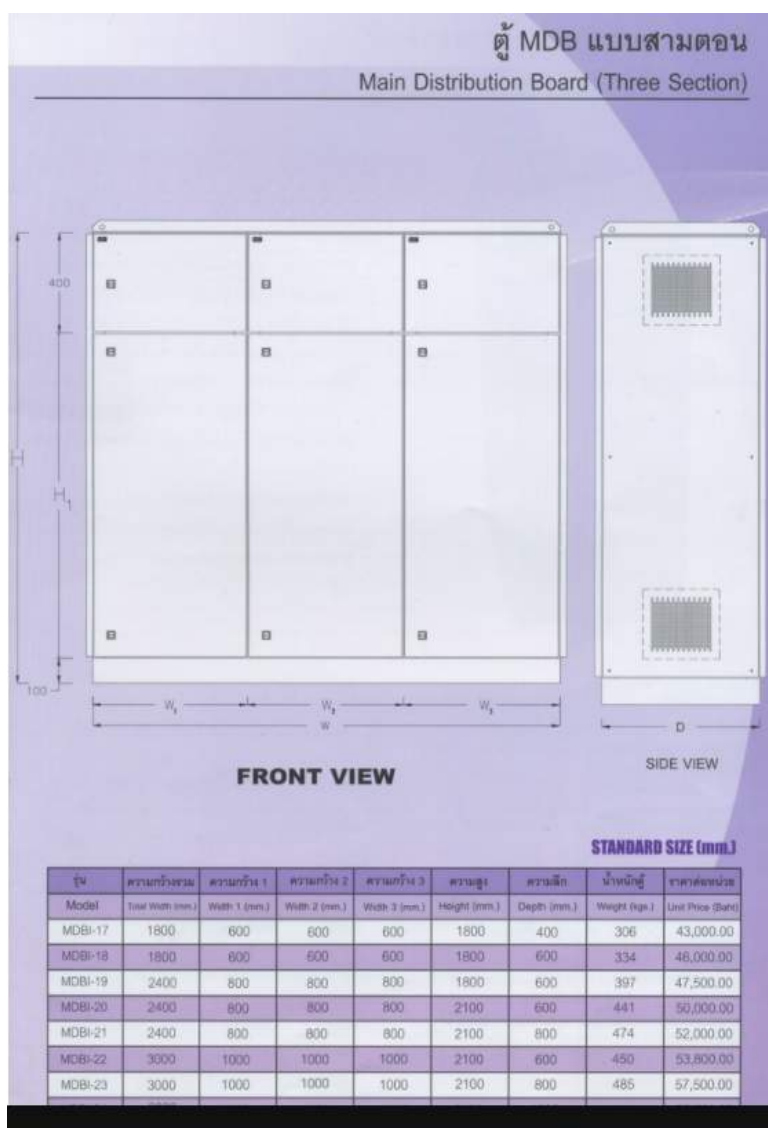
core	size	Price/M	
		Phelpsdodge, Thaiya, MCL,BCC, CTW	Fuhrer
1	1	5.80	5.80
	1.5	8.20	7.70
	2.5	12.10	12.10
	4	18.70	18.70
	6	30.00	28.30
	10	49.30	49.30
	16	76.50	76.50
	25	120.00	120.00
	35	170.50	170.50
	50	229.20	229.20
	70	327.70	327.70
	95	451.50	451.50
	120	572.00	572.00
	150	700.00	700.00
	185	879.00	879.00
	240	1,153.00	1,153.00
	300	1,445.00	1,445.00
	400	1,850.00	1,850.00
	500	2,395.00	2,395.00

รูปที่ 4.13 ราคาสาย THW

NYY (IEC10)

พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)	1C	2C	3C	4C
1	22.50	43.40	48.95	55.75
1.5	25.00	48.10	54.90	63.30
2.5	29.20	57.60	67.40	78.80
4	39.40	81.50	96.95	116.60
6	58.80	112.90	140.00	170.50
10	70.50	159.80	205.00	260.20
16	98.80	226.20	301.00	392.30
25	144.60	332.60	460.10	590.40
35	196.00	441.10	622.30	859.00
50	259.70	630.30	874.70	1,115.00
70	352.80	891.00	1,183.70	1,550.00
95	474.00	1,200.00	1,656.90	2,155.00
120	608.00	1,490.00	2,092.00	2,726.00
150	746.00	1,830.00	2,546.00	3,338.00
185	928.00	2,288.00	3,170.00	4,189.00
240	1,209.00	2,992.00	4,145.00	5,519.00
300	1,507.00	3,724.00	5,136.00	6,850.00

รูปที่ 4.14 ราคาสายNYY



รูปที่ 4.15 ราคาตู้ MDB

ตารางที่ 4.3 การประมาณราคาและค่าแรง

รายการ	จำนวน	ค่าวัสดุ บาทต่อ หน่วย	ราคารวม ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรง บาทต่อ หน่วย	ราคารวม ค่าแรง (บาท)	ราคารวม (บาท)
โคม 3x36 w. หลอด ฟลูออเรสเซนต์	45	693.45	31,205.25	155	6,975	38,180.25
โคม 2x36 w. หลอด ฟลูออเรสเซนต์	27	1,188.91	32,100.57	155	4,185	36,285.57
โคมไฟดาวน์ไลท์ หลอด PLC 1x18 w.	10	2,676.31	26,763.1	220	2,200	28,963.1
โคมไฟดาวน์ไลท์ หลอด PLC 2x18 w.	27	2,874.30	77,606.1	220	2,200	83,546.1
โคมไฟติดผนัง 1x25 w. ฟลูออเรสเซนต์	10	3,076.30	30,763	220	2,200	32,963
สวิตช์	63	130	8,190	85	5,355	13,545
เต้ารับเดี่ยว พร้อม สายดิน	2	149.75	299.5	85	170	469.5
เต้ารับคู่ พร้อมสายดิน	70	216.08	15,125.6	85	5,950	21,075.6
Emergency Light 2x9 w. LED	20	5,800	116,000	85	1,700	117,700
Exit Sign 10w. LED	5	8,020	40,100	105	525	40,625
สาย 2.5 Sq.mm IEC01	2,929.82	12.10	35,450.82	10	29,298.2	64,749.02
สาย 4 Sq.mm IEC01	869.38	18.70	16,257.40	11	9,563.18	25,820.58
ท่อ ½" IMC	1,266.4	35.18	44,551.95	25	31,660	76,211.95



รูปที่ 4.16 ตรวจสอบสายไฟ และ ท่อ

4.3.2 ออกใบ BOQ

การกรอกรายละเอียดลงใน BOQ เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการถอดแบบหลังจากทำการวัดปริมาณงาน ทำรายการวัสดุและจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าแล้วเป็นการนำรายการและจำนวนวัสดุอุปกรณ์มาคำนวณเพื่อทำให้กลายเป็นจำนวนเงินในกรณีของโครงการศาลอาญาทุจริตได้ยกตัวอย่าง BOQ ของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบเต้ารับ และระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้เมื่อทำการออกใบ BOQ แล้ว จะทำการส่งใบ BOQ ให้ทางผู้ว่าจ้างเพื่อให้ผู้ว่าจ้างทำการประมูลต่อไป

รูปที่ 4.17 BOQ CONTACT



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

5.1.1 ปัญหาที่พบของการปฏิบัติสหกิจศึกษา

ในการปฏิบัติงานของนักศึกษาสหกิจจะพบปัญหาในตอนแรกของการเริ่มปฏิบัติงาน เนื่องจากนักศึกษายังไม่เข้าใจหลักการทำงาน โครงสร้าง หรือแผนของบริษัทว่ามีแบบแผนขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างไร

5.1.2 ข้อดีการปฏิบัติสหกิจศึกษา

5.1.2.1 นักศึกษาที่ออกปฏิบัติสหกิจได้ปฏิบัติงานจริง

5.1.2.2 มีความกระตือรือร้นในการปฏิบัติงานให้ตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย

5.1.2.3 ได้เรียนรู้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นและการแก้ไขปัญหาได้

5.2 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน

การทำงานของนักศึกษาสหกิจควรมีพี่เลี้ยงคอยสอนงานอย่างละเอียดและตรงกับสายงานที่ปฏิบัติงานเนื่องจากการงานที่ต้องใช้ความละเอียดและรอบคอบในการถอดแบบและประมาณราคาระบบไฟฟ้า

บรรณานุกรม

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2554). การประมาณราคางานวิศวกรรมก่อสร้าง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เข้าถึงได้จาก <https://www.se-ed.com/product/>

การประมาณราคา อุปสรรค ปัญหาและข้อผิดพลาดในการประมาณราคา. (ม.ป.ป). เข้าถึงได้จาก

<http://www.q-power.co.th/knowledge/detail/11>

ปกรณั ปริยะวาที. (2562). ประมาณราคางานระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ. เข้าถึงได้จาก

<https://electricalroomthailand.com/esitmateelectricalonline/>

มนตรี เภาเดช. (2563). แบบระบบไฟฟ้าและการถอดแบบประมาณราคา. เข้าถึงได้จาก

<http://montri.rmutl.ac.th>







รูปที่ 4 ตรวจ Progress โครงสร้าง



รูปที่ 5 ตรวจแบบหน้างาน



รูปที่ 6 ตรวจท่อตกท่อ

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ - นามสกุล : นาย ศุภวิชญ์ บุครังศรี
รหัสนักศึกษา : 5904200012
ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน : 39/62 ซ.เพชรเกษม110 แยก 14-1-2
แขวง หนองค้างพลู เขต หนองแขม กทม 10160
เบอร์ : 0822303089



ชื่อ - นามสกุล : นาย ธนภูมิ จันทปัญญา
รหัสนักศึกษา : 5904200016
ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน : 149 หมู่6 ต.แจนแวน อ.ศรีณรงค์
จ. สุรินทร์ 32150
เบอร์ : 0615809138