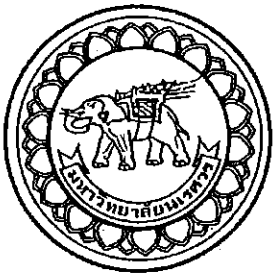
อภินันทนาการ



สำนักหอสมุด

การขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน

DISTRIBUTION SYSTEM EXPANSION USING UNDERGROUND CABLING AND OVERHEAD SYSTEM

นายธีรพล น่าชม รหัส 56362836

นายธีรวุฒิ พงษ์ขัน รหัส 56362843

นายวรายุส ชุมพลกุล รหัส 56363154

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันลงทะเบียน 24 มี.ค. 2561

เลขทะเบียน 1722039

เลขเรียกหนังสือ ปร

มี CD

ส 633 ก

2559

CD-STL 85

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2559

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธีรพล น่าชม รหัส 56362836
	นายธีรวุฒิ พงษ์ขัน รหัส 56362843
	นายวรายุส ชุมพลกุล รหัส 56363154
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2559

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพร เดชะศิลารักษ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธีรพล น่าชม รหัส 56362836
	นายธีรวุฒิ พงษ์ขัน รหัส 56362843
	นายวรายุส ชุมพลกุล รหัส 56363154
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอหลักการออกแบบและประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ในงานขยายเขตระบบจำหน่ายที่ใช้ระบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน โดยทางผู้ดำเนินโครงงานได้รับแบบแสดงรายละเอียดในการก่อสร้างของงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการจังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นแบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยแสดงขั้นตอนการออกแบบและให้เหตุผลตามหลักวิชาการเพื่อให้ได้มาซึ่งพิกัดของหม้อแปลง พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ พื้นที่หน้าตัดของสายตัวนำ พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย และพิกัดของฟิวส์แรงสูงที่แสดงในแบบดังกล่าว นอกจากนั้นยังได้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลช่วยอำนวยความสะดวกในการคำนวณและกำหนดขนาดของวัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม รวมทั้งได้ประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างและเปรียบเทียบกับการประมาณราคาของทางบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด ที่เสนองานให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Project title	Distribution System Expansion Using Underground Cabling and Overhead System	
Name	Mr. Theerapol Nachom	ID. 56362836
	Mr. Theerawut Phongkhan	ID. 56362843
	Mr. Varayut Choompolkul	ID. 56363154
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic year	2016	

Abstract

This thesis presents principles of design and cost estimation of construction materials and equipment for distribution system expansion using underground cabling and overhead system. In this work a detailed construction drawing of such a distribution system expansion using underground cabling and overhead system for the Office of Election Commission of Thailand in Lampang government complex, which has been issued by the Provincial Electricity Authority (PEA), is used for a case study. This work shows steps of design procedure along with academic explanation. Calculation of the rated power of the transformer, the rated current of circuit breakers, the cross-section area of conductors and conduits, and rated current of drop-out fuse provided in the drawing are shown. In addition, the aforementioned calculation, which in turn gives specification of proper apparatus and construction equipment, is done with ease by using the Microsoft Excel. Cost estimation of the specified apparatus and construction equipment is also carried out and compared with the related result proposed to the PEA by True Property Service Co., Ltd.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วง รวมถึงแนะนำหลักการเขียนปริญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณกรรมการสอบโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพร เดชะศิลารักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงงาน

และขอขอบคุณ คุณอมรพันธุ์ ปัญโญใหญ่ ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม และคุณจรัญ ไสยรัตน์ ตำแหน่งวิศวกรโครงการของบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล คำแนะนำ และให้สำเนาแบบแสดงรายละเอียดมาใช้เป็นกรณีศึกษาในโครงงานนี้

รวมทั้งขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่ได้จัดตั้งกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งเป็นการสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ให้แก่นายธีรวุฒิ พงษ์ขัน โดยได้กู้ยืมตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จนถึงการศึกษาในระดับปริญญาตรี

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

นายธีรพล น่าชม
นายธีรวุฒิ พงษ์ขัน
นายวรายุส ชุมพลกุล

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการออกแบบและการก่อสร้างงานขยายเขตระบบจำหน่าย 4
2.1 ระบบเหนือดิน 4
2.1.1 แนวเขตเดินสาย 4
2.1.2 เสาไฟฟ้า 4
2.1.3 อุปกรณ์ประกอบหัวเสา 7
2.1.4 ลูกถ้วย 10
2.1.5 สายไฟฟ้า 14
2.1.6 หม้อแปลง 20
2.2 ระบบเคเบิลใต้ดิน 21
2.2.1 แบบเปิดหน้าดิน 21
2.2.2 แบบไม่เปิดหน้าดิน 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 หลักการออกแบบระบบเหนือดิน....25
2.3.1 หลักการออกแบบระบบเหนือดินแรงต่ำ....25
2.3.2 หลักการออกแบบระบบเหนือดินแรงสูง....27
2.4 หลักการออกแบบระบบเคเบิลใต้ดิน....30
2.4.1 หลักการออกแบบระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ....30
2.4.2 หลักการออกแบบระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง....31
2.5 หลักการก่อสร้างงานขยายเขตระบบจำหน่าย....32

บทที่ 3 การออกแบบและประมาณราคาในงานขยายเขตระบบจำหน่าย....33
3.1 การปรับแบบแสดงรายละเอียด....33
3.2 การแสดงขั้นตอนการออกแบบ....34
3.2.1 การคำนวณพิกัดของหม้อแปลงกำลัง....34
3.2.2 การออกแบบระบบจำหน่ายใต้ดินแรงต่ำ....34
3.2.3 การออกแบบระบบจำหน่ายเหนือดินแรงสูง....36
3.2.4 การออกแบบระบบจำหน่ายใต้ดินแรงสูง....38
3.2.5 การคำนวณแรงดึงในการลากสาย....40
3.3 การแสดงรายละเอียดในการก่อสร้าง....41
3.3.1 รายละเอียดของบ่อพักสาย....41
3.3.2 แบบเสาที่เชื่อมต่อระหว่างระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงและเหนือดินแรงสูง....44
3.3.3 แบบอุปกรณ์หัวเสาแต่ละแบบที่ใช้กับระบบจำหน่ายแบบเหนือดิน....48
3.3.4 แบบเสาที่ใช้ในการติดตั้งหม้อแปลง....53
3.3.5 รายละเอียดในการติดตั้งท่อร้อยสายในระบบเคเบิลใต้ดิน....55
3.4 การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง....58
3.4.1 การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบเหนือดินแรงสูง....58
3.4.2 การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ....59
3.4.3 การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง....61

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 63

4.1 การแสดงรายละเอียดการคำนวณโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล 63

4.1.1 การคำนวณพิกัดของหม้อแปลง 63

4.1.2 ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ 64

4.1.3 ระบบเหนือดินแรงสูง 65

4.1.4 ระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง 65

4.2 การเปรียบเทียบการคำนวณของกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานกับแบบของการไฟฟ้าฯ 65

4.3 การเปรียบเทียบผลการประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ 67

4.3.1 ระบบเหนือดินแรงสูง 67

4.3.2 ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ 67

4.3.3 ระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง 67

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 69

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 69

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 69

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป 70

เอกสารอ้างอิง 71

ภาคผนวก แบบแสดงรายละเอียดในการก่อสร้างของงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง 72

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 74

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 มาตรฐานพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (แอมแปร์)....25
2.2 พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย....26
2.3 พิกัดของฟิวส์แรงสูง....28
2.4 พิกัดกระแสใช้งานของสายเอสเอซี....28
2.5 ระยะห่างระหว่างเสาไฟสูงสุด....29
3.1 รายการและราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเหนือดินแรงสูง....58
3.2 รายการและราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ....60
3.2 รายการและราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง....61
4.1 ผลต่างของขนาดอุปกรณ์ในแบบของการไฟฟ้าฯเทียบกับค่าที่คำนวณได้ในโครงงาน....66

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เสาไม้....5
2.2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณด้านหลัง ม.นเรศวร....6
2.3 เสาโครงเหล็กที่แบ่งตามระดับแรงดัน....7
2.4 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบบัค....8
2.5 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเดดเอ็นด์....8
2.6 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเดดเอ็นด์คู่....9
2.7 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา....9
2.8 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพี....10
2.9 ลูกถ้วยมะเฟือง....11
2.10 ลูกถ้วยลูกรอก....11
2.11 ลูกถ้วยก้านตรง....12
2.12 ลูกถ้วยแท่ง....12
2.13 ลูกถ้วยแขวน....13
2.14 ลูกถ้วยรองรับอุปกรณ์ที่ใช้กับสวิตช์ปลดวงจรในสถานีไฟฟ้าพิษณุโลก 3....13
2.15 สายเอสเอซี....15
2.16 สายเอกซ์แอลพีอี....16
2.17 สายชนิดวีเอเอฟ....16
2.18 สายชนิดทีเอชดับเบิลยู....16
2.19 สายชนิดเอ็นวายวาย....17
2.20 สายชนิดวีซีที....17
2.21 สายอะลูมิเนียมล้วน....18
2.22 สายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก....19
2.23 หม้อแปลงแบบแขวน....20
2.24 หม้อแปลงแบบนั่งร้าน....20
2.25 หม้อแปลงแบบตั้งพื้นในสถานีไฟฟ้าพิษณุโลก 3....21
2.26 แบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต....22
2.27 แบบร้อยท่อฝังดิน....22
2.28 แบบฝังดินโดยตรง....23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.29 การดันท่อ 24
2.30 การเจาะดึงท่อลอด 24
3.1 แบบแสดงรายละเอียดในการติดตั้งเสา 37
3.2 แบบฐานบ่อพักสาย 41
3.3 แบบบ่อพักสาย 2S-5 42
3.4 ฝาบ่อพักสาย 2S-5 มุมมองด้านบน 43
3.5 แบบเสาเชื่อมต่อระหว่างระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงและเหนือดินแรงสูง 45
3.6 แบบเสาในส่วนด้านบนของรูปที่ 3.5 ในมุมมองด้านหน้า 46
3.7 โครงเหล็กป้องกันโคนเสา 47
3.8 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา 49
3.9 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพีและเดดเอ็นด์ 50
3.10 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบบัค 51
3.11 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบดับเบิลเดดเอ็นด์ 52
3.12 แบบเสาในการติดตั้งหม้อแปลง 54
3.13 รายละเอียดการวางแนวท่อร้อยสายมุมมองด้านข้างในระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ 55
3.14 รายละเอียดหวีรองท่อร้อยสายมุมมองด้านข้าง 55
3.15 รายละเอียดการวางแนวท่อร้อยสายในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง 56
3.16 การวางท่อร้อยสายในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงมุมมองด้านข้าง 57
3.17 การต่อท่อร้อยสาย 57
4.1 การใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลคำนวณพิกัดของหม้อแปลง 63
4.2 การใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลคำนวณอุปกรณ์ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ 64
4.3 การใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลคำนวณอุปกรณ์ในระบบเหนือดินแรงสูง 65
4.4 การใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลคำนวณอุปกรณ์ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง 66

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในประเทศไทยการพัฒนาประเทศในด้านต่างๆ ของภาครัฐ และภาคเอกชน ทำให้มีความต้องการในระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากด้านต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้น ในด้านของเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในปี พ.ศ.2558 ได้มีการเปิดประชาคมอาเซียน ส่งผลให้มีเงินทุนจากต่างประเทศมาลงทุนในประเทศไทยเป็นอย่างมาก จึงทำให้มีการสร้างโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ จำนวนประชากรของประเทศไทยก็ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ.2548 จำนวนประชากรของประเทศไทยมีประมาณ 62.4 ล้านคน และในปี พ.ศ.2558 จำนวนประชากรของประเทศไทยมีประมาณ 65.7 ล้านคน [1] จากสถิติดังกล่าวประชากรมีอัตราเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 5 และยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ทำให้จำนวนอาคารสถานที่เช่น บ้านเรือน ห้างสรรพสินค้า โรงแรม บ้านพักตากอากาศ สถานที่ราชการ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสาเหตุที่กล่าวมานั้น ทำให้กำลังไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องขยายเขตระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า เพื่อตอบสนองต่อความต้องการเหล่านี้

ระบบจำหน่ายที่ใช้ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ ระบบเหนือดิน และระบบเคเบิลใต้ดิน โดยระบบสายส่งเหนือดินเป็นสายส่งไฟฟ้าที่เดินสายลอยในอากาศ และติดตั้งอยู่กับเสาส่งไฟฟ้า โดยมีฉนวนลูกถ้วยเป็นตัวเกาะยึดสายไฟ ส่วนระบบเคเบิลใต้ดินนั้นเป็นระบบไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้ม ซึ่งได้รับการออกแบบเป็นพิเศษทำการวางสายส่งใต้พื้นที่ที่สร้างเตรียมไว้ อาจทำการฝังสายส่งใต้ดินโดยตรงหรือทำการร้อยท่อ โดยการออกแบบงานขยายเขตระบบจำหน่ายต้องเป็นไปตามหลักวิชาการและสอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดโดยกองมาตรฐานระบบไฟฟ้า ฝ่ายมาตรฐานและความปลอดภัย ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อให้ระบบจำหน่ายที่สร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือและปลอดภัย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบงานขยายเขตระบบจำหน่ายแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน ตามหลักวิชาการและมาตรฐานที่กำหนดโดยกองมาตรฐานระบบไฟฟ้า ฝ่ายมาตรฐานและความปลอดภัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ใช้แบบแสดงรายละเอียดในการก่อสร้างของงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปางเป็นกรณีศึกษา
2) แสดงรายละเอียดการออกแบบงานขยายเขตระบบจำหน่ายที่ระบุข้างต้น ได้แก่ การปรับแบบแสดงรายละเอียดในการก่อสร้าง การคำนวณขนาดสายไฟฟ้า การคำนวณหาขนาดท่อร้อยสาย และแรงดึงในการลากสายไฟ รวมทั้งเลือกขนาดของบ่อพักสายที่เหมาะสมกับพื้นที่
3) ประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างงานขยายเขตระบบจำหน่ายที่ระบุข้างต้น โดยเทียบกับการประมาณราคาของทางบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด ที่เสนองานให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2559					พ.ศ. 2560			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษาหลักการและมาตรฐานการขยายเขตระบบจำหน่าย									
2) สำรวจพื้นที่ทำงานเพื่อปรับแบบแสดงรายละเอียดในการก่อสร้าง									
3) แสดงรายละเอียดการออกแบบงานขยายเขตระบบจำหน่าย									
4) ประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานขยายเขตระบบจำหน่าย									
5) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การออกแบบและประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานขยายเขตระบบจำหน่ายเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง ที่นำเสนอในโครงงานนี้สามารถใช้เป็นตัวอย่างสำหรับผู้สนใจศึกษาโดยแสดงขั้นตอนของการปฏิบัติงานจริงในการออกแบบตามหลักวิชาการและมาตรฐาน รวมทั้งวิธีการประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ทั้งหมด ที่ใช้ในงานขยายเขตระบบจำหน่ายเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน

1.6 งบประมาณ

1) ค่าเดินทางไปสำรวจข้อมูลสำหรับดำเนินโครงงาน	1,200 บาท
2) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	1,400 บาท
3) ค่าหนังสือวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, "มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556"	400 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สามพันบาทถ้วน)	3,000 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการออกแบบและการก่อสร้างงานขยายเขตระบบจำหน่าย

ระบบจำหน่ายสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะโครงสร้างของการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 2 ประเภทได้แก่ ระบบเหนือดิน (Overhead system) และระบบเคเบิลใต้ดิน (Underground cable system) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ระบบเหนือดิน

การเดินสายระบบเหนือดินจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน ตลอดจนความปลอดภัยของระบบด้วย การเดินสายระบบเหนือดินประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

2.1.1 แนวเขตเดินสาย

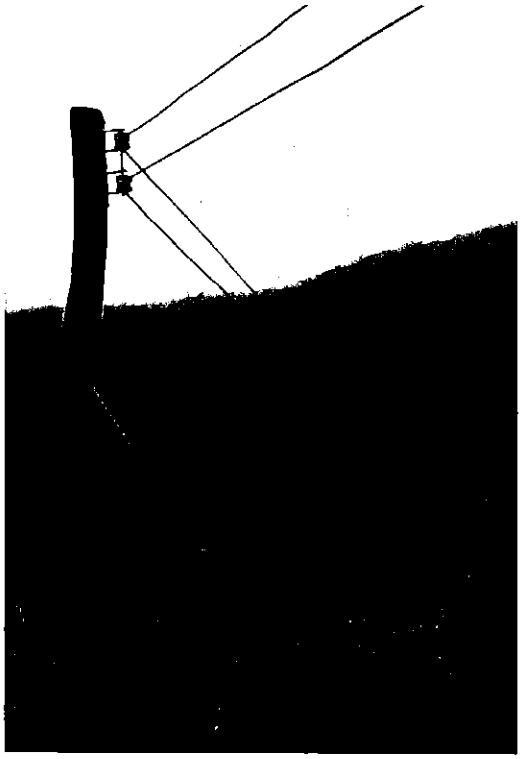
แนวเขตเดินสาย (Right of way) เป็นบริเวณพื้นที่ใต้แนวสายไฟ ซึ่งถูกสงวนไว้ไม่ให้เอกชนเข้ามาดำเนินการก่อสร้าง ปลูกต้นไม้ หรือกระทำการอื่นใดอันจะส่งผลกระทบต่อแนวสายไฟได้ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน [2]

2.1.2 เสาไฟฟ้า

เสาไฟฟ้า (Poles) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของการเดินสายของระบบเหนือดิน ปกติจะใช้เสาไฟฟ้าเป็นตัวยกระดับสายให้สูงจากพื้นดิน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิต โดยขนาดและความสูงของเสาไฟ จะมีความสัมพันธ์กับขนาดของแรงดึงสายและระดับแรงดันที่ใช้งาน เสาไฟฟ้าอาจแบ่งตามชนิดของวัสดุออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ เสาไม้ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และเสาโครงเหล็ก [2] ดังนี้

1) เสาไม้

ในอดีตเสาไม้ (Wood poles) แสดงดังรูปที่ 2.1 เป็นวัสดุที่หาง่ายและราคาถูก สามารถใช้เป็นเสาส่งแรงสูงขนาด 69 กิโลโวลต์ และ 115 กิโลโวลต์ได้ แต่มีอายุการใช้งานสั้น เนื่องจากเป็นวัสดุที่ผุพังง่าย ในปัจจุบันเสาไม้เป็นวัสดุที่มีราคาแพงและหายาก ดังนั้นการติดตั้งเสาใหม่ๆจึงไม่เป็นที่นิยม แต่สามารถใช้เสาไม้ในส่วนของการติดตั้งชั่วคราวได้



รูปที่ 2.1 เสาไม้

ที่มา: http://pantip.com/topic/34028621

2) เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก (Concrete poles) แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.2 ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นชนิดคอนกรีตอัดแรง มีคุณสมบัติในการรับแรงบิดโค้งสูงมาก ซึ่งเสาชนิดนี้ใช้กับเสาส่งแรงสูงตั้งแต่ 115 กิโลโวลต์ลงมา โดยเสาคอนกรีตเสริมเหล็กของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมี 6 ขนาดดังนี้

2.1) เสาสูง 6 เมตร ใช้เป็นเสาบริการพาดสายแรงต่ำภายในของผู้ใช้ไฟเท่านั้น

2.2) เสาสูง 8 เมตร ใช้ในระบบจำหน่ายแรงต่ำ 1 เฟส 2 สาย และ 1 เฟส 3 สาย

2.3) เสาสูง 9 เมตร ใช้ในระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3 เฟส 4 สาย

2.4) เสาสูง 12 เมตร ใช้ในระบบจำหน่ายแรงสูงโดยตอนบนเสาจะติดตั้งคอนสายใช้กับระดับแรงดัน 22-33 กิโลโวลต์

2.5) เสาสูง 14 เมตร ใช้ติดตั้งสายไฟระบบจำหน่ายแรงสูงขนาด 22-33 กิโลโวลต์

2.6) เสาสูง 22 เมตร ใช้ติดตั้งสายไฟระบบจำหน่ายแรงสูงขนาด 115 กิโลโวลต์

รูปที่ 2.2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณด้านหลัง ม.นเรศวร

3) เสาโครงเหล็ก

เสาโครงเหล็ก (Steel tower) เป็นเสาที่ใช้ในระบบส่งกำลังไฟฟ้าที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป ประกอบด้วยขาเสาและเหล็กสานไขว้สลับกันไป โดยโครงเหล็กจะฉาบด้วยสังกะสีดังรูปที่ 2.3 เพื่อป้องกันสนิม เสาโครงเหล็กส่วนมากจะสูง 10 เมตร ถ้าสูงน้อยกว่า 10 เมตร เรียกว่า เสาเหล็ก เสาโครงเหล็กประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

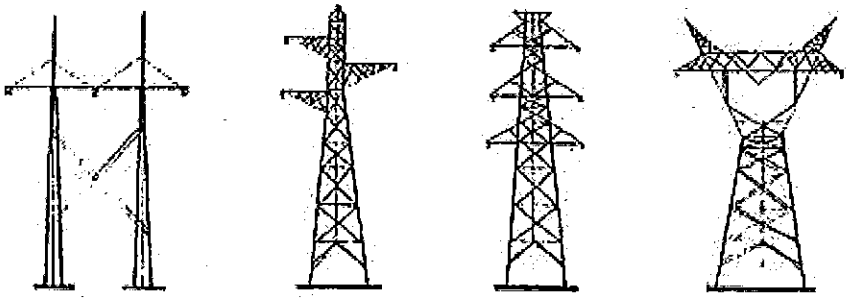
3.1) ฐานราก คือ ส่วนของโครงเหล็กที่เป็นฐานของเสามี 3 ชนิด คือ ชนิดมีเสาเข็ม ชนิดฐานแผ่ และชนิดแท่งตรง

3.2) ขาต่าง คือ ใช้ในกรณีที่สภาพของการตั้งเสาต่างระดับกัน

3.3) ส่วนต่อ คือ ส่วนของเสาที่ต่อจากขาซึ่งใช้เสริมในกรณีที่ต้องการความสูงเพิ่มขึ้น

3.4) ส่วนกลาง คือ เป็นส่วนลำตัวของของเสาประกอบด้วยขาเสาและเหล็กฉากต่อทแยงไปมาระหว่างเสา

3.5) ส่วนยอด คือ เป็นส่วนปลายของเสาใช้สำหรับติดตั้งลูกถ้วยแขวน เพื่อพาดสายไฟ



รูปที่ 2.3 เสาโครงเหล็กที่แบ่งตามระดับแรงดัน

ที่มา: https://recommenblog.wordpress.com

2.1.3 อุปกรณ์ประกอบหัวเสา

อุปกรณ์ประกอบหัวเสาหรือคอนเสา คือ อุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในส่วนด้านบนของเสาไฟฟ้า ทำหน้าที่ยึดโยงสายไฟฟ้ากับเสา โดยอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแต่ละประเภทนั้นถูกออกแบบมาให้ใช้ในวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน [3] ดังที่แสดงต่อไปนี้

1) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบบัค

อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบบัค (Buck arm-deadend, BA-DE) ดังรูปที่ 2.4 จะถูกใช้สำหรับการเปลี่ยนแนวทางการเดินสาย หรือมีการแท็ปแยกวงจรสายอากาศ

2) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาต้นเดดเอ็นด์

อุปกรณ์ประกอบหัวเสาต้นเดดเอ็นด์ (Deadend, DE) ดังรูปที่ 2.5 คือ อุปกรณ์ประกอบหัวเสาที่ใช้ในสำหรับนำมาติดตั้งต้นทางหรือปลายทาง ซึ่งจะต้องทนรับแรงดึงสายในช่วงอื่นๆ เนื่องจากแรงกระทำต่อคอนสาย

3) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาเดดเอ็นด์คู่

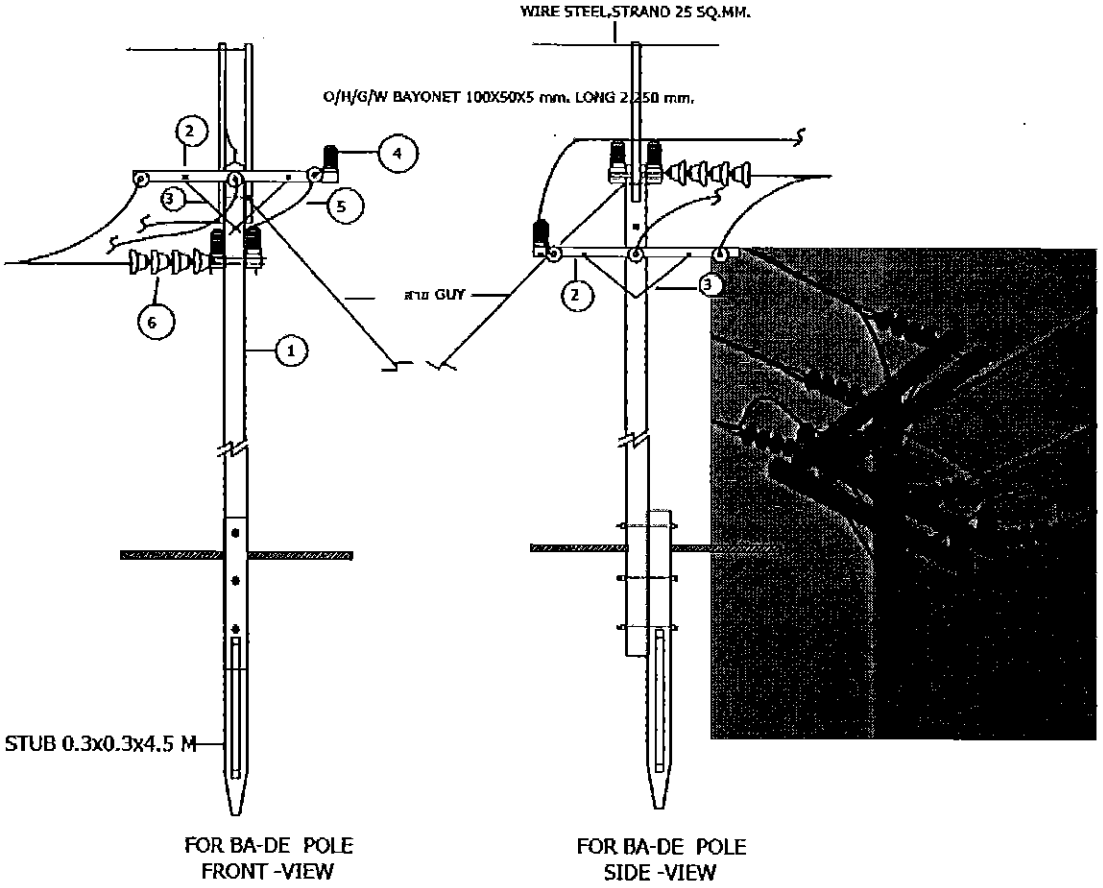
อุปกรณ์ประกอบหัวเสาเดดเอ็นด์คู่ (Double deadend, DDE) แสดงดังในรูปที่ 2.6 คือ อุปกรณ์ประกอบหัวเสาที่ใช้สำหรับนำมาติดตั้งระหว่างต้นทางแลปลายทาง ซึ่งจะต้องทนรับแรงดึงในช่วงอื่นๆ เนื่องจากแนวแรงกระทำต่อคอนสาย

4) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา

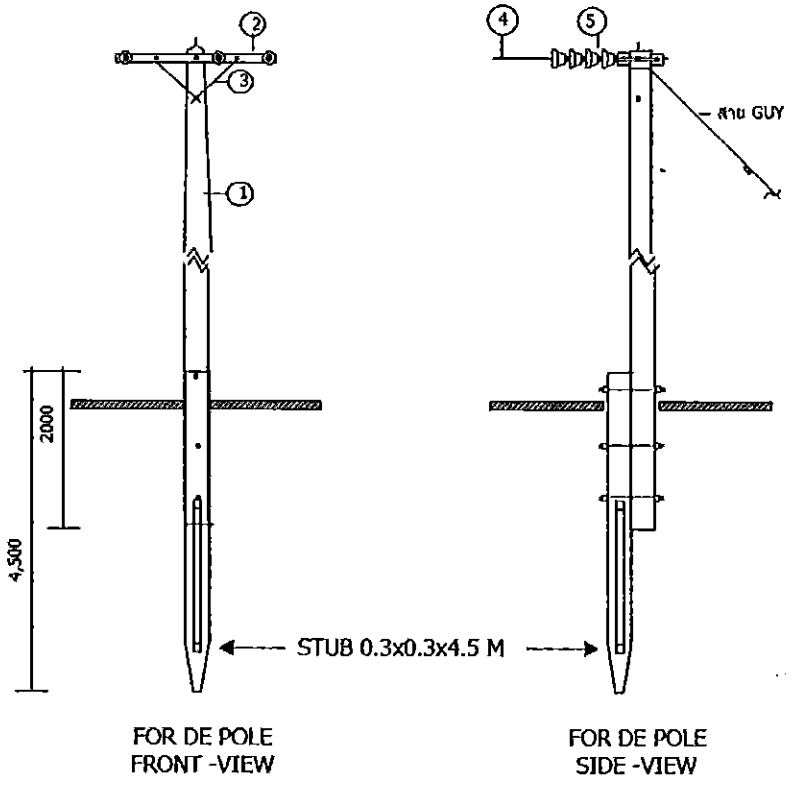
อุปกรณ์ประกอบหัวเสาชนิดนี้ใช้กับระบบจำหน่ายเหนือดินขนาด 22 กิโลโวลต์ใช้ในการติดตั้งสายอากาศที่มีฉนวนเป็นเอกซ์แอลพีอี หรือสายเคเบิลเอสเอซีดังรูปที่ 2.7

5) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพี

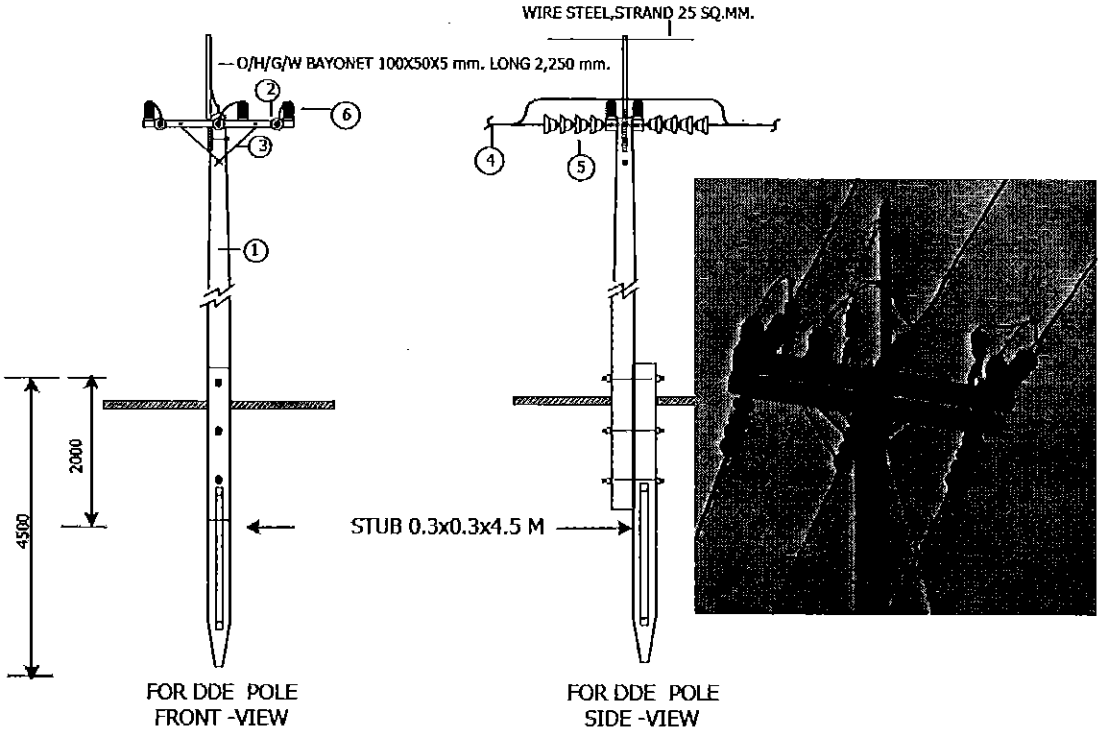
อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพี (SP pole) ใช้สำหรับรองรับการเดินสายอากาศในแนวตรงดังรูปที่ 2.8



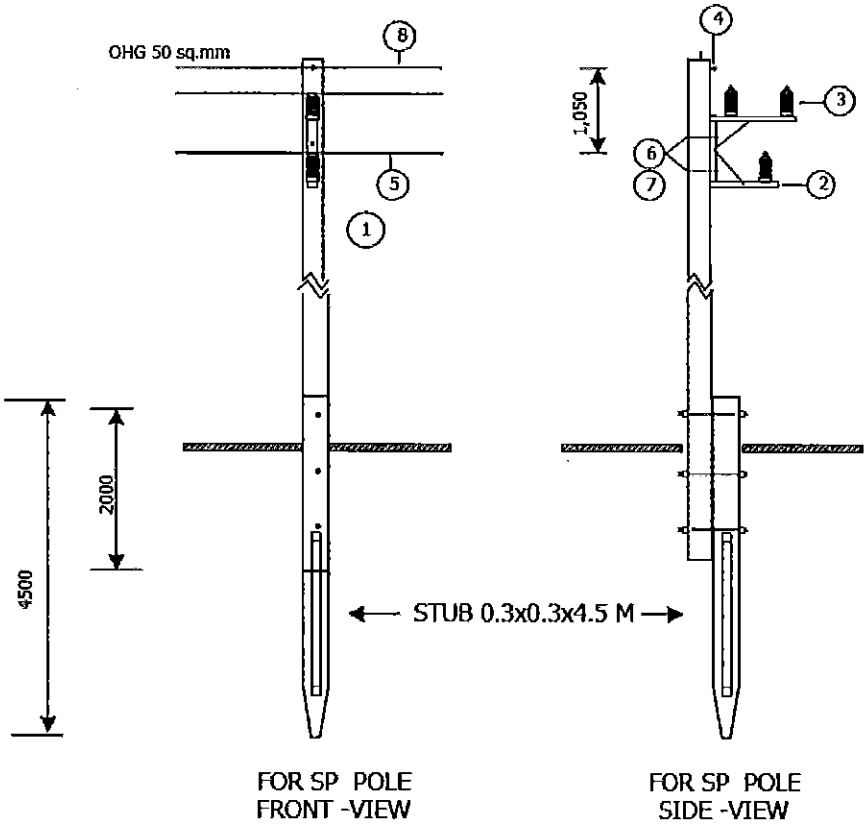
รูปที่ 2.4 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบบัค [3]



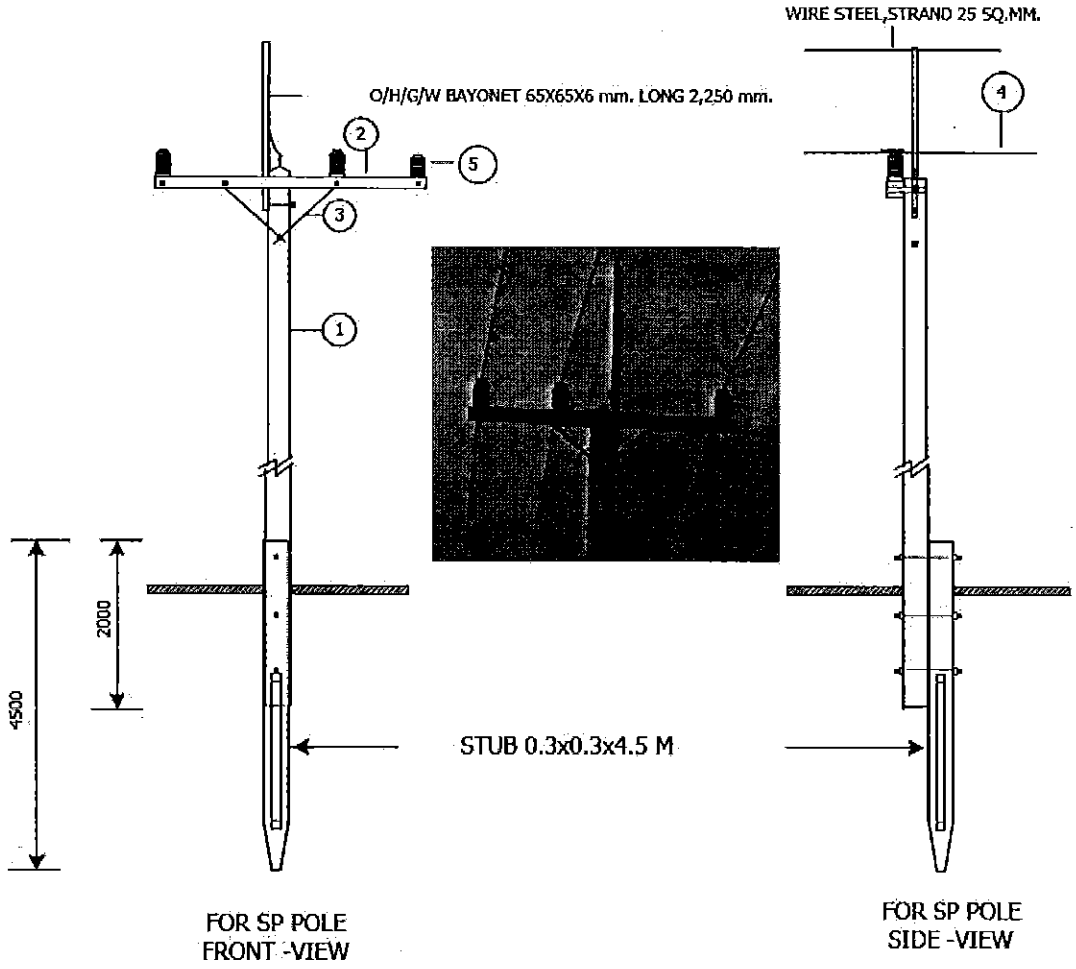
รูปที่ 2.5 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเดดเอ็นด์ [3]



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเดดเอ็นด์คู่ [3]



รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา [3]



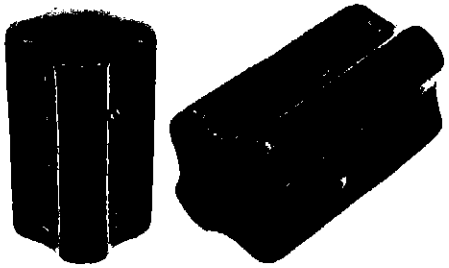
รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพี [3]

2.1.4 ลูกถ้วย

ลูกถ้วย (Insulator) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับสายและอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแบบเหนือดินมีคุณสมบัติเป็นฉนวน จึงสามารถป้องกันประแสไฟฟ้ารั่วลงดินได้ ลูกถ้วยที่ใช้ในปัจจุบันส่วนมากทำมาจากกระเบื้องเคลือบ (Porcelain) มีความแข็งและเปราะ บริเวณผิวจะเคลือบเป็นมันเพื่อให้น้ำฝนช่วยชำระสิ่งสกปรกออกได้ง่าย ลูกถ้วยที่ใช้สำหรับรองรับสายและอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจแบ่งตามลักษณะการใช้งานออกได้เป็น 6 ชนิดด้วยกันคือ ลูกถ้วยมะเฟือง ลูกถ้วยลูกรอก ลูกถ้วยก้านตรง ลูกถ้วยติดเสา ลูกถ้วยแขวน และลูกถ้วยรองรับอุปกรณ์ [2] ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1) ลูกถ้วยมะเฟือง

ลูกถ้วยมะเฟือง (Strain type insulator) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เป็นลูกถ้วยที่ใช้สำหรับคั่นสายยึดโยงไม่ให้ต่อลงดินโดยตรง จุดประสงค์หลักของลูกถ้วยมะเฟืองก็คือ ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วที่อาจจะผ่านลงมาตามสายยึดโยงและอาจเกิดอันตรายกับผู้ที่แตะต้องสายยึดโยงได้ ลูกถ้วยชนิดนี้นอกจากจะต้องเป็นฉนวนที่ดีแล้ว ยังต้องทนแรงดึงได้สูงเพราะถ้าลูกถ้วยชำรุดเสียหาย จะทำให้สายยึดโยงเสียหายไปด้วย

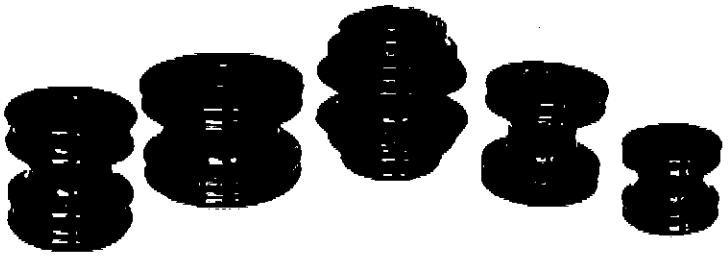


รูปที่ 2.9 ลูกถ้วยมะเฟือง

ที่มา: http://pi-omega-ken.blogspot.com

2) ลูกถ้วยลูกรอก

ลูกถ้วยลูกรอก (Spool type insulator) เป็นอุปกรณ์รองรับสายในระบบจำหน่ายเหนือดินแรงต่ำ โดยมีรูปร่างคล้ายหลอดด้ายตรงกลางเจาะรูสำหรับร้อยแกนเหล็กยึดติดกับแร็กทุติยภูมิ (Secondary rack) ดังแสดงในรูปที่ 2.10 การติดตั้งแร็กทุติยภูมิเพื่อการใช้งาน อาจติดได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน แล้วแต่สภาพที่ติดตั้งจะอำนวย

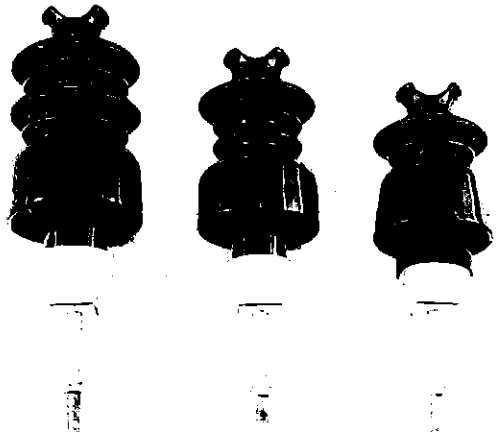


รูปที่ 2.10 ลูกถ้วยลูกรอก

ที่มา: http://pi-omega-ken.blogspot.com

3) ลูกถ้วยก้านตรง

ลูกถ้วยก้านตรง (Pin type insulator) เป็นอุปกรณ์ที่รองรับสายในระบบเหนือดินแรงสูงตั้งแต่ 33 กิโลโวลต์ เนื่องจากว่าเป็นลูกถ้วยที่ใช้กับแรงดันสูงจึงทำเป็นครีบมีหลายชั้น จำนวนของลูกถ้วยจะลดหลั่นกันตามระดับแรงดันที่ใช้ ด้านบนของลูกถ้วยทำเป็นร่องไว้สำหรับรองรับสายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 บริเวณร่องจะเคลือบด้วยสารกึ่งตัวนำ เพื่อป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนสายรบกวนระบบสื่อสาร



รูปที่ 2.11 ลูกถ้วยก้านตรง

ที่มา: http://pi-omega-ken.blogspot.com

4) ลูกถ้วยแท่ง

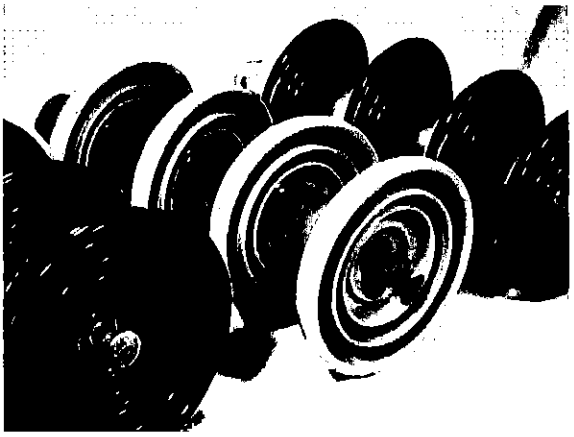
ลูกถ้วยติดเสา (Line post type insulator) เป็นลูกถ้วยที่มีรูปร่างคล้ายกับลูกถ้วยก้านตรงแต่มีจำนวนครีบมากกว่าดังแสดงในรูปที่ 2.12 ส่วนใหญ่จะใช้ลูกถ้วยชนิดนี้กับบริเวณทางโค้งหรือทางแคบๆ ส่วนหัวลูกถ้วยที่ใช้สำหรับรองรับสายมี 2 แบบ คือ แนวตั้ง และแนวนอน

รูปที่ 2.12 ลูกถ้วยแท่ง

ที่มา: http://pi-omega-ken.blogspot.com

5) ลูกถ้วยแขวน

ลูกถ้วยแขวน (Suspension type insulator) เป็นลูกถ้วยแรงสูงที่สามารถนำมาต่อเรียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.13 เพื่อใช้กับระบบเหนือดินแรงสูงได้หลายขนาด ลูกถ้วยแขวนที่ใช้ในปัจจุบัน แบ่งตามลักษณะการต่อได้ 2 แบบ คือ แบบสลัก และแบบข้อต่อ ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการต่อที่แตกต่างกัน แต่ลูกถ้วยทั้ง 2 ชนิด จะนำไปใช้ในงานลักษณะเดียวกัน

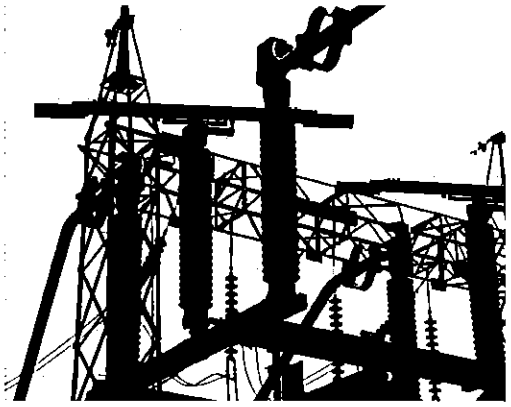


รูปที่ 2.13 ลูกถ้วยแขวน

ที่มา: http://pi-omega-ken.blogspot.com

6) ลูกถ้วยรองรับอุปกรณ์

ลูกถ้วยรองรับอุปกรณ์ (Apparatus post type insulator) เป็นลูกถ้วยที่ถูกออกแบบสำหรับยึดติดกับอุปกรณ์โดยเฉพาะ ดังนั้นส่วนบนและส่วนล่างของลูกถ้วยจึงหุ้มด้วยโลหะและเจาะรูไว้สำหรับยึดอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ลูกถ้วยรองรับอุปกรณ์มีอยู่หลายขนาด อุปกรณ์ที่ใช้กับลูกถ้วยชนิดนี้ได้แก่ ท่อบัส (Bus tube) สวิตช์ปลดวงจร (Disconnecting switch) เป็นต้น ลูกถ้วยชนิดนี้สามารถนำมาต่อซ้อนกันหลายๆชั้นตามความจำเป็น เพื่อใช้กับแรงดันหลายระดับ



รูปที่ 2.14 ลูกถ้วยรองรับอุปกรณ์ที่ใช้กับสวิตช์ปลดวงจรในสถานีไฟฟ้าพิษณุโลก 3

2.1.5 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้า (Conductor) คือ ตัวนำที่ใช้ในการส่งพลังงานไฟฟ้าจากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง วัสดุที่จะใช้ทำสายไฟฟ้าจะต้องเป็นโลหะที่นำไฟฟ้าสูง รับแรงดึงได้ดี น้ำหนักเบาและราคาถูก โลหะที่นิยมใช้ได้แก่ ทองแดง และอะลูมิเนียม ถึงแม้ว่าจะมีโลหะชนิดอื่นที่มีความนำไฟฟ้าสูงกว่าก็ตามแต่มีราคาแพง เช่น เงิน ทองคำ เป็นต้น [2]

ในปัจจุบันสายไฟฟ้าสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆได้แก่ สายหุ้มฉนวน และสายเปลือย ดังนี้

1) สายหุ้มฉนวน

สายหุ้มฉนวนเป็นสายที่มีเกราะป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว ส่วนใหญ่จะใช้ในงานที่ใกล้กับสิ่งมีชีวิต เช่น ในระบบจำหน่ายแรงต่ำ สายหุ้มฉนวนที่ใช้กับระบบจำหน่ายแรงต่ำเรียกว่า สายกันน้ำ (Weatherproof Wire) สายไฟฟ้าประเภทนี้ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 โวลต์ และการใช้งานจะติดกับแร็กทุติยภูมิ สายหุ้มฉนวนบางชนิดใช้กับแรงดันสูงเรียกว่า สายเคเบิล ซึ่งใช้ในระบบแรงดันสูงจะมีเปลือกฉนวนหนากว่าสายระบบแรงต่ำ สายเคเบิลบางชนิดออกแบบไว้สำหรับเดินสายใต้ดินโดยเฉพาะ แต่บางชนิดสามารถใช้เดินสายในระบบเหนือดินเรียกว่า สายเคเบิลอากาศ โดยส่วนมากจะใช้กับระบบจำหน่ายแรงสูงที่มีแรงดันไม่เกิน 24 กิโลโวลต์ การใช้งานจะแขวนติดกับลวดสปริงที่ถูกใช้เป็นสายนำทาง (Messenger wire) โดยมีอุปกรณ์คั่นสาย (Spacer) กั้นสายให้มีระยะห่างเท่าๆกัน สายชนิดนี้จะใช้ในบริเวณที่มีต้นไม้มาก หรืองานที่มีระยะห่างระหว่างสายกับสิ่งปลูกสร้างน้อยกว่ามาตรฐาน [2]

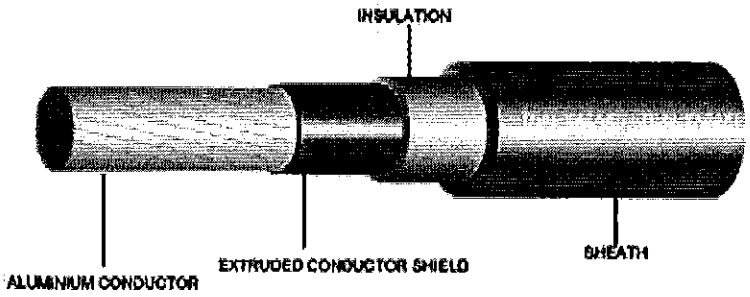
ในการเลือกใช้สายหุ้มฉนวน จะต้องทราบคุณสมบัติของฉนวน เพราะวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เพื่อจะได้เลือกใช้สายไฟได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับงาน ปัจจุบันสายหุ้มฉนวนที่มีความนิยมใช้มีดังนี้

1.1) สายพีไอซี

โครงสร้างของสายพีไอซี (Partial insulator cable, PIC) ประกอบด้วยตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียวอัดแน่น หุ้มด้วยฉนวนเอกซ์แอลพีอี (Cross-Linked Polyethylene, XLPE) หรือพีอี (Polyethylene, PE) แล้วแต่ความเหมาะสม 1 ชั้น ปัจจุบันนิยมใช้ฉนวนเอกซ์แอลพีอี ถึงแม้มีฉนวนหุ้มก็ไม่สามารถแตะต้องสายได้เพราะฉนวนบางมาก ซึ่งจะช่วยลดการเกิดลัดวงจรของสายเปลือยเท่านั้นและใช้เดินในอากาศผ่านลูกถ้วยแทนสายเปลือย [2]

1.2) สายเอสเอซี

โครงสร้างของสายเอสเอซี (Space aerial cable, SAC) ประกอบด้วยตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียวหุ้มฉนวนด้วยเอกซ์แอลพีอีเช่นเดียวกับสายพีไอซี แต่จะมีเปลือก (Sheath) ที่ทำจากเอกซ์แอลพีอีหุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 2.15 แต่ไม่มีชีลด์จึงไม่สามารถกั้นสนามไฟฟ้าที่ออกจากตัวนำได้ และถึงแม้มีเปลือกฉนวนหุ้มก็ไม่ควรสัมผัสโดยตรง เนื่องจากมีความเข้มสนามไฟฟ้าสูงในการใช้งานจึงจำเป็นต้องติดตั้งบนฉนวนไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง [2]



รูปที่ 2.15 สายเอสเอซี

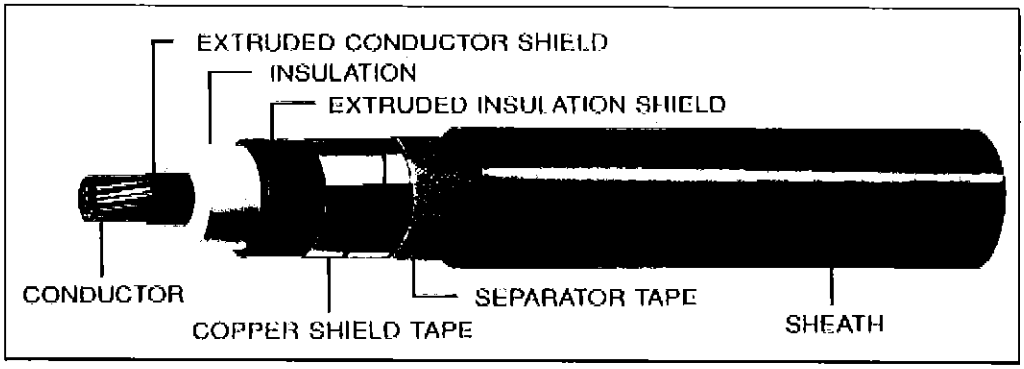
ที่มา: https://sites.google.com

1.3) สายพีเอซี

สายพีเอซี (Preassembly aerial cable, PAC) จัดเป็นสายหุ้มฉนวนอย่างเต็มรูปแบบ โดยมีโครงสร้างคล้ายสายเอกซ์แอลพีอี และสามารถวางใกล้กันได้จึงใช้สายชนิดนี้ในบริเวณที่มีระยะห่างจากตัวอาคารจำกัดหรือผ่านบริเวณที่มีคนอยู่อาศัย

1.4) สายเอกซ์แอลพีอี

สายเอกซ์แอลพีอี (Cross-linked polyethylene, XLPE) จัดเป็นสายหุ้มฉนวนอย่างเต็มรูปแบบแสดงดังรูปที่ 2.16 มักใช้ในงานเดินสายลอยบนอากาศ เนื่องจากทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ สายชนิดนี้สามารถเดินลอยในอากาศหรือฝังดินก็ได้ แต่นิยมฝังใต้ดิน เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานอีกทั้งยังสามารถทนต่อความชื้นได้ดี

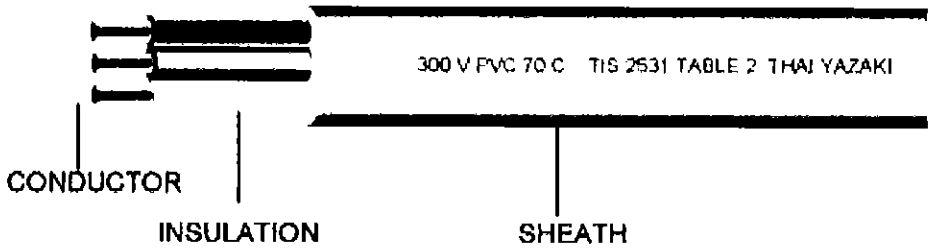


รูปที่ 2.16 สายเอกซ์แอลพีอี

ที่มา: http://www.trp.co.th

1.5) สายไฟฟ้าแรงต่ำ-สายชนิดวีเอเอฟ

สายไฟฟ้าแรงต่ำชนิดนี้ตามท้องตลาดเรียกว่า สายชนิดวีเอเอฟ (VAF) เป็นสายที่ทนแรงดัน 300 โวลต์ มีทั้งชนิดที่เป็นสายเดี่ยว สายคู่ และชนิดที่มีสายดินอยู่ด้วย ถ้าเป็นสายเดี่ยวจะเป็นสายกลมและถ้าเป็นชนิด 2 แกน หรือ 3 แกน จะเป็นสายแบน ตัวนำนอกจากจะมีฉนวนหุ้มแล้วยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง [4] ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 สายชนิดวีเอเอฟ

ที่มา: http://benzelectrical.tarad.com

1.6) สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ-สายชนิดทีเอชดับเบิลยู

สายไฟฟ้าชนิดนี้ตามท้องตลาดนิยมเรียกว่า ทีเอชดับเบิลยู (THW) แสดงดังรูปที่ 2.18 เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ เป็นสายเดี่ยว นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากใช้ในวงจรไฟฟ้า 3 เฟสได้ ปกติจะเดินร้อยในท่อร้อยสาย [4]

รูปที่ 2.18 สายชนิดทีเอชดับเบิลยู

ที่มา: http://www.v2sengineering.co.th

1.7) สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ-สายชนิดเอ็นวายวาย

สายไฟฟ้าชนิดนี้ตามท้องตลาดนิยมเรียกว่าสายชนิดเอ็นวายวาย (NYY) มีทั้งชนิดแกนเดี่ยว และหลายแกน สายหลายแกนจะเป็นสายชนิดกลมดังแสดงในรูปที่ 2.19 สายชนิดนี้ทนแรงดันที่ 750 โวลต์ นิยมใช้อย่างกว้างขวางเช่นกัน เนื่องจากว่ามีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม เพราะมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง บางทีเรียกว่าเป็นสายฉนวน 3 ชั้น ความจริงแล้วสายชนิดนี้มีฉนวนชั้นเดียว อีกสองชั้นที่เหลือเป็นเปลือก เปลือกชั้นในทำหน้าที่เป็นแบบ (Form) ให้สายแต่ละแกนที่ตีเกลียวเข้าด้วยกัน มีลักษณะกลมและมีเปลือกนอกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ [4]

รูปที่ 2.19 สายชนิดเอ็นวายวาย

ที่มา: http://www.telepart.net

1.8) สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ-สายชนิดวีซีที

สายไฟฟ้าชนิดนี้ตามท้องตลาดเรียกว่า สายวีซีที (VCT) เป็นสายกลมมีทั้งชนิด 1 แกน, 2 แกน, 3 แกน และ 4 แกน ดังแสดงในรูปที่ 2.20 ทนแรงดันได้ที่ 750 โวลต์ มีฉนวนและเปลือกเช่นกัน มีข้อพิเศษกว่าก็คือ ตัวนำจะประกอบไปด้วย ทองแดงฝอยเส้นเล็กๆ ทำให้มีข้อดีคือ อ่อนตัวและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะที่จะใช้เป็น สายเดินเข้าเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน สายชนิดนี้ใช้งานได้ทั่วไปเหมือนสายชนิดเอ็นวายวาย สายวีซีทีมีหลายแบบตามรูปทรงโดยแบ่งได้ทั้งแบบ VCT-GRD ซึ่งมี 2 แกน, 3 แกนและ 4 แกน โดยมีสายดินเดินร่วมไปด้วยอีกเส้นหนึ่ง เพื่อให้เหมาะสำหรับใช้เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน [4]

รูปที่ 2.20 สายชนิดวีซีที

ที่มา: http://www.telepart.net

1.9) สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ-สายชนิดซีวี

สายซีวีเป็นสายไฟชนิดหุ้มฉนวนพีอี ทนอุณหภูมิได้ 90 องศาเซลเซียสและตัวนำเป็นทองแดง เป็นสายไฟนอกมาตรฐาน มอก. แต่ผลิตตามมาตรฐาน IEC ฉนวนสามารถรองรับอุณหภูมิได้สูงกว่าสายฉนวนพีวีซี (90 องศาเซลเซียส) เพราะฉะนั้นจึงมีพิกัดรองรับกระแสได้สูงกว่าสายไฟประเภทฉนวนพีวีซี ใช้ติดตั้งได้หลายลักษณะเช่น เดินลอยในอากาศ, ในรางเดินสาย, ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรงใช้ได้หมด แต่การติดตั้งภายในอาคารต้องติดตั้งในระบบปิด (มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์) คือ เดินในท่อหรือรางเดินสายมีฝาปิดเท่านั้น ประโยชน์คือ รับกระแสได้สูงกว่าทำให้ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย แต่ถ้าหากใช้ขนาดสายที่มีขนาดใหญ่จะติดตั้งเข้าหัวสายลำบาก เนื่องจากสายจะแข็งกว่าสายฉนวนพีวีซี

2) สายเปลือย

สายเปลือย คือสายที่ไม่มีเปลือกฉนวนหุ้มสาย ถ้าหากใช้ในระบบจำหน่ายแรงต่ำจะไม่ปลอดภัย ดังนั้นจึงใช้สายชนิดนี้เฉพาะงานระบบส่งกำลังและระบบจำหน่ายแรงสูงเท่านั้น โดยมีแรงดันใช้งานตั้งแต่ 11 กิโลโวลต์ขึ้นไป สายเปลือยที่นิยมใช้งานในปัจจุบันได้แก่ สายอะลูมิเนียมเพราะมีน้ำหนักเบา และราคาถูก แต่สายอะลูมิเนียมล้วนรับแรงดึงสายได้ต่ำ จึงได้มีการพัฒนาสายอะลูมิเนียมให้สามารถรับแรงดึงสายได้สูงขึ้น โดยการเสริมแกนเหล็ก หรือใช้โลหะอื่นผสมสายอะลูมิเนียมเปลือยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่ 4 ชนิด [2] ได้แก่

2.1) สายอะลูมิเนียมล้วน

สายอะลูมิเนียมล้วน (All aluminium conductor, ACC) ทำมาจากเส้นลวดอะลูมิเนียมล้วนขนาดเท่าๆกันทุกเส้นพันตีเหลียวเป็นชั้นๆ จำนวนลวดจะมีตั้งแต่ 7 เส้นขึ้นไปดังแสดงในรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 สายอะลูมิเนียมล้วน

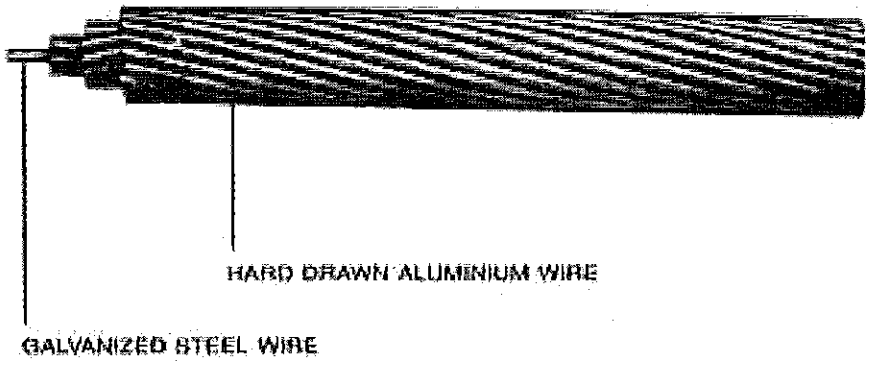
ที่มา: https://sites.google.com

2.2) สายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก

สายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก (All aluminium alloy conductor, AAAC) เป็นสายที่มีส่วนผสมของอะลูมิเนียม 99 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.5 เปอร์เซ็นต์ และซิลิกอน 0.5 เปอร์เซ็นต์ โลหะชนิดนี้มีความเหนียวและสามารถรับแรงดึงได้สูงกว่าสายอะลูมิเนียมล้วน จึงสามารถขึงสายชนิดนี้ด้วยระยะห่างช่วงเสาที่ยาวขึ้น แต่สายอะลูมิเนียมผสมมีราคาแพงและมีความต้านทานสูงกว่าสายอะลูมิเนียมล้วนจึงไม่นิยมใช้สายอะลูมิเนียมผสม ยกเว้นในกรณีที่จำเป็น เช่น ใช้เดินบริเวณชายทะเล เป็นต้น

2.3) สายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก

สายอะลูมิเนียมตีเกลียว (Aluminium conductor steel reinforced, ACSR) เป็นสายที่มีสายเหล็กอยู่ตรงกลางซึ่งทำให้รับแรงดึงได้สูงขึ้น ความโตของเส้นลวดอะลูมิเนียมและเส้นลวดเหล็กแต่ละเส้นอาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ดังแสดงในรูปที่ 2.22 ถ้าเปรียบเทียบแรงดึงของสายอะลูมิเนียมแกนเหล็กกับสายอะลูมิเนียมล้วนที่มีขนาดเท่ากันจะเห็นว่าสายอะลูมิเนียมแกนเหล็กรับแรงดึงได้มากกว่าสายอะลูมิเนียมล้วนเกิน 2 เท่า ดังนั้นจึงนิยมใช้สายอะลูมิเนียมแกนเหล็กกับสายส่งแรงสูงที่มีระยะห่างช่วงเสายาวมากๆ เช่น เสาโครงเหล็ก เป็นต้น แต่จะไม่ใช้สายอะลูมิเนียมแกนเหล็กเดินบริเวณชายทะเล เพราะไอของเกลือจะทำให้เกิดการกัดกร่อน ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง [2]



รูปที่ 2.22 สายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก

ที่มา: http://www.sci-tech-service.com

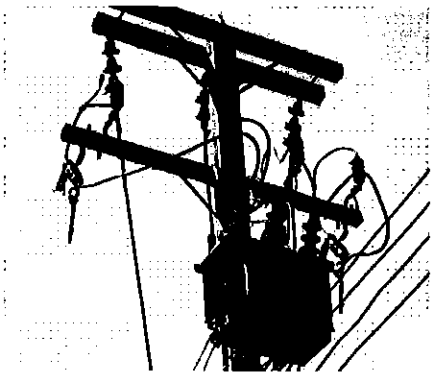
2.4) สายอะลูมิเนียมแกนโลหะผสม

สายอะลูมิเนียมแกนโลหะผสม (Aluminium conductor alloy reinforced, ACAR) เป็นสายคล้ายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR) แต่รับแรงดึงได้ต่ำกว่า [2]

2.1.6 หม้อแปลง

การติดตั้งหม้อแปลง (Transformer) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สามารถแบ่งตามลักษณะของการติดตั้งได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

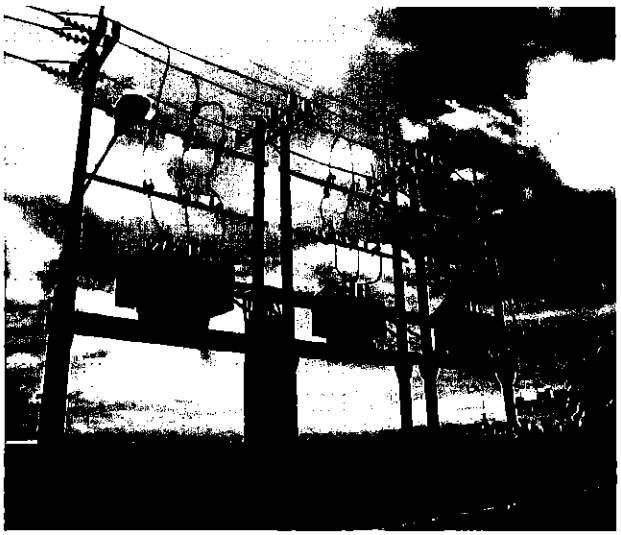
1) หม้อแปลงแบบแขวนดังแสดงในรูปที่ 2.23 ใช้สำหรับติดตั้งหม้อแปลง 1 เฟส มีขนาดตั้งแต่ 10-160 กิโลโวลต์แอมแปร์ [5]



รูปที่ 2.23 หม้อแปลงแบบแขวน

ที่มา: http://www.adswow.net

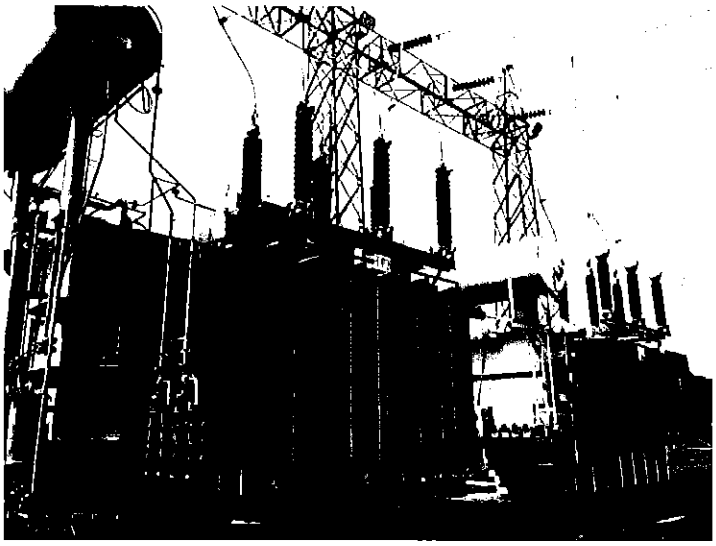
2) หม้อแปลงแบบนั่งร้านดังแสดงในรูปที่ 2.24 ใช้สำหรับติดตั้งหม้อแปลง 3 เฟส ขนาดตั้งแต่ 50-250 กิโลโวลต์แอมแปร์ และตั้งแต่ 50-500 กิโลโวลต์แอมแปร์ (เฉพาะราย) ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 3,000 กิโลกรัม [5]



รูปที่ 2.24 หม้อแปลงแบบนั่งร้าน

ที่มา: http://tumcivil.com

3) หม้อแปลงแบบตั้งพื้นดังแสดงในรูปที่ 2.25 ใช้สำหรับติดตั้งหม้อแปลง 3 เฟส ขนาดตั้งแต่ 315-2,000 กิโลโวลต์แอมแปร์ [5]



รูปที่ 2.25 หม้อแปลงแบบตั้งพื้นในสถานีไฟฟ้าพิษณุโลก 3

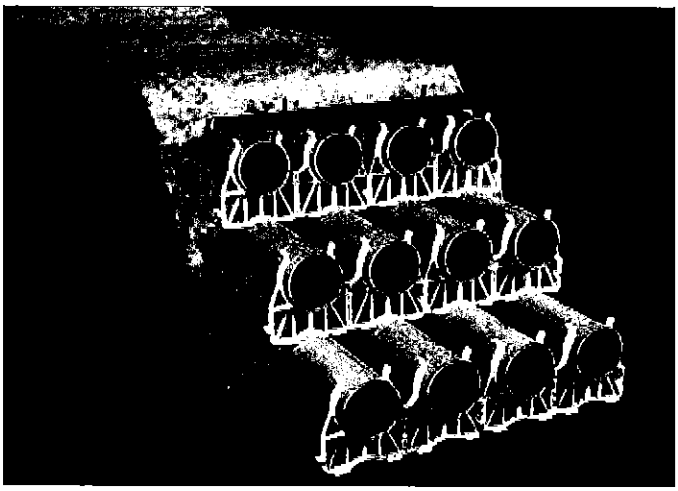
2.2 ระบบเคเบิลใต้ดิน

ในปัจจุบันการก่อสร้างระบบเคเบิลใต้ดินมีหลายรูปแบบ ซึ่งในแต่ละรูปแบบมีค่าใช้จ่ายมากน้อยแตกต่างกันออกไป จึงจำเป็นต้องพิจารณาออกแบบที่ใช้ในการก่อสร้างให้เหมาะสมและคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่ได้ลงทุน โดยระบบเคเบิลใต้ดินจะมีอุปกรณ์บางอย่างที่ระบบเหนือดินไม่มี คือ ท่อร้อยสาย การเลือกขนาดของบ่อพักสาย รวมไปถึงการเตรียมพื้นที่สำหรับการวางสายเคเบิลด้วย ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบของการก่อสร้างได้เป็น 2 รูปแบบ 5 วิธี คือ

2.2.1 แบบเปิดหน้าดิน

1) แบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต

กลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต (Concrete encased duck bank) เป็นแบบที่มีลักษณะการก่อสร้างเป็นแบบใช้ท่อเอชดีพีอี (High density polyethylene, HDPE) หรือใช้ท่อ อาร์ทีอาร์ซี (Reinforced thermosetting resin conduit) มีการวางท่อสำรอง (Spare) แล้วหุ้มทับด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กดังแสดงในรูปที่ 2.26 มีการวางท่อสำรอง (Spare) ซึ่งป้องกันจากผลกระทบทางกลเป็นอย่างดี และเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรขึ้นสายอื่นๆจะไม่ได้รับความเสียหาย เนื่องจากท่อถูกหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีความแข็งแรงทนทาน ทำให้สามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดแก่สายเคเบิลใต้ดินได้ [6]

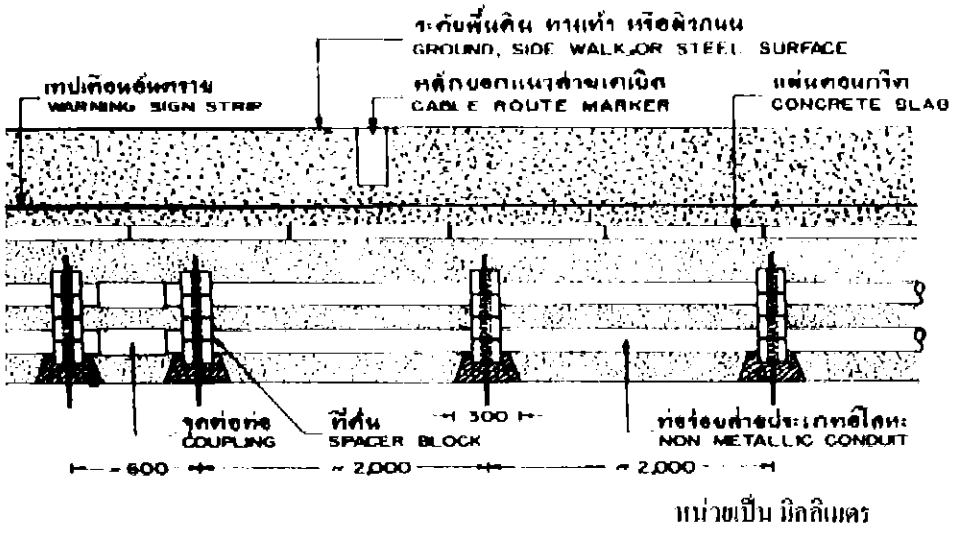


รูปที่ 2.26 แบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต

ที่มา: http://www.dirind.com

2) แบบร้อยท่อฝังดิน

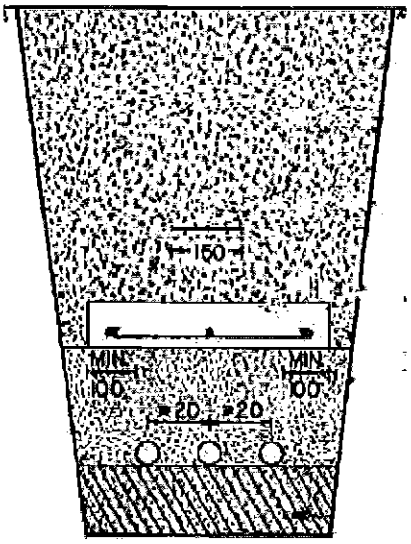
การร้อยท่อฝังดิน (Semi-direct burial) โดยลักษณะการก่อสร้างตามวิธีนี้ จะไม่มีการหุ้มท่อร้อยสายด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำให้ต้องมีหวีบังคับท่อดังแสดงในรูปที่ 2.27 เพื่อช่วยรักษาระยะห่างระหว่างท่อให้มีระยะสม่ำเสมอกัน มีการวางท่อสำรอง (Spare) มีแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้านบน และมีเทปเตือนอันตรายเพื่อป้องกันการเกิดอันตรายเป็นขั้นต้น ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาและงบประมาณในการสร้างน้อยกว่าแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต และเนื่องจากการใช้เพียงแค่หวีบังคับท่อในการจัดแนวท่อทำให้การดัดโค้งเมื่อพบอุปสรรคจึงทำให้ก่อสร้างง่ายกว่า



รูปที่ 2.27 แบบร้อยท่อฝังดิน [6]

3) แบบฝังดินโดยตรง

การฝังดินโดยตรง (Direct burial) ลักษณะการก่อสร้างของวิธีนี้ เป็นการก่อสร้างโดยไม่ใช้ท่อร้อยสาย และไม่มีการหุ้มด้วยคอนกรีต แต่เพียงแค่ฝังสายเคเบิลใต้ดินให้ได้ความลึกตามมาตรฐาน และมีการวางแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก และมีเทปเตือนภัยวางเหนือแนวสายเคเบิลใต้ดิน เหมือนกันกับวิธีร้อยท่อฝังดินดังแสดงในรูปที่ 2.28 ซึ่งวิธีนี้จะมีการใช้งบประมาณและระยะเวลาในการสร้างน้อยที่สุด และระบายความร้อนได้ดีมาก จึงทำให้นำกระแสได้ดีมากเช่นกัน แต่เนื่องจากมีความปลอดภัยต่ำมาก และไม่มีท่อจึงไม่มีการวางท่อสำรอง (Spare) ทำให้เมื่อสายเกิดความเสียหายจึงต้องดำเนินการขุดวางสายเคเบิลใต้ดินใหม่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับการก่อสร้างที่มีจำนวนวงจรน้อยๆ เช่น 1 หรือ 2 วงจร เป็นต้น

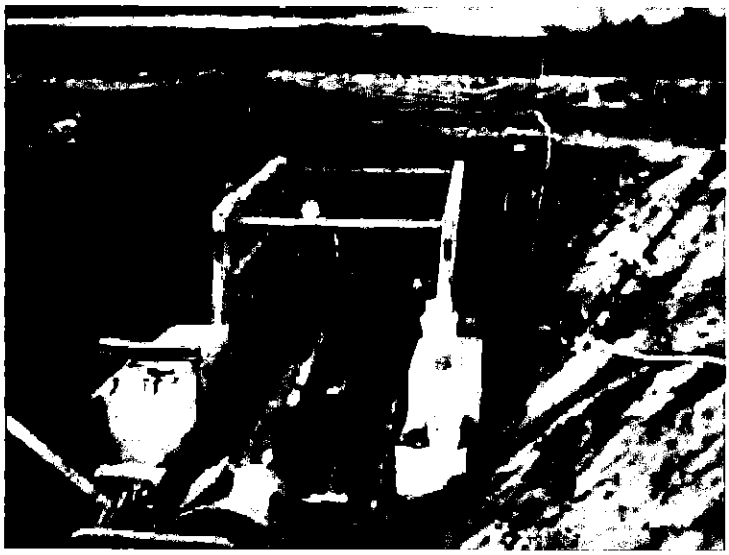


รูปที่ 2.28 แบบฝังดินโดยตรง [6]

2.2.2 แบบไม่เปิดหน้าดิน

1) การดันท่อ

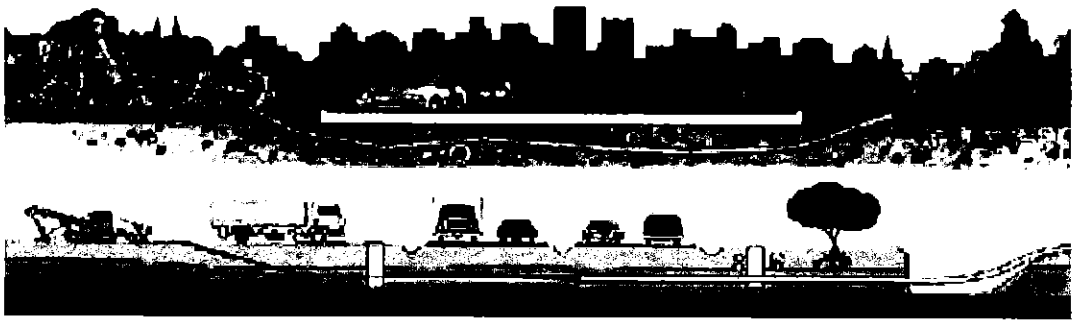
การดันท่อ (Pipe jacking) เป็นการก่อสร้างที่ไม่มีการขุดเปิดแนว และบางครั้งมีการเรียกเทคนิควิธีนี้ว่าการเจาะอุโมงค์ขนาดเล็ก โดยเฉพาะอุโมงค์หรือท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 เมตร ที่คนไม่สามารถลงไปปฏิบัติงานข้างในได้ดังแสดงในรูปที่ 2.29 จึงจำเป็นต้องใช้ระบบควบคุมระยะไกล ที่ติดตั้งอยู่บนผิวดินงานดันท่อโดยทั่วไปจะเป็นการดันท่อลอดถนน รางรถไฟ และคลอง ส่วนใหญ่ขนาดของท่อจะไม่เกิน 2 เมตร ความยาวของแต่ละช่วงจะไม่เกิน 200 เมตร และในกรุงเทพมหานครจะเป็นการดันท่อในชั้นของดินอ่อนเสียเป็นส่วนมาก



รูปที่ 2.29 การดันท่อ [6]

2) การเจาะดึงท่อลอด

การเจาะดึงท่อลอด (Horizontal directional drilling, HDD) ดังแสดงในรูปที่ 2.30 โดยการก่อสร้างวิธีนี้จะเป็นการก่อสร้างโดยไม่เปิดหน้าดิน ไม่มีคอนกรีตเสริมเหล็กและแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กไว้ป้องกันสายเคเบิลใต้ดิน แต่จะมีการเจาะลงใต้ดินเพื่อเป็นตัวนำแนวท่อ และเมื่อเจาะจนได้ระยะที่ต้องการจะทำการดึงท่อกลับมาตามแนวที่หัวเจาะได้เจาะไว้ โดยการดำเนินการสร้างด้วยวิธีนี้จะมีความสะดวกมาก กรณีที่ดำเนินการในพื้นที่เขตจราจรเนื่องจากไม่ต้องเปิดหน้าดิน [6]



รูปที่ 2.30 การเจาะดึงท่อลอด [6]

17220327

พ.ศ. 2561

2.3 หลักการออกแบบระบบเหนือดิน

หลักการออกแบบระบบเหนือดิน สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ ระบบเหนือดินแรงดันต่ำ และระบบเหนือดินแรงดันสูง ซึ่งหลักการคำนวณและออกแบบแต่ละระบบมีดังต่อไปนี้

2.3.1 หลักการออกแบบระบบเหนือดินแรงต่ำ

การคำนวณและออกแบบระบบจำหน่าย ในส่วนของระบบเหนือดินแรงต่ำมีหลักการออกแบบดังต่อไปนี้

1) เลือกชนิดของสายไฟฟ้าให้สอดคล้องกับพื้นที่ใช้งาน

2) คำนวณกระแสเต็มพิกัดของหม้อแปลงได้จากสมการ

$$I_S = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_S} \tag{2.1}$$

เมื่อ I_S คือ กระแสโหลดเต็มพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (แอมแปร์)

S คือ พิกัดของหม้อแปลง (กิโลโวลต์แอมแปร์)

V_S คือ แรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง (กิโลโวลต์)

3) กำหนดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) โดยนำขนาดของกระแสโหลดเต็มพิกัดมาคำนวณดังสมการที่ (2.2) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.1

$$I_{CB} \geq 1.25 I_L \tag{2.2}$$

เมื่อ I_L คือ กระแสโหลดของอาคาร (แอมแปร์)

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (แอมแปร์) [7]

พิกัดกระแสโครง (Frame size)	พิกัดกระแสทริป (Trip setting)
50	15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50
100	15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100
250	70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225
400	125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400
600	125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600
800	250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800
1200	250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200

4) ใช้ขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์มาคำนวณหาขนาดพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าได้จากสมการที่ (2.3)

$$I_T \geq \frac{I_{CB}}{C_a \times C_g} \tag{2.3}$$

เมื่อ I_T คือ พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (แอมแปร์)

I_{CB} คือ พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (แอมแปร์ทริป)

C_a คือ ตัวคูณปรับค่าเนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมดังตารางที่ 5-43 และ 5-44 ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [8]

C_g คือ ตัวคูณปรับค่าจำนวนกลุ่มของวงจรการเดินสายดังตารางที่ 5-40, 5-41, 5-45 และ 5-46 ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [8]

5) นำพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิมาเปรียบเทียบเพื่อหาขนาดของสายไฟฟ้าซึ่งจะขึ้นอยู่กับการเลือกแบบการติดตั้ง

6) ถ้าเลือกวิธีการเดินสายแบบที่มีท่อร้อยสายด้วย สามารถหาขนาดของท่อร้อยสาย โดยใช้ขนาดพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดสายไฟฟ้ามาเทียบกับตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย [9]

ขนาดท่อร้อยสาย (มิลลิเมตร)	พื้นที่หน้าตัด 100 เปอร์เซ็นต์	1 ตัวนำ 53 เปอร์เซ็นต์	2 ตัวนำ 31 เปอร์เซ็นต์	3 ตัวนำขึ้นไป 40 เปอร์เซ็นต์
15	177	94	55	71
20	314	166	97	126
25	491	260	152	196
32	804	426	249	322
40	1257	666	390	503
50	1964	1041	609	785
65	3318	1759	1029	1327
80	5027	2664	1558	2011
90	6362	3372	1972	2545
100	7854	4163	2435	3142
125	12272	6504	3804	4909

2.3.2 หลักการออกแบบระบบเหนือดินแรงสูง

การคำนวณและออกแบบระบบจำหน่ายในส่วนของระบบเหนือดินแรงสูง มีหลักการออกแบบดังต่อไปนี้

1) เลือกชนิดของสายไฟฟ้าให้สอดคล้องกับพื้นที่ใช้งาน

2) เราจะทราบพิกัดของหม้อแปลงได้ก็ต่อเมื่อเราทราบขนาดของโหลดอาคารหรือที่อยู่อาศัยแล้ว โดยพิกัดของหม้อแปลงต้องมากกว่าหรือเท่ากับขนาดของโหลดอาคารหรือที่อยู่อาศัย

3) เมื่อทราบพิกัดของหม้อแปลง สามารถหาค่ากระแสทางฝั่งปฐมภูมิ (Primary) ของหม้อแปลงได้จากสมการ

$$I_P = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_P} \tag{2.4}$$

เมื่อ I_P คือ กระแสโหลดเต็มพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (แอมแปร์)

S คือ พิกัดของหม้อแปลง (กิโลโวลต์แอมแปร์)

V_P คือ แรงดันด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง (กิโลโวลต์)

4) พิกัดของฟิวส์แรงสูง

พิกัดของฟิวส์แรงสูงต้องมีค่ามากกว่า 125 เปอร์เซ็นต์ แต่น้อยกว่า 300 เปอร์เซ็นต์ของค่าของกระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (I_P) ฟิวส์แรงสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 พิกัดของฟิวส์แรงสูง (แอมแปร์) [10]

พิกัดหม้อแปลง (กิโลโวลต์ แอมแปร์)	ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์		ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์	
	กระแสโหลดเต็มพิกัด (แอมแปร์)	ฟิวส์แรงสูง (แอมแปร์)	กระแสโหลดเต็มพิกัด (แอมแปร์)	ฟิวส์แรงสูง (แอมแปร์)
30	0.79	2	0.52	1
50	1.31	3	0.87	2
100	2.62	5-6	1.75	3
160	4.20	8	2.80	5-6
200	5.25	10	3.50	8
250	6.56	15	4.37	10
315	8.27	15	5.51	10
400	10.50	20	7.00	15
500	13.12	20	8.75	15
630	16.53	25	11.02	20
800	20.99	30	14.00	25
1000	26.24	40	17.50	25
1250	32.80	50	21.87	30
2000	52.49	65	34.99	50
2500	65.61	100	43.74	65
3000	78.73	100	52.49	65

5) หาขนาดของสายไฟฟ้า โดยนำค่ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (I_P) มาเปรียบเทียบในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 พิกัดกระแสใช้งานของสายเอสเอซี [11]

พิกัดแรงดัน (กิโลโวลต์แอมแปร์)	กระแสใช้งาน (แอมแปร์)						
	A = 50	A = 70	A = 95	A = 120	A = 150	A = 185	A = 240
22	180	220	270	315	360	410	490
33	180	220	270	315	360	410	490

หมายเหตุ: A = พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ (ตารางมิลลิเมตร)

6) กรณีออกแบบเป็นเคเบิลอากาศที่วางบนลูกถ้วยแท่งหรือลูกถ้วยแท่งก้านตรง การพาดเคเบิลอากาศบนลูกถ้วยแท่งหรือลูกถ้วยแท่งก้านตรง จำนวน 1 วงจร ให้พิจารณาการออกแบบเป็นเสาไฟฟ้าขนาด 12.20 เมตร ระยะห่างระหว่างเสาสามารถพิจารณาจากตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ระยะห่างระหว่างเสาไฟสูงสุด [11]

สำหรับการติดตั้งคอนธรรมดา	มุมเบี่ยงเบนของเสาไฟ	ระยะห่างเสาสูงสุด (เมตร)		
		A = 50	A = 120	A = 185
โครงสร้างทางตรง	$0^\circ \leq X \leq 2^\circ$	40	40	40
โครงสร้างทางโค้ง ที่มีสายยึดโยงด้านข้าง	$2^\circ < X \leq 5^\circ$	40	40	40
	$5^\circ < X \leq 15^\circ$	40	40	40
	$15^\circ < X \leq 30^\circ$	40	40	40
	$30^\circ < X \leq 60^\circ$	40	40	40
โครงสร้างทางโค้ง ที่ไม่มีสายยึดโยงด้านข้าง	$2^\circ < X \leq 5^\circ$	40	40	35
	$5^\circ < X \leq 15^\circ$	40	35	30
	$15^\circ < X \leq 30^\circ$	30	25	25
	$30^\circ < X \leq 60^\circ$	25	20	20

หมายเหตุ: X = มุมเบี่ยงเบนของสายไฟ

A = พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ (ตารางมิลลิเมตร)

7) เลือกชนิดของอุปกรณ์ประกอบหัวเสาไฟฟ้าให้สอดคล้องกับการใช้งาน โดยพิจารณาจากแนวเดินสาย ตลอดจนแนวรับแรงดึงของเสา

2.4 หลักการออกแบบระบบเคเบิลใต้ดิน

หลักการออกแบบระบบเคเบิลใต้ดินสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ และระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง ซึ่งมีหลักการคำนวณและออกแบบแต่ละระบบดังต่อไปนี้

2.4.1 หลักการออกแบบระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ

ในส่วนของการออกแบบระบบจำหน่ายที่เป็นระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ มีหลักการคำนวณและออกแบบดังต่อไปนี้

1) เลือกรูปแบบการวางสายเคเบิลให้เหมาะสมกับพื้นที่ ดังรายละเอียดที่อธิบายในหัวข้อที่ 2.2

2) เลือกชนิดของสายเคเบิลให้สอดคล้องกับพื้นที่ใช้งาน โดยสายเคเบิลใต้ดินต้องเป็นสายทองแดงแบบหนึ่งแกนหุ้มด้วยฉนวนเอกซ์แอลพีอี (XLPE) และเปลือกนอกเป็นพีอี (PE) ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

3) คำนวณกระแสเต็มพิกัดของหม้อแปลงทางด้านทุติยภูมิได้จากสมการที่ (2.1)

4) กำหนดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) โดยนำขนาดของกระแสโหลดเต็มพิกัดมาคำนวณดังสมการที่ (2.2) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.1

5) ใช้พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) มาคำนวณหาขนาดพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าได้จากสมการที่ (2.3)

6) นำกระแสพิกัดของสายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิมาเปรียบเทียบเพื่อหาขนาดของสายไฟฟ้าได้จากตารางที่ 5-29 ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [8]

7) คำนวณขนาดของท่อร้อยสาย โดยใช้ขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมทั้งหมดของสายไฟฟ้าเทียบกับตารางที่ 2.2

8) คำนวณแรงดึงในการลากสายเคเบิลทางตรง

สายเคเบิลใต้ดิน สามารถทนค่าแรงดึงสายได้เพียงค่าหนึ่งเท่านั้น ถ้าทำลากสายเคเบิลเกินค่านั้นแล้ว อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อสายเคเบิลได้ สมการที่ใช้ในการคำนวณแรงดึง [12] มีดังนี้

$$T = LWFC \tag{2.5}$$

เมื่อ T คือ แรงดึงสาย (กิโลกรัม)

L คือ ความยาวของท่อร้อยสาย (เมตร)

W คือ น้ำหนักของสายเคเบิล (กิโลกรัมต่อเมตร)

F คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

C คือ ตัวคูณปรับค่าน้ำหนักของสายเคเบิล

ในการจะเลือกใช้ค่า C แบบใดนั้น จะต้องหาค่าอัตราส่วนระหว่าง D/d เสียก่อน นั้นคือ หาก $D/d > 3.0$ ค่า C จะใช้เป็นกรณีแบบการจัดวางสายแบบกระทะหงาย และหาก $D/d < 2.5$ ค่า C จะใช้เป็นกรณีแบบการจัดวางแบบรูปสามเหลี่ยม แต่ถ้าค่าอัตราส่วนระหว่าง D/d มีค่าอยู่ระหว่าง 2.5-3.0 จะทำให้เกิดการไขว้สายได้ ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงไม่ให้อัตราส่วน D/d อยู่ในช่วงดังกล่าว ค่า C ในแต่ละรูปแบบมีสมการดังนี้

1 ตัวนำ $$C = 1 \tag{2.6}$$

3 ตัวนำเรียงแบบกระทะหงาย $$C = 1 + \left(\frac{4}{3} \times \left(\frac{d}{D-d} \right)^2 \right) \tag{2.7}$$

3 ตัวนำเรียงแบบรูปสามเหลี่ยม $$C = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{d}{D-d} \right)^2 \right]}} \tag{2.8}$$

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อร้อยสาย

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางสายเคเบิลใต้ดิน

2.4.2 หลักการออกแบบระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง

การออกแบบระบบจำหน่ายในส่วนของระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงมีหลักการคำนวณและออกแบบดังต่อไปนี้

1) เลือกรูปแบบการวางสายเคเบิลให้เหมาะสมกับพื้นที่ ดังรายละเอียดที่อธิบายในหัวข้อที่ 2.2

2) เลือกชนิดของสายเคเบิลให้สอดคล้องกับพื้นที่ใช้งาน ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง สายเคเบิลใต้ดินต้องเป็นสายทองแดงแบบหนึ่งแกนหุ้มฉนวนเอกซ์แอลพีอี (XLPE) และเปลือกนอกเป็นพีอี (PE) ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

3) คำนวณกระแสโหลดเต็มพิกัดด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงได้จากสมการที่ (2.4)

4) หาขนาดของสายไฟฟ้า โดยนำค่ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (I_P) มาเปรียบเทียบในตารางที่ 2.4

5) หาขนาดของท่อร้อยสาย โดยใช้พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าทั้งหมดและจำนวนของตัวนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.3

6) คำนวณแรงดึงในการลากสายเคเบิลทางตรง โดยใช้สมการเช่นเดียวกันกับหลักการออกแบบระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ

7) เลือกรูปแบบของบ่อพักสายให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน

2.5 หลักการก่อสร้างงานขยายเขตระบบจำหน่าย

เมื่อหน่วยงานที่ต้องการขยายเขตที่มีงบประมาณและความต้องการที่จะให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจัดทำงานขยายเขตระบบจำหน่ายทั้งระบบเหนือดินและระบบเคเบิลใต้ดิน ด้วยงานที่มีจำนวนมากการไฟฟ้าจึงมีการจัดจ้างผู้รับเหมาโดยผู้รับเหมาที่มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไข และผู้รับเหมามีจำนวนมากจึงได้มีการประกวดราคาเกิดขึ้น หากผู้รับเหมาที่ส่งราคาได้ถูกที่สุดก็จะได้รับงานไป

การก่อสร้างให้ได้ตามมาตรฐาน เมื่อได้แบบหลังจากการปรับแบบเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่แล้ว จะมีขั้นตอนการก่อสร้างดังต่อไปนี้

1) ถอดแบบเพื่อบอกรายละเอียดในการก่อสร้าง

2) จัดทำหวีบังคับท่อให้เหมาะสมกับขนาดและจำนวนของท่อ

3) เปิดหน้าดินให้ได้ตามมาตรฐานการติดตั้งเคเบิลไฟฟ้าใต้ดินการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค A7 ตามแบบเลขที่ SA1-015/31015 (การประกอบเลขที่ 7141) ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [13]

4) เทคอนกรีตปรับระดับในส่วนของเคเบิลใต้ดิน เพื่อใช้ในการวางท่อให้ได้ระดับตามมาตรฐานการติดตั้งเคเบิลไฟฟ้าใต้ดินในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [2]

5) ปักเสาในส่วนของเหนือดินตามแบบที่กำหนดโดยเอกสารอ้างอิงหมายเลข [11]

6) เลือกชนิดของอุปกรณ์ประกอบหัวเสาในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [3]

7) ติดตั้งขนาดบ่อพักสาย (Man hole) โดยเลือกรูปแบบที่เหมาะสมจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข [13]

8) ใส่หวีบังคับท่อและวางท่อตามแบบที่จัดทำไว้

9) เทคอนกรีตเสริมเหล็กปิดแนวท่อให้ได้ตามมาตรฐานการติดตั้งเคเบิลไฟฟ้าใต้ดินของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามแบบเลขที่ SA1-015/31016 (การประกอบเลขที่ 7201) ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [13]

10) ติดตั้งระบบกราวด์ตามมาตรฐานการติดตั้งเคเบิลไฟฟ้าใต้ดิน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามแบบเลขที่ SA1-015/31023 (การประกอบเลขที่ 7341) ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [13] และวัดค่าความต้านทานดินตามมาตรฐานในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [6]

11) คำนวณแรงดึงในการลากสายและทำการติดตั้งสายให้ได้ตามหลักการมาตรฐานในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [6]

12) ติดตั้งสายในส่วนของระบบเหนือดินและใต้ดินให้ได้ตามแบบที่จัดทำไว้

13) ทดสอบสายเคเบิลใต้ดินตามหลักการในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [6]

บทที่ 3
การออกแบบและประมาณราคาในงานขยายเขตระบบจำหน่าย

ในงานขยายเขตระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้มีการว่าจ้างทางผู้ประกอบการ เพื่อที่จะจัดสร้างระบบจำหน่ายให้เป็นไปตามแบบที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้จัดทำไว้ โดยทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะได้มีการจัดให้ทางผู้ประกอบการเสนอราคา ทำให้เกิดการแข่งขัน ทำให้ได้มาซึ่งผู้ประกอบการที่สนองต่อความต้องการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมากที่สุด โดยกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด ซึ่งทางบริษัทได้ให้แบบแสดงรายละเอียดของงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน ให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการจังหวัดลำปาง ซึ่งรับมาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอีกทีหนึ่ง เพื่อใช้ในการดำเนินโครงงาน

3.1 การปรับแบบแสดงรายละเอียด

ในการดำเนินงานหลังจากที่ได้แบบจากทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้ว ขั้นตอนแรก คือ การปรับแบบแสดงรายละเอียด เพื่อให้แบบนั้นตรงกับงานที่ปฏิบัติที่พื้นที่ปฏิบัติงาน โดยทางกลุ่มของผู้ดำเนินโครงงานได้มีการเดินทางไปยังสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง เพื่อทำการตรวจสอบและปรับแบบแสดงรายละเอียด เพื่อให้มีความถูกต้องตามลักษณะของพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งมีรายละเอียดในแบบนั้น เช่น ระยะทางการเดินสายทั้งระบบเหนือดิน และระบบเคเบิลใต้ดินยังคงเดิม แต่ว่ารูปแบบในการการก่อสร้างของระบบเคเบิลใต้ดินนั้นมีการปรับเปลี่ยนจากแบบการเจาะดึงท่อลอด เป็นแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต เนื่องจากบริษัทพบว่ามีหินขวางอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการวางท่อร้อยสายแบบเจาะดึงท่อลอด ดังนั้นจึงมีการปรับมาเป็นแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีตแทนแบบดังกล่าว

3.2 การแสดงขั้นตอนการออกแบบ

3.2.1 การคำนวณพิกัดของหม้อแปลงกำลัง

1) การหาพิกัดกระแสโหลด

ในงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง สามารถทราบขนาดกระแสโหลด โดยดูจากพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 600 แอมแปร์ทริป ที่มาจากการประมาณโหลดของอาคาร สามารถหากระแสโหลดของอาคารได้จากสมการที่ (2.2) ดังนี้

$$I_L \leq \frac{I_{CB}}{1.25} = \frac{600}{1.25} = 480 \text{ แอมแปร์}$$

พิจารณาที่กระแสโหลดสูงสุด $I_L = 480$ แอมแปร์

2) การหาขนาดของกำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) ที่อาคารต้องการจากสมการ

$$S = \sqrt{3} I_L V_S = \sqrt{3} \times 480 \times 400 = 332.55 \text{ กิโลโวลต์แอมแปร์}$$

3) การเลือกพิกัดของหม้อแปลง

สำหรับหม้อแปลงในระบบจำหน่ายที่ใช้งานทั่วไปของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

1) ระบบ 1 เฟส 3 สาย มีใช้งาน 4 ขนาดคือ 10, 20, 30 และ 50 กิโลโวลต์แอมแปร์

2) ระบบ 3 เฟส 4 สาย มีหลายขนาดได้แก่ 30, 50, 100, 160, 250, 315, 400, 500, 1000, 1250, 1500 และ 2500 กิโลโวลต์แอมแปร์ [7]

หม้อแปลงที่ใช้ต้องมีขนาดเพียงพอกับความต้องการของโหลดอาคาร จะเห็นว่าขนาดของโหลดที่คำนวณได้มีค่าระหว่าง 315 และ 400 กิโลโวลต์แอมแปร์ ดังนั้นจึงต้องเลือกพิกัดของหม้อแปลงสำหรับอาคารนี้เท่ากับ 400 กิโลโวลต์แอมแปร์

3.2.2 การออกแบบระบบจำหน่ายใต้ดินแรงต่ำ

การออกแบบระบบไฟฟ้าต้องเป็นไปตามหลักการและมาตรฐานที่การไฟฟ้าได้กำหนด ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1) การเลือกรูปแบบการวางสายเคเบิลให้เหมาะสมกับพื้นที่

เนื่องจากระบบอยู่ใกล้กับอาคาร มีกระแสไฟฟ้าในตัวนำค่อนข้างสูง อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่ต้องการความมั่นคงสูง จึงกำหนดว่าต้องทำการวางท่อแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีตตามแบบจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2) การเลือกชนิดของสายเคเบิลให้สอดคล้องกับพื้นที่ใช้งาน

สายเคเบิลใต้ดินต้องเป็นสายทองแดงแบบหนึ่งแกนหุ้มฉนวนเอกซ์แอลพีอี (XLPE) และเปลือกนอกพีอี (PE) ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด สำหรับงานระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำนั้นจะใช้สายซีวี (CV) เป็นตัวนำหลัก เนื่องจากสายชนิดนี้มีตัวนำเป็นทองแดง ถูกผลิตมาเพื่อใช้ในงานที่ทนต่อสภาพแวดล้อมและกันความชื้นได้ดี [13]

3) คำนวณกระแสเต็มพิกัดของหม้อแปลงทางด้านทุติยภูมิได้จากสมการที่ (2.1)

$$I_S = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_S} = \frac{400 \times 1{,}000}{\sqrt{3} \times 400} = 577.35 \text{ แอมแปร์}$$

4) กำหนดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) โดยนำขนาดของกระแสโหลดของอาคารมาคำนวณดังสมการที่ (2.2) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.1

$$I_{CB} \geq 1.25 I_L = 1.25 \times 480 = 600 \text{ แอมแปร์}$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) เท่ากับ 600 แอมแปร์ทริป

5) การคำนวณหาขนาดพิกัดกระแสของสายเคเบิลใต้ดิน

ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างจาก 30 องศาเซลเซียส ใช้กับค่าขนาดกระแสของสายเคเบิล เมื่อเดินใต้ดินจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข [8] จะได้ค่า $C_a = 1.00$

ตัวคูณปรับค่าสำหรับสายเคเบิลแกนเดียวหรือหลายแกน ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ ร้อยท่อฝังดิน เมื่อวางเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจรจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข [8] จะได้ค่า $C_g = 0.85$

แทนค่าในสมการ

$$I_T \geq \frac{I_{CB}}{C_a \times C_g} = \frac{(600/2)}{1.00 \times 0.85} = 352 \text{ แอมแปร์}$$

6) การคำนวณหาขนาดของสายไฟฟ้า

จากตารางที่ 5-29 ขนาดกระแสสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนเอกซ์แอลพีอี มีเปลือกนอกขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโดยรอบ 30 องศาเซลเซียส หรือสายซีวี ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรงกลุ่มที่ 5 ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [8] จะได้ขนาดตัวนำสายซีวีเท่ากับ 4x185 ตารางมิลลิเมตร ทนกระแสได้ 356 แอมแปร์

7) การคำนวณขนาดของท่อร้อยสาย

งานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง โดยใช้ 1 ท่อร้อยสายเคเบิลมี 3 ตัวนำ ดังนั้นจึงพิจารณาพื้นที่หน้าตัดรวมของสายเคเบิลไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย จากตารางที่ 4.2 ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [6]

จากข้อที่ 6) ตัวนำสายซีวีมีขนาด 185 ตารางมิลลิเมตร มีพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและตัวนำเท่ากับ 434 ตารางมิลลิเมตร ดังนั้นใน 1 ท่อจะมีพื้นที่หน้าตัดของสายเคเบิลเท่ากับ $4\times434=1{,}736$ ตารางมิลลิเมตร โดยจะต้องเลือกท่อร้อยสายที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า $1{,}736/0.4=4{,}340$ ตารางมิลลิเมตร เทียบกับตารางที่ 2.2 โดยพิจารณาที่ 3 ตัวนำขึ้นไป ตามแบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เลือกใช้ท่อร้อยสายเคเบิลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ $\pi R^2=\pi\times(140/2)^2=15{,}394$ ตารางมิลลิเมตร

3.2.3 การออกแบบระบบจำหน่ายเหนือดินแรงสูง

การออกแบบระบบไฟฟ้าต้องเป็นไปตามหลักการและมาตรฐานที่การไฟฟ้าได้กำหนด ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1) การเลือกชนิดของสายไฟฟ้าให้สอดคล้องกับพื้นที่ใช้งาน

เนื่องจากเป็นการใช้งานในระบบแรงสูงเหนือดิน จึงเลือกใช้สายเอสเอซี ซึ่งใช้ตัวนำเป็นทองแดงหุ้มด้วยฉนวนเอกซ์แอลพีอี

2) การคำนวณหาพิกัดของหม้อแปลง

จากข้อที่ 3.3.1 ทราบว่าหม้อแปลงกำลังมีขนาด 400 กิโลโวลต์แอมแปร์

3) การหาค่ากระแสทางฝั่งปฐมภูมิ (Primary) ของหม้อแปลงได้จากสมการที่ (2.4) ดังนี้

$$I_P=\frac{S}{\sqrt{3}\times V_P}=\frac{400\times1{,}000}{\sqrt{3}\times22{,}000}=10.50 \text{ แอมแปร์}$$

4) การคำนวณหาพิกัดของฟิวส์แรงสูง

นำกระแสพิกัดของสายไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (I_p) มาเปรียบเทียบเพื่อหาขนาดของสายไฟฟ้าได้จากตารางที่ 2.3 ซึ่งจะได้ขนาดของฟิวส์แรงสูง เท่ากับ 20 แอมแปร์

5) การหาขนาดของสายไฟฟ้า

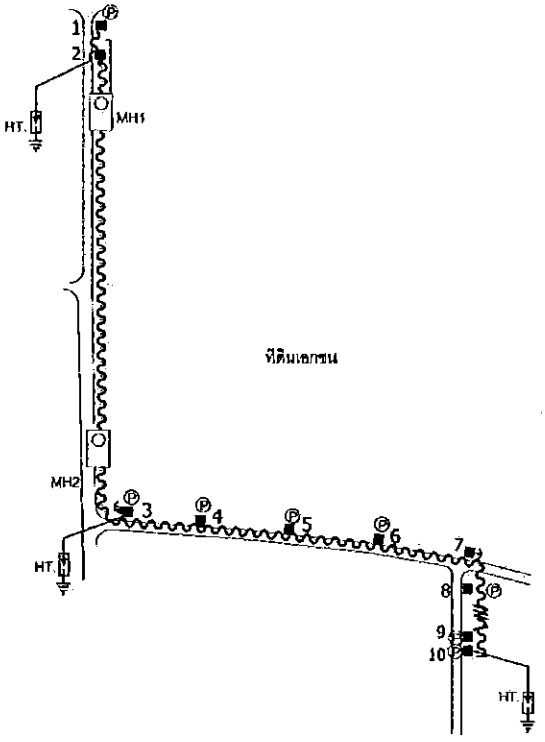
การหาขนาดของสายไฟฟ้าสามารถหาได้โดยนำค่ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (I_P) มาเปรียบเทียบในตารางที่ 2.4 จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิมีขนาดน้อยมาก เมื่อเทียบกับตารางที่ 2.4 จะเห็นว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดตัวนำน้อยที่สุดคือ 50 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งสามารถทนกระแสใช้งานได้ 180 แอมแปร์ ดังนั้นจึงเลือกใช้สายเอสเอซีขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร

6) การหาระยะห่างระหว่างเสาไฟฟ้า

ในระบบ 22 กิโลโวลต์ กรณีที่ออกแบบเป็นเคเบิลอากาศที่วางบนลูกถ้วยแท่งหรือลูกถ้วยแท่งก้านตรง การพาดเคเบิลอากาศบนลูกถ้วยแท่งหรือลูกถ้วยแท่งก้านตรงจำนวน 1 วงจรให้พิจารณาออกแบบเป็นเสาไฟฟ้าขนาด 12.20 เมตร ระยะห่างระหว่างเสาสามารถพิจารณาจากตารางที่ 2.5 จะได้ระยะห่างระหว่างเสาไฟฟ้าต้องไม่เกิน 40 เมตร

7) การเลือกชนิดของอุปกรณ์ประกอบหัวเสาให้สอดคล้องกับการใช้งาน

แบบแสดงรายละเอียดในงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นระบบเหนือดิน และระบบเคเบิลใต้ดิน ให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง ที่ได้รับจากทางบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด ในส่วนของระบบเหนือดินแรงสูง ทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการกำหนดหมายเลขของเสาไฟฟ้าดังรูปที่ 3.1 เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาการเลือกใช้รูปแบบอุปกรณ์ประกอบหัวเสา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการติดตั้งเสาไฟฟ้าด้วย



รูปที่ 3.1 แบบแสดงรายละเอียดในการติดตั้งเสา

จากรูปที่ 3.1 สามารถเลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาให้เหมาะสมกับลักษณะงานได้ดังนี้

เสาต้นที่ 1 เลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพีเดดเอ็นด์ เพราะเป็นส่วนที่ต้องแยกสายจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเข้าสู่ระบบจำหน่ายให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งจังหวัดลำปาง

เสาต้นที่ 2-3 เลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเดดเอ็นด์ เพราะจุดนี้เป็นจุดที่เชื่อมต่อระหว่างระบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน ซึ่งทำหน้าที่เสมือนตัวต้นทางหรือปลายทาง โดยจะต้องทนรับแรงดึงในช่วงอื่นๆด้วย

เสาต้นที่ 4-6 เลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา เพราะเป็นช่วงที่เป็นทางตรงมีหน้าที่เพียงรองรับสายไฟ แต่ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา เนื่องจากมีพื้นที่ติดอยู่กับที่ดินของเอกชน ดังนั้นเพื่อไม่ให้มีส่วนของอุปกรณ์ประกอบหัวเสายื่นออกไปพื้นที่ดังกล่าว จึงใช้อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา

เสาต้นที่ 7 เลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาต้นแบบบัค เพราะจุดนี้เป็นที่มีการเปลี่ยนแนวทางการเดินสายไฟฟ้า

เสาต้นที่ 8 เลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาต้นเอ็นด์คู่ เพราะเป็นจุดที่เชื่อมระหว่างเข้าหม้อแปลงกับมาจากเสาต้นที่ 5 ดังนั้นจึงเลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาต้นเอ็นด์คู่ เพื่อเป็นจุดต่อสายและรองรับแรงจากทั้งสองฝั่ง

เสาต้นที่ 9 เลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพี เพราะเสาต้นนี้มีหน้าที่รองรับสายก่อนเข้าหม้อแปลง

เสาต้นที่ 10 เลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาต้นเดดเอ็นด์ เพราะเป็นจุดสิ้นสุดการเดินสายก่อนเข้าหม้อแปลง มันจึงทำหน้าที่คอยรับแรงสายก่อนเข้าหม้อแปลง

3.2.4 การออกแบบระบบจำหน่ายใต้ดินแรงสูง

การออกแบบระบบไฟฟ้าต้องเป็นไปตามหลักการและมาตรฐานที่การไฟฟ้าได้กำหนด ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1) การเลือกรูปแบบการวางสายเคเบิลให้เหมาะสมกับพื้นที่

ตามแบบจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กำหนดว่าต้องทำการวางท่อแบบการเจาะดึงท่อลอด แต่ว่าไม่สามารถทำได้ เนื่องจากใต้ดินมีหินและกรวดมาก จึงเปลี่ยนเป็นการวางท่อแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต

2) การเลือกชนิดของสายเคเบิลให้สอดคล้องกับพื้นที่ใช้งาน

ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง สายเคเบิลใต้ดินต้องเป็นสายทองแดงแบบหนึ่งแกนหุ้มฉนวนเอกซ์แอลพีอี (XLPE) และเปลือกนอกเป็นพีอี (PE) ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

3) คำนวณกระแสโหลดเต็มพิกัดด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงได้จากสมการที่ (2.4) ดังนี้

$$I_P = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_P} = \frac{400 \times 1{,}000}{\sqrt{3} \times 22{,}000} = 10.50 \text{ แอมแปร์}$$

4) การหาขนาดของสายไฟฟ้า

นำค่ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (I_P) มาเปรียบเทียบในตารางที่ 2.4 จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิมีขนาดน้อยมาก เมื่อเทียบกับตารางที่ 2.4 จะเห็นว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดตัวนำน้อยที่สุดคือ 50 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งสามารถทนกระแสใช้งานได้ 180 แอมแปร์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดสายเอสเอซี 50 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดสายที่เล็กที่สุดที่การไฟฟ้าเลือกใช้งาน

5) การหาขนาดของท่อร้อยสาย

งานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง ในส่วนของระบบใต้ดินแรงสูงใช้ 1 ท่อร้อยสายเคเบิลมี 3 ตัวนำ ดังนั้นจึงพิจารณาพื้นที่หน้าตัดรวมของสายเคเบิลไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสายจากตารางที่ 4.2 ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [2]

จากข้อที่ 4) ตัวนำสายซีวีมีขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร มีพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและตัวนำเท่ากับ 154 ตารางมิลลิเมตร ดังนั้นใน 1 ท่อจะมีพื้นที่หน้าตัดของสายเคเบิลเท่ากับ $3 \times 154 = 462$ ตารางมิลลิเมตร โดยจะต้องเลือกท่อร้อยสายที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า $462/0.4 = 1{,}155$ ตารางมิลลิเมตร แล้วเทียบกับตารางที่ 2.2 ซึ่งตามแบบของการไฟฟ้าได้เลือกใช้ท่อร้อยสายเคเบิลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดท่อร้อยสายเคเบิลเท่ากับ $\pi R^2 = \pi \times (140/2)^2 = 15{,}394$ ตารางมิลลิเมตร

6) การเลือกบ่อพักสาย

ในงานขยายระบบจำหน่ายแรงสูงใต้ดินนี้เป็นการวางท่อร้อยสายที่เป็นแนวเส้นตรง และมีข้อจำกัดด้านพื้นที่เนื่องจากวางแนวท่อบนทางเท้าริมถนน ซึ่งมีพื้นที่ติดตั้งบ่อพักสายค่อนข้างเล็ก จึงต้องมีการเลือกใช้บ่อพักสายให้เหมาะสมกับการใช้งานตามพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยเลือกบ่อพักสายจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข [13] ซึ่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเลือกใช้บ่อ 2S-5 เนื่องจากเป็นบ่อพักสายที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการวางท่อร้อยสายเป็นแนวตรงและมีขนาดบ่อตรงตามสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน

3.2.5 การคำนวณแรงดึงในการลากสาย

ในการคำนวณหาแรงดึงในการลากสายสูงสุดให้ได้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำนั้น ระยะทางในการลากสายควรเป็นระยะที่เป็นจริงตามสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน จึงเป็นสาเหตุให้ทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานต้องทำการปรับแบบแสดงรายละเอียด โดยการลากสายเคเบิลใต้ดินนั้นต้องคำนึงถึงขนาดของแรงดึงสายเคเบิล เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดต่อสายเคเบิล ซึ่งได้พิจารณาดังสมการที่ (2.5) โดยสามารถทราบค่าของตัวแปรดังนี้

1) ความยาวของท่อร้อยสายเคเบิล (L) หลังจากที่ได้เดินทางไปยังสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง ทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการวัดระยะระหว่างบ่อพักสายทั้งสองบ่อ (MH1-MH2) เพื่อหาความยาวของท่อร้อยสายที่จะใช้ทำการร้อยสายเคเบิล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 113.86 เมตร

2) น้ำหนักของสายเคเบิล (W) จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข [14] ในส่วนของระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง ได้เลือกใช้ตัวนำทองแดงที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดตัวนำเท่ากับ 50 ตารางมิลลิเมตร โดยมีน้ำหนักของสายเคเบิลเท่ากับ 1.053 กิโลกรัมต่อเมตร ซึ่งเป็นน้ำหนักรวมของฉนวนและตัวนำ

3) ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (F) จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข [15] หน้าที่ 33 ระบุว่าท่อร้อยสายเอชดีพีอีและสายเคเบิลที่มีการหล่อลื่นในการลากสายจะมีค่าสัมประสิทธิ์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-0.35 แต่ได้เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ 0.35 เพราะว่าเป็นการคำนวณที่พิจารณาค่าแรงดึงสูงสุดที่จะสามารถใช้ลากสายได้

4) ตัวคูณปรับค่าน้ำหนักของสายเคเบิล (C) ซึ่งมี 3 ตัวนำ เรียงแบบกระทะหงาย โดยที่ท่อร้อยสายเคเบิล (d) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตรและสายเคเบิล (D) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร จากสมการที่ (2.7) แทนค่าได้ดังนี้

$$C = 1+\left(\frac{4}{3}\times\left(\frac{d}{D-d}\right)^2\right)=1+\left(\frac{4}{3}\times\left(\frac{140}{14-140}\right)^2\right)=2.65$$

จากสมการที่ (2.5) แทนค่าได้ดังนี้

$$T = LWFC = (113.86)(1.053)(0.35)(2.65)=111.20 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการคำนวณสมการข้างต้นจะเห็นว่าเราไม่ควรลากสายเคเบิลด้วยขนาดแรงดึงที่มีค่ามากกว่า 111.20 กิโลกรัม ถ้ามากกว่าค่านี้สายเคเบิลอาจเกิดความเสียหายได้

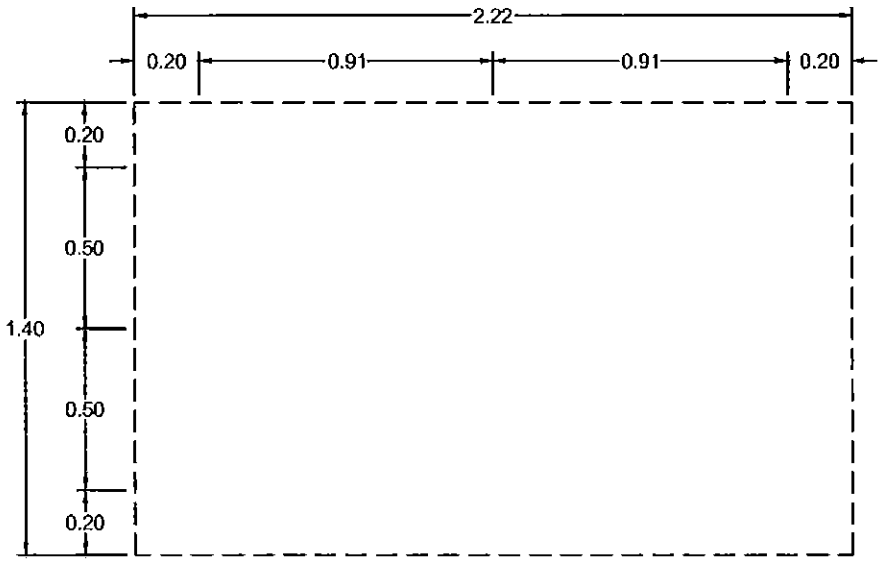
3.3 การแสดงรายละเอียดในการก่อสร้าง

หลังจากที่รับแบบแสดงรายละเอียดจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้ว จะต้องทำการแสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ เพื่อง่ายต่อการก่อสร้างและติดตั้งอุปกรณ์นั้นๆ ดังนี้

3.3.1 รายละเอียดของบ่อพักสาย

1) ฐานบ่อพักสาย

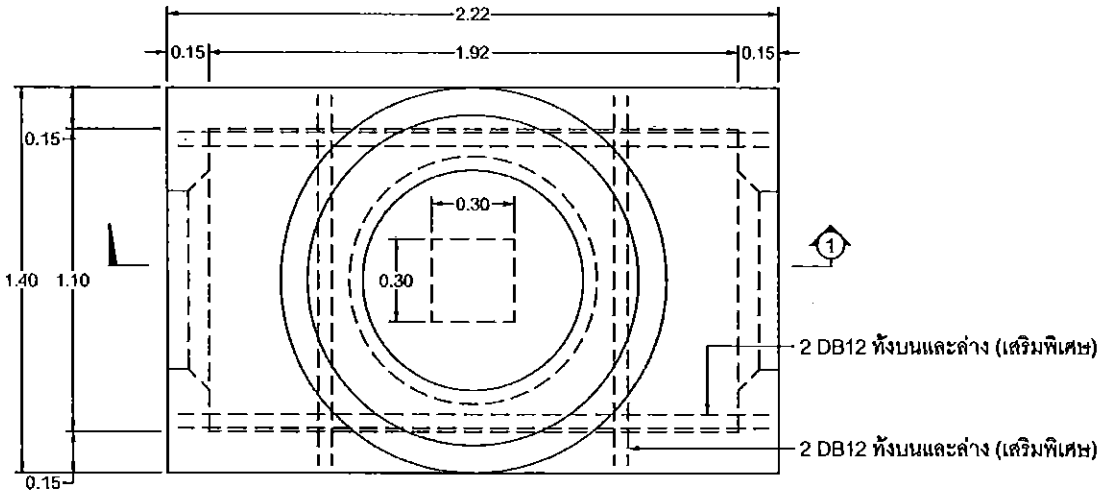
ฐานบ่อพักสายที่ใช้ในงานขยายเขตระบบจำหน่ายใต้ดินแรงสูงจะต้องมีขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของบ่อพักสายตามแบบ 2S-5 ดังนั้นจะเห็นว่าฐานบ่อพักสายนั้นมีความกว้าง 1.40 เมตร ยาว 2.22 เมตร และมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.05 เมตร ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งฐานบ่อพักสายสายนั้นมีหน้าที่ในการปรับระดับของบ่อพักสาย อีกทั้งยังป้องกันการทรุดตัวของบ่อพักสายด้วย



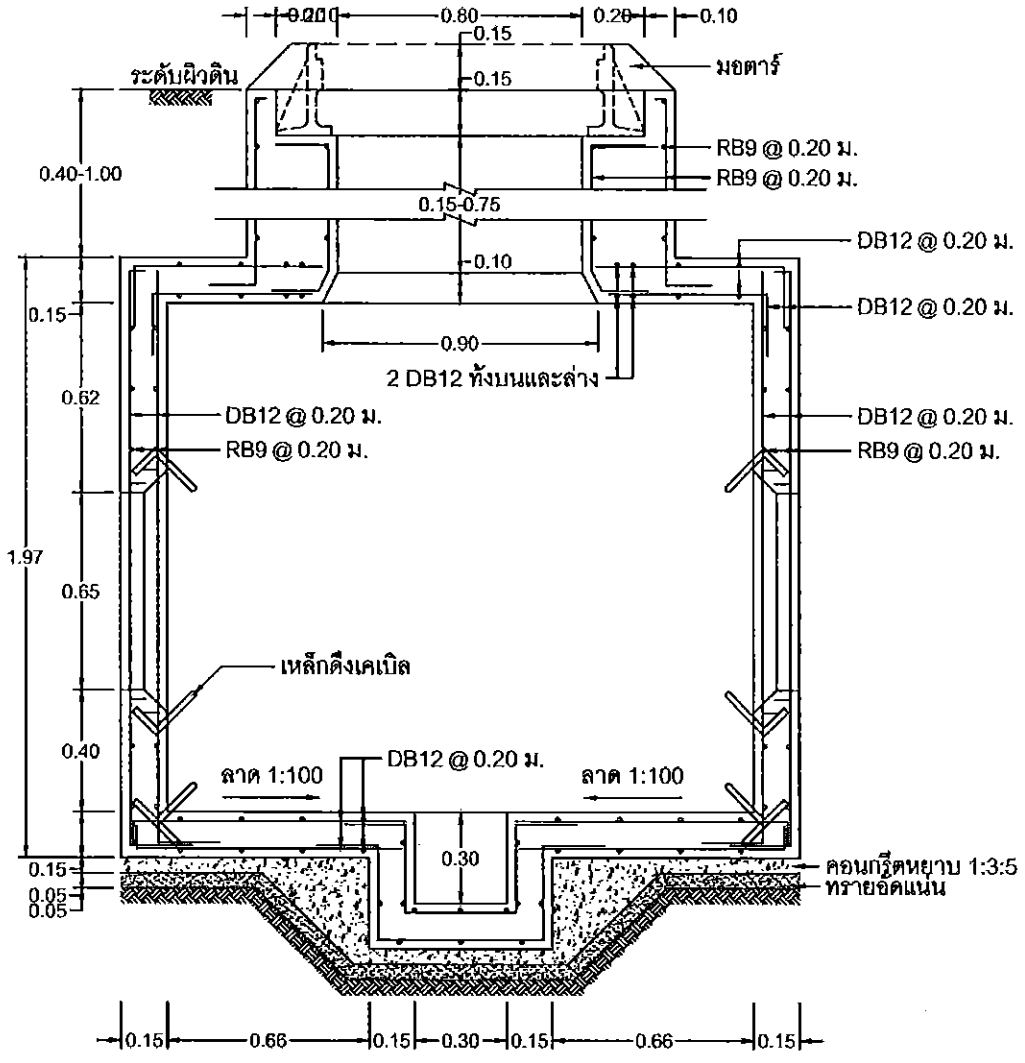
รูปที่ 3.2 แบบฐานบ่อพักสาย [16]

2) บ่อพักสาย

หลังจากการออกแบบตามหัวข้อที่ 3.2.4 ในการเลือกบ่อพักสาย (Man hole) ในงานระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงนั้นได้วางท่อร้อยสายเป็นแนวตรงบนทางเท้า ซึ่งการขุดเปิดหน้าดินในการติดตั้งบ่อพักสายมีข้อจำกัดในด้านขนาดของพื้นที่ในการติดตั้ง ซึ่งในการเลือกบ่อพักสายในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [13] นั้นพบว่าแบบ 2S-5 มีการออกแบบและขนาดของบ่อตรงตามสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยแบบ 2S-5 ดังรูปที่ 3.3 กว้าง 1.40 เมตร ยาว 2.22 เมตร และสูง 2.37 เมตร ซึ่งมีความหนาของผนังคอนกรีต 0.15 เมตรและเสริมเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร 2 ชั้น อีกทั้งยังมีหน้าต่างกว้าง 0.30 เมตร ยาว 0.30 เมตร ที่ใช้ในการระบายน้ำที่ขังในบ่อพักสายด้วย



(ก) มุมมองด้านบน

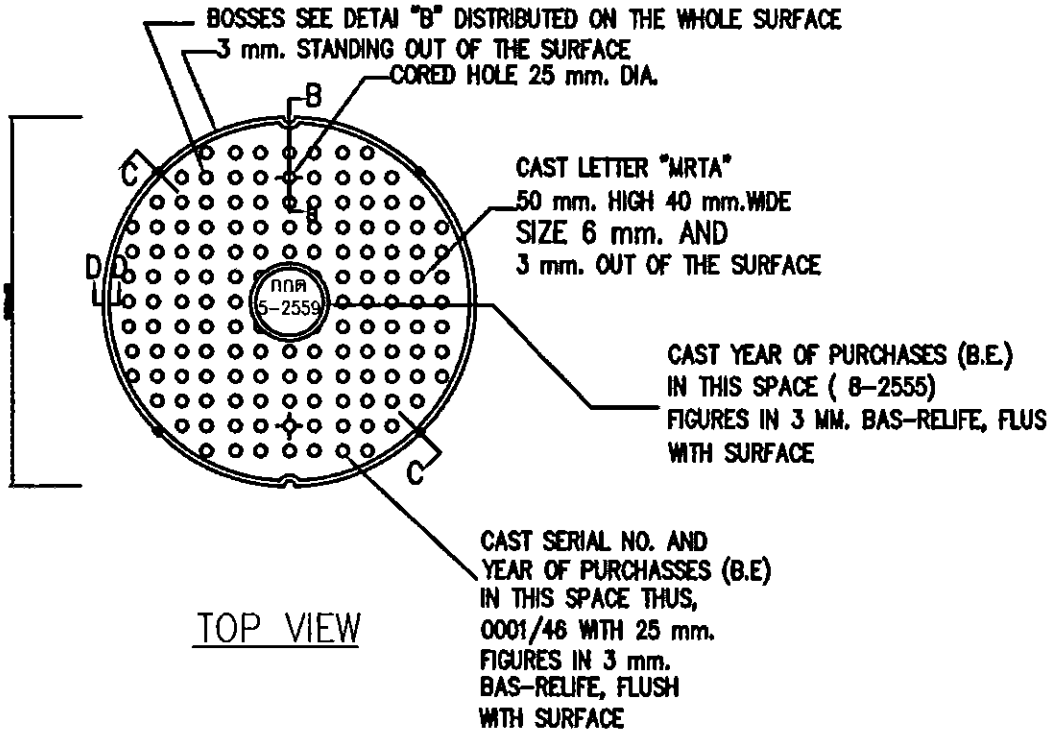


(ข) มุมมองด้านหน้า

รูปที่ 3.3 แบบบ่อพักสาย 2S-5 [16]

3) ฝาบ่อพักสาย

ฝาบ่อพักสายได้ถูกออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานและให้เหมาะสมกับบ่อพักสายตามแบบ 2S-5 ซึ่งเป็นส่วนปิดบ่อพักสายเมื่อกระทำการลากสายเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว โดยฝาบ่อพักสายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 900 มิลลิเมตร และมีปุ่มนูนบนฝาขนาด 3 มิลลิเมตรวางห่างกัน ตรงกลางสลักชื่อว่า กกต. 5-2559 ซึ่งเป็นตำแหน่งของพื้นที่ปฏิบัติงานและปีพุทธศักราชที่ได้ปฏิบัติงาน แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ฝาบ่อพักสาย 2S-5 มุมมองด้านบน [16]

3.3.2 แบบเสาที่เชื่อมต่อระหว่างระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงและเหนือดินแรงสูง

เสาไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมต่อสายไฟฟ้าระหว่างระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงและเหนือดินแรงสูง ได้มีการต่ออุปกรณ์ต่างๆ โดยเรียงจากด้านบนสุดของเสาลงไปถึงด้านล่างสุดของเสาดังนี้

1) ระบบสายล่อฟ้าเหนือดิน

ระบบสายล่อฟ้าเหนือดิน (Overhead ground wire) มีหน้าที่ป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังชนิดหนึ่ง เป็นอุปกรณ์ที่อยู่ชั้นบนสุดของเสาไฟฟ้าดังรูปที่ 3.5 และ 3.6 ซึ่งมีคุณสมบัติเสมือนกราวด์หรือนิวทรัล ใช้สายขนาด 25 มิลลิเมตร ต่อจากหัวเสาบนสุดเชื่อมต่อกับโครงเหล็กป้องกันโคนเสาก่อนลงดิน โดยต่อกับแท่งกราวด์ชุบทองแดงยาว 2 เมตร

2) อุปกรณ์ประกอบหัวเสา

เสาไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมต่อสายไฟฟ้าระหว่างระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงและเหนือดินแรงสูง หรือเสาต้นที่ 2 และ 3 ตามหัวข้อที่ 3.2.3 เป็นจุดต้นสายที่ต้องรับแรงดึงในช่วงเสาต้นที่ 1-2 และ3-7 จึงเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเดดเอ็นด์ ซึ่งใช้ลูกถ้วยแบบแขวนในการดึงสายดังรูปที่ 3.5

3) ฟิวส์แรงสูง

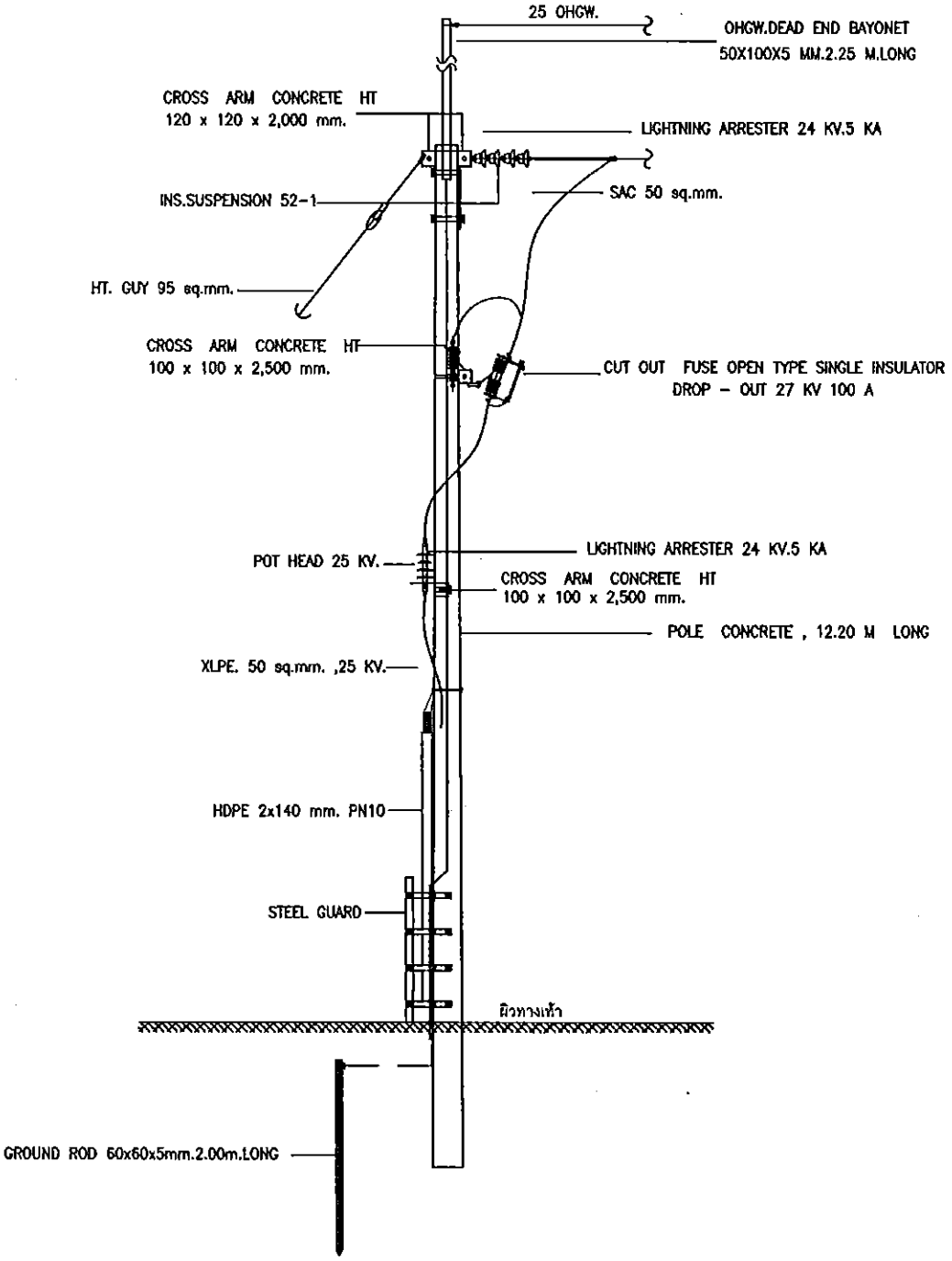
ในจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบเหนือดินและระบบเคเบิลใต้ดินต้องมีการติดตั้งฟิวส์แรงสูงไว้ดังในรูปที่ 3.5 และ 3.6 โดยฟิวส์แรงสูงนี้ทำหน้าที่เสมือนสวิตช์ตัดต่อวงจรเพื่อการบำรุงรักษา การเลือกฟิวส์แรงสูงจะต้องดูบริเวณที่มีพื้นที่ฟ้าผ่าบ่อยหรือไม่ และเลือกให้มีพิกัดที่สูงกว่าที่คำนวณได้ โดยเลือกใช้ฟิวส์แรงสูงขนาด 27 กิโลโวลต์ 100 แอมแปร์ ที่ใช้กับระบบจำหน่ายแรงสูงที่มีขนาด 22 กิโลโวลต์ จากการคำนวณหาขนาดของฟิวส์แรงสูงในหัวข้อที่ 3.2.3 จะได้พิกัดของฟิวส์แรงสูงเท่ากับ 20 แอมแปร์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าฟิวส์แรงสูงที่เลือกใช้งาน

4) กับดักฟ้าผ่า

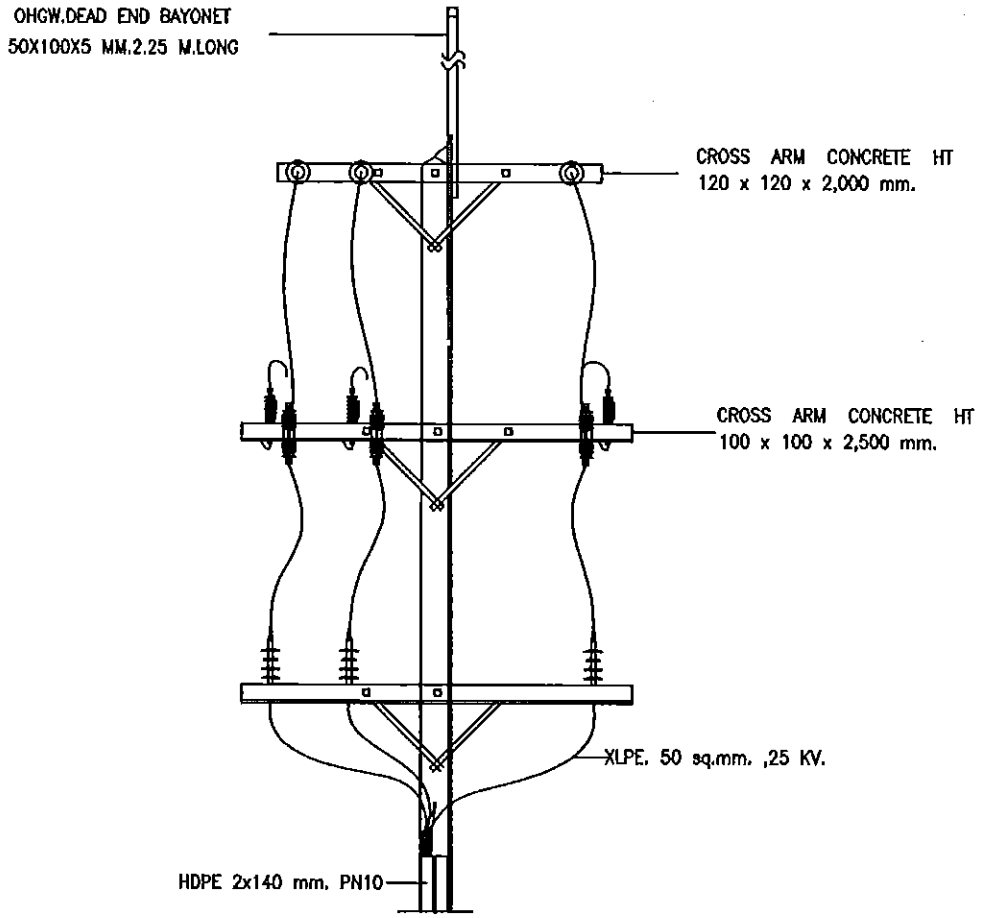
ในจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบเหนือดินแรงสูงและระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงจะต้องติดตั้งกับดักฟ้าผ่า (Lightning arrester) ดังในรูปที่ 3.5 และ 3.6 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ระบบ ตามแบบที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เลือกใช้กับดักฟ้าผ่าที่มีพิกัดแรงดันเท่ากับ 24 กิโลโวลต์สำหรับงานขยายเขตระบบจำหน่าย 22 กิโลโวลต์สำหรับค่าพิกัดของกับดักฟ้าผ่าต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 กิโลแอมแปร์

5) โครงเหล็กป้องกันโคนเสา

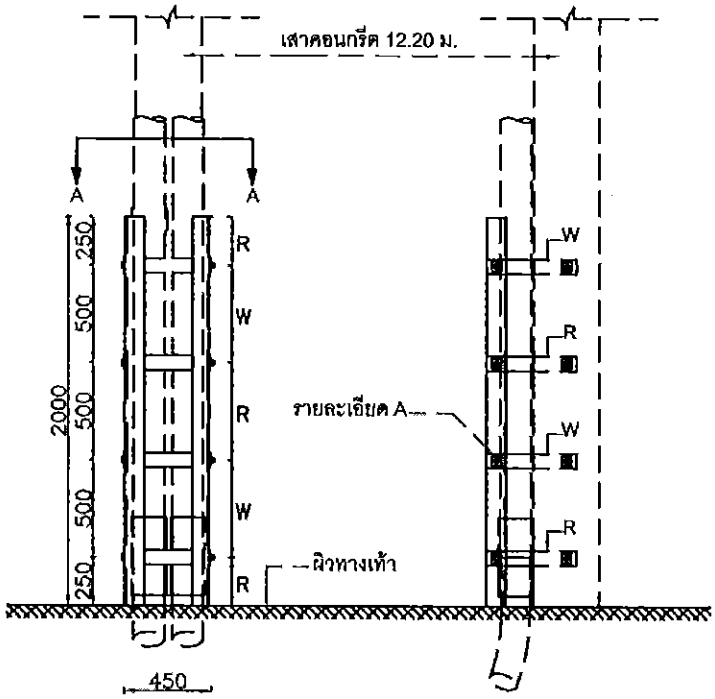
โครงเหล็กป้องกันโคนเสา (Steel guard) มีหน้าที่ป้องกันความเสียหายจากการชนในบริเวณโคนเสา เพื่อเพิ่มความมั่นคงให้แก่ระบบตามมาตรฐานในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [13] โดยโครงเหล็กป้องกันโคนเสามีความสูง 2 เมตร ซึ่งมีโครงเหล็กห่อหุ้มท่อร้อยสายขนาด 140 มิลลิเมตร 2 ท่อไว้ ซึ่งท่อร้อยสายใช้งาน 1 ท่อและสำรองอีก 1 ท่อดังรูปที่ 3.7



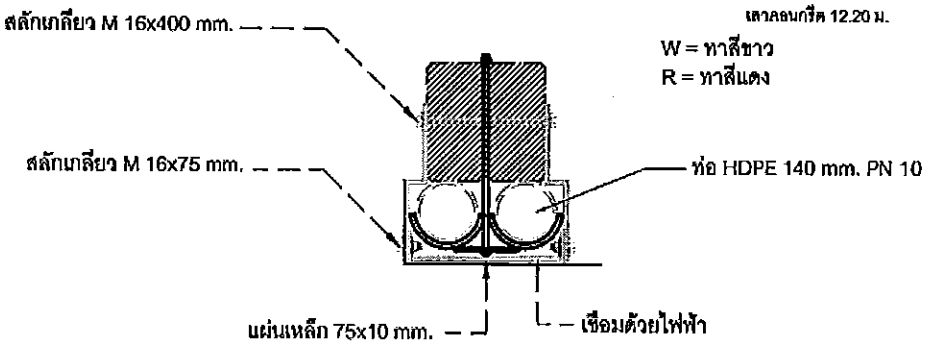
รูปที่ 3.5 แบบเสาเชื่อมต่อระหว่างระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงและเหนือดินแรงสูง [16]



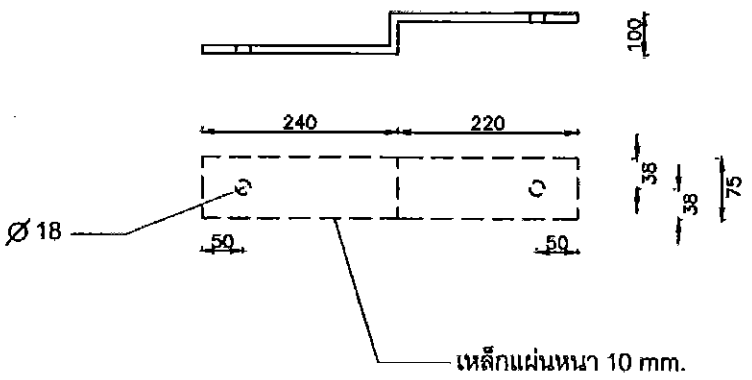
รูปที่ 3.6 แบบเสาในส่วนด้านบนของรูปที่ 3.5 ในมุมมองด้านหน้า [16]



(ก) มุมมองด้านหน้าและด้านข้าง



(ข) ภาพตัดตามขวางของโคนเสา A-A



(ค) รายละเอียด A

รูปที่ 3.7 โครงเหล็กป้องกันโคนเสา [16]

3.3.3 แบบอุปกรณ์หัวเสาแต่ละแบบที่ใช้กับระบบจำหน่ายแบบเหนือดิน

ในการเลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแต่ละต้นนั้นจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป รวมไปถึงข้อกำหนดในการเลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาอีกด้วย

1) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา

อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลาแสดงรายละเอียดไว้ดังรูปที่ 3.8 ถูกเลือกให้ใช้ประกอบหัวเสาต้นที่ 4-6 ตามหัวข้อที่ 3.2.3 ตามข้อกำหนดของการวางแนวสายไฟฟ้า โดยห้ามวางแนวสายในเขตพื้นที่ของเอกชน จึงต้องเลือกอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลาที่วางแนวสายข้างเดียว นั่นคือต้องทำการวางแนวสายในเขตของสำนักงานคณะกรรมการ ประจำจังหวัดลำปาง โดยอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลาทำมาจากเหล็กชุบ ด้านบนมีลูกถ้วยแท่ง 2 ลูก ด้านล่าง 1 ลูก แต่ละลูกถ้วยรองรับสายเอสเอซี 1 สาย

2) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพีและเดดเอ็นด์

อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพีและเดดเอ็นด์ดังรูปที่ 3.9 ถูกเลือกใช้ประกอบหัวเสาต้นที่ 1 ตามหัวข้อที่ 3.2.3 ในส่วนที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อแยกสายเข้าสู่ระบบจำหน่ายของสำนักงานคณะกรรมการประจำจังหวัดลำปาง โดยเสาชนิดนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

2.1) ส่วนด้านบนเป็นอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพี ซึ่งมีระบบเหนือดินแรงสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคพาดผ่าน

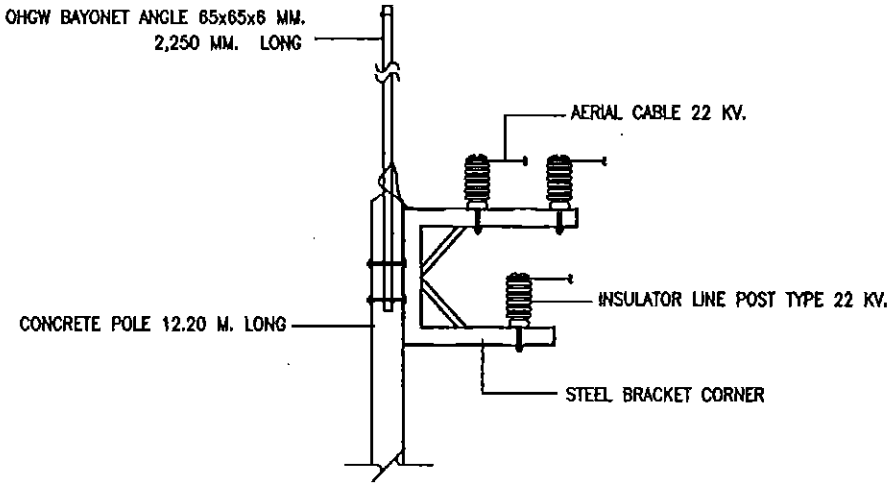
2.2) ส่วนด้านล่างเป็นอุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเดดเอ็นด์ โดยแยกสายมาจากระบบเหนือดินแรงสูงแล้วต่อกับระบบจำหน่ายให้กับสำนักงานคณะกรรมการประจำจังหวัดลำปาง

3) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบบัค

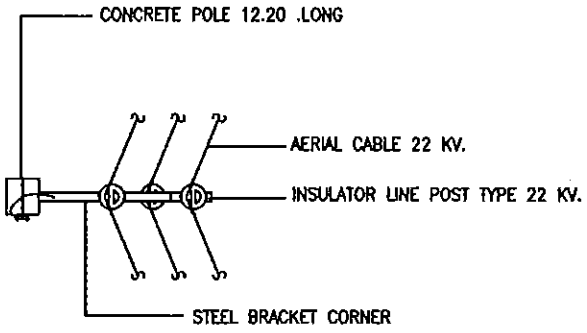
อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบบัคถูกเลือกใช้ประกอบหัวเสาต้นที่ 7 ตามหัวข้อที่ 3.2.3 ซึ่งเป็นเสาที่ต้องรับแรงดึงและเปลี่ยนแนวของสาย 90 องศา ดังรูปที่ 3.10 โดยหัวเสามีแท่งคอนกรีตยาว 2 เมตร ขนานกัน 2 แท่ง 2 ชุด โดยทั้ง 2 ชุดเป็นแบบเดดเอ็นด์ประกอบเข้าด้วยกัน

4) อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบดับเบิลเดดเอ็นด์

อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบดับเบิลเดดเอ็นด์ถูกเลือกใช้งานประกอบหัวเสาต้นที่ 6 ตามหัวข้อที่ 3.2.3 โดยเป็นเสาที่อยู่ใกล้กับอาคารและเชื่อมต่อกับหม้อแปลง ซึ่งเป็นส่วนที่พิจารณาถึงความตึงของสายในช่วงเสาต้นที่ 7-8 และ 8-9 ไม่ให้หย่อนเกินไป โดยใช้อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบดับเบิลเดดเอ็นด์เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบให้รับแรงดึงได้สูงทั้งสองแนวดังรูปที่ 3.11

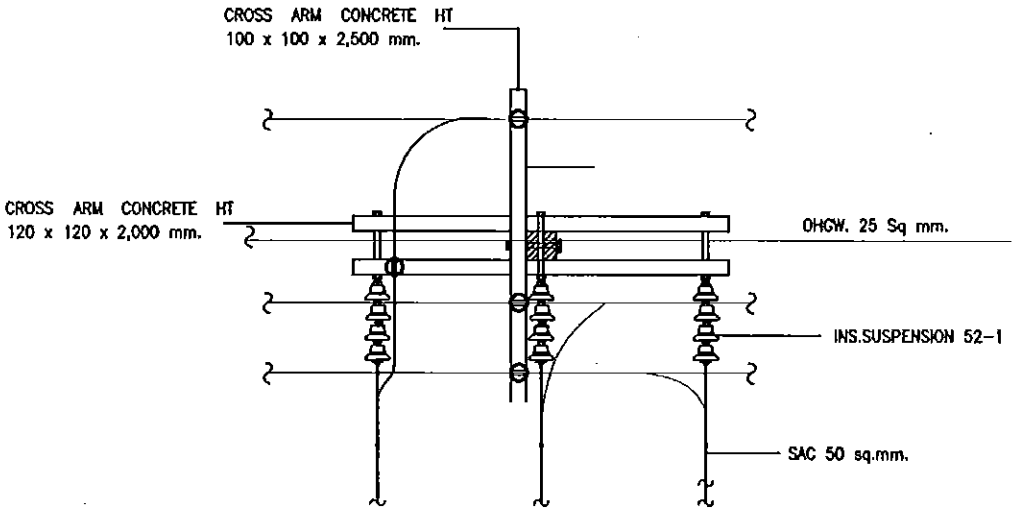


(ก) มุมมองด้านข้าง

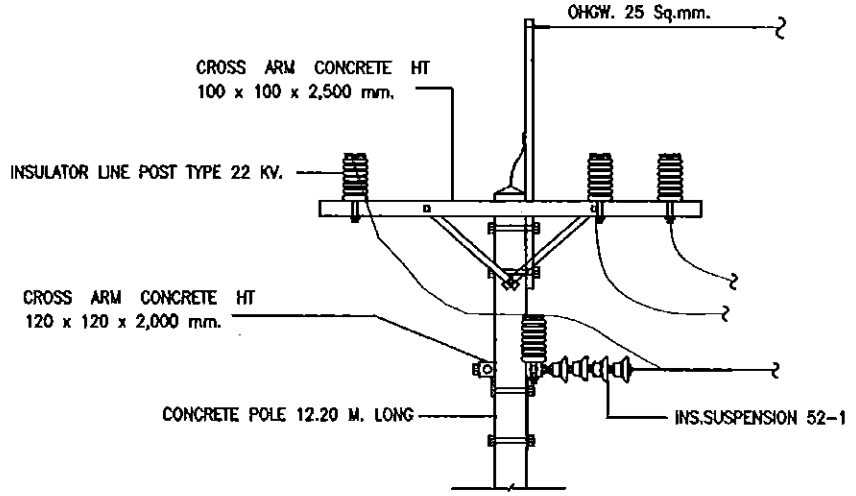


(ข) มุมมองด้านบน

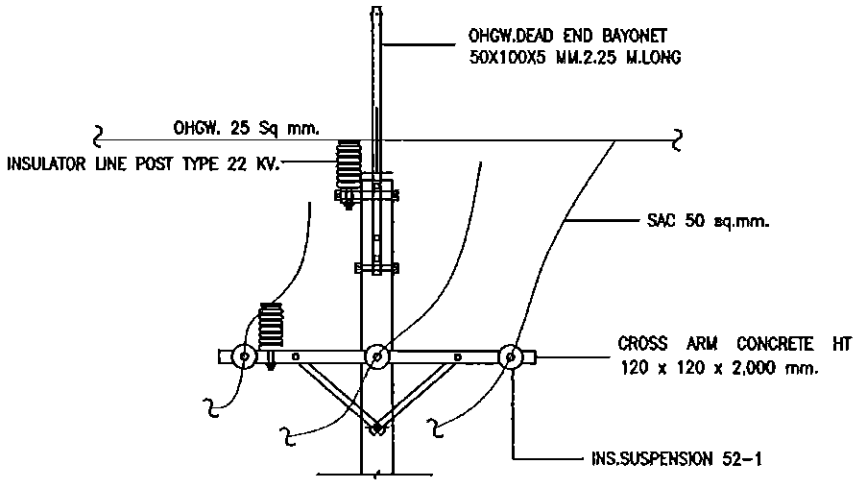
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบปอปลา [16]



(ก) มุมมองด้านบน

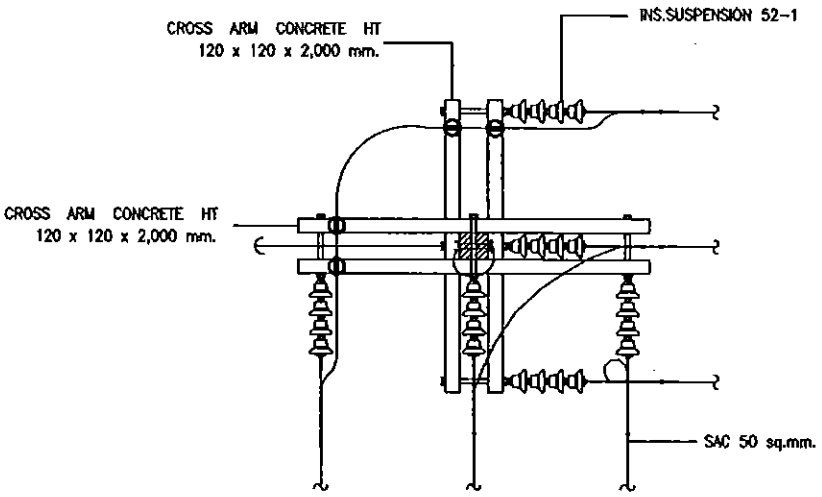


(ข) มุมมองด้านข้าง

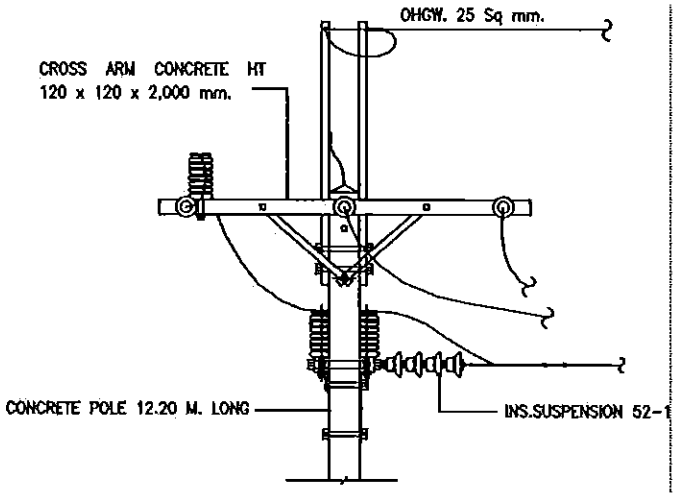


(ค) มุมมองด้านหน้า

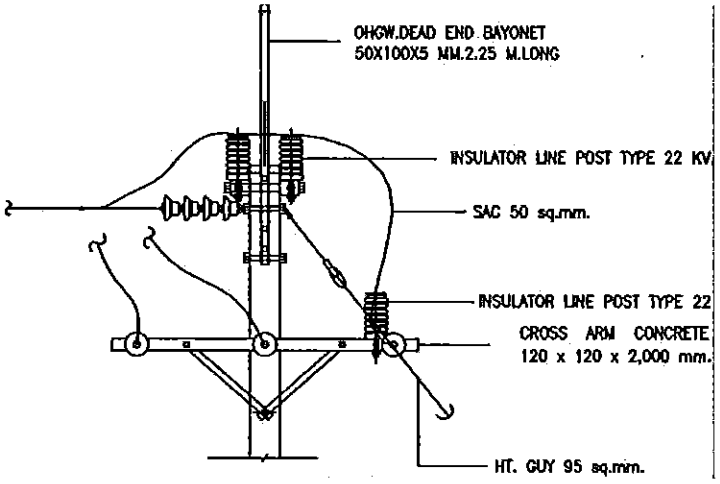
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพีและเดดเอ็นด์ [16]



(ก) มุมมองด้านบน

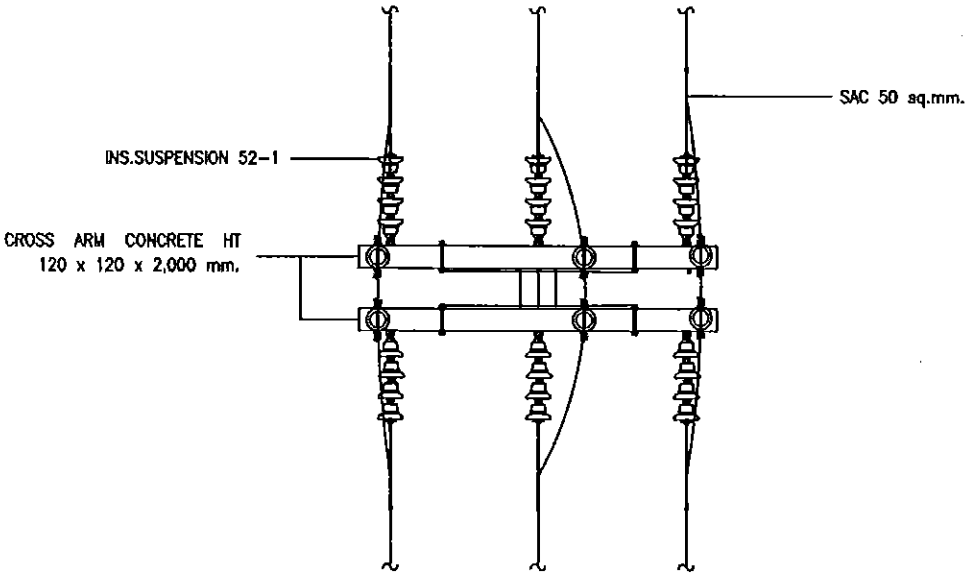


(ข) มุมมองด้านข้าง

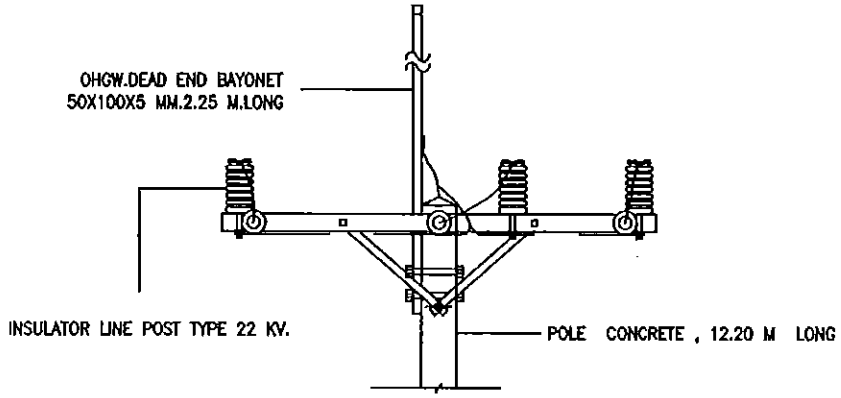


(ค) มุมมองด้านหน้า

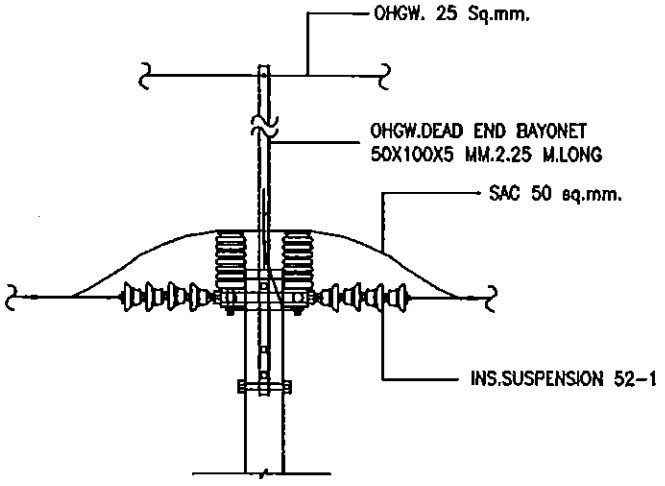
รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบบัค [16]



(ก) มุมมองด้านบน



(ข) มุมมองด้านข้าง



(ค) มุมมองด้านหน้า

รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบดับเบิลเดดเอ็นด์ [16]

3.3.4 แบบเสาที่ใช้ในการติดตั้งหม้อแปลง

เสาที่ใช้ในการติดตั้งหม้อแปลงดังรูปที่ 3.12 ใช้เสาคอนกรีตอัดแรงขนาด 12.20 เมตร และมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ โดยเรียงจากด้านบนสุดของเสาลงไปถึงด้านล่างสุดของเสาดังนี้

1) ระบบสายล่อฟ้าเหนือดิน

ระบบสายล่อฟ้าเหนือดินจะใช้สายขนาด 25 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งจะต่อกับเสาเหล็กที่มีความยาว 2 เมตร และยกขึ้นไปเหนือระดับความสูงของเสาคอนกรีต 1 เมตร

2) อุปกรณ์ประกอบหัวเสา

จากการกำหนดหมายเลขเสาตามหัวข้อที่ 3.2.3 เสาต้นที่ 9 จะใช้อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเอสพีให้สายเอสเอซีพาดผ่านและเสาต้นที่ 10 จะใช้อุปกรณ์ประกอบหัวเสาแบบเดดเอ็นด์ซึ่งเป็นเสาต้นสุดท้ายที่ต้องรับแรงดึงสายในช่วงเสาต้นที่ 8-10

3) ฟิวส์แรงสูงและกับดักฟ้าผ่า

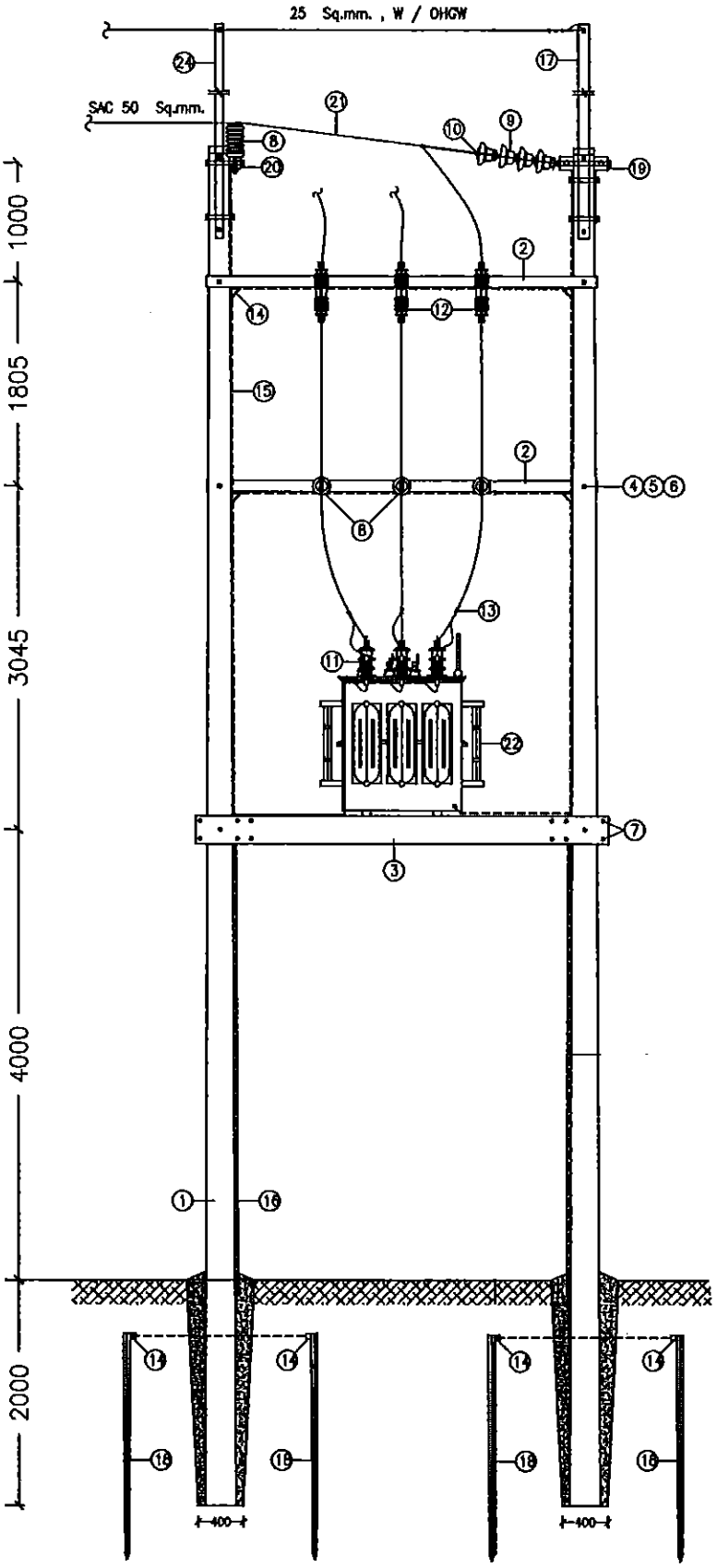
ฟิวส์แรงสูงและกับดักฟ้าผ่าใช้ขนาดเดียวกันกับหัวข้อที่ 3.3.2 จะเห็นว่าได้ใช้ฟิวส์แรงสูงและกับดักฟ้าผ่าที่มีขนาดมากกว่าค่าที่คำนวณได้และฟิวส์แรงสูงที่ใช้ในงานนี้มีหน้าที่เสมือนสวิตช์ตัดต่อวงจรสำหรับการบำรุงรักษา

4) หม้อแปลง

หม้อแปลงขนาด 400 กิโลโวลต์แอมแปร์เป็นหม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่ จึงต้องมีการใช้คานรับแรงกดจากน้ำหนักของหม้อแปลง โดยคานมีขนาด 150x250x3,450 มิลลิเมตร

5) การปักเสา

จากการใช้เสาขนาด 12.20 เมตรในการติดตั้งหม้อแปลง ทั้งสองต้นจะต้องทำการปักเสาลงดินลึก 2 เมตรและต้องมีการติดตั้งระบบสายดินด้วย โดยใช้แท่งกราวด์ชุบทองแดงยาว 2 เมตร เสาละ 2 แท่ง



รูปที่ 3.12 แบบเสาในการติดตั้งหม้อแปลง [16]

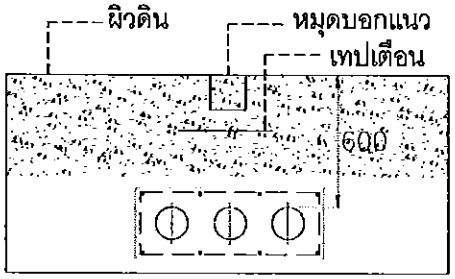
3.3.5 รายละเอียดในการติดตั้งท่อร้อยสายในระบบเคเบิลใต้ดิน

1) ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ

ในส่วนของระบบระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำนั้น ได้ทำการวางแนวสายแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต 2 วงจร และสำรอง 1 วงจร ตามมาตรฐานในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [6] ดังนี้

1.1) การวางท่อร้อยสาย

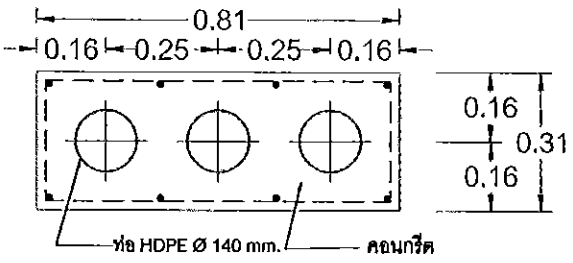
การวางท่อร้อยสายในระบบเคเบิลใต้ดินดังรูปที่ 3.13 ถูกกำหนดในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [6] ซึ่งความลึกของการฝังดินท่อร้อยสายนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับของแรงดัน อีกทั้งยังได้มีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ได้แก่ หมุดบอกแนว ซึ่งจะบ่งบอกถึงแนวการวางสายเคเบิลและเทปเตือนซึ่งจะเตือนให้ผู้ที่กำลังขุดดินได้รู้ว่าบริเวณใต้ดินนั้นมีการวางระบบเคเบิลใต้ดิน



รูปที่ 3.13 รายละเอียดการวางแนวท่อร้อยสายมุมมองด้านข้างในระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ [16]

1.2) หวีรองท่อร้อยสาย

ในการวางท่อร้อยสายให้ได้ระยะที่เราต้องการ จำเป็นจะต้องใช้หวีรองท่อร้อยสายช่วยในการจัดแนวของท่อ โดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.14 ซึ่งใช้โครงเหล็กเป็นเหล็กเส้นกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และเหล็กปลอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร



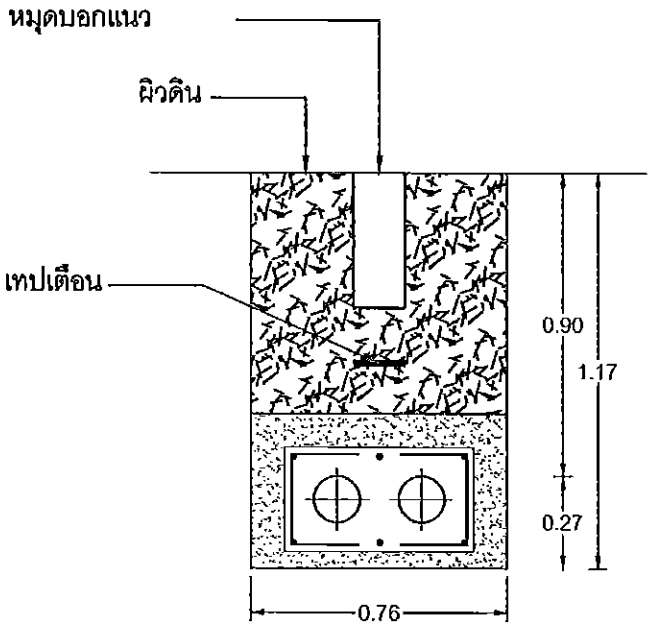
รูปที่ 3.14 รายละเอียดหวีรองท่อร้อยสายมุมมองด้านข้าง [16]

2) ระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง

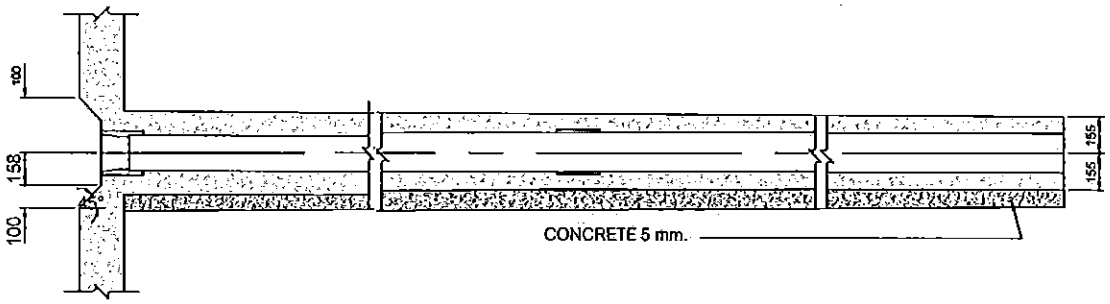
ในส่วนของระบบระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงนั้น ได้ทำการวางแนวสายแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต 1 วงจร และสำรอง 1 วงจร ซึ่งได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ตามมาตรฐานในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [13] ดังนี้

2.1) การวางท่อร้อยสาย

ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงใช้รูปแบบการวางท่อแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีตตามมาตรฐานในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [6] ซึ่งเป็นรูปแบบที่ให้ความน่าเชื่อถือและความมั่งคงต่อระบบสูง โดยมีการติดตั้งหมุดบอกแนวแรงสูงและเทปเตือนโดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.15



(ก) มุมมองด้านข้าง

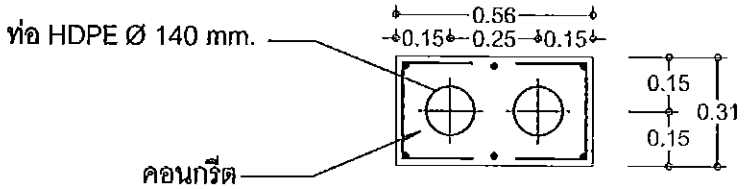


(ข) มุมมองด้านหน้า

รูปที่ 3.15 รายละเอียดการวางแนวท่อร้อยสายในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง [16]

2.2) การเทคอนกรีตหุ้มท่อร้อยสาย

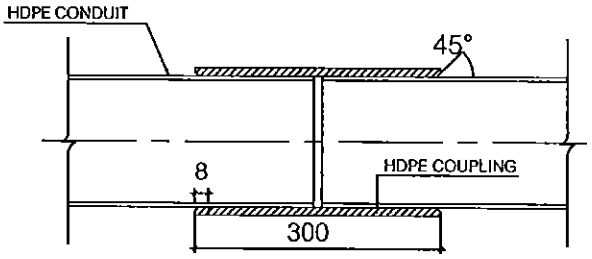
การเทคอนกรีตหุ้มท่อร้อยสายนั้นจะถูกกำหนดระยะของการเทคอนกรีตตามในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [6] และ [13] ดังรูปที่ 3.16 โดยโครงเหล็กใช้เหล็กเส้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร เป็นโครงเหล็กในแนวราบทั้งด้านบนและด้านล่าง วางห่างจากท่อร้อยสายอย่างน้อย 25 มิลลิเมตร ซึ่งจะถูกมัดด้วยเหล็กปลอกที่เป็นเหล็กเส้นกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร วางห่างกันในระยะทุกๆ 610 มิลลิเมตร และห้ามใส่เหล็กเส้นใดๆระหว่างท่อร้อยสายทั้งสองท่อ หลังจากนั้นจึงเทคอนกรีตทนแรงอัดได้ไม่น้อยกว่า 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรหุ้มท่อร้อยสายทั้ง 2 ท่อ



รูปที่ 3.16 การวางท่อร้อยสายในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงมุมมองด้านข้าง [16]

2.3) การต่อท่อร้อยสาย

การต่อท่อร้อยสายจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของระบบเคเบิลใต้ดินดังรูปที่ 3.17 เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดกับสายเคเบิล ในกรณีที่ต่อท่อไม่ได้มาตรฐาน อาจทำให้ข้อต่อท่อร้อยสายหลุดออกจากกันได้ โดยข้อต่อต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร



รูปที่ 3.17 การต่อท่อร้อยสาย [16]

3.4 การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง

การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัดภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบดังนี้

3.4.1 การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบเหนือดินแรงสูง

การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบเหนือดินแรงสูง ซึ่งเป็นระบบเดินสายบนอากาศที่มีระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ มีรายการดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการและราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเหนือดินแรงสูง

รายการวัสดุและอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1) สายเอสเอซีขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร	550	เมตร	199	109,450
2) หม้อแปลง 400 กิโลโวลต์แอมแปร์ พิกัดแรงดัน 22 กิโลโวลต์	1	ชุด	273,300	273,300
3) เสาคอนกรีตขนาด 12.20 เมตร	10	เสา	7,900	79,000
4) คอนกรีตครอสอาร์มขนาด 100 x 100 x 2,000 มิลลิเมตร	14	ชิ้น	680	9,520
5) คอนกรีตครอสอาร์มขนาด 120 x 120 x 2,500 มิลลิเมตร	5	ชิ้น	840	4,200
6) คานสปันคอนกรีตอัดแรงขนาด 100 x 100 x 3,200 มิลลิเมตร	2	ชิ้น	820	1,640
7) คานคอนกรีตอัดแรงขนาด 150 x 250 x 3,450 มิลลิเมตร	2	ชิ้น	1,680	3,360
8) เหล็กคอนเคเบิลอากาศทางโค้ง	3	ชิ้น	1,250	3,750
9) ลูกถ้วยแห่ง 22 กิโลโวลต์	36	ชิ้น	650	23,400
10) ลูกถ้วยแขวน 22 กิโลโวลต์	96	ชิ้น	350	33,600
11) กับดักฟ้าผ่า 24 กิโลโวลต์ 5 กิโลแอมแปร์	9	ชุด	5,200	46,800
12) ฟิวส์แรงสูง 27 กิโลโวลต์ 100 แอมแปร์	9	ชุด	4,000	36,000
13) เหล็กฉากรับสายล่อฟ้าทางตรงขนาด 50 x 100 x 5 มิลลิเมตร ยาว 2.25 เมตร	9	ชุด	820	7,380

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายการและราคาวัสดุและอุปกรณ์ในระบบเหนือดินแรงสูง

รายการวัสดุและอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
14) เหล็กฉากรับสายล่อฟ้าทางโค้งขนาด 50 x 100 x 5 มิลลิเมตร ยาว 2.25 เมตร	1	ชุด	1,200	1,200
15) ลวดเหล็กตีเกลียว 50/7 ตารางมิลลิเมตร	120	เมตร	28	3,360
16) ลูกถ้วยยึดโยง 54-4	6	อัน	140	840
17) กราวด์มะเฟือง	11	แท่ง	465	5,115
18) เหล็กประกับไม้คอน 30 x 6 x 760 มิลลิเมตร	32	ชิ้น	88	2,816
19) หลักดิน 60 x 60 x 5 มิลลิเมตรยาว 2.25 เมตร	6	ชุด	980	5,880
20) ฟรีฟอร์มรัดสาย 50 ตารางมิลลิเมตร	21	อัน	100	2,100
21) ทิมเบิลเควิสสำหรับฟรีฟอร์มเข้าปลายสาย	21	อัน	32	672
			รวม	653,383

หมายเหตุ: ที่มาของราคาวัสดุและอุปกรณ์

รายการที่ 1 จากบริษัท ไทย ยาซากิ จำกัด, www.megalight-thailand.com

รายการที่ 2 จาก www.transformae.wordpress.com

รายการที่ 3, 4, 5, 6, และ 7 จากบริษัท เอส.คอน คอนกรีต จำกัด

รายการที่ 8, 9, 11, 12, 15, 16, 20 และ 21 จากบริษัท สโตร์ไฟฟ้า จำกัด

รายการที่ 10 จากบริษัท วิชัยการไฟฟ้า จำกัด, http://srcc.co.th

รายการที่ 17 จากบริษัท เอ เอ อิเลคทริไล จำกัด

รายการที่ 13, 14 และ 18 จากบริษัท วิชัยการไฟฟ้า จำกัด, http://www.srcc.co.th

รายการที่ 19 จากบริษัท วี อาร์ [1991] จำกัด, http://www.vr1991.com

จากการประมาณราคาในตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นระบบเหนือดินแรงสูง โดยได้หาราคาตามท้องตลาดจากเว็บไซต์ของบริษัทต่างๆ จากนั้นแสดงออกมาเป็นราคาต่อหน่วยของวัสดุและอุปกรณ์ รวมไปถึงราคารวมทั้งหมดของระบบซึ่งมีมูลค่า 653,383 บาท ซึ่งราคานี้ยังไม่รวมค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

3.4.2 การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ

งานระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำจะถูกใช้ในช่วงระหว่างหม้อแปลงถึงอาคารหรือโหลด เป็นระยะทาง 15 เมตร เนื่องจากกระแสด้านทุติยภูมิค่อนข้างสูงจึงต้องทำการแยกวงจรออกเป็น 2 วงจร สำรองอีก 1 วงจร ซึ่งมีการใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการติดตั้ง รวมไปถึงการการประมาณราคา โดยเทียบราคาวัสดุและอุปกรณ์จากราคาตามท้องตลาดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายการและราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ

รายการวัสดุและอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1) สายซีวี 185 ตารางมิลลิเมตร (IEC 60520)	280	เมตร	520	145,600
2) ท่อโค้งขนาด 140 มิลลิเมตร	6	ชิ้น	1,947	11,682
3) ท่ออาร์เอสซี (RSC) 140 ตารางมิลลิเมตร	6	ชิ้น	5,929	35,574
4) รางเคเบิลแลดเดอร์กว้าง 200 มิลลิเมตร	1	ชิ้น	1,200	1,200
5) ข้อต่อโค้งขึ้นแลดเดอร์ขนาด 200 มิลลิเมตร	1	ชิ้น	500	500
6) กล่องดึงสายขนาด 60 x 60 x 30 เซนติเมตร	1	กล่อง	11,000	11,000
7) การวางท่อร้อยสายกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต (Duck bank) 3 x 1				
7.1) ท่อร้อยสาย 140 มิลลิเมตรจำนวน 3 ท่อ PN 8 PE 80	60	เมตร	447	26,820
7.2) เหล็กกลมตัน (RB15) ขนาด 15 มิลลิเมตร	12	เส้น	256	3,072
7.3) เหล็กกลมตัน (RB6) ขนาด 6 มิลลิเมตร	5	เส้น	40	200
7.4) คอนกรีตสำหรับเทหุ้มท่อร้อยสายทนแรงอัด 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร	4	คิว	1,870	7,480
			รวม	243,128

หมายเหตุ: ที่มาของราคาวัสดุและอุปกรณ์

รายการที่ 1 จากบริษัท ไทย ยาซากิ จำกัด, http://sstcable.lnwshop.com

รายการที่ 2 และ 7.1 จาก Thai pattana PE pipes CO.,LTD, http://tpppipe.com

รายการที่ 3 และ 6 จากบริษัท คลังไฟฟ้าโรงงาน จำกัด, http://www.klangfaifa.com

รายการที่ 4 และ 5 จากบริษัท สโตร์ไฟฟ้า จำกัด, http://www.slideshare.net

รายการที่ 7.2 และ 7.3 จาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด สตีลลีดส์, http://www.steellead.com

รายการที่ 7.4 จากซีแพคคอนกรีต (CPAC), http://www.poonmix.com

จากการประมาณราคาในตารางที่ 3.2 ซึ่งเป็นระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ โดยได้หาราคาตามท้องตลาดจากเว็บไซต์ของบริษัทต่างๆ จากนั้นแสดงออกมาเป็นราคาต่อหน่วยของวัสดุและอุปกรณ์ ซึ่งรวมไปถึงราคารวมทั้งหมดของระบบที่มีมูลค่า 243,128 บาท ซึ่งราคาดังกล่าวยังไม่รวมค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

3.4.3 การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง

ในการติดตั้งระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงที่พิกัดแรงดัน 22 กิโลโวลต์เป็นระยะทางประมาณ 140 เมตร มีรายการราคาต่อหน่วยวัสดุและอุปกรณ์ รวมไปถึงการประมาณราคาค่าวัสดุและอุปกรณ์ โดยเทียบราคาจากราคาตามท้องตลาดดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายการและราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง

รายการวัสดุและอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1) สายเอ็กซ์แอลพีอี (XLPE) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ตารางมิลลิเมตร	650	เมตร	467	303,550
2) หลักดิน 60 x 60 x 5 มิลลิเมตร ยาว 2.25 เมตร	6	อัน	980	5,880
3) การวางท่อร้อยสายกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีต (Duck bank) 2 x 1				
3.1) ท่อร้อยสาย (HDPE) 140 ตารางมิลลิเมตร	266	เมตร	473	125,818
3.2) ปูนคอนกรีตเทหุ้มท่อร้อยสายทนแรงอัด 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร	18	คิว	1,870	33,660
3.3) เหล็กกลมตัน (RB15) ขนาด 15 มิลลิเมตร	72	เส้น	256	18,432
3.4) เหล็กกลมตัน (RB6) ขนาด 6 มิลลิเมตร	259	เส้น	40	10,360
3.5) ท่อโค้งขนาด 140 ตารางมิลลิเมตร	4	ชิ้น	1,947	7,788
4) บ่อ Manhole แบบ 2S-5				
4.1) ปูนคอนกรีตเทหุ้มท่อร้อยสายทนแรงอัด 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร	10	คิว	2,748	27,480
4.2) ฝาบ่อพักสาย	2	ฝา	21,000	42,000
4.3) อันเดอร์กราวน์เคเบิลแร็ก 14 รู	16	อัน	580	9,280
4.4) อันเดอร์กราวน์เคเบิลซัพพอร์ตแร็ก ชนิดซี แบบ 3 รู	16	อัน	200	3,200
4.5) ท่อปากแตรขนาด 140 มิลลิเมตร	8	อัน	320	2,560
4.6) ลูกถ้วยหมอน 95 มิลลิเมตร	12	อัน	290	3,480
4.7) ไม้แบบในการหล่อท่อ	2	แบบ	1,000	2,000
4.8) เหล็กข้ออ้อย (DB12) ขนาด 12 มิลลิเมตร	72	เส้น	152	10,944
			รวม	606,432

หมายเหตุ: ที่มาของราคาวัสดุและอุปกรณ์

รายการที่ 1 จากยี่ห้อจรุงไทย, http://www.megalight-thailand.com

รายการที่ 2 จากบริษัท วี อาร์ [1991] จำกัด, http://www.vr1991.com

รายการที่ 3.1 และ 3.5 จาก Thai pattana PE pipes CO., LTD, http://tpppipe.com

รายการที่ 3.2 และ 4.1 จากซีแพคคอนกรีต (CPAC), http://www.poonmix.com

รายการที่ 3.3, 3.4 และ 4.8 จากห้างหุ้นส่วนจำกัด สตีลลีดส์, http://www.steellead.com

รายการที่ 4.2 และ 5.7 จากบริษัท โชคโชน เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

รายการที่ 4.3, 4.4, และ 4.6 จากบริษัท สโตร์ไฟฟ้า จำกัด, www.slideshare.net

รายการที่ 4.5 ราคาจาก http://www.tpelectriccenter.com

จากการประมาณราคาในตารางที่ 3.3 ซึ่งเป็นระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง โดยได้หาราคาตามท้องตลาดจากเว็บไซต์ของบริษัทต่างๆ จากนั้นแสดงออกมาเป็นราคาต่อหน่วยของวัสดุและอุปกรณ์ รวมไปถึงราคารวมทั้งหมดของระบบซึ่งมีมูลค่า 606,432 บาท ซึ่งราคาดังกล่าวยังไม่รวมค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานที่ผ่านมา สามารถแบ่งผลของการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การแสดงรายละเอียดการคำนวณโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล การเปรียบเทียบการคำนวณของกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานกับแบบของทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการแสดงรายละเอียดการประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การแสดงรายละเอียดการคำนวณโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล

การแสดงการออกแบบการก่อสร้างงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบระบบเหนือดินและเคเบิลใต้ดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการจังหวัดลำปาง โดยผู้ดำเนินโครงงานได้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลช่วยในการคำนวณในหัวข้อที่ 3.2 ทำให้มองเห็นภาพการออกแบบในระบบต่างๆได้ชัดเจนขึ้น เพียงกรอกข้อมูลในส่วนที่จำเป็น เพื่อให้ได้คำตอบในการเลือกอุปกรณ์ซึ่งจะแสดงคำตอบที่ต้องการ โดยใช้ฐานข้อมูลจากมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งสามารถแบ่งการคำนวณเป็น 4 ส่วนดังนี้

4.1.1 การคำนวณพิกัดของหม้อแปลง

การคำนวณพิกัดของหม้อแปลงที่ใช้งานดังรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าการคำนวณหาขนาดของโหลดมีค่าเท่ากับ 332 กิโลโวลต์แอมแปร์ โดยพิกัดของหม้อแปลงที่ใช้งานต้องมีขนาดเพียงพอกับความต้องการของโหลด ดังนั้นจึงต้องเลือกหม้อแปลงที่มีพิกัดเท่ากับ 400 กิโลโวลต์แอมแปร์

การคำนวณพิกัดของหม้อแปลง	
1) กรอกข้อมูลที่ระบุต่อไปนี้	
โหลดสูงสุด (ภายในอาคาร)	332 กิโลโวลต์แอมแปร์
2) ผลการคำนวณ	
พิกัดกระแสโหลดด้านทุติยภูมิ	479.20 แอมแปร์
พิกัดกระแสโหลดด้านปฐมภูมิ	10.50 แอมแปร์
พิกัดของหม้อแปลง	400 กิโลโวลต์แอมแปร์

รูปที่ 4.1 การใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลคำนวณพิกัดของหม้อแปลง

4.1.2 ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ

การคำนวณหาพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ดังรูปที่ 4.2 มีค่าเท่ากับ 600 แอมแปร์ทริป ในส่วนของการหาขนาดสายไฟฟ้าต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 185 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งทั้งสองส่วนเป็นไปตามแบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และสุดท้าย ส่วนของท่อร้อยสายต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 4,340 ตารางมิลลิเมตร แต่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เลือกใช้ท่อร้อยสายที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 140 มิลลิเมตร โดยมีพื้นที่หน้าตัดรวม 15,394 ตารางมิลลิเมตร จะเห็นว่ามีขนาดใหญ่กว่าที่ผู้ดำเนินโครงงานได้คำนวณไว้ ซึ่งเผื่อไว้รองรับการขยายโหลดในอนาคต

การคำนวณขนาดของอุปกรณ์ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ	
1. กรอกข้อมูลที่ระบุต่อไปนี้	
อุณหภูมิโดยรอบ	30 องศาเซลเซียส
จำนวนวงจร	2 วงจร
ระยะห่างระหว่างแต่ละวงจร	0 มิลลิเมตร
จำนวนสายตัวนำในท่อร้อยสาย	4 สาย
2. ตัวคูณปรับค่า (เทียบจากตารางฐานข้อมูล)	
ตัวคูณปรับค่าเนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบ (Ca)	1
ตัวคูณปรับค่าเนื่องจากจำนวนวงจร (Cg)	0.85
ตัวคูณปรับค่าเนื่องจากจำนวนสายในท่อร้อยสาย	0.4
3. ผลการคำนวณ	
กระแสเต็มพิกัดของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิ	577.35 แอมแปร์
กระแสที่นำมาเลือกพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์	599.00 แอมแปร์
พิกัดกระแสเลือกสายตัวนำ	352 แอมแปร์
พื้นที่หน้าตัดของสายตัวนำ (รวมฉนวน)	434 ตารางมิลลิเมตร
พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์	600 แอมแปร์ทริป
พื้นที่หน้าตัดของสายตัวนำ (ไม่น้อยกว่า)	185 ตารางมิลลิเมตร
พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย (ไม่น้อยกว่า)	4340 ตารางมิลลิเมตร

รูปที่ 4.2 การใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลคำนวณอุปกรณ์ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ

4.1.3 ระบบเหนือดินแรงสูง

การคำนวณหาพิกัดของฟิวส์แรงสูงได้มีค่าเท่ากับ 20 แอมแปร์ ในส่วนของสายไฟฟ้าคำนวณพื้นที่หน้าตัดได้มีขนาดเท่ากับ 50 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งทั้งสองตรงตามแบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในระบบจำหน่ายแรงสูงขนาด 22 กิโลโวลต์ สายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ใช้ขนาดพื้นที่หน้าตัด 50 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งเป็นสายที่เล็กที่สุดที่การไฟฟ้าเลือกใช้ดังรูปที่ 4.3

การคำนวณขนาดของอุปกรณ์ในระบบเหนือดินแรงสูง	
1) ผลการคำนวณ	
กระแสเต็มพิกัดของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิ	10.50 แอมแปร์
พิกัดของฟิวส์แรงสูง	20 แอมแปร์
พื้นที่หน้าตัดของสายตัวนำ (ไม่น้อยกว่า)	50 ตารางมิลลิเมตร

รูปที่ 4.3 การใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลคำนวณอุปกรณ์ในระบบเหนือดินแรงสูง

4.1.4 ระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง

การคำนวณพิกัดของฟิวส์แรงสูง เนื่องจากว่ากระแสเป็นตัวเดียวกันกับหัวข้อที่ 4.1.3 ทำให้ฟิวส์แรงสูงมีพิกัดเท่ากัน ในส่วนของสายไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 50 ตารางมิลลิเมตร สุดท้ายจากการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสายน้อยสุดที่เป็นไปได้คือ 1,155 ตารางมิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.4 แต่ในแบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ท่อร้อยสายที่มีขนาด 140 มิลลิเมตร ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดถึง 15,394 ตารางมิลลิเมตร จะเห็นได้ว่ามีขนาดใหญ่กว่าผู้ดำเนินโครงงานได้คำนวณไว้ เนื่องจากเผื่อไว้เพื่อรองรับการขยายโหลดในอนาคต

4.2 การเปรียบเทียบการคำนวณของกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานกับแบบของการไฟฟ้าฯ

ในการแสดงขั้นตอนการคำนวณในหัวข้อที่ 3.2 แล้ว ได้ทำเป็นตารางเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานกับแบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งสามารถแสดงจำนวนเท่าของผลต่างระหว่างค่าเปรียบเทียบดังกล่าวดังตารางที่ 4.1 จากการเปรียบเทียบรายการอุปกรณ์ในตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ได้คำนวณนั้นตรงตามแบบจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ยกเว้นรายการท่อร้อยสายเท่านั้นที่มีขนาดใหญ่กว่าค่าที่ได้คำนวณไว้ โดยระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำได้เผื่อขนาดท่อร้อยสายมากถึง 3.5 เท่า และระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงได้เผื่อขนาดท่อร้อยสายไว้มากถึง 13.3 เท่า เพราะว่าอุปกรณ์ชนิดนี้ เมื่อติดตั้งแล้วยากต่อการแก้ไขและปรับเปลี่ยนจึงได้มีการเผื่อขนาดไว้ เพื่อรองรับการขยายโหลดในอนาคต

การคำนวณขนาดของอุปกรณ์ในระบบใต้ดินแรงสูง	
1) กรอกข้อมูลที่ระบุต่อไปนี้	
จำนวนสายตัวนำในท่อร้อยสาย	3 สาย
2) ตัวคูณปรับค่า (เทียบจากตารางฐานข้อมูล)	
ตัวคูณปรับค่าเนื่องจากจำนวนสายในท่อร้อยสาย	0.4
3) ผลการคำนวณ	
กระแสเต็มพิกัดของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิ	10.50 แอมแปร์
พื้นที่หน้าตัดของสายตัวนำ (รวมฉนวน)	154 ตารางมิลลิเมตร
พิกัดของฟิวส์แรงสูง	20 แอมแปร์
พื้นที่หน้าตัดของสายตัวนำ (ไม่น้อยกว่า)	50 ตารางมิลลิเมตร
พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย (ไม่น้อยกว่า)	1155 ตารางมิลลิเมตร

รูปที่ 4.4 การใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลคำนวณอุปกรณ์ในระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง

ตารางที่ 4.1 ผลต่างของขนาดอุปกรณ์ในแบบของการไฟฟ้าฯเทียบกับค่าที่คำนวณได้ในโครงงาน

รายการอุปกรณ์	ค่าที่คำนวณในโครงงาน	ค่าของแบบการไฟฟ้าฯ	หน่วย	จำนวนเท่าผลต่าง
1) หม้อแปลง	400	400	กิโลโวลต์แอมแปร์	0
2) ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ				
2.1) เซอร์กิตเบรกเกอร์	600	600	แอมแปร์ทริป	0
2.2) สายไฟฟ้า	185	185	มิลลิเมตร	0
2.3) ท่อร้อยสาย	4,340	15,394	ตารางมิลลิเมตร	3.5
3) ระบบเหนือดินแรงสูง				
3.1) สายไฟฟ้า	50	50	มิลลิเมตร	0
4) ระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง				
4.1) สายไฟฟ้า	50	50	มิลลิเมตร	0
4.2) ท่อร้อยสาย	1,155	15,394	ตารางมิลลิเมตร	13.3

4.3 การเปรียบเทียบผลการประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์

จากการประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบเหนือดินแรงสูง ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ และระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง แล้วนำผลการประมาณราคาของทั้ง 3 ระบบ มาเปรียบเทียบกับการประมาณราคาของบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ระบบเหนือดินแรงสูง

จากการประมาณราคาในตารางที่ 3.1 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการประมาณราคาของบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด จะเห็นได้ว่ากำไรส่วนใหญ่นั้นมาจากเสาคอนกรีตขนาด 12.20 เมตร คิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ ของกำไรในส่วนนี้ รองลงมาคือ เหล็กฉากรับสายล่อฟ้าทางตรง คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ ของกำไรส่วนนี้เช่นกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่มีราคาสูงในระบบนี้คือเสาจะเป็นอุปกรณ์ที่ให้ผลกำไรในส่วนของระบบไฟฟ้าเหนือดินแรงสูง โดยพิจารณาได้จากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าราคาวัสดุและอุปกรณ์ของระบบเหนือดินแรงสูง มีค่าเท่ากับ 653,383 บาท ซึ่งราคาที่บริษัทประมาณราคาเพื่อส่งการไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 688,978 บาท ส่วนต่างหรือกำไรที่ได้คิดเป็น 5.45 เปอร์เซ็นต์

4.3.2 ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ

จากการประมาณราคาในตารางที่ 3.2 และนำมาเปรียบเทียบกับการประมาณราคาของบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด จะเห็นได้ว่ากำไรในส่วนของระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำทั้งหมดมาจากสายซีวี 185 ตารางมิลลิเมตร (IEC 60520) ในทำนองเดียวกัน สายซีวีก็เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงที่สุด จึงทำให้สายซีวีเป็นอุปกรณ์ที่ให้ผลกำไรส่วนของระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ ซึ่งในตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าราคาวัสดุและอุปกรณ์ของระบบใต้ดินแรงต่ำมีค่าเท่ากับ 243,128 บาท โดยราคาที่บริษัทประมาณการเพื่อส่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีค่าเท่ากับ 306,150 บาท ส่วนต่างหรือกำไรที่ได้ในส่วนนี้คิดเป็น 25.29 เปอร์เซ็นต์

4.3.3 ระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง

จากการประมาณราคาในตารางที่ 3.3 แล้วนำไปเปรียบเทียบกับการประมาณราคาของบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด จะเห็นได้ว่ากำไรทั้งหมดนั้นมาจากบ่อพักสาย (Manhole) แบบ 2S-5 โดยบ่อนี้มีการกำหนดราคามาจากทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทำให้บ่อพักสายเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงที่สุดในส่วนงานนี้ จึงทำให้บ่อพักสายเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ผลกำไรในส่วนของระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง โดยพิจารณาราคารวมจากตารางที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าราคาวัสดุและอุปกรณ์ของระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูงมีค่าเท่ากับ 606,432 บาท ซึ่งเป็นราคาที่บริษัทประมาณราคาเพื่อเสนอการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีค่าเท่ากับ 773,900 บาท ส่วนต่างหรือกำไรที่ได้คิดเป็น 27.62 เปอร์เซ็นต์

การประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ในงานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการจังหวัดลำปาง จะเห็นได้ว่าค่าส่วนต่างที่ทางบริษัทได้รับเป็นผลกำไรจากวัสดุและอุปกรณ์คิดเป็น 17 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถแบ่งเป็นกำไรจากส่วนของระบบเหนือดินแรงสูง 13 เปอร์เซ็นต์ ระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง 63 เปอร์เซ็นต์ และระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ 24 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าส่วนของระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง ซึ่งเป็นส่วนที่ให้กำไรสูงสุด เนื่องจากในส่วนนี้มีบ่อพักสายที่มูลค่าในการทำกำไรได้สูงที่สุดในงาน จากการประมาณราคาสามารถสรุปได้ว่า อุปกรณ์ที่มีมูลค่าสูงสุดจะเป็นส่วนที่ให้กำไรสูงสุดในงานเช่นกัน โดยกำไรที่เผื่อในวัสดุและอุปกรณ์นั้นจะสามารถเผื่อได้ถึง 50-60 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็จะมีอุปกรณ์อื่นๆในงานที่ทำหน้าที่ถัวเฉลี่ยให้มูลค่ากำไรโดยรวมของงานมีมูลค่าอยู่ที่ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

เนื่องจากการก่อสร้างอาคารสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการจังหวัดลำปาง มีความจำเป็นที่จะขยายเขตระบบจำหน่ายไฟฟ้าทั้งในระบบเหนือดินและระบบเคเบิลใต้ดิน ทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานมีความสนใจที่จะศึกษางานขยายเขตระบบจำหน่ายจึงนำแบบงานขยายเขตดังกล่าวมาทำการศึกษาและแสดงขั้นตอนการออกแบบให้ได้มาซึ่งขนาดวัสดุและอุปกรณ์ที่แสดงอยู่ในแบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พร้อมแสดงการคำนวณและให้เหตุผลตามหลักวิชาการ จากนั้นมีการแสดงขนาดและรายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในงานขยายเขต นอกจากนี้ผู้ดำเนินโครงงานได้มีการใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลเพื่ออำนวยความสะดวกในการคำนวณการออกแบบและการประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานดังกล่าวพร้อมเปรียบเทียบกับราคาที่บริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด เสนอให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานได้เล็งเห็นว่าโครงงานนี้จะสามารถแสดงรายละเอียดและขั้นตอนการทำงานของงานขยายเขตระบบจำหน่าย ตั้งแต่การแสดงรายละเอียดในการก่อสร้าง รวมไปถึงการประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างงานขยายเขตระบบจำหน่าย เพื่อให้ผู้ที่สนใจกระบวนการและรายละเอียดของในงานขยายเขตระบบจำหน่ายทั้งระบบเหนือดินและระบบเคเบิลใต้ดินได้ใช้เป็นกรณีศึกษาต่อไป

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1) ผลลัพธ์ที่เกิดจากการดำเนินโครงงานโดยยึดถือตามแบบของการไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวอาจทำให้เกิดผลที่แตกต่างจากการปฏิบัติงานจริงซึ่งอาจมีการปรับแบบเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับสถานที่ปฏิบัติงาน ส่งผลให้กลุ่มผู้ดำเนินโครงงานต้องประสานงานกับบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด เพื่อให้โครงงานนี้เป็นไปตามทิศทางเดียวกับการปฏิบัติงานจริง

2) โดยทั่วไปการประมาณราคาประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ราคาวัสดุและอุปกรณ์ และค่าแรง ในโครงงานนี้ได้กำเนินการเฉพาะการประมาณราคาวัสดุและอุปกรณ์เท่านั้น เนื่องจากในการประมาณราคาจำเป็นต้องทราบจำนวนของแรงงานและระยะเวลาในการดำเนินงานก่อสร้างที่ชัดเจน ซึ่งขึ้นอยู่กับการประกอบกิจการของแต่ละบริษัท

3) ฝ่าบ่อพักสายเป็นรายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ไม่สามารถหาราคาตามท้องตลาดได้ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ต้องสั่งทำเฉพาะ ทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานจึงได้ใช้ราคาเดียวกันกับราคาของทางบริษัท ทรู พร็อพเพอร์ตี้ เซอร์วิส จำกัด ที่ได้ประมาณราคาเสนอให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

4) ราคาของรายการวัสดุและอุปกรณ์ที่หาตามเว็บไซต์ของบริษัทต่างๆ แม้ว่าเป็นอุปกรณ์ชนิดเดียวกันแต่มีราคาที่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่มีราคาถูกที่สุด เพื่อให้การประมาณราคามีต้นทุนที่ต่ำที่สุด

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

ในโครงงานนี้ทางผู้ดำเนินโครงงานได้แสดงรายละเอียดการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของสายตัวนำ พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ พิกัดของหม้อแปลง และพิกัดของฟิวส์แรงสูง ที่ระบุในแบบแสดงรายละเอียดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยได้แบ่งการขยายเขตระบบจำหน่ายออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบเคเบิลใต้ดินแรงต่ำ ระบบเหนือดินแรงสูง และระบบเคเบิลใต้ดินแรงสูง ซึ่งพบว่ามีลักษณะการคำนวณที่เป็นขั้นตอน จึงได้เลือกใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลช่วยอำนวยความสะดวกในการคำนวณหาค่าต่างๆข้างต้นเพราะเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายและสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย นอกจากการคำนวณหาขนาดของวัสดุและอุปกรณ์ในการติดตั้งแบบเดินสายอากาศและร้อยท่อฝังดินแบบกลุ่มท่อหุ้มคอนกรีตแล้วเรายังสามารถพัฒนาการใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลโดยเพิ่มการคำนวณขนาดวัสดุและอุปกรณ์ในการติดตั้งระบบไฟฟ้าภายในอาคาร เพื่อพัฒนาความสามารถในการใช้งานให้ครอบคลุมระบบไฟฟ้าที่มีการติดตั้งในรูปแบบอื่นๆ เช่น เดินร้อยท่อเกาะผนังหรือเพดาน เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ เดินบนรางเคเบิล เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ระบบสถิติทางการทะเบียน, http://stat.dopa.go.th, สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559.

[2] ชวลิต ดำรงธรรม, "การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เล่ม 1", แผนกไฟฟ้ากำลัง, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, นครราชสีมา, 2536.

[3] ชลิตร์ มณีสุวรรณ, "อุปกรณ์ประกอบหัวเสา", แผนกช่างไฟฟ้าวิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี, http://www.stc.ac.th, สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559.

[4] http://www.skselectric.co.th, สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559.

[5] มาตรฐานการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า, https://www.tatc.ac.th., สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559.

[6] กองมาตรฐานระบบไฟฟ้า ปลอดภัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "ระบบเคเบิลใต้ดิน", 2548.

[7] http://www.eng.rtu.ac.th, สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2559.

[8] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, "มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556", มาตรฐาน วสท., พิมพ์ครั้งที่ 2, กรกฎาคม 2557.

[9] http://www.megalight-thailand.com, สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2559.

[10] Fuse rating cable, http://www.2.bp.blogspot.com, สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2559.

[11] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การมาตรฐานระบบไฟฟ้า, "หลักเกณฑ์การออกแบบ การติดตั้งและการเลือกใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า", วันที่ 1 มกราคม 2549.

[12] บริษัท เวิล์ดเอกซ์เซนจ์ เอเชีย จำกัด, "การคำนวณแรงดึงสายเคเบิลใต้ดิน", 2553.

[13] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "มาตรฐานการติดตั้งเคเบิลไฟฟ้าใต้ดิน A7".

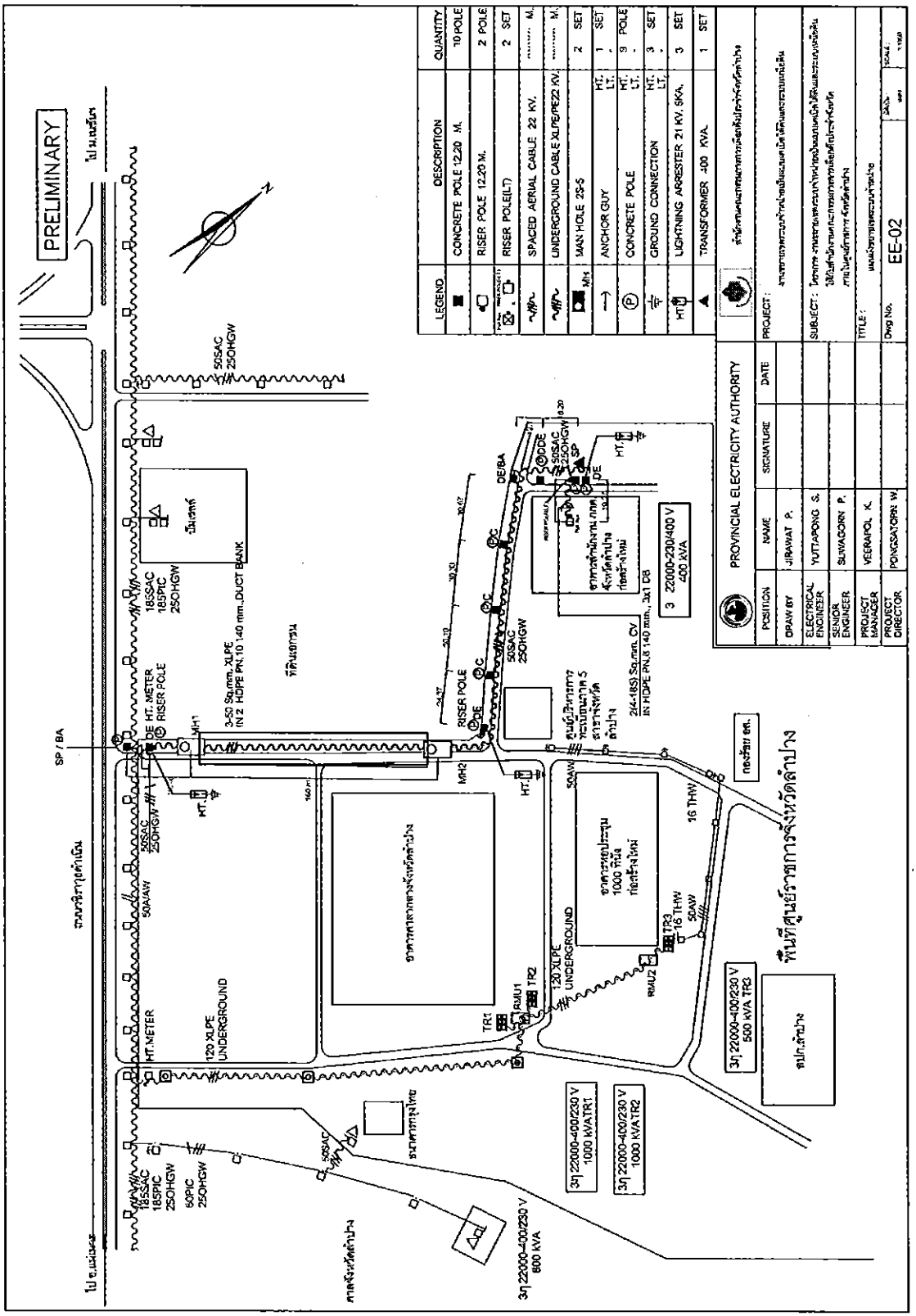
[14] Phelps dodge international (Thailand) limited, "Medium-extra high voltage power cable".

[15] IEEE Std. 525-1992 Guide for the design and installation of cable systems in substations.

[16] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "แบบแสดงรายละเอียดงานขยายเขตระบบจำหน่ายเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดิน", งานขยายเขตระบบจำหน่ายเป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง, ตุลาคม 2559.

ภาคผนวก

แบบแสดงรายละเอียดในการก่อสร้างของงานขยายเขตระบบจำหน่าย เป็นแบบเคเบิลใต้ดินและระบบเหนือดินให้กับสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด ภายในศูนย์ราชการ จังหวัดลำปาง


PRELIMINARY
LEGEND
DESCRIPTION
QUANTITY
CONCRETE POLE 12.20 M.
10 POLE
RISER POLE 12.20 M.
2 POLE
RISER POLE(LT)
2 SET
SPACED AERIAL CABLE 22 KV.
UNDERGROUND CABLE XLPE/PE22 KV.
MAN HOLE 2S-S
2 SET
ANCHOR GUY
1 SET
CONCRETE POLE
9 POLE
GROUND CONNECTION
3 SET
LIGHTNING ARRESTER 21 KV. 5KA.
3 SET
TRANSFORMER 400 KVA.
1 SET
PROVINCIAL ELECTRICITY AUTHORITY
POSITION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAW BY
JIRAWAT P.
ELECTRICAL ENGINEER
YUTTAPONG S.
SENIOR ENGINEER
SUWADORN P.
PROJECT MANAGER
VEERAPOL K.
PROJECT DIRECTOR
PONGSATORN W.
PROJECT :
SUBJECT :
TITLE :
Dwg No.
EE-02
SP / BA
HT. METER
RISER POLE
MH1
MH2
3-50 Sq.mm. XLPE IN 2 HDPE PN.10 140 mm. DUCT BANK
120 XLPE UNDERGROUND
185SAC 250HGW
185PIC 250HGW
50AAW
50SAC 250HGW
50AW
16 THW
TR1
TR2
TR3
RMU1
RMU2
3ø 22000-400/230 V 1000 KVA TR1
3ø 22000-400/230 V 1000 KVA TR2
3ø 22000-400/230 V 500 KVA TR3
3ø 22000-400/230 V 600 KVA
3 22000-230/400 V 400 KVA
2X4-185 Sq.mm. CV IN HDPE PN.8 140 mm. 2ckt DB
ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขจังหวัดตำบาง
ศาลากลางจังหวัดตำบาง
ตลาดสดเทศบาลตำบาง
ศาลจังหวัดตำบาง
สถานีตำรวจภูธรตำบาง
ไปถนนเพชรเกษม
ไปถนนสุขุมวิท

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

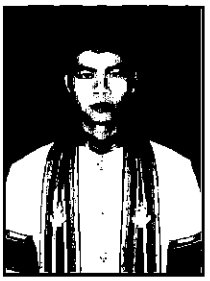
ชื่อ นายธีรพล น่าชม

ภูมิลำเนา 83 หมู่ 4 ต.ไร่อ้อย อ.พิชัย จ.อุตรดิตถ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนศรีนคร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Theerapoln56@email.nu.ac.th**



ชื่อ นายธีรวุฒิ พงษ์ขัน

ภูมิลำเนา 37 หมู่ 3 ต.เชียงกลาง อ.เชียงกลาง จ.น่าน

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเชียงกลาง "ประชาพัฒนา"
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Theerawutp56@email.nu.ac.th**

ชื่อ นายวรายุส ชุมพลกุล

ภูมิลำเนา 712 หมู่ 12 ต.เมืองพาน อ.พาน จ.เชียงราย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสามัคคีพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Varayutc56@email.nu.ac.th**