รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การประเมินผลการติดตั้งระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร ด้านกระบวนการบรรจุและผลิตก้นกรองบุหรี่ ณ โรงงานยาสูบ

An installation assessment of the electrical system for packing and filter rod processes in a Tobacco Factory

นางสาวธมลวรรณ นวลทอง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การประเมินผลการติดตั้งระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร ด้านกระบวนการบรรจุและผลิตก้นกรองบุหรี่ ณ โรงงานยาสูบ

An installation assessment of the electrical system for packing and filter rod processes in a Tobacco Factory

นางสาวธมลวรรณ นวลทอง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การประเมินผลการติดตั้งระบบไฟฟ้าของเครื่องจักรด้านกระบวนการบรรจุและการผลิตก้นกรองบุหรี่ ณ โรงงานยาสูบ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวธมลวรรณ นวลทอง
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมไฟฟ้า
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณพรชัย สมบัตินิมิตสกุล
ชื่อสถานประกอบการ บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้ได้อธิบายถึงการศึกษาวิธีการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าให้กับเครื่องจักร เพื่อต้องการลดระยะเวลาในส่วนของงานควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าให้กับบริษัท ซึ่งขั้นตอนที่เลือกใช้จะเป็นการตรวจสอบการคำนวณด้วยการคำนวณใหม่ทั้งหมดแล้วนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนอนุมัติให้ดำเนินการ และตรวจสอบผลการดำเนินการจริงเพื่อพิจารณาผลลัพธ์การทำงานว่าได้ดำเนินการตามที่คำนวณไว้หรือไม่ โดยเลือกพิจารณาสัญญาการทำงานสองสัญญาจากทั้งหมดเก้าสัญญา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ คือ ในขั้นตอนการคำนวณ ผู้รับเหมาของทั้งสองสัญญาทำถูกต้องซึ่งอ้างอิงได้ตามมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า แต่เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนการดำเนินการนั้น พบว่ามีบางส่วนที่ไม่ทำตามผลที่ได้คำนวณไว้ เมื่อเป็นเช่นนี้ก็สามารถใช้หน้าที่ของการเป็นผู้ควบคุมออกหนังสือติดตาม เร่งรัดไปยังผู้รับเหมาได้

คำสำคัญ: ขั้นตอนการควบคุม,การติดตั้งระบบไฟฟ้า,ตรวจสอบการคำนวณ

Co-operative Research Title: An installation assessment of the electrical system for packing and filter rod processes in a Tobacco Factory
Student Intern Name: Ms. Thamonwan Nualthong
Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering
Advisor Name: Assoc. Prof. Dr.Atthapol Ngaopitakkul
Mentor Name: Mr. Ponchai Sombatnimitsakul

ABSTRACT

This cooperative educational report is a description of studying of the method to controlling of installation of an electrical system for machinery. This project want to decrease the duration of installation assessment of electrical system. A process used to recheck the calculation and then compare the answer. This process happened to verify the accuracy before approval to proceed. Next, check the implementation for considering the result of the worker worked could reference by the calculated. This report the result of two contracts from nine contracts. Then the result from this study; both of two contractors were right of calculation, can reference by the standard for installation the electrical system, But when considering the step of operation found that there are some don't follow the result was calculated. Also when the contractor was wrong, the consult can remind.

Keyword; Process for controlling, Installation of electrical system, Recheck the calculate

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี เนื่องด้วยการสนับสนุนจากบริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด ซึ่งได้ให้โอกาสแก่นักศึกษาสหกิจในการเข้าไปปฏิบัติงานในองค์กร รวมทั้งให้ความรู้และการดูแลที่อบอุ่นตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา จึงขอขอบพระคุณ บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด และคุณพรชัย สมบัตินิมิตรสกุล ผู้นิเทศงาน รวมถึงพนักงานทุกท่านที่ได้มอบประสบการณ์อันมีค่ายิ่งในครั้งนี้

ทั้งนี้ ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อรรถพล เจ่าพิทักษ์กุลและคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานและการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้ด้วยดีเสมอมา

นางสาวธมลวรรณ นวลทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขต	3
1.4 วิธีดำเนินการ	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5.1 ประโยชน์ที่คาดว่าบริษัทจะได้รับ	4
1.5.2 ประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้า	5
2.2.1 ตารางโหลดและส่วนประกอบของตารางโหลด	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	12
3.1 กระบวนการผลิตบุหรี่และแบ่งพื้นที่ภายในอาคารโรงงานหลัก B02	12
3.2 ระบบไฟฟ้าของโรงงานยาสูบ	13
3.3 กระบวนการที่ใช้ในการควบคุมงาน	14
3.4 การควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้า	15
3.4.1 การควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าของสัญญา M02-2	16
3.4.2 การควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าของสัญญา M02-3	28
3.5 การติดตามการติดตั้งระบบไฟฟ้า	39
บทที่ 4 ผลการดำเนินการ	40
4.1 สัญญา M02-2	40
4.2 สัญญา M02-3	48
4.3 ผลการทำงานตามกระบวนการควบคุม	53
4.3.1 ปัญญาของสัญญา M02-2	54
4.3.2 ปัญญาของสัญญา M02-3	54
4.4 ผลการลดระยะเวลาหลังเข้าดำเนินการ	55
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	56
5.1 สรุปผล	56
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	57
5.3 ข้อเสนอแนะ	57

เอกสารอ้างอิง 58
ภาคผนวก ก. 59
ภาคผนวก ข. 67
ภาคผนวก ค. 69

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แผนผังของโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ สวนอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	1
2.1 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าที่แสดงความสัมพันธ์ของค่ากำลังทางไฟฟ้าทั้งสาม (S,P,Q)	7
2.2 ท่อโลหะหนาปานกลางซึ่งจะใช้ตัวอักษรสีแดงในการพิมพ์บอกชนิดท่อ	10
2.3 รางเคเบิลแบบบันได (Ladder type)	10
2.4 รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (Perforated type)	10
3.1 การแบ่งพื้นที่ตามสัญญาการทำงานในพื้นที่อาคารโรงงานหลัก	13
3.2 ลักษณะตู้ สวิตช์เกียร์ ที่มีบัสไทน์ตั้งกึ่งกลาง	13
3.3 กระบวนการที่ใช้ควบคุมการทำงานของผู้รับเหมาเพื่อให้ได้งานตรงตามมาตรฐานและที่ต้องการ	14
4.1 ตู้เมนไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมระบบฟ้าให้กับเครื่องจักรของสัญญา M02-2 1 ไลน์	43
4.2 กระบวนการที่ใช้ควบคุมการทำงานของผู้รับเหมาในกรณีที่พบเห็นความผิดพลาด	53
4.3 คูลเลอร์ (Cooler) ที่ติดตั้งเพิ่มในกลุ่มเครื่องจักร Monolines โดยไม่มีการแจ้งล่วงหน้า	54
4.4 ลักษณะการเดินสายของหน้างานจริงซึ่งไม่ตรงกับลักษณะที่ระบุได้จากการคำนวณ	54
4.5 แผนภูมิแสดงระยะเวลาทั้งก่อนและหลังเข้าดำเนินการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้า	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างตารางโหลดที่มีรายละเอียดครบถ้วน	
2.2 ตารางแสดงขั้นตอนการเลือกขนาดสายไฟฟ้า	8
2.3 รูปแบบการติดตั้งและลักษณะการติดตั้งสายไฟฟ้าอ้างอิงตามมาตรฐาน วสท.	9
2.4 พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้าทุกชนิดคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ	11
3.1 ตารางโหลดของสัญญา M02-2 ที่ทางผู้รับเหมาได้จัดทำ	16
3.2 รายการโหลดและค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องจักรตามที่ผู้รับเหมาใช้ในการคำนวณ	17
3.3 ขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ของแต่ละแอมแปร์เฟรม	20
3.4 ขนาดของรางเคเบิลแบบบันไดที่แนะนำในการผลิตจากหนังสือมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้าฟ้า	23
3.5 ขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ของแต่ละแอมแปร์เฟรม	26
3.6 ตารางโหลดที่ได้จากการคำนวณซ้ำของสัญญา M02-2	28
3.7 ตารางโหลดของสัญญา M02-3 ที่ทางผู้รับเหมาได้จัดทำ	29
3.8 รายการโหลดและค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องจักรตามที่ผู้รับเหมาใช้ในการคำนวณ	30
3.9 ขนาดสายไฟฟ้าที่ทางผู้รับเหมานำมาใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการเลือกขนาดสาย	33
3.10 ขนาดท่อที่ทางผู้รับเหมาของสัญญา M02-3 ได้พิจารณาเลือกใช้	36
3.11 ตารางโหลดที่ได้จากการคำนวณซ้ำของสัญญา M02-3	37
4.1 ตารางโหลดที่ผู้รับเหมาของสัญญา M02-2 เป็นผู้จัดทำ	40
4.2 ตารางแสดงตารางโหลดที่ได้จากการทวนการคำนวณ	40
4.3 การเปรียบเทียบขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ระหว่างผู้รับเหมาและที่ได้จากการทวนการคำนวณ	41
4.4 การเปรียบเทียบขนาดสายไฟฟ้าระหว่างผู้รับเหมาและที่ได้จากการทวนการคำนวณ	41
4.5 การเปรียบเทียบขนาดอุปกรณ์เดินสายระหว่างผู้รับเหมาและที่ได้จากการทวนการคำนวณ	42
4.6 แสดงรายการเครื่องจักรเปรียบเทียบระหว่างรายชื่อในเอกสารกับที่ติดตั้งหน้างานจริง	42
4.7 แสดงขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่พิจารณาเลือกใช้และใช้งานจริง	44
4.8 แสดงขนาดสายไฟฟ้าที่พิจารณาเลือกใช้และใช้งานจริง	46
4.9 ตารางแสดงการเปรียบเทียบขนาดสายไฟฟ้าและอุปกรณ์เดินสาย	48
4.10 รายการเครื่องจักรเปรียบเทียบระหว่างรายชื่อในเอกสารกับที่ติดตั้งหน้างานจริง	49
4.14 แสดงขนาดอุปกรณ์ที่ใช้เดินสายที่พิจารณาเลือกใช้และที่ใช้งานจริง	51

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจในประเทศไทยภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงการคลัง ทำหน้าที่ประกอบธุรกิจผลิตและจัดจำหน่ายบุหรี่สำเร็จรูป อีกทั้งยังเป็นรัฐวิสาหกิจที่มีรายได้นำส่งเป็นรายได้ของรัฐสูงเป็นลำดับที่หกของรัฐวิสาหกิจไทย และมีแนวโน้มว่ารายได้ของโรงงานยาสูบในแต่ละปีจะสูงขึ้นเนื่องด้วยตลาดบุหรี่โลกมีการขยายตัวสูง

เมื่อมีการขยายตัว การเติบโตของตลาดที่สูงทำให้เกิดการแข่งขันทางธุรกิจที่สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ทางโรงงานยาสูบได้เล็งเห็นโอกาสสำคัญที่จะสร้างรายได้ให้กับภาครัฐจากส่วนนี้ จึงได้มีการออกนโยบายที่จะมีการขยายพื้นที่ในการผลิต เพื่อที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตบุหรี่ให้มีความหลากหลายให้ตอบสนองความต้องการที่มีมากขึ้นของผู้บริโภค อีกทั้งยังต้องการให้โรงงานยาสูบเป็นโรงงานสีเขียวเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายโรงงานสีเขียวของรัฐบาล จึงมีมติให้ย้ายโรงงานยาสูบจากเดิมที่ตั้งอยู่ที่ เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร ไปยังสวนอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

B00 : งานผังบริเวณโดยรอบทั้งหมด	B01 : อาคารสำนักงาน
B02 : อาคารโรงงานหลัก	B03 : อาคารพลังงาน
B04 : อาคารโรงพิมพ์	B06 : อาคารเก็บใบยา
B07 : อาคารเก็บใบยา	B08 : อาคารวิศวกรรมซ่อมบำรุง
B09 : อาคารเก็บวัตถุอันตรายและวัตถุเสียหาย	B10 : สถานีบริการน้ำมันและพื้นที่จอดรถ

ภาพที่ 1.1 แผนผังของโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ สวนอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

โครงการการย้ายโรงงานยาสูบมายังนิคมอุตสาหกรรมโรจนะมีขั้นตอนในการดำเนินการที่ค่อนข้างซับซ้อนอีกทั้งแต่ละขั้นตอนจำเป็นต้องอาศัยความรู้เฉพาะทางในด้านวิศวกรรมในหลากหลายสาขา โดยทางโรงงานยาสูบได้เล็งเห็นแล้วว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะดำเนินการว่าจ้างบุคคลภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละสาขาของวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องมาดำรงตำแหน่งที่ปรึกษาและควบคุมการทำงานของผู้รับเหมาในแต่ละสัญญาตามที่โรงงานยาสูบได้แบ่งเนื้อหางาน ดังนั้นโรงงานยาสูบจึงได้ทำการว่าจ้างบริษัท ทีม คอนซัลติ้ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด (TEAM Consulting and Management Ltd.) มาดำรงตำแหน่งดังกล่าว

ขั้นตอนกระบวนการที่ต้องดำเนินการในการย้ายโรงงานยาสูบประกอบไปด้วยหลายขั้นตอน เพื่อที่จะให้งานสำเร็จลุล่วงไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนเหล่านี้หน้าที่ของบริษัททีม คอนซัลติ้ง แอน แมเนจเมนท์ จำกัด นั้นก็จะแปรเปลี่ยนไปตามแต่ละขั้นตอน ทั้งนี้เพื่อให้การควบคุมการดำเนินการของแต่ละผู้รับเหมาเป็นไปอย่างมีคุณภาพ

โดยจากช่วงระยะเวลาในการดำเนินการย้ายโรงงานยาสูบจนมาถึงกระบวนการ ณ ปัจจุบัน ซึ่งดำเนินมาจนถึงขั้นตอนในการติดตั้งเครื่องจักร ทั้งในส่วนของเครื่องจักรเก่าและเครื่องจักรใหม่ หน้าที่ของบริษัททีม คอนซัลติ้ง แอน แมเนจเมนท์ จำกัดนั้น จะเป็นการควบคุมงานติดตั้ง ทดสอบ และเดินเครื่องจักรอุปกรณ์ใหม่และเครื่องพิมพ์ใหม่ทั้งโครงการ

ในขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักรใหม่นั้นประกอบไปด้วยเครื่องจักรของแต่ละขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตบุหรี่ ซึ่งเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนนั้นจะมีบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญแตกต่างกันออกไป ด้วยเหตุนี้ทำให้โรงงานยาสูบได้แบ่งงานออกเป็นสัญญาตามแต่ละกระบวนการการผลิตบุหรี่ทั้งนี้เพื่อให้สามารถกำหนดขอบเขตของการติดตั้งเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการได้ถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งแต่ละสัญญาเหล่านี้ทางโรงงานยาสูบได้ว่าจ้างบริษัทที่มีความ เชี่ยวชาญในแต่ละกระบวนการมาดำเนินการรับผิดชอบ

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าในปัจจุบันนั้นหน้าที่ของบริษัท ทีม คอนซัลติ้ง แอนด์ เมเนจเมนท์ จำกัด นั้นจะอยู่ในขั้นตอนการควบคุมและตรวจสอบ ซึ่งขอบเขตของหน้าที่นี้จะครอบคลุมตั้งแต่นำเครื่องจักรเข้าสู่เขตพื้นที่ของโรงงานยาสูบ การตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรก่อนแกะกล่อง การกำหนดพื้นที่ในการดำเนินการของผู้รับเหมา รวมถึงการติดตั้งเครื่องจักรซึ่งเป็นส่วนที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมสองสาขาเป็นหลัก คือ วิศวกรรมเครื่องกล และ วิศวกรรมไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจาก สองสาขาวิศวกรรมที่ดังที่กล่าวไปนั้นจะต้องดำเนินการให้ตรง ตามมาตรฐานที่ได้มีการกำหนดขึ้นมา

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้นว่าสองสาขาของวิศวกรรมที่มีความสำคัญต่อการดำเนินการในขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักรนั้นจะเป็น วิศวกรรมเครื่องกล และ วิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งทั้งสองวิศวกรรมจำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเฉพาะด้านเป็นผู้ควบคุม ดังนั้นจึงเป็นที่มาที่ทางผู้จัดทำซึ่งกำลังเรียนอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าได้เป็นผู้ดำเนินการเป็นผู้ช่วยของวิศวกรสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าในการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร ทั้งนี้ในการดำเนินงานครั้งนี้ด้วยเหตุผลของช่วงระยะเวลาในการดำเนินการนั้นทำให้สามารถเข้าไปเป็นผู้ช่วยในการทำการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าของเครื่องจักรได้เพียงสองสัญญา คือ สัญญาการติดตั้งและทดสอบเครื่องจักรด้านกระบวนการการบรรจุบุหรี่ (Packing process) และ สัญญาการติดตั้งและทดสอบเครื่องจักรด้านกระบวนการการผลิตก้นกรองบุหรี่ (Filter rod process)

สาเหตุสำคัญประการแรกที่การติดตั้งระบบไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ควบคุมนั้นเป็นเพราะระบบไฟฟ้าเป็นหนึ่งในระบบที่เป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดอุบัติเหตุภายในโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หลายครั้งไม่ว่าจะเป็นความเสียหายต่อตัวเครื่องจักร ต่ออุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการติดตั้งหรือจะเป็นความเสียหายต่อตัวบุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้า ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าระบบไฟฟ้าเป็นระบบที่จะต้องทำการควบคุมและตรวจสอบทั้งก่อนการติดตั้งหรือภายหลังการติดตั้งไปแล้วก็ตาม ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างมีมาตรฐาน มีความน่าเชื่อถือ จึงจำเป็นที่จะต้องอาศัยมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับกันโดยทั่วไปเป็นมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการดำเนินการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้า

สาเหตุสำคัญอีกประการที่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านไฟฟ้าเป็นผู้ควบคุมและตรวจสอบการทำงานของผู้รับเหมานั้น คือ ควบคุมให้การดำเนินการในส่วนการติดตั้งระบบไฟฟ้าดำเนินได้ตามแผนการดำเนินโครงการ ทั้งนี้ เพราะการที่มีผู้เชี่ยวชาญควบคุมและตรวจสอบก่อนและหลังการดำเนินการอยู่เสมอจะทำให้ยากที่จะเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการดำเนินการที่จะกลายมาเป็นสาเหตุทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาของสัญญาเพื่อดำเนินการแก้ไขการทำงานที่ผิดพลาดไปได้

ดังนั้น จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าความสำคัญของการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้านั้นจะมีด้วยกันสองประการ คือ ควบคุมให้การดำเนินการของผู้รับเหมาเป็นไปอย่างมีมาตรฐาน เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่างๆที่มีสาเหตุมาจากระบบไฟฟ้าลดน้อยลงไป และ เพื่อเป็นการป้องกันการทำงานล่าช้าที่มีผลมาจากความผิดพลาดของการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า ดังนั้นการทำโครงการสหกิจในครั้งนี้จึงได้เกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.) เพื่อศึกษาการนำมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้ามาใช้กับหน้างานจริง

2.) เพื่อเรียนรู้ขั้นตอนวิธีในการควบคุมการทำงานด้านการติดตั้งระบบไฟฟ้า

3.) เพื่อที่จะสามารถลดระยะเวลาในขั้นตอนการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าของสัญญาที่เข้าไปดำเนินการได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

เนื่องจากในปัจจุบันการดำเนินการของโครงการการย้ายโรงงานยาสูบ อยู่ในขั้นตอนการติดตั้งระบบเครื่องจักร อุปกรณ์ผลิตบุหรี่ และเครื่องพิมพ์ใหม่ของทั้งโครงการ ซึ่งทางโรงงานยาสูบได้แบ่งเนื้อหางานออกเป็น 9 สัญญาตามกระบวนการที่ใช้ในการผลิตบุหรี่ โดยช่วงระยะเวลาที่เข้าทำโครงการสหกิจศึกษาจะเป็นช่วงการเริ่มต้นของสัญญา 2 สัญญา คือ

1.) สัญญา M-02-2 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการบรรจุ

2.) สัญญา M-02-3 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการผลิตก้นกรองบุหรี่

โดยขอบเขตในการทำงานภายใต้สองสัญญานี้ คือ สามารถลดระยะเวลาในการทำงานด้านการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าไปได้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ใช้ในการควบคุมการติดตั้ง มีดังนี้

1.4.1) ศึกษาเครื่องจักรของสัญญาที่จะทำการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้า

1.4.2) ศึกษาและพิจารณาถึงความถูกต้องของเอกสารที่ทางบริษัทผู้รับเหมาจัดส่งมาทั้งในส่วนของขั้นตอนการคำนวณและอุปกรณ์ที่พิจารณาเลือกใช้

1.4.3) ตรวจสอบหน้างานจริงว่าสิ่งที่ทางบริษัทผู้รับเหมาได้ปฏิบัติกับสิ่งที่ระบุไว้ภายในเอกสารถูกต้องตรงกันหรือไม่

1.4.4) หากพบเจอจุดที่ผู้รับเหมาทำผิดพลาด จะต้องทำการออกหนังสือแจ้งเตือนไปยังเจ้าของงาน (Owner) เพื่อจะได้ดำเนินการแจ้งเตือนไปยังผู้รับเหมาในลำดับถัดไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ที่คาดว่าบริษัทจะได้รับ

1. สามารถลดความเสี่ยงทีจะมีค่าปรับในส่วนของผู้รับเหมาได้
2. สามารถช่วยลดระยะเวลาให้แก่การทำงานของผู้รับเหมาได้
3. สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในด้านการควบคุมการติดตั้งงานระบบไฟฟ้าได้ในงานถัดไป

1.5.2 ประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถรับรู้ถึงการนำความรู้จากสาขาที่ได้ร่ำเรียนมาประยุกต์ใช้กับหน้างานจริงได้
2. สามารถสื่อถึงระบบเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนงานที่ใช้ในการควบคุมที่ต้องมีการดำเนินการ
3. สามารถสื่อถึงขอบเขตการทำงานของการทำงานเป็นที่ปรึกษา ผู้ควบคุมงานทางด้านวิศวกรรม

บทที่สอง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความรู้พื้นฐานมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับงานออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า

2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้า คือ การคำนวณโหลดเพื่อกำหนดขนาดของวงจรไฟฟ้า เครื่องป้องกันกระแสเกิน สายไฟฟ้า ขนาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการเดินสาย รวมไปถึงข้อกำหนดการติดตั้งที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ตารางโหลดและส่วนประกอบของตารางโหลด

ในการออกแบบระบบไฟฟ้า ผลลัพธ์สุดท้ายที่จะได้ออกมา คือ ตารางโหลด (Load schedule) ซึ่งตัวตารางโหลดนี้จะเป็นตารางที่แสดงรายละเอียดต่างๆที่ไม่สามารถแสดงในแบบได้

ตารางโหลดจะมีรูปแบบที่หลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน แต่ทั้งนี้ตารางโหลดที่ดีจะต้องเป็นตารางโหลดที่แสดงรายละเอียดที่จำเป็นได้ครบถ้วนหรือแสดงรายละเอียดได้มากที่สุด

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างตารางโหลดที่มีรายละเอียดครบถ้วน

PANEL BOARD SCHEDULE

PROJECT : โรงงานยาสูบแห่งใหม่ นิคมโรจนะ พระนครศรีอยุธยา PANEL : DB-X SHEET : No.1 1

MOUNTING : Surface LOCATION : 1st floor CAPACITY : 6 Feeders

No	Description	Connected load			Circuit Breaker			Conductors Size (mm^2)/Type	Raceway Size (mm.)/Type
		A	B	C	Pole	AT	AF		
1	Alfa+Theta	14,824	14,824	14,824	3	100	100	4C-35(16)/ VCT-G	150 / Duratray
2	Delta	4,706	4,706	4,706	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
3	SP	4,314	4,314	4,314	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
4	MCP	2,941	2,941	2,941	3	25	100	4C-4(4) / VCT-G	100 / Duratray
5	Spare	4,000	4,000	4,000	3	25	100		
6	Space								
2	3		4			5		6	7

Connected load	30,784	30,784	30,784	MAIN C.B. 3 P 200 AT/250 AF	Connected to: Existing plug-in Busway
Estimate current	134.00	134.00	134.00	Main feeder 4-1C-70 CV 0.6kV + 1C-25(G.) IEC01	Busbar system: 250 A. Copper busbar
Total load	92,353			RACE WAY IMC 50 mm	3-P 4-W 400/230 V. 50Hz.

จากตารางที่ 2.1 แต่ละส่วนมีที่มา ดังต่อไปนี้

- ส่วนหัวตารางของตารางโหลด : ส่วนหมายเลข 1 ของตารางที่ 2.1 ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่บอกถึงชื่อตาราง ชื่อโปรเจค ตำแหน่งที่ติดตั้งของตู้ จำนวนเซอร์กิต จำนวนฟีดเดอร์ (Feeder)
- หมายเลขวงจร : ส่วนหมายเลข 2 ของตารางที่ 2.1 ซึ่งส่วนนี้จะเป็นตัวชี้บอกว่าเซอร์กิตเบรคเกอร์ตัวใดภายในตู้ที่ใช้ป้องกันกระแสเกินของวงจรทั้งนี้เรื่องจากภายในตู้ Panel board จะประกอบไปด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์หลายตัว
- รายการโหลด : ส่วนหมายเลข 3 ของตารางที่ 2.1 รายการโหลดจะเป็นชื่อของวงจรย่อยที่ถูกควบคุมด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่อยู่ภายในของตู้ Panel board [4]

ในการที่จะทำตารางโหลดส่วนนี้ แรกเริ่มเมื่อรู้จักชื่อโหลดแล้ว ส่วนถัดมาที่ต้องทำ คือ การแบ่งชนิดของโหลด เนื่องจากชนิดของโหลดที่แตกต่างกันจะมีวิธีในการคำนวณหาขนาดอุปกรณ์ที่ใช้กับโหลดนั้นแตกต่างกัน

- ชนิดของโหลด โหลดไฟฟ้ามีการใช้งานที่แตกต่างกัน จึงมีการแบ่งประเภทของโหลดขึ้นมา ซึ่งโหลดไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ

  - โหลดแสงสว่าง (Lighting Load) เป็นโหลดทางด้านแสงสว่างจากดวงโคม
  - โหลดไฟฟ้ากำลัง (Power Load) เป็นโหลดที่ใช้งานทางด้านไฟฟ้ากำลังอันซึ่งในโหลดตั้งสองชนิดนี้ยังสามารถแยกย่อยออกได้อีก 2 ชนิดตามระยะเวลาในการใช้งานโหลดชนิดนั้นๆ คือ

1. โหลดต่อเนื่อง (Continuous Load) เป็นโหลดที่ใช้งานนานเป็น 3 ชั่วโมงขึ้นไป เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความปลอดภัยและเชื่อถือได้สูง บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่สำคัญต่างๆ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ หม้อแปลงไฟฟ้า จะเผื่อพิกัดอีก 25% สำหรับโหลดต่อเนื่อง
2. โหลดไม่ต่อเนื่อง (Noncontinuous Load) เป็นโหลดที่ใช้งานติดต่อกันไม่ถึง 3 ชั่วโมง ทำงานเป็นครั้งคราว

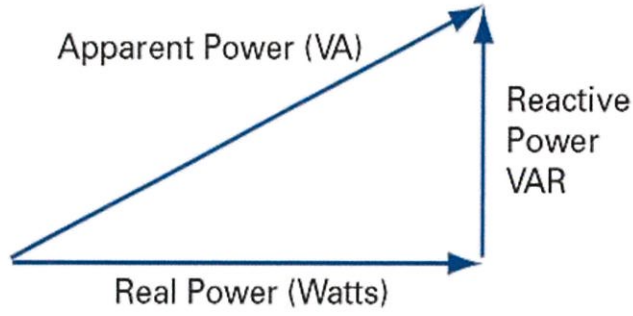
ในการออกแบบที่ดีนั้น ถ้าไม่ทราบแน่ชัดว่าโหลดเป็นโหลดชนิดใดให้ถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่องไว้ก่อน ทั้งนี้ทั้งนั้นก็เป็นไปเพื่อความปลอดภัยทั้งสิ้น

- ผลคำนวณขนาดของโหลด : ส่วนหมายเลข 4 ของตารางที่ 2.1 จะเป็นส่วนที่บอกถึงขนาดของโหลดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า โดยสามารถบอกได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็น กระแส (A) , กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent load : VA) หรือ กิโลโวลต์แอมแปร์ (kVA) ก็ได้ แต่ส่วนมากจะนิยมคิดเป็นโหลดกำลังไฟฟ้าปรากฏ(VA) มากกว่ากระแส

  - วิธีคำนวณขนาดของโหลด สิ่งที่ต้องทำความเข้าใจ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังฟ้าปรากฏ (Apparent power: S) กำลังไฟฟ้าจริง (Real power: P) และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive power: Q) เสียก่อน

$S = VI$ หน่วย (VA) โวลต์.แอมแปร์
$P = VI \cos \theta$ หน่วย (W) วัตต์
$Q = VI \sin \theta$ หน่วย (VAR) วาร์

สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า ความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 3 ค่าสามารถนำมาเขียนในรูปสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าดังรูป



ภาพที่ 2.1 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าที่แสดงความสัมพันธ์ของค่ากำลังทางไฟฟ้าทั้งสาม (S,P,Q)

จากความสัมพันธ์ดังภาพที่ 2.6 จะได้ว่า

ระบบ 1 เฟส แทนค่า V= 230 V

$$P = VI\cos\theta$$

ระบบ 3 เฟส แทนค่า V= 400 V

$$P = 3VI\cos\theta$$

หากเราทราบขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้าในหน่วย วัตต์ (W) และทราบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบ ($\cos\theta$: ค่าประกอบกำลัง) ของระบบก็จะสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏได้จาก

VI = $P/COS\theta$ ระบบ 1 เฟส

VI = $P/\sqrt{3}\,x\,COS\,\theta$ ระบบ 3 เฟส

หากไม่ทราบค่าตัวประกอบกำลังให้ประมาณค่าเป็น 1

- ขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร:ส่วนหมายเลข 5 ของตารางที่ 2.1 เป็นส่วนที่บอกถึงรายะเอียดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน โดยอุปกรณ์ประเภทนี้มีหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้จะเป็นว่า เซอร์กิตเบรคเกอร์

จากส่วนหมายเลข 5 ของตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าคุณลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ระบุไว้ในตารางโหลดจะประกอบไปด้วย แอมแปร์ทริป (Ampere Trip) แอมแปร์เฟรม (Ampere Frame) และ โพล (Pole) โดยแต่ละส่วนมีความหมาย ดังนี้

- Ampere Trip (AT): เป็นตัวชี้บอกขนาดกระแสที่ใช้งาน ซึ่งทำให้รู้ว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวนั้นสามารถทนต่อกระแสในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด ซึ่งกระแสที่จะนำมาใช้เลือกจะเป็นกระแสโหลดที่มีการเผื่อค่าไป 125% หากในกรณีที่ขนาดอุปกรณ์ของผู้ผลิตมีค่าไม่ตรงกับค่ากระแสที่คำนวณได้ก็ควรเลือกใช้ค่าที่สูงขึ้นแทน

- Ampere Frame (AF): พิกัดกระแสโครง หมายถึงขนาดการทนกระแสของเปลือกหุ้ม เป็นพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรกเกอร์นั้นๆ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีขนาด AF เดียวกันจะมีขนาดมิติ (กว้างXยาวXสูง) เท่ากัน สามารถเปลี่ยนพิกัด Amp Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม

- Pole: เป็นตัวบอกว่าเบรกเกอร์ที่ใช้นั้นเป็นชนิด 1 เฟส หรือ 3 เฟส

- ขนาดและชนิดของสายไฟฟ้า: ส่วนหมายเลข 6 ของตารางที่ 2.1 จะเป็นส่วนที่บ่งบอกขนาดของสายไฟฟ้าที่พิจารณาเลือกใช้ โดยขั้นตอนที่พิจารณาขนาดของสายไฟฟ้ามีดังนี้ [6]

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงขั้นตอนการเลือกขนาดสายไฟฟ้า

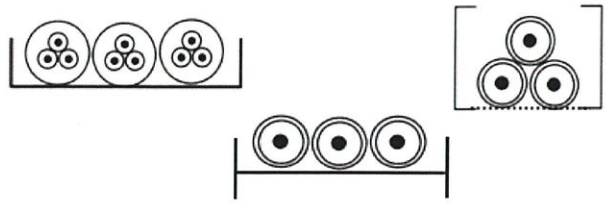
ขั้นตอนที่	วิธีคิดหาขนาดสายไฟฟ้าของวงจรย่อย
1	คำนวณโหลด หาเป็นกระแสโหลด (I_L)
2	กำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแส (I_n) โดยเลือกจาก $I_n = 1.25 \times I_L$
3	เลือกชนิดของสายไฟฟ้าที่ใช้งาน ซึ่งต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าชนิดนั้นด้วย
4	เลือกวิธีการเดินสายหรือลักษณะการติดตั้งตามตาราง เช่น ร้อยท่อเกาะผนัง ร้อยท่อฝังดิน หรือรางเดินสาย เป็นต้น
5	เลือกดูขนาดกระแสของสายตามชนิดและลักษณะการติดตั้งที่เลือกเอาไว้จากตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้าที่เลือกใช้
6	กำหนดตัวปรับค่าประกอบด้วยจำนวนกลุ่มวงจร (C_g) และอุณหภูมิโดยรอบ (C_a) ซึ่งดูได้จากหมายเหตุต่อท้ายตารางขนาดกระแส
7	หาขนาดกระแสสายไฟฟ้า โดยกำหนดเป็น $I_t \geq I_n/(C_g \times C_a)$
8	เลือกขนาดสายไฟฟ้าจากตารางที่เลือกในขั้นตอนที่ 5 ซึ่งสายต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า I_t

จากตารางที่ 2.2 ส่วนที่ต้องอธิบายเพิ่มเติม มีดังนี้

- ตัวคูณปรับค่า จะมีทั้งตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิ หรือ ตัวคูณปรับค่าจำนวนกลุ่มวงจร ทั้งนี้ตัวคูณปรับค่าเหล่านี้จะมีความสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น ตัวปรับค่าอุณหภูมิ เนื่องจากตามตารางขนาดสายไฟฟ้า มาตรฐาน วสท. จะมีการกำหนดขนาดอุณหภูมิโดยรอบเอาไว้ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิจะมีต่อต่อการต้านทานกระแสไฟฟ้าของฉนวนด้วย [3]

- ลักษณะการติดตั้งสายไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม ตามมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

ตารางที่ 2.3 รูปแบบการติดตั้งและลักษณะการติดตั้งสายไฟฟ้า อ้างอิงตามมาตรฐาน วสท.

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	กลุ่มที่
สายแกนเดี่ยวหรือสายแกนหุ้ม ฉนวน มี/ไม่มี เปลือกนอก เดินในท่อโลหะ หรืออโลหะ ภายใน ฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกั้นไฟฟ้า		1
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้ม ฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะ เดินเกาะ ผนังหรือเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน		2
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้ม ฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนังหรือเพดาน ที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน		3
สายเคเบิลแกนเดี่ยวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ		4
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้ม ฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดิน		5
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกน หุ้ม ฉนวน มีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง		6
สายเคเบิลแกนเดี่ยวหรือหลายแกน หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได		7

- ขนาดและชนิดของอุปกรณ์สำหรับการเดินสาย: ส่วนหมายเลข 7 ของตารางที่ 2.1 จะเป็นส่วนที่บอกขนาด ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเดินสาย

ในปัจจุบันอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพื่อเดินสายนั้นมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้จะเป็นท่อสาย รางเดินสาย รางเคเบิล เป็นต้น ทั้งนี้อุปกรณ์เดินสายที่ใช้ในโรงงานยาสูบแห่งใหม่ นิคมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีดังนี้

- ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit; IMC) เป็นท่อที่ผ่านกระบวนการชุบสังกะสีเหมือนกับท่อ RMC แต่มีจุดที่แตกต่างกันที่มีความหนาน้อยกว่าท่อ RMC และขนาด มาตรฐาน คือ ท่อ IMC จะมีขนาดตั้งแต่ 15 mm (1/2") – 100 mm (4") ซึ่งท่อ IMC สามารถใช้งานแทน ท่อ RMC ได้และมีราคาถูกกว่า [5]

ภาพที่ 2.2 ท่อโลหะหนาปานกลาง ซึ่งจะใช้ตัวอักษรสีแดงในการพิมพ์บอกชนิดท่อ

- รางเคเบิลแบบบันได (Ladder Type): รางเคเบิลชนิดนี้มีลักษณะโครงสร้างตามแนวยาว 2 ชุดยึดติดกันด้วยขั้นบันได มักทำมาจากเหล็กแผ่นมาตรฐาน ผ่านกระบวนการการพ่นด้วยสีฝุ่น หรือเคลือบผิวด้วยกรรมวิธี Hot-Dip Galvanized [2]

ภาพที่ 2.3 รางเคเบิลแบบบันได (Ladder Type)

- รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (Perforated Type): รางเคเบิลชนิดจะเป็นชิ้นส่วนเดียวตลอด มีรูระบายอากาศด้านล่าง ใช้จับยึดสายชนิดใหญ่เส้นเดียว หรือสายควบคุมชนิดหลายตัวนำ รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ มักทำมาจากเหล็กแผ่นมาตรฐาน ผ่านกระบวนการการพ่นด้วยสีฝุ่น หรือเคลือบผิวด้วยกรรมวิธี Hot-Dip Galvanized หรือเคลือบด้วยวิธีอลูซิงค์ (Aluzinc) [2]

ภาพที่ 2.4 รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (Perforated Type)

■ การหาขนาดท่อ/รางเคเบิล ในการเลือกใช้อุปกรณ์การเดินสายนั้น นอกจากการเลือกลักษณะของงาน พื้นที่ที่ติดตั้งให้มีความเหมาะสมแล้วนั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาอีกอย่างหนึ่งก็คือ ขนาดที่นำมาใช้ ทั้งนี้เนื่องจากขนาดที่เล็กเกินไปจะทำให้สายไฟฟ้าเบียดเสียดจนมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลต่อฉนวนห่อหุ้มของสายไฟฟ้า หรือเหตุผลอีกประการคือ การเลือกขนาดใหญ่ขึ้นของอุปกรณ์เดินสายเพื่อเผื่อการต่อเติมภายในอนาคตก็เป็นการลดค่าใช้จ่ายได้อีกประการหนึ่ง

■ การหาขนาดของท่อสาย: การเดินสายในท่อร้อยสายเป็นการเดินสายที่ได้รับความนิยมในการเลือกใช้มากที่สุด จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายจะต้องมีจำนวนไม่มากเกินไป ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1.) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น จึงจำเป็นต้องมีที่ว่างสำหรับการระบายความร้อน

2.) พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้า ต้องเล็กกว่าพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อร้อยสายพอสมควร เพื่อให้การดึงสายไฟฟ้าทำได้สะดวก และไม่ทำลายฉนวนของสายไฟฟ้า

ข้อมูลการคำนวณหาจำนวนสายสูงสุดภายในท่อร้อยสาย

1.) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและพื้นที่หน้าตัด (รวมฉนวนและเปลือก) ของสายไฟฟ้า

2.) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและพื้นที่หน้าตัดของท่อที่เลือกใช้เปอร์เซ็นต์สูงสุดของพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้า ต่อพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย (%FILL) ต้องเป็นไปตามตาราง ดังนี้

ตารางที่ 2.4 พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้าทุกชนิดคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

จำนวนสายในท่อร้อยสาย	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟฟ้าทุกชนิดยกเว้นสายชนิดที่มีปลอกตะกั่วหุ้ม	53	31	40	40	40
สายไฟฟ้าชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	55	30	40	38	35

ในส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ IMC นั้นทางบริษัทผู้ผลิตจะมีเอกสารที่บอกขนาดของท่อแนบมาด้วย

บทที่สาม

วิธีดำเนินการควบคุมการติดตั้งไฟฟ้า

ในการจัดทำบุหรี่นั้นมีหลายกระบวนการ ในแต่ละกระบวนการจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรที่มีลักษณะจำเพาะต่อกระบวนการนั้นๆ

3.1 กระบวนการผลิตบุหรี่และการแบ่งพื้นที่ภายในอาคารโรงงานหลัก B02

1.) การจัดเตรียมใบยาสูบ

2.) นำใบยาสูบมาเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนใบยาสูบเป็นยาเส้น ซึ่งมีอยู่สองกระบวนการ คือ กระบวนการด้านการผลิตขั้นแรก (primary process) ส่วนนี้จะเป็นการหั่นแบ่งและปรุงกลิ่น และกระบวนการทำยาเส้นพอง (diet) นำยาเส้นจากทั้งสองกระบวนการมาผสมกันที่จุดร่วม คือ บริเวณไซโล

3.) จัดส่งยาเส้นจากไซโลไปยังกระบวนการมวนบุหรี่โดยผ่านทางท่อส่งยาเส้น

4.) จัดเตรียมทำส่วนก้นกรองบุหรี่ แล้วจัดส่งผ่านท่อส่งก้นบุหรี่ไปยังกระบวนการมวน

5.) จุดบริเวณการมวนบุหรี่จะเป็นจุดรวมของยาเส้นและก้นกรองเพื่อมวนให้ได้เป็นบุหรี่

6.) เมื่อได้บุหรี่มาแล้วขั้นตอนถัดไปจะเป็นการบรรจุซองและบรรจุหีบห่อ

7.) เมื่อบรรจุหีบห่อเสร็จสิ้นก็จะส่งบุหรี่ไปยังโกดังจัดเก็บบุหรี่เพื่อรอการจำหน่าย

8.) ในทุกกระบวนการผลิตบุหรี่จะเกิดฝุ่นผงขึ้น จึงจำเป็นต้องมีระบบท่อดูดฝุ่นขึ้น

ซึ่งจากกระบวนการดังที่ได้กล่าวเป็นที่มาที่ทำให้ทางโรงงานผลิตยาสูบได้จัดทำสัญญาขึ้นมา 9 ฉบับเพื่อจะใช้เป็นข้อตกลงร่วมกันในการว่าจ้างให้แต่ละบริษัททำการจัดหา ติดตั้ง และทดสอบเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1.) สัญญา M-01-1 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการผลิตยาเส้น

2.) สัญญา M-01-2 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการผลิตยาเส้นพอง

3.) สัญญา M-02-1 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการมวนบุหรี่

4.) สัญญา M-02-2 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการบรรจุ

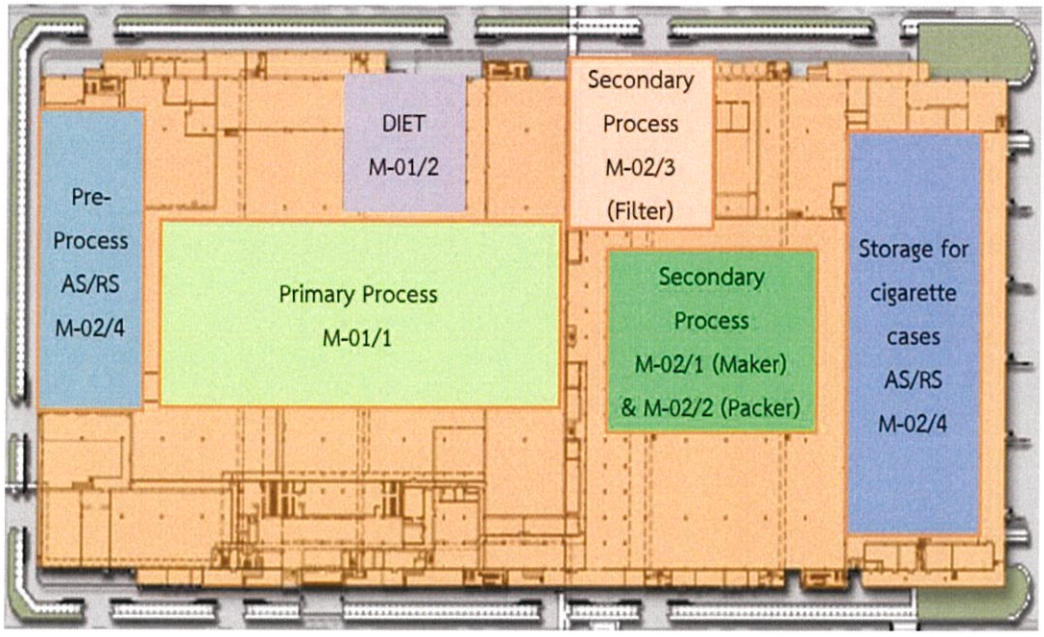
5.) สัญญา M-02-3 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการผลิตก้นกรองบุหรี่

6.) สัญญา M-02-4 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการจัดเก็บและเบิกใบยาและหีบบุหรี่สำเร็จรูปอัตโนมัติ

7.) สัญญา M-03-1 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรด้านโรงพิมพ์แบบป้อนม้วนและอุปกรณ์โรงพิมพ์

8.) สัญญา M-03-2 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรด้านโรงพิมพ์แบบป้อนแผ่นและอุปกรณ์โรงพิมพ์

9.) สัญญา MR-02-1 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบส่งยาเส้นและดูดฝุ่นผงยาเส้น ระบบดูดฝุ่นรวม ท่อส่งก้นกรอง



ภาพที่ 3.1 การแบ่งพื้นที่ตามสัญญาการทำงานในพื้นที่อาคารหลัก B02

3.2 ระบบไฟฟ้าของโรงงานยาสูบ

โรงงานผลิตยาสูบ กระทรวงการคลัง ตั้งอยู่ที่ สวนอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งตั้งอยู่ในขอบเขตการทำงานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยทางโรงงานผลิตยาสูบมีความต้องการใช้ไฟฟ้า 60 MVA ซึ่งตามเงื่อนไขของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้นเมื่อมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 10000 kV การไฟฟ้าจะจ่ายกำลังไฟฟ้า 115 kV ให้แก่ผู้ซื้อ

เมื่อการไฟฟ้าส่งไฟฟ้า 115 kV มา ก็จะเข้าไปสู่ส่วนของสถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) ของโรงงานผลิตยาสูบ โดยสถานีไฟฟ้าย่อยโรงงานยาสูบนั้นเป็นแบบสถานีไฟฟ้าแรงสูงแบบใช้ก๊าซเป็นฉนวน (Gas insulated substation : GIS) โดย GIS เป็นลักษณะ 1ทางเข้าของกระแสไฟฟ้า – 2 ทางออกของกระแสไฟฟ้า ตั้งอยู่ที่อาคารศูนย์พลังงาน B03

จาก 2 ทางออกของกระแสไฟฟ้าจะไปเข้าหม้อแปลงแบบแปลงแรงดันลง(115 kV/22kV) ทั้ง 2 เส้นทางจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงดัน 22 kV จะไปเข้าตู้สวิตซ์เกียร์ ตู้สวิตซ์เกียร์จะแบ่งออกเป็นสองตู้แบ่งเป็นฝั่ง A และ B และมีตู้ Bus tie ขั้นอยู่ตรงกลางเพื่อเป็นตัวแบ่งจ่ายโหลดไฟฟ้าเนื่องจากมีแหล่งจ่าย (หม้อแปลง) 2 ตัว

ภาพที่ 3.2 ลักษณะตู้สวิตซ์เกียร์ที่มี BUS TIE ตั้งกั้นกลาง ซึ่งตั้งอยู่ที่อาคาร B03

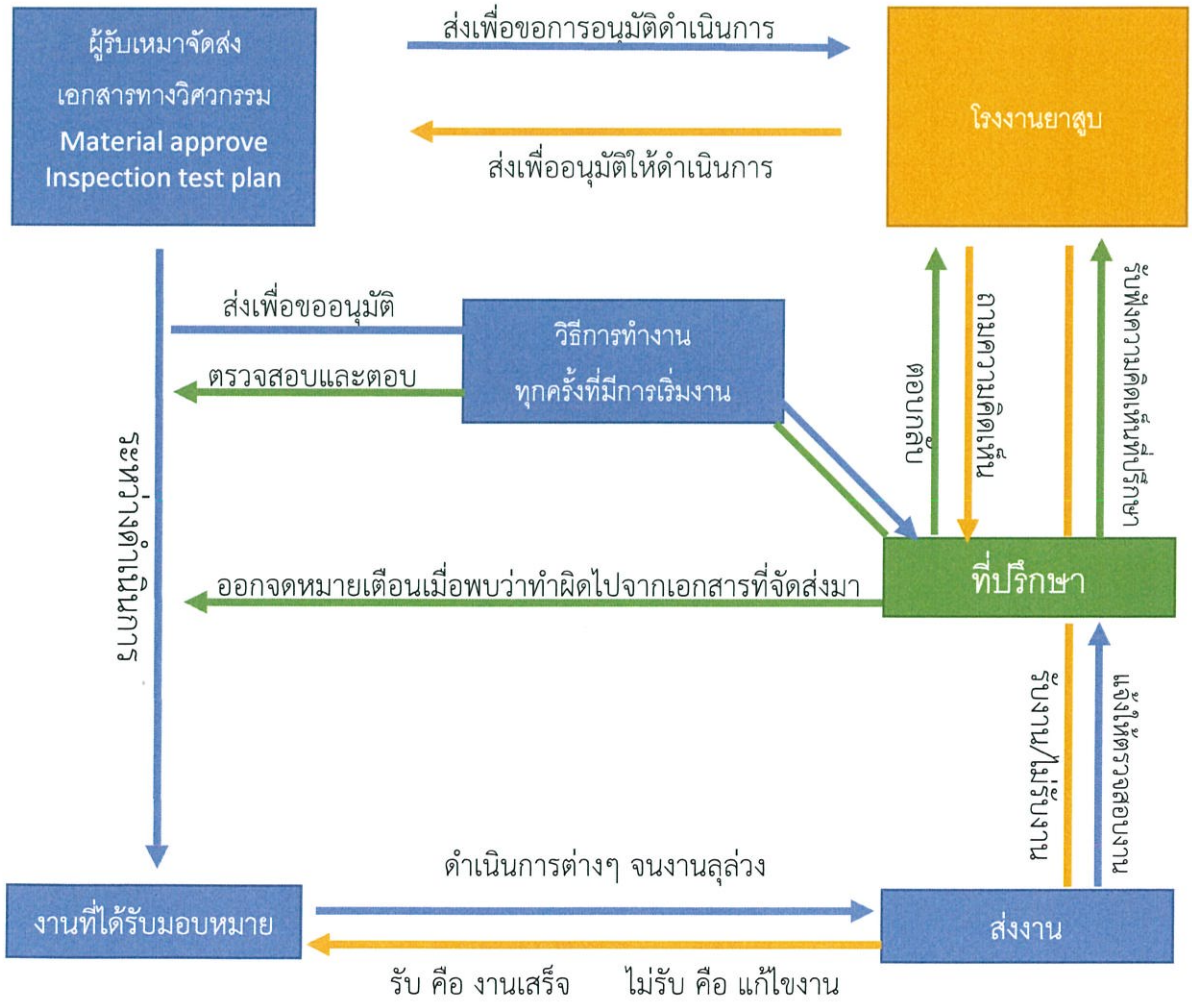
หลังจากตู้สวิตซ์เกียร์จะเป็นการจ่ายไฟฟ้าไปยังอาคารต่างๆ ซึ่งทุกๆอาคารยกเว้นอาคาร B03 จะจ่ายไฟฟ้าผ่านตู้ริงเมนยูนิต (Ring Main Unit:RMU) ก่อน ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมไฟฟ้าของอาคารนั้นๆ ส่วนที่ B03 ไม่มีความจำเป็นต้องผ่าน RMU เนื่องจากตู้สวิตซ์เกียร์อยู่ที่อาคาร B03 อยู่แล้วทำให้สามารถควบคุมไฟฟ้าผ่านตู้สวิตซ์เกียร์ได้เลย

เมื่อผ่าน RMU ก็จะส่งต่อไปยังหม้อแปลงเพื่อแปลงไฟฟ้าจาก 22 kV ให้เป็นไฟฟ้าแรงดัน 400/230 เพื่อที่จะนำไปใช้งานกับเครื่องจักรได้ อาคารแต่ละอาคารจะมีจำนวนหม้อแปลงแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณวามต้องการใช้ไฟฟ้า

หลังจากหม้อแปลงก็จะเป็นการจ่ายไฟฟ้าไปยังเครื่องจักรในส่วนต่างๆ โดยจะจ่ายออกจากหม้อแปลงโดยใช้บัสเวย์ (Busway) เป็นทางเดินของพลังงานไฟฟ้า

3.3 กระบวนการที่ใช้ในการควบคุมงาน

เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานยาสูบอยู่ในขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักร หน้าที่หลักของที่ปรึกษาในปัจจุบันจึงเป็นการควบคุมการติดตั้งเครื่องจักรของบริษัทผู้ขายให้เป็นไปตามสัญญา ซึ่งกระบวนการที่ใช้ในการควบคุมนั้นก็จะมีการปรับเปลี่ยน เพิ่มเติมจากหน้าที่หลักบ้าง ทั้งนี้เพื่อให้มีความสอดคล้องในการควบคุม เช่น กระบวนการที่ใช้ในการควบคุมงานทางวิศวกรรม จะมีการบวนการในการควบคุม ดังนี้



ภาพที่ 3.3 กระบวนการที่ใช้ควบคุมการทำงานของผู้รับเหมาเพื่อให้ได้งานตรงตามมาตรฐานและที่ต้องการ

3.4 การควบคุมการติดตั้งไฟฟ้า

ในช่วงระยะเวลาที่เข้ามาทำงานนั้น สัญญาหลายสัญญาได้ดำเนินการไปแล้ว แต่ก็มีบางสัญญาที่ได้เริ่มทำในช่วงระยะเวลาที่เข้าร่วมการดำเนินงาน ซึ่งประกอบไปด้วย

1.) สัญญา M-02-2 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการบรรจุ

2.) สัญญา M-02-3 การจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการผลิตก้นกรองบุหรี่

โดยขั้นตอนที่ใช้ในการควบคุมการติดตั้งไฟฟ้าให้กับเครื่องจักรทั้งสองสัญญาจะเหมือนกัน ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1.) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของตัวสัญญาว่าเป็นสัญญาเกี่ยวข้องกับเนื้อหางานอะไร มีเครื่องจักรใดบ้าง จุดที่จะติดตั้งเครื่องจักรว่าอยู่จุดใดของโรงงาน

2.) หลังจากศึกษาข้อมูลเบื้องต้นดังที่ได้กล่าวไปแล้วในขั้นตอนแรก ถัดมาที่ต้องทำคือการทำความเข้าใจและตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารต่างๆที่ทางผู้รับเหมาของสัญญานั้นๆได้จัดส่งมาเพื่อที่จะได้ทำการอนุมัติให้ทำการดำเนินการ หรือทำการทักท้วงหากพบความผิดพลาดใดๆภายในเอกสาร ซึ่งเอกสารต่างๆเหล่านี้ประกอบไปด้วย

2.1) ข้อกำหนดด้านเทคนิคของเครื่องจักรที่จำเป็น

2.2.) ใบเบิกอุปกรณ์ทางไฟฟ้า (Material Requisition for Electricity) ซึ่งจะมีเอกสารภายใน ดังนี้

- ข้อมูลทางเทคนิคที่สำคัญ
- รายการคำนวณโหลดไฟฟ้า ที่มีรายเซ็นวิศวกรรับผิดชอบรับรอง
- แผ่นข้อมูล (Datasheet) ของอุปกรณ์ประกอบทั้งหมดที่จะใช้ติดตั้งกับตัวเครื่องจักร

2.3) แบบหน้างาน (Shop drawing) ของงานทางไฟฟ้าทั้งหมด

ซึ่งเอกสารเหล่านี้ ส่วนหนึ่งที่สำคัญ คือ เอกสารแสดงการคำนวณที่ทางผู้รับเหมาได้จัดทำขึ้น เพื่อแสดงถึงวิธีการคำนวณที่ผลลัพธ์จะเป็นที่มาของขนาดอุปกรณ์ต่างๆที่จะนำมาติดตั้งให้กับเครื่องจักรต่างๆ ดังนั้น ส่วนที่สำคัญของการตรวจสอบเอกสารในครั้งนี้ คือ การตรวจสอบผลการคำนวณต่างๆเหล่านี้ว่ามีความถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการหรือไม่อย่างไร

3.) การตรวจสอบหน้างานจริง ในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบผู้รับเหมาว่า เครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาติดตั้งภายในพื้นที่ของโรงงานยาสูบนั้น มีความถูกต้องตรงตามที่ระบุเอาไว้ภายในเอกสารต่างๆที่แจ้งไปหรือไม่

3.4.1) การควบคุมการติดตั้งของสัญญา M02-2

สัญญา M-02/2 เกี่ยวข้องกับการการจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการบรรจุ ซึ่งบริษัทผู้รับเหมาที่ดำเนินการของสัญญานี้ คือ บริษัท A โดยเครื่องจักรที่ทางผู้รับเหมาจะต้องรับผิดชอบในการจัดหาและติดตั้งนั้น ประกอบไปด้วยเครื่องจักร 6 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยเครื่องจักรต่างๆ ดังนี้ เครื่องบรรจุบุหรี่ลงห่อ (Packer : Alfa), เครื่องบรรจุโหลด (Tray Unloader: Theta), เครื่องห่อ (Wrapper: Delta), เครื่องบรรจุห่อลงหีบ (Parceller: SP), เครื่องจัดห่อ (Case packer: MCP)

ดังนั้น ขนาดอุปกรณ์ต่างๆที่จะทำการติดตั้งประกอบให้กับเครื่องจักรนั้น จะใช้ข้อมูลของเครื่องจักรเหล่านี้มาพิจารณา โดยการพิจารณาจะพิจารณาจากเครื่องจักร 1 กลุ่ม ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องจักรทุกกลุ่มเหมือนกัน เช่นเดียวกันกับการตรวจทานการคำนวณการเลือกขนาดอุปกรณ์ที่จะใช้ผลจากการตรวจทานเพียงเครื่องจักร 1 กลุ่ม

- การตรวจสอบรายการการคำนวณของสัญญา M02-2

รายการการคำนวณทางไฟฟ้าที่ทางบริษัทผู้รับเหมาได้จัดส่งมาได้แนบตารางโหลดประกอบมาด้วย ซึ่งง่ายต่อการตรวจสอบรายการคำนวณ

ตารางที่ 3.1 ตารางโหลดของสัญญา M-02-2 ที่ทางบริษัทผู้รับเหมาได้จัดทำ

No	Description	Connected load			Circuit Breaker			Conductors	Raceway
		A	B	C	Pole	AT	AF	Size (mm^2)/Type	Size (mm.)/Type
1	Alfa+Theta	14,824	14,824	14,824	3	100	100	4C-35(16) / VCT-G	150 / Duratray
2	Delta	4,706	4,706	4,706	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
3	SP	4,314	4,314	4,314	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
4	MCP	2,941	2,941	2,941	3	25	100	4C-4(4) / VCT-G	100 / Duratray
5	Spare	4,000	4,000	4,000	3	25	100		
6	Space								

Connected load	30,784	30,784	30,784	MAIN C.B. 3 P 200 AT/250 AF	Existing plug-in Busway
Estimate current	134.00	134.00	134.00	Main feeder 4-1C-70 CV 0.6kV+ 1C-25(G.) IEC01	Busbar system: 250 A. Copper busbar
Total load	92,353			RACE WAY IMC 50 mm	3-P 4-W 400/230 V. 50Hz.

จากตารางโหลดที่แนบมาทำให้ทราบว่าบริษัทผู้รับเหมาพิจารณาที่จะเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าให้กับเครื่องจักรโดยเครื่องจักรหนึ่งเครื่องใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ป้องกันกระแสเกินหนึ่งตัว ยกเว้นเพียงเครื่องจักรบรรจุลงหีบห่อ (Alfa) และ เครื่องบรรจุโหลด (Theta) ที่ใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ในการป้องกันกระแสเกินร่วมกัน

ในการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณของทางบริษัทผู้รับเหมานั้นจะเลือกใช้วิธีการจัดทำตารางโหลดขึ้นมาใหม่ แล้วเปรียบเทียบกับตารางโหลดของทางบริษัทผู้รับเหมาว่ามีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการลงความเห็นต่อเอกสารที่ทางบริษัทผู้รับเหมาจัดส่งมา

ขั้นตอนในการจัดทำตารางโหลด

- พิจารณารายการโหลดที่ทางผู้รับเหมาจะทำการติดตั้งรวมถึงข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักร

ตารางที่ 3.2 รายการโหลดและค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องจักรตามที่ผู้รับเหมาใช้ในการคำนวณ

เครื่องจักร	ความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องจักร (Power Consumption: kW)
Alfa (Packer)	31.3
Theta (Tray Unloader)	6.5
Delta (Wrapper)	12
SP (Parceller)	11
MCP (Case packer)	7.5

- คำนวณโหลด: การคำนวณโหลดจะเป็นการคำนวณเพื่อหากำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent power) ของโหลดแต่ละชนิด เพื่อหาผลรวมทั้งหมดของกำลังไฟฟ้าปรากฏเพื่อที่จะหาขนาดของสายป้อนปลั๊กอิน (plug in)

พิจารณาขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏของเครื่องจักรทุกตัวของสัญญา M02-2 โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณหาขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏเหมือนกับที่ทางบริษัทผู้รับเหมาเลือกใช้

ข้อมูลสำหรับการออกแบบ

1.) การคำนวณเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2560 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

2.) ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 400/230 V 50 Hz แรงดันไฟฟ้าที่ใช้คำนวณ = 400 V, พาวเวอร์แฟคเตอร์ (Power factor) = 0.85

3.) อุณหภูมิโดยรอบสำหรับเดินสายในอากาศ = 40 องศาเซลเซียส

<u>เครื่องบรรจุหีบห่อ (Alfa : Packer) + เครื่องบรรจุโหลด (Theta : Tray Unloader):</u> จากที่ระบุเอาไว้เครื่องบรรจุหีบห่อมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง 31.3 kW ส่วนบรรจุโหลดมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง 6.5 kW

<u>รวมแล้ว</u> เครื่องจักรทั้งสองมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง 37.8 kW หรือคิดเป็น 37,800 W

คิดเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent power : S) : $P = VI \times \cos\theta$ ..... (1)

$S = VI$ ..... (2)

จาก (1) จะได้ว่า $37,800 = VI \times 0.85$

$$VI = \frac{37,800}{0.85} = 44,470.59 \text{ VA}$$

จาก (2) จะได้ว่า $S = 44,470.59$ VA

เพื่อให้ง่ายต่อการกระจายเฟสจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏเป็น 44,472 VA ซึ่งเนื่องจากเป็นโหลด 3 เฟส จึงต้องมีการแบ่งโหลดไปทั้งสามเฟสให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (แต่ละเฟสไม่ควรต่างกันเกิน 25%) ซึ่งจะได้ค่า กำลังไฟฟ้าปรากฏในแต่ละเฟสเป็น $\frac{44,472}{3} = 14,824$ VA

<u>เครื่องห่อ (Delta : Wrapper) :</u> จากที่ระบุเอาไว้เครื่องห่อมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง (P) 12 kW หรือคิดเป็น 12,000 kW

คิดเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent power : S) $P = VI \times \cos\theta$ ..... (1)

$S = VI$ ..... (2)

จาก (1) จะได้ว่า $12,000 = VI \times 0.85$

$$VI = \frac{12,000}{0.85} = 14,117.65 \text{ VA}$$

จาก (2) จะได้ว่า $S = 14,117.65$ VA

เพื่อให้ง่ายต่อการกระจายเฟสจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏเป็น 14,118 VA ซึ่งเนื่องจากเป็นโหลด 3 เฟส จึงต้องมีการแบ่งโหลดไปทั้งสามเฟสให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (แต่ละเฟสไม่ควรต่างกันเกิน 25%) ซึ่งจะได้ค่า กำลังไฟฟ้าปรากฏในแต่ละเฟสเป็น $\frac{14,118}{3} = 4,706$ VA

<u>เครื่องบรรจุห่อลงหีบ (SP: Paceller):</u> จากที่ระบุเอาไว้เครื่องบรรจุห่อลงหีบ มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง(P) 11 kW หรือคิดเป็น 11,000 kW

คิดเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent power : S) $P = VI \times \cos\theta$ ..... (1)

$S = VI$ ..... (2)

จาก (1) จะได้ว่า $11,000 = VI \times 0.85$

$$VI = \frac{11,000}{0.85} = 12,941.18 \text{ VA}$$

จาก (2) จะได้ว่า $S = 12,941.18$ VA

เพื่อให้ง่ายต่อการกระจายเฟสจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏเป็น 12,942 VA ซึ่งเนื่องจากเป็นโหลด 3 เฟส จึงต้องมีการแบ่งโหลดไปทั้งสามเฟสให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (แต่ละเฟสไม่ควรต่างกันเกิน 25%) ซึ่งจะได้ค่า กำลังปรากฏในแต่ละเฟสเป็น $\frac{12,942}{3}$ = 4,314 VA

<u>เครื่องจัดห่อ (MCP : Case packer) :</u> ระบุเอาไว้เครื่องจัดห่อมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง (P) 7.5 kW หรือคิดเป็น 7,500 kW

คิดเป็น กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent power : S) $P = VI \times \cos\theta$ ..... (1)

$S = VI$ ..... (2)

จาก (1) จะได้ว่า $7,500 = VI \times 0.85$

$$VI = \frac{7,500}{0.85} = 8,823.53 \text{ VA}$$

จาก (2) จะได้ว่า $S = 8,823.53$ VA

เพื่อให้ง่ายต่อการกระจายเฟสจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏเป็น 8,824 VA ซึ่งเนื่องจากเป็นโหลด 3 เฟส จึงต้องมีการแบ่งโหลดไปทั้งสามเฟสให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (แต่ละเฟสไม่ควรต่างกันเกิน 25%) ซึ่งจะได้ค่า กำลังปรากฏในแต่ละเฟสเป็น $\frac{8,824}{3}$ = 2,941 VA

- การพิจารณาเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ มีขั้นตอนวิธีในการคำนวณ ดังนี้

<u>เซอร์กิตเบรคเกอร์ของ เครื่องบรรจุหีบห่อ (Alfa : Packer) + เครื่องบรรจุโหลด (Theta : Tray Unloader):</u>
กระแสโหลดเต็มที่ของเครื่องจักร สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L$$

$$I_L = \frac{S_{3\emptyset}}{\sqrt{3} \times V_L} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของเครื่องบรรจุหีบห่อ (Alfa : Packer) + เครื่องบรรจุโหลด (Theta : Tray Unloader) เป็น 44,472 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{44,472}{\sqrt{3} \times 400} = 64$ A

ในการเลือกขนาดเบรกเกอร์ที่ควบคุมโหลดมีหลักการคือ คำนวณหาค่ากระแสของโหลดแล้วคิดค่ากระแสเผื่อ (โดยทั่วไปวัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อมีการทำงานต่อเนื่องประสิทธิภาพจะลดลงเหลือ 80% ซึ่งทั้งนี้รวมถึงสายไฟฟ้าที่เรานำมาใช้ก็เช่นกัน กล่าวคือ เมื่อมีการใช้งานติดต่อกันประสิทธิภาพในการทนกระแสจะลดลงเหลือประมาณ 80% เพื่อเป็นการชดเชยประสิทธิภาพในการทนกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้าในส่วนที่หายไป จึงต้องมีการเผื่อค่ากระแสไฟฟ้าเพิ่มอีก 25%) มาหาขนาดเบรกเกอร์และสายไฟฟ้าตามลำดับ

จึงได้ว่ากระแสที่ใช้เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็น 64 x 1.25 = 80 A

ตารางที่ 3.3 ขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ของแต่ละแอมแปร์เฟรม

Thermal-magnetic trip units		TM16D to 250D												TM320D to 600D			
Rating (A)	I_n	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	600
CB	CVS 100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×				
	CVS 160	×	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	×	×				
	CVS 250	×	×	×	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓				
	CVS 400													✓	✓	×	×
	CVS 630													×	×	✓	✓

<u>ดังนั้น</u> จึงพิจารณาเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีโพล (Pole) 3 โพล เพราะเป็นไฟฟ้า 3 เฟส และมีขนาดแอมแปร์ทริป (Ampere trip) เป็น 100 A และขนาดแอมแปร์เฟรม (Ampere frame) เป็น 100

<u>เซอร์กิตเบรคเกอร์ของเครื่องห่อ (Delta : Wrapper) :</u>

กระแสโหลดเต็มที่ของเครื่องจักร สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3}\ x\ V_L x\ I_L$$

$$I_L = \frac{S_{3\emptyset}}{\sqrt{3}\ x V_L} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของเครื่องห่อ Wrapper) เป็น 14,118 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{14,118}{\sqrt{3}\ x\ 400} = 20$ A

จึงได้ว่ากระแสที่ใช้เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็น 20 x 1.25 = 25 A

<u>ดังนั้น</u> จึงพิจารณาเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีโพล (Pole) 3 โพล เพราะเป็นไฟฟ้า 3 เฟส และมีขนาด Ampere trip เป็น 32 A และขนาดแอมแปร์เฟรม เป็น 100 (เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์จากตารางที่ 3.3)

<u>เซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องบรรจุห่อลงหีบ (SP : Parceller):</u>

กระแสโหลดเต็มที่ของเครื่องจักร สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3}\ x\ V_L x\ I_L$$

$$I_L = \frac{S_{3\emptyset}}{\sqrt{3}\ x V_L} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของเครื่องบรรจุห่อลงหีบ (SP: Parceller) เป็น 12,942 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{12,942}{\sqrt{3}\ x\ 400} = 18$ A

จึงได้ว่ากระแสที่ใช้เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็น 18 x 1.25 = 22.5 A

ดังนั้น จึงพิจารณาเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีโพล (Pole) 3 โพล เพราะเป็นไฟฟ้า 3 เฟส และมีขนาดแอมแปร์ทริปเป็น 32 A และขนาดแอมแปร์เฟรมเป็น 100 (เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์จากตารางที่ 3.3)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องจัดห่อ (MCP : Case packer):

กระแสโหลดเต็มที่ของเครื่องจักร สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L$$

$$I_L = \frac{S_{3\emptyset}}{\sqrt{3} \times V_L} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของเครื่องจัดห่อ (MCP : Case packer) เป็น 12,942 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{8,824}{\sqrt{3} \times 400} = 13$ A

จึงได้ว่ากระแสที่ใช้เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็น 13 x 1.25 = 16.25 A

ดังนั้น จึงพิจารณาเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีโพล (Pole) 3 โพล เพราะเป็นไฟฟ้า 3 เฟส และมีขนาดแอมแปร์ทริปเป็น 25 A และขนาด แอมแปร์เฟรมเป็น 100 (เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์จากตารางที่ 3.3)

- พิจารณาเลือกขนาดสายไฟฟ้า: ก่อนเลือกขนาดสายไฟฟ้า ต้องระบุชนิดสายไฟฟ้า ลักษณะการติดตั้ง และลักษณะรางเดินสายเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเลือกดูตารางขนาดสายไฟฟ้าตามที่เงื่อนไขที่ระบุเอาไว้ตามหนังสือมารฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

เครื่องบรรจุหีบห่อ (Alfa : Packer) + เครื่องบรรจุโหลด (Theta : Tray Unloader): Alfa + Theta

ชนิดสายไฟฟ้า : บริษัทผู้รับเหมาเลือกใช้สายไฟฟ้าชนิด 4C-VCT-G แบบหลายแกน

ลักษณะการติดตั้ง : เลือกลักษณะการติดตั้งแบบกลุ่ม 7 เคเบิลวางชิดติดกัน

ลักษณะของรางเดินสาย : รางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด (Cable basket system; Dura tray)

ในการพิจารณาเลือกขนาดของสายไฟฟ้า จะใช้ขนาดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นตัวเลือกขนาดสายไฟฟ้า โดยตัวเครื่องจักรแอลฟ่าและเทต้าใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100 AT ขนาดสายไฟฟ้าที่เลือกใช้จึงต้องสามารถรับกระแสขนาด 100 A ได้ ซึ่งจากลักษณะต่างๆที่กำหนดเอาไว้ ตารางที่ใช้เลือกขนาดสายไฟฟ้า คือตารางที่ 5-30 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก. ภาพที่ 1) ตามหนังสือมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

ดังนั้น ขนาดสายไฟฟ้าของ แอลฟ่าและเทต้ามีขนาดเป็น 35 ตร.มม.

เครื่องห่อ Delta (Wrapper):

ชนิดสายไฟฟ้า : บริษัทผู้รับเหมาเลือกใช้สายไฟฟ้าชนิด 4C-VCT-G แบบหลายแกน

ลักษณะกรติดตั้ง : เลือกลักษณะการติดตั้งแบบกลุ่ม 7 เคเบิลวางชิดติดกัน

ลักษณะของรางเดินสาย : รางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด (Cable basket system; Dura tray)

เนื่องจากมีข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบเหมือนกันกับ Alfa (Packer) + Theta (Tray Unloader) ตารางที่ใช้ในการเลือกสายไฟฟ้าจึงเป็นตารางที่ 5-30 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก. ภาพที่ 1) แต่ขนาดสายไฟฟ้าที่ได้จะต่างกัน เนื่องจากเครื่อง เดลต้าใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาด 32 AT

ดังนั้น ขนาดสายไฟฟ้าของเครื่องเดลต้าจึงเป็น 6 ตร.มม.

เครื่องบรรจุห่อลงหีบ SP (Parceller):

ชนิดสายไฟฟ้า : บริษัทผู้รับเหมาเลือกใช้สายไฟฟ้าชนิด 4C-VCT-G แบบหลายแกน

ลักษณะกรติดตั้ง : เลือกลักษณะการติดตั้งแบบกลุ่ม 7 เคเบิลวางชิดติดกัน

ลักษณะของรางเดินสาย : รางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด (Cable basket system; Dura tray) เนื่องจากมีข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบเหมือนกันกับ Alfa (Packer) + Theta (Tray Unloader) ตารางที่ใช้ในการเลือกสายไฟฟ้าจึงเป็นตารางที่ 5-30 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก. ภาพที่ 1) เหมือนกัน แต่ขนาดสายไฟฟ้าที่ได้จะต่างกัน เนื่องจากเครื่อง เอสพีใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาด 32 AT

ดังนั้น ขนาดสายไฟฟ้าของเครื่องเอสพี จึงเป็น 6 ตร.มม.

เครื่องจัดห่อMCP (Case packer):

ชนิดสายไฟฟ้า : บริษัทผู้รับเหมาเลือกใช้สายไฟฟ้าชนิด 4C-VCT-G แบบหลายแกน

ลักษณะกรติดตั้ง : เลือกลักษณะการติดตั้งแบบกลุ่ม 7 เคเบิลวางชิดติดกัน

ลักษณะของรางเดินสาย : รางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด (Cable basket system; Dura tray) เนื่องจากมีข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบเหมือนกันกับ Alfa (Packer) + Theta (Tray Unloader) ตารางที่ใช้ในการเลือกสายไฟฟ้าจึงเป็นตารางที่ 5-30 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก. ภาพที่ 1) แต่ขนาดสายไฟฟ้าที่ได้จะต่างกัน เนื่องจากเครื่อง เอ็มซีพีใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาด 25 AT

ดังนั้น ขนาดสายไฟฟ้าของเครื่องเอ็มซีพี จึงเป็น 4 ตร.มม.

- พิจารณาเลือกขนาดอุปกรณ์เดินสาย: อุปกรณ์เดินสายมีหลากหลาย ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ ซึ่ง Contractor เลือกใช้อุปกรณ์เดินสายเป็น รางเคเบิล (Cable Basket) ซึ่งถือเป็นรางเดินสายประเภทมีช่องระบายอากาศ และไม่มีฝาปิด และท่อเดินสาย IMC

ข้อกำหนดอย่างหนึ่งของการเลือกเดินสายบนรางเคเบิล คือ พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของรางเดินสาย นั่นคือ พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้าต้องไม่เกิน 30% ของพื้นที่หน้าของรางเดินสาย

จากข้อกำหนดที่ได้กล่าวอ้างไป เมื่อจะพิจารณาขนาดของรางเคเบิล สิ่งที่ต้องใช้ประกอบการคำนวณ คือ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าที่จะเดินบนรางเคเบิล ซึ่งโดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตสายไฟฟ้าจะจัดทำตารางขนาดสายไฟฟ้าที่ได้ผลิตแต่ละชนิดไว้อยู่แล้ว

เครื่องบรรจุหีบห่อ (Alfa : Packer) + เครื่องบรรจุโหลด (Theta : Tray Unloader):

สายไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรสองชนิดนี้ พิจารณาเลือกใช้ขนาด 35 ตร.มม. ซึ่งจากที่ระบุไว้แล้วข้างต้นถึงชนิดของสายไฟฟ้าว่าเป็น VCT-G ดังนั้นสายไฟฟ้าจึงมีจำนวน 5 แกน (4C+G) ซึ่งสายไฟฟ้าทั้ง 5 เส้นนี้มีการห่อหุ้มด้วยฉนวนเดียวกัน จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตสายฟ้าระบุว่าสายไฟฟ้ามีผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด 41.5 มม. (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก. ภาพที่ 2)

พื้นที่หน้าตัดสายไฟฟ้า หาได้จากสูตร πr^2 ซึ่งจะได้เป็น $\pi \times (41.5/2)^2 = 1,352.65$ ตร.มม.

จากข้อกำหนด: พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าทุกเส้นต้องมีขนาดไม่เกิน 30% ของพื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

จึงได้ว่า พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า $\leq 0.3 \times$ พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

$1,352.5 \leq 0.3 \times$ พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล} \geq \frac{1,352.65}{0.3} \geq 4,508.83 \text{ ตร.มม.}$$

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดรางเคเบิลควรมากกว่าหรือเท่ากับ 4,508.83 ตร.มม.

เมื่อพิจารณาถึงขนาดพื้นที่หน้าตัดของเคเบิลบัสเกตได้แล้ว นำขนาดดังกล่าวมาเลือกเคเบิลบัสเกตที่มีขนาดตรงกันจากแคตตาล็อครายละเอียดสินค้าของบริษัทที่ทางผู้รับเหมาเลือกใช้ (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 3) ซึ่งจะเห็นว่าเคเบิลบัสเกตขนาด 100 x 50 x 4.5 มม. และ 150 x 50 x 4.5 มม. นั้นสามารถใช้งานได้ทั้งคู่เนื่องจากว่ามีขนาดที่ใกล้เคียงกับที่ต้องการมากที่สุด แต่ทั้งนี้ได้พิจารณาให้เลือกใช้ เคเบิลบัสเกตขนาด 150 x 50 x 4.5 มม. ตามที่ได้มีตารางแนะนำขนาดความกว้างของรางเคเบิลที่ควรใช้ไว้ในหนังสือมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

ตารางที่ 3.4 ขนาดของรางเคเบิลแบบบันไดที่แนะนำในการผลิตจากหนังสือมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

ขนาดความสูง x กว้าง (มม.)	ความแข็งแรงของรางเคเบิล
ขนาดความสูงแนะนำ 100 หรือ 150 มม. ขนาดความกว้างแนะนำ 150,300,450,600,750,900 มม.	การขึ้นรูปของแผ่นเหล็กทำรางเคเบิลแบบบันไดต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ

ซึ่งจากเคเบิลบัสเกตที่พิจารณาเลือกใช้นั้นมีพื้นที่หน้าตัดเป็น 150 x 50 = 7500 ตร.มม. ซึ่งจะเห็นว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดดังกล่าว ตรงกับที่ต้องการ คือ มีขนาดมากกว่า 4508.83 ตร.มม.

เครื่องห่อ Delta (Wrapper):

สายไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรชนิดนี้ ใช้ขนาด 6 ตร.มม. ซึ่งจากที่ระบุไว้แล้วข้างต้นถึงชนิดของสายไฟฟ้าว่าเป็น VCT-G ดังนั้นสายไฟฟ้าจึงมีจำนวน 5 แกน (4C+G) ซึ่งสายไฟฟ้าทั้ง 5 เส้นนี้มีการห่อหุ้มด้วยฉนวนเดียวกัน จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตสายฟ้าระบุว่าสายไฟฟ้ามีผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด 21.5 มม. (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 2)

พื้นที่หน้าตัดสายไฟฟ้า หาได้จาก πr^2 ซึ่งจะได้เป็น $\pi \times (21.5/2)^2 = 363.05$ ตร.มม.

จากข้อกำหนด: พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าทุกเส้นต้องมีขนาดไม่เกิน 30% ของพื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

จึงได้ว่า พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า $\leq$ 0.3 x พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

363.05 $\leq$ 0.3 x พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล} \geq \frac{363.05}{0.3} \geq 1{,}210.17 \text{ ตร.มม.}$$

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดรางเคเบิลควรมากกว่าหรือเท่ากับ 1,210.17 ตร.มม.

เมื่อพิจารณาถึงขนาดพื้นที่หน้าตัดของเคเบิลบัสเกตได้แล้ว นำขนาดดังกล่าวมาเลือกเคเบิลบัสเกตที่มีขนาดตรงกันจากแคตตาล็อครายละเอียดสินค้าของบริษัทที่ทางผู้รับเหมาเลือกใช้ (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 3) ซึ่งได้ว่าขนาดเคเบิลบัสเกตที่พิจารณาเลือกใช้ คือ 100 x 50 x 4.5 มม.โดยพื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิลที่เลือกใช้เป็น 100 x 50 = 5,000 ซึ่งจะเห็นว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดดังกล่าว ตรงกับที่ต้องการ คือมีขนาดมากกว่า 1,210.17 ตร.มม.

เครื่องจัดห่อลงหีบ SP (Parceller):

สายไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรชนิดนี้ ใช้ขนาด 6 ตร.มม. ซึ่งจากที่ระบุไว้แล้วข้างต้นถึงชนิดของสายไฟฟ้าว่าเป็น VCT-G ดังนั้นสายไฟฟ้าจึงมีจำนวน 5 แกน (4C+G) ซึ่งสายไฟฟ้าทั้ง 5 เส้นนี้มีการห่อหุ้มด้วยฉนวนเดียวกัน จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตสายฟ้าระบุว่าสายไฟฟ้ามีผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด 21.5 มม. (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 2)

พื้นที่หน้าตัดสายไฟฟ้า หาได้จาก πr^2 ซึ่งจะได้เป็น $\pi \times (21.5/2)^2 = 363.05$ ตร.มม.

จากข้อกำหนด: พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าทุกเส้นต้องมีขนาดไม่เกิน 30% ของพื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

จึงได้ว่า พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า $\leq$ 0.3 x พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

363.05 $\leq$ 0.3 x พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล} \geq \frac{363.05}{0.3} \geq 1{,}210.17 \text{ ตร.มม.}$$

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดรางเคเบิลควรมากกว่าหรือเท่ากับ 1,210.17 ตร.มม.

เมื่อพิจารณาถึงขนาดพื้นที่หน้าตัดของเคเบิลบัสเกตได้แล้ว นำขนาดดังกล่าวมาเลือกเคเบิลบัสเกตที่มีขนาดตรงกันจากแคตตาล็อครายละเอียดสินค้าของบริษัทที่ทางผู้รับเหมาเลือกใช้ (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 3) ซึ่งจะได้ขนาดเคเบิลบัสเกตที่พิจารณาเลือกใช้ คือ 100 x 50 x 4.5 มม.โดยพื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิลที่เลือกใช้เป็น 100 x 50 = 5,000 ซึ่งจะเห็นว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดดังกล่าว ตรงกับที่ต้องการ คือมีขนาดมากกว่า 1,210.17 ตร.มม.

เครื่องจัดห่อ MCP (Case packer):

สายไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรชนิดนี้ ใช้ขนาด 4 ตร.มม. ซึ่งจากที่ระบุไว้แล้วข้างต้นถึงชนิดของสายไฟฟ้าว่าเป็น VCT-G ดังนั้นสายไฟฟ้าจึงมีจำนวน 5 แกน (4C+G) ซึ่งสายไฟฟ้าทั้ง 5 เส้นนี้มีการห่อหุ้มด้วยฉนวนเดียวกัน จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตสายฟ้าระบุว่าสายไฟฟ้ามีผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด 18.5 มม. (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 2)

พื้นที่หน้าตัดสายไฟฟ้า หาได้จาก πr^2 ซึ่งจะได้เป็น $\pi \times (18.5/2)^2 = 268.80$ ตร.มม.

จากข้อกำหนด: พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าทุกเส้นต้องมีขนาดไม่เกิน 20% ของพื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

จึงได้ว่า พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า $\leq 0.3 \times$ พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

$268.80 \leq 0.3 \times$ พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิล} \geq \frac{268.80}{0.3} \geq 896.00 \text{ ตร.มม.}$$

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิลควรมากกว่าหรือเท่ากับ 896.00 ตร.มม.

เมื่อพิจารณาถึงขนาดพื้นที่หน้าตัดของเคเบิลบัสเกตได้แล้ว นำขนาดดังกล่าวมาเลือกเคเบิลบัสเกตที่มีขนาดตรงกันจากแคตตาล็อครายละเอียดสินค้าของบริษัทที่ทางผู้รับเหมาเลือกใช้ (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 3) ซึ่งจะได้ขนาดเคเบิลบัสเกตที่พิจารณาเลือกใช้ คือ 100 x 50 x 4.5 มม.โดยพื้นที่หน้าตัดของรางเคเบิลที่เลือกใช้เป็น 100 x 50 = 5,000 ซึ่งจะเห็นว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดดังกล่าว ตรงกับที่ต้องการ คือมีขนาดมากกว่า 896.00 ตร.มม.

- พิจารณาการเพิ่มวงจรย่อยสแปร์ (Spare) และสเปซ (Space) : เนื่องจากแผงวงจร (Panel Board) มีวงจรใช้งาน 4 วงจร จึงมีวงจร Spare และ Space อย่างละ 1 โดยวงจร Spare แบ่งให้มีโหลดเฟสละ 4000 VA (3 เฟส ได้ Apparent power เป็น 12,000 VA)

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์วงจร Spare: กระแสโหลดเต็มที่ของเครื่องจักร สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L$$

$$I_L = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3}\, x V_L} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของวงจร Spare: เป็น 12,000 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{12{,}000}{\sqrt{3} \times 400} = 17.32$ A

จึงได้ว่ากระแสที่ใช้เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็น 17.32 x 1.25 = 21.65 A

ดังนั้น วงจร Space พิจารณาเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีโพล (Pole) 3 โพล เนื่องจากเป็นไฟฟ้า 3 เฟส และมีขนาด Ampere trip เป็น 32 A ขนาด Ampere frame เป็น 100

- พิจารณาโหลดวงจรสายป้อน: จากขั้นตอนที่กล่าวมาเป็นขั้นตอนในส่วนของวงจรย่อย ส่วนในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาสายป้อนซึ่งจะใช้โหลดทั้งหมดของวงจรย่อยหาขนาดของวงจรสายป้อน

วงจรย่อยที่ 1 Alfa + Theta	=	44.47 kVA
วงจรย่อยที่ 2 Delta	=	14.12 kVA
วงจรย่อยที่ 3 SP	=	12.94 kVA
วงจรย่อยที่ 4 MCP	=	8.82 kVA
วงจรย่อยที่ 5 Spare	=	12.00 kVA
โหลดรวมทั้งหมดเป็น	=	92.35 kVA
กระแสรวมทั้งหมดเป็น	=	134 A

จากโหลดรวมซึ่งมีขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏทั้งหมดเป็น 92.35 kVA เมื่อจัดทำตารางโหลดจะกระจายโหลดไปในแต่ละเฟส เฟสละเท่าๆกันเป็น 30.784 kVA

- พิจาณาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของวงจรสายป้อน: จากข้อ 8.) คำนวณค่าความต้องการใช้งานกระแสไฟฟ้าของเครื่องจักรใน 1 ไลน์การผลิตได้เป็น 134 A แต่กระแสที่จะนำมาพิจารณาเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นกระแสที่คิดเผื่อเอาไว้ 25% หรือ 125% ของกระแสโหลดเต็มที่ จึงได้กระแสเผื่อเป็น 1.25 x 134 = 167.5 A

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงขนาดขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ของแต่ละแอมแปร์เฟรม

Thermal-magnetic trip units		TM16D to 250D												TM320D to 600D			
Rating (A)	I_n	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	600
CB	CVS 100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗				
	CVS 160	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗				
	CVS 250	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓				
	CVS 400													✓	✓	✗	✗
	CVS 630													✗	✗	✓	✓

ดังนั้น กระแสที่ใช้เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็น 167.5 A จึงเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 200AT/250AF

- พิจารณาขนาดสายไฟฟ้าของวงจรสายป้อน: หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกขนาดสายไฟฟ้าเหมือนกันกับสายของวงจรย่อย

ชนิดสายไฟฟ้า : บริษัทผู้รับเหมาเลือกใช้สายไฟฟ้าชนิด 1C-CV 0.6 kV. XLPE แบบแกนเดียว

ลักษณะการติดตั้ง : เลือกลักษณะการติดตั้งแบบกลุ่ม 2 เดินในช่องเดินสายโลหะ (ท่อ IMC) เดินเกาะผนัง จากลักษณะต่างๆที่กำหนด ตารางที่เหมาะสมที่สามารถเลือกขนาดสายไฟฟ้าได้ คือตารางที่ 5-27 (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 4)

ดังนั้น ขนาดสายป้อนของแต่ละ Panel Board จะมีขนาดเป็น 70 ตร.มม. (สายนำกระแส 3, นิวทรัล 1) โดยวิธีการพิจารณาเลือกสายจะใช้ค่าจากภาพตารางที 5.27 (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 4)

- พิจารณาขนาดสายดิน จะพิจารณาตามตารางที่ 4-2 ตามหนังสือมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2560 (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 5) ซึ่งจะได้ว่าขนาดสายดินเป็น 25 ตร.มม. โดยใช้สายไฟฟ้าชนิด 1C-IEC01
- พิจาณาขนาดท่อ (IMC) ที่ใช้ในการเดินสาย: ข้อกำหนดของการเดินสายในท่อเดินสายจะแตกต่างจากใช้รางเคเบิลในการเดินสาย กล่าวคือ พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้าต้องไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

จากขั้นตอนที่ 10 และ 11 ทำให้ได้ขนาดสายมาดังนี้

<u>สายตัวนำ</u> ชนิด 1C-CV 0.6 kV. XLPE: ขนาด 70 ตร.มม. จำนวน 3 เส้น

<u>สายนิวทรัล</u> ชนิด 1C-IEC01 ขนาด 25 ตร.มม. จำนวน 1 เส้น

ดังนั้นเมื่อรู้ขนาดของสายไฟฟ้าที่เลือกใช้ ถัดมาต้องพิจารณาขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าทั้งสองชนิด ซึ่งสามารถดูขนาดพื้นที่หน้าตัดได้จากแคตตาล็อคของบริษัทผู้ผลิตที่ผู้รับเหมาเลือกใช้ (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก.ภาพที่ 6 และ ภาพที่ 7)

จากภาพที่ 6 และภาพที่ 7 ในภาคผนวก ข. จะได้ว่า 1C-CV 0.6 kV.XLPE ขนาด 70 ตร.มม. มีผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด 15 มม. และ 1C-IEC01 ขนาด 25 ตร.มม. มีผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด 9.7 มม.

จึงได้ว่า ขนาดพื้นที่หน้าตัดของ 1C-CV 0.6 kV.XLPE ขนาด 70 ตร.มม. $= \pi \times (15/2)^2$

$= 176.71$ ตร.มม.

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของ 1C-IEC01 ขนาด 25 ตร.มม. $= \pi \times (9.7/2)^2$

$= 73.89$ ตร.มม.

<u>ดังนั้น</u> ขนาดพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของสายไฟฟ้าจึงเป็น $(4 \times 176.71) + 73.89 = 780.73$ ตร.มม.

<u>จากข้อกำหนด</u>: พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าทุกเส้นต้องมีขนาดไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดของท่อ

จึงได้ว่า พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า $= 0.4 \times$ พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

$780.73 = 0.4 \times$ พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย $= \frac{780.73}{0.4} = 1{,}951.83$ ตร.มม.

<u>ดังนั้น</u> พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสายควรมากกว่าหรือเท่ากับ 1,951.83 ตร.มม.

เมื่อพิจารณาถึงขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสายได้แล้ว นำขนาดดังกล่าวมาเลือกท่อเดินสายที่มีขนาดตรงกันจากแคตตาล็อครายละเอียดสินค้าของบริษัทที่ทางผู้รับเหมาเลือกใช้ (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ก. ภาพที่ 8) จะเห็นว่าท่อ IMC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว (50 มิลลิเมตร) เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่หน้าตัดแล้วพบว่ามีขนาด ดังนี้

พื้นที่หน้าตัด $= \pi \times (25)^2 =$ 1963.5 ตร.มม.

ซึ่งขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อ IMC ขนาด 2" นี้ตรงตามความต้องการ คือ มากกว่า 1,951.83 ตร.มม.

ตารางที่ 3.6 ตารางโหลดที่ได้จากการคำนวณซ้ำ

CCT No.	Description	Connected load			Circuit Breaker			Conductors	Raceway
		A	B	C	Pole	AT	AF	Size (sq.mm.)/ Type	Size (mm.) Type
1	Alfa+Theta	14,824	14,824	14,824	3	100	100	4C-35(16) / VCT-G	150 / Duratray
2	Delta	4,706	4,706	4,706	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
3	SP	4,314	4,314	4,314	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
4	MCP	2,941	2,941	2,941	3	25	100	4C-4(4) / VCT-G	100 / Duratray
5	Spare	4,000	4,000	4,000	3	25	100		
6	Space								
Connected load		30,784	30,784	30,784	MAIN C.B. 3 P 200 AT/250 AF			Existing plug-in Busway	
Estimate current		134.00	134.00	134.00	Main feeder 4-1C-70 CV 0.6kV+ 1C-25(G.) IEC01			Busbar system: 250 A. Copper busbar	
Total load		92,353			RACE WAY IMC 50 mm			3-P 4-W 400/230 V. 50Hz.	

3.4.2) การควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าของสัญญา M-02/3

สัญญา M-02/3 เป็นสัญญาการจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ด้านกระบวนการผลิตก้นกรองบุหรี่ ซึ่งบริษัทผู้รับเหมาที่ดำเนินการของสัญญานี้ คือ บริษัท B โดยเครื่องจักรที่จะต้องจัดหาและติดตั้งนั้น ประกอบไปด้วยเครื่องจักร ดังนี้

1.) โมโนไลน์ (Monoline) ซึ่งเป็นชื่อเรียกของกลุ่มเครื่องจักรที่ทางบริษัทผู้รับเหมาพิจารณาให้ติดตั้งระบบไฟฟ้าด้วยกัน ประกอบด้วยเครื่องจักรต่างๆ ดังนี้ เครื่องสาวสำลี (Tow opener), เครื่องจักรผลิตก้นกรอง (Filter rod maker) และเครื่องจักรลำเลียง (Tray filter)

2.) เครื่องจักรเรียงลำดับ (First in first out reservoir)

3.) เครื่องจักรส่งจ่ายก้นกรอง (Filter rod feed station)

4.) เครื่องจักรบรรจุโหลด (Tray unloader)

ซึ่งทั้งนี้ในส่วนของกลุ่มเครื่องจักรโมโนไลน์จะมีด้วยกัน 8 ชุด , เครื่องบรรจุโหลด (Tray unloader) 2 เครื่อง , เครื่องส่งจ่ายก้นกรอง (Filter rod feed station) 2 เครื่อง , เครื่องเรียงลำดับ (First in first out reservoir) 4 เครื่อง

- การตรวจสอบรายการการคำนวณของสัญญา M02-3

การตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณจะเลือกใช้วิธีเดียวกับของสัญญา M02-2 นั่นคือ การจัดทำตารางโหลดขึ้นมาใหม่ แล้วเปรียบเทียบกับตารางโหลดเดิมว่าขนาดอุปกรณ์ที่พิจารณาได้มานั้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตารางที่ 3.7 ตารางโหลดของสัญญา M02-3 ที่ทางบริษัทผู้รับเหมาได้จัดทำ

NO	Description	Connected load			Conductor		Raceway	
		A	B	C	Size (mm^2)	Type	Size (mm.)	Type
1	Machines No.1	12,905	12,905	12,905	5C-35	NYY-J	65	IMC
2	Machines No.2	12,905	12,905	12,905	5C-35	NYY-J	65	IMC
3	Machines No.3	12,905	12,905	12,905	5C-35	NYY-J	65	IMC
4	Machines No.4	12,905	12,905	12,905	5C-35	NYY-J	65	IMC
5	Machines No.5	12,905	12,905	12,905	5C-35	NYY-J	65	IMC
6	FIFO reservoir	5,434	5,434	5,434	5C-16	NYY-J	50	IMC
7	Tray unloader	6,779	6,779	6,779	5C-16	NYY-J	50	IMC
8	Filter rod feed station	1,358	1,358	1,358	5C-16	NYY-J	50	IMC
9	FIFO reservoir	5,434	5,434	5,434	5C-16	NYY-J	50	IMC
10	Machines No.6	12,905	12,905	12,905	5C-16	NYY-J	65	IMC
11	Machines No.7	12,905	12,905	12,905	5C-16	NYY-J	65	IMC
12	FIFO reservoir	5,434	5,434	5,434	5C-16	NYY-J	50	IMC
13	Tray unloader	6,779	6,779	6,779	5C-16	NYY-J	50	IMC
14	Filter rod feed station	1,358	1,358	1,358	5C-16	NYY-J	50	IMC
15	FIFO reservoir	5,434	5,434	5,434	5C-16	NYY-J	50	IMC
16	Machines No.8	12,905	12,905	12,905	5C-16	NYY-J	65	IMC

ขั้นตอนในการจัดทำตารางโหลดจะมีลำดับขั้นตอนในการดำเนินการเหมือนกันกับสัญญา M02-2 อีกเช่นกัน เงื่อนไขที่เลือกใช้ในการเลือกขนาดสายไฟฟ้า หรือองค์ประกอบอื่นๆ ตามที่จะได้กล่าวในลำดับถัดไป

- พิจารณารายการโหลดที่ทางผู้รับเหมาทำการติดตั้งรวมถึงข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักร

ตารางที่ 3.8 รายการโหลดและค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องจักรตามที่ผู้รับเหมาใช้ในการคำนวณ

เครื่องจักร	ความต้องการกำลังไฟฟ้าจริง (Power Consumption: kW)
เครื่องสาวสำลี (Tow opener)	15
เครื่องผลิตก้นกรอง (Filter rod maker)	37
เครื่องลำเลียง (Tray filter)	5
เครื่องบรรจุโหลด (Tray unloader)	18
เครื่องส่งจ่ายก้นกรอง (Filter rod feed station)	6
เครื่องเรียงลำดับ (First in first out reservoir)	24

- คำนวณโหลด: การคำนวณโหลดจะเป็นการคำนวณเพื่อหากำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent power) ของโหลดแต่ละชนิด เพื่อหาผลรวมทั้งหมดของ กำลังไฟฟ้าปรากฏ เพื่อที่จะหาขนาดของสายป้อน plug in

พิจารณาขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏของเครื่องจักรทุกตัวภายใต้สัญญา M02-3 โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณหาขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏเหมือนกับที่ทางบริษัทผู้รับเหมาเลือกใช้

ข้อมูลสำหรับการออกแบบ

1.) การคำนวณเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2560 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

2.) ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 400/230 V 50 Hz แรงดันไฟฟ้าที่ใช้คำนวณ = 400 V, Power factor = 0.85

3.) อุณหภูมิโดยรอบสำหรับเดินสายในอากาศ 40 องศาเซลเซียส

แรกเริ่มที่จะพิจารณาจะเป็นในกลุ่มเครื่องจักรโมโนไลน์ (Monoline) ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องจักรทั้งสิ้น 3 ชนิดตามที่ได้ระบุไปในข้างต้น คือ เครื่องสาวสำลี (Tow opener), เครื่องผลิตก้นกรอง (Filter rod maker), เครื่องลำเลียง (Tray filter)

<u>เครื่องสาวสำลี (Tow opener)+ เครื่องผลิตก้นกรอง (Filter rod maker)+ เครื่องลำเลียง (Tray filter) : โมโนไลน์ (Monoline)</u> จากที่ระบุเอาไว้ตามตารางที่ 3.8 จะได้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องจักรภายในกลุ่ม Monoline เป็นดังนี้

เครื่องสาวสำลี (Tow opener)	มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง15 kW
เครื่องผลิตก้นกรอง (Filter rod maker)	มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง 37 kW
เครื่องลำเลียง (Tray filter)	มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง 5 kW

รวมแล้ว เครื่องจักรทั้งสามมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง 57 kW หรือคิดเป็น 57,000 W

คิดเป็น กำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) : $P = \sqrt{3}\ x\ VI\ x\ Cos\theta$ ..... (1)

$S = VI$ ..... (2)

จาก (1) จะได้ว่า $7{,}000 = \sqrt{3}\ x\ VI\ x\ 0.85$

$$VI = \frac{57{,}000}{\sqrt{3}\ x\ 0.85} = 38{,}716\ VA$$

จาก (2) จะได้ว่า $S = 38{,}716\ VA$

เพื่อให้ง่ายต่อการกระจายเฟสจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ เป็น 38,716 VA ซึ่งเนื่องจากเป็นโหลด 3 เฟส จึงต้องมีการแบ่งโหลดไปทั้งสามเฟสให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (แต่ละเฟสไม่ควรต่างกันเกิน 25%) ซึ่งจะได้ค่า กำลังไฟฟ้าปรากฏในแต่ละเฟสเป็น $\frac{38{,}716}{3}$ = 12,905 VA

<u>เครื่องบรรจุโหลด (Tray unloader) :</u> จากที่ระบุเอาไว้เครื่องบรรจุโหลดมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง (P) 18 kW หรือคิดเป็น 18,000 W

คิดเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (S): $P = \sqrt{3}\ x\ VI\ x\ Cos\theta$ ..... (1)

$S = VI$ ..... (2)

จาก (1) จะได้ว่า $18{,}000 = \sqrt{3}\ x\ VI\ x\ 0.85$

$$VI = \frac{18{,}000}{\sqrt{3}\ x\ 0.85} = 12{,}226.24\ VA$$

จาก (2) จะได้ว่า $S = 12{,}226.24\ VA$

เพื่อให้ง่ายต่อการกระจายเฟสจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏเป็น 12,226.24 VA ซึ่งเนื่องจากเป็นโหลด 3 เฟส จึงต้องมีการแบ่งโหลดไปทั้งสามเฟสให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (แต่ละเฟสไม่ควรต่างกันเกิน 25%) ซึ่งจะได้ค่า กำลังไฟฟ้าปรากฏในแต่ละเฟสเป็น $\frac{12{,}226.24}{3}$ = 4,075.41 VA

<u>เครื่องเรียงลำดับ (First in first out reservoir) :</u> ระบุเอาไว้ว่าเครื่องเรียงลำดับมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง (P) 24 kW หรือคิดเป็น 24,000 W

คิดเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (S): $P = \sqrt{3}\ x\ VI\ x\ Cos\theta$ ..... (1)

$S = VI$ ..... (2)

จาก (1) จะได้ว่า $24{,}000 = \sqrt{3}\ x\ VI\ x\ 0.85$

$$VI = \frac{24{,}000}{\sqrt{3}\ x\ 0.85} = 16{,}301.65\ VA$$

จาก (2) จะได้ว่า $S = 16{,}301.65\ VA$

เพื่อให้ง่ายต่อการกระจายเฟสจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ เป็น 16,301.65 VA ซึ่งเนื่องจากเป็นโหลด 3 เฟส จึงต้องมีการแบ่งโหลดไปทั้งสามเฟสให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (แต่ละเฟสไม่ควรต่างกันเกิน 25%) ซึ่งจะได้ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏในแต่ละเฟสเป็น $\frac{16,301.65}{3}$ = 5,433.88 VA

<u>เครื่องส่งจ่ายก้นกรอง (Filter rod feed station) :</u> จากที่ระบุเอาไว้เครื่องส่งจ่ายก้นกรองมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง (P) 6 kW หรือคิดเป็น 6,000 W

คิดเป็นกำลังฟ้าปรากฏ (S): $P = \sqrt{3} \times VI \times \cos\theta$ ..... (1)

$S = VI$ ..... (2)

จาก (1) จะได้ว่า $6,000 = \sqrt{3} \times VI \times 0.85$

$$VI = \frac{6,000}{\sqrt{3}\, x\, 0.85} = 4,075.41 \text{ VA}$$

จาก (2) จะได้ว่า $S = 4,075.41$ VA

เพื่อให้ง่ายต่อการกระจายเฟสจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏเป็น 4,075.41 VA ซึ่งเนื่องจากเป็นโหลด 3 เฟส จึงต้องมีการแบ่งโหลดไปทั้งสามเฟสให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (แต่ละเฟสไม่ควรต่างกันเกิน 25%) ซึ่งจะได้ค่า กำลังไฟฟ้าปรากฏในแต่ละเฟสเป็น $\frac{4,075.41}{3}$ = 1,358.47 VA

- พิจารณาเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์: ในขั้นตอนนี้ทางบริษัทผู้รับเหมาไม่ได้เป็นคนพิจารรา ทั้งนี้เนื่องจากว่า เครื่องจักรของสัญญา M02-3 นั้น เป็นเครื่องจักรที่มีการเชื่อมต่อภายในมาสมบูรณ์อยู่แล้ว (Complete set) มาในตัวอยู่แล้ว นั้นคือ ได้มีการประกอบตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์เอาไว้ที่ตัวเครื่องจักรอยู่แล้ว จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งในส่วนนี้เพิ่มเติมไปอีก
- พิจารณาเลือกขนาดสายไฟฟ้า: ขั้นตอนนี้ของสัญญา M02-3 นั้น จะแตกต่างจากสัญญา M02-2 ทั้งนี้เป็นผลมาจากสัญญานี้ไม่พิจารณาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ดังนั้นกระแสที่นำมาใช้เลือกขนาดสายไฟฟ้า จึงเป็นกระแสโหลดเต็มที่ที่ผ่านการเผื่อไว้แล้ว 25% ของเครื่องจักรนั่นเอง

<u>กระแสโหลดเต็มที่ของกลุ่มเครื่องจักรโมโนไลน์ (Monoline) :</u>

กระแสโหลดเต็มที่ สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta$$

$$I_L = \frac{S_{3\emptyset}}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos\theta} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของ กลุ่มเครื่องจักรโมโนไลน์เป็น 38,716 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{38,716}{\sqrt{3} \times 400\, x\, 0.85}$ = 65.74 A

อย่างที่ได้ระบุไว้เบื้องต้น คือ กระแสที่จะนำไปเลือกขนาดสายไฟฟ้านั้นจะเป็นกระแสของโหลดแล้วคิดค่ากระแสเผื่อ (ตามที่ได้กล่าวเหตุผลไปแล้วในส่วนการคำนวณตารางโหลดของสัญญา M02-2)

จึงได้ว่ากระแสของโหลดเมื่อคิดค่าเผื่อกระแสแล้วจะเป็น 65.74 x 1.25 = 82.175 A

<u>ดังนั้น</u> กระแสที่ใช้ขนาดสายไฟฟ้าของกลุ่มเครื่องจักร Monoline คือ 82.175 A

ในการเลือกขนาดสายไฟฟ้าของสัญญา M02-3 นั้น ทางบริษัทผู้รับเหมาพิจารณาเลือกใช้ตารางของทางบริษัทผู้ผลิตสายไฟฟ้าแทนตารางจากหนังสือมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

ตารางที่ 3.9 ขนาดสายไฟฟ้าที่ทางผู้รับเหมานำมาใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการเลือกขนาดสายไฟฟ้า

size	Insulation thickness mm.	Outer diameter mm.	Weight Kg/Km	Current carrying capacity during normal operation in ground (1) A	Current carrying capacity free in air (2) A	Short circuit current (Conductor) kA
4x10RE	1	19	750	79	59	1.15
4x16RE	1	21	1100	102	79	1.84
4x25RM	2.2	26	1600	133	106	2.87
4x35SM	1.2	26	1750	159	129	2.03
4x50SM	2.4	30	2300	188	157	4.03
4x70SM	1.4	34	3150	232	199	5.75
4x95SM	1.6	36	4250	280	246	8.05
4x120SM	1.6	42	5250	316	285	10.9
4x150SM	1.8	46	6400	359	326	13.8
4x185SM	2	51	7900	406	374	17.2
5x1.5RE	0.6	14	300	27	19.5	21.3
5x2.5RE	0.8	15	365	36	25	0.173
5X4RE	1	17	500	47	34	0.287
5x6RE	1	19	680	59	43	0.46
5x10RE	1	21	930	79	59	0.69
5x16RE	1	23	1250	102	79	1.15
5x25RM	1.2	29	1950	133	106	1.84
5x35RM	1.2	31	2450	159	129	2.87
5x50RM	1.4	37	3300	188	157	4.3
7x1.5RE	0.8	14	390	27	19.5	5.75
7x2.5RE	0.6	16	510	36	25	0.173

ซึ่งจากตาราง 3.9 จะเห็นว่ามีสายไฟฟ้าสองขนาดที่สามารถนำมาใช้งานได้ แต่ทั้งนี้ทางผู้รับเหมาได้พิจารณาเลือกใช้สายขนาด 35 ตร.มม. โดยใช้ตัวคูณลดเข้ามาใช้งานด้วย ดังนั้นในการพิจารณาตรวจสอบขนาดสายไฟฟ้าดังกล่าว จึงจำเป็นต้องใช้เงื่อนไขเดียวกัน ซึ่ง ณ ที่นี้ก็คือ ใช้ตัวคูณลดในการเลือกขนาดสายไฟฟ้าด้วย

สายไฟฟ้าเมื่อใช้งานไปช่วงระยะเวลาหนึ่งความสามารถในการนำกระแสของสายไฟฟ้าจะลด ประสิทธิภาพลง ดังนั้นขั้นตอนหนึ่งที่สามารถนำมาร่วมพิจารณาเลือกขนาดสายไฟฟ้าได้ คือ การคูณ ความสามารถในการนำกระแสของสายฟ้าด้วยตัวคูณลด (demand factor) เพื่อให้ทั้งนี้เราสามารถเลือกใช้ สายไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งในครั้งนี้ทางผู้รับเหมาพิจารณาใช้ตัวคูณลดขนาด 0.8

จากตาราง 3.9 จะเห็นว่าก่อนพิจารณาใช้ตัวคูณลดนั้นจะมีขนาดสายไฟฟ้าสองขนาดที่สามารถใช้งาน ได้ คือ ขนาด 25 ตร.มม. และ 35 ตร.มม. แต่เมื่อใช้ตัวคูณลด 0.8 ได้ผลการคำนวณ ดังนี้

สายไฟฟ้าขนาด 25 ตร.มม.

สายไฟฟ้าขนาดนี้สามารถทกระแสไฟฟ้าได้	106 A
ตัวคูณลด	0.8
ดังนั้นสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้	84.8 A
ต่างจากความต้องการใช้อยู่	2.625 A

สายไฟฟ้าขนาด 35 ตร.มม.

สายไฟฟ้าขนาดนี้สามารถทกระแสไฟฟ้าได้	129 A
ตัวคูณลด	0.8
ดังนั้นสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้	103.2 A
ต่างจากความต้องการใช้อยู่	21.025 A

ซึ่งพิจารณาแล้วว่าเมื่อใช้ไปช่วงระยะเวลาหนึ่งสายไฟฟ้าขนาด 35 ตร.มม. มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จึงพิจารณาเลือกใช้

กระแสโหลดเต็มที่ของกลุ่มเครื่องจักรบรรจุโหลด (Tray unloader) :

กระแสโหลดเต็มที่ สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta$$

$$I_L = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos\theta} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของ กลุ่มเครื่องจักรบรรจุโหลด (Tray unloader) เป็น 12,226.24 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{12{,}226.24}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85} = 20.76$ A

อย่างที่ได้ระบุไว้เบื้องต้น คือ กระแสที่จะนำไปเลือกขนาดสายไฟฟ้านั้นจะเป็นกระแสของโหลดแล้วคิดค่ากระแสเผื่อ (ตามที่ได้กล่าวเหตุผลไปแล้วในส่วนการคำนวณตารางโหลดของสัญญา M02-2) จึงได้ว่ากระแสของโหลดเมื่อคิดค่าเผื่อกระแสแล้วจะเป็น 20.76 x 1.25 = 25.95 A

ดังนั้น กระแสที่ใช้เลือกขนาดสายไฟฟ้าของเครื่องจักรเทรย์ อันโหลดเดอร์ (Tray unloader) คือ 25.95 A

จากตารางที่ 3.9 จะเห็นว่าก่อนพิจารณาใช้ตัวคูณลดนั้นจะมีขนาดสายไฟฟ้าสองขนาดที่สามารถใช้งาน ได้ คือ ขนาด 10 ตร.มม. และ 16 ตร.มม.

ซึ่งจากที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้นว่าในการทำงานของสัญญา M02-3 ทางบริษัทผู้รับเหมาพิจารณาใช้ตัวแฟคเตอร์คูณลดเข้ามาช่วยในการพิจารณาขนาดสายไฟฟ้าด้วย โดยใช้ตัวคูณลด 0.8 เหมือนกันกับกลุ่มเครื่องจักรโมโนไลน์ (Monolines) ได้ผลการคำนวณ ดังนี้

สายไฟฟ้าขนาด 10 ตร.มม.

สายไฟฟ้าขนาดนี้สามารถทกระแสไฟฟ้าได้	59 A
ตัวคูณลด	0.8
ดังนั้นสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้	47.2 A
ต่างจากความต้องการใช้อยู่	21.25 A

สายไฟฟ้าขนาด 16 ตร.มม.

สายไฟฟ้าขนาดนี้สามารถทกระแสไฟฟ้าได้	79 A
ตัวคูณลด	0.8
ดังนั้นสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้	63.2 A
ต่างจากความต้องการใช้อยู่	53.05 A

ซึ่งพิจารณาแล้วว่าเมื่อใช้ไปช่วงระยะเวลาหนึ่งสายไฟฟ้าขนาด 16 ตร.มม. มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จึงพิจารณาเลือกใช้

กระแสโหลดเต็มที่ของกลุ่มเครื่องจักรเรียงลำดับ (First in first out reservoir) :

กระแสโหลดเต็มที่ สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta$$

$$I_L = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos\theta} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของ กลุ่มเครื่องจักรเรียงลำดับ เป็น 16,301.65 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{16{,}301.65}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85} = 29.41$ A

ตามที่ได้กล่าวไป จึงได้ว่ากระแสของโหลดเมื่อคิดค่าเผื่อกระแสแล้วจะเป็น 29.41 x 1.25 = 36.7625 A

ดังนั้น กระแสที่ใช้เลือกขนาดสายไฟฟ้าของกลุ่มเครื่องจักรเรียงลำดับ คือ 36.7625 A

กระแสโหลดเต็มที่ของกลุ่มเครื่องจักรส่งจ่ายก้นกรอง (Filter rod feed station) :

กระแสโหลดเต็มที่ สามารถหาได้จาก

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta$$

$$I_L = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos\theta} \quad \text{..... (1)}$$

$S_{3\Phi}$ ของ กลุ่มเครื่องจักรส่งจ่ายก้นกรอง เป็น 4,075.41 VA

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า $I_L = \frac{4{,}075.41}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85} = 6.92$ A

ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว จึงได้ว่ากระแสของโหลดเมื่อคิดค่าเผื่อกระแสแล้วจะเป็น 6.92 x 1.25 = 8.65 A

ดังนั้น กระแสที่ใช้เลือกขนาดสายไฟฟ้าของกลุ่มเครื่องจักรส่งจ่ายก้นกรอง คือ 8.65 A

จะเห็นว่าเครื่องจักรทั้งสองจะมีขนาดกระแสไฟฟ้าที่ใช้เลือกสายไฟฟ้าเป็น 36.7625 และ 8.65 ซึ่งจากจากตารางที่ 3.9 จะเห็นว่าสามารถเลือกใช้สายไฟฟ้าได้หลายขนาด แต่ทั้งนี้ทางผู้รับเหมาได้พิจารณาเลือกใช้สายขนาด 16 ตร.มม. ด้วยเหตุผลในด้านราคาค่าใช้จ่ายที่เมื่อเลือกซื้อสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันทั้งหมดจะได้ในราคาที่ถูกลงทั้งในด้านสายไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

- พิจาณาขนาดท่อ (IMC) ที่ใช้ในการเดินสาย: ข้อกำหนดของการเดินสายในท่อเดินสายคือ พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้าต้องไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

สองข้อมูลที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมกันเพื่อเลือกขนาดท่อ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวนของสายฟ้าและขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อที่พิจารณาเลือกใช้

ตารางที่ 3.10 ขนาดท่อที่ทางผู้รับเหมาสัญญา M02-3 ได้พิจารณาเลือกใช้

ขนาด Nominal size		เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (มม.)	ความหนาผนังท่อ (มม.)	ความยาวท่อไม่รวมข้อต่อ (มม.)	มวลต่ำสุดของท่อรวมข้อต่อ 10 ท่อน (กก.)
Trade size (In)	Trade size (mm.)	Outside diameter (mm.)	Wall thickness (mm.)	Length without coupling (mm.)	Minimum weight of Ton unit length with coupling (kg.)
½	16	20.7	1.79	3030	25.4
¾	20	26.1	1.90	3030	34.6
1	25	32.8	2.16	3025	49.9
1 ¼	32	41.6	2.16	3025	64.3
1 ½	40	47.8	2.29	3025	79.1
2	50	59.9	2.41	3025	106.2
2 ½	60	72.6	3.00	3010	186.2
3	80	88.3	3.56	3010	229.0
3 ½	90	100.9	3.56	3005	268.0
4	100	113.4	3.56	3005	296.1

จากในหัวข้อก่อนหน้าซึ่งได้กล่าวถึงการพิจารณาเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้าของเครื่องจักรไปแล้วนั้น จะเห็นว่าสายไฟฟ้าที่ใช้งานมีเพียง 2 ขนาด คือ 35 ตร.มม. และขนาด 16 ตร.มม. ซึ่งทั้งนี้ลักษณะการเดินสายไฟฟ้าจากปลั๊กอินที่เชื่อมต่อกับบัสเวย์ไปยังตัวเครื่องจักรนั้น จะเป็นการพิจารณาให้เดินด้วยท่อประเภท IMC ทั้งนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาขนาดท่อที่ใช้เดินสาย เพื่อให้ได้ขนาดของท่อที่ถูกต้องเหมาะสม

<u>จากข้อกำหนด</u>: พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าทุกเส้นต้องมีขนาดไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

<u>ขนาดท่อที่ใช้กับสายไฟฟ้าขนาด 35 ตร.มม.</u>

เส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวน (Cable overall diameter) : 31 มม.

ขนาดพื้นที่หน้าตัด (Cross section area) : 754.764 ตร.มม.

จึงได้ว่า พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า $\leq 0.4 \times$ พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

$754.764 \leq 0.4 \times$ พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย $\geq \frac{754.764}{0.4} \geq 1{,}887$ ตร.มม.

<u>ดังนั้น</u> พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสายควรมากกว่าหรือเท่ากับ 1,887 ตร.มม.

จากตารางที่ 3.10 จะเห็นว่าท่อร้อยสายขนาดตั้งแต่ 2" ขึ้นไปสามารถนำมาเดินสายได้ (ท่อขนาด 2" มีพื้นที่หน้าตัด 1,963.5 ตร.มม.) แต่ทั้งนี้ผู้รับเหมาเลือกใช้ท่อร้อยสายขนาด 2.5" เพื่อโหลดในอนาคต ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงขนาดพื้นที่หน้าตัดจะเป็น ดังนี้

ท่อ IMC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว (65 มิลลิเมตร) เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่หน้าตัดแล้วพบว่ามีขนาด ดังนี้ พื้นที่หน้าตัด $= \pi r^2 = \pi \times (32.5)^2 = 3{,}318$ ตร.มม.

จะเห็นขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อ IMC ขนาด 2.5" นี้ตรงตามความต้องการ คือ มากกว่า 3,318 ตร.มม.

<u>ขนาดท่อที่ใช้กับสายไฟฟ้าขนาด 16 ตร.มม.</u>

เส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวน (Cable overall diameter) : 23 มม.

ขนาดพื้นที่หน้าตัด (Cross section area) : 415 ตร.มม.

จึงได้ว่า พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า $\leq 0.4 \times$ พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

$415 \leq 0.4 \times$ พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย

พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสาย $\geq \frac{415}{0.4} \geq 1{,}037.5$ ตร.มม.

<u>ดังนั้น</u> พื้นที่หน้าตัดของท่อเดินสายควรมากกว่าหรือเท่ากับ 1,037.5 ตร.มม.

จากตารางที่ 3.10 จะเห็นว่าท่อร้อยสายขนาดตั้งแต่ 1.5"ขึ้นไปสามารถนำมาเดินสายได้ (ท่อขนาด 1.5" มีพื้นที่หน้าตัด 1,256.64 ตร.มม.) แต่ทั้งนี้ผู้รับเหมาเลือกใช้ท่อร้อยสายขนาด 2" เพื่อโหลดในอนาคต ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงขนาดพื้นที่หน้าตัดจะเป็น ดังนี้

ท่อ IMC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 " (50 มิลลิเมตร) เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่หน้าตัดแล้วพบว่ามีขนาด ดังนี้

พื้นที่หน้าตัด $= \pi r^2 = \pi \times (25)^2 = 1{,}963.5$ ตร.มม.

จะเห็นขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อ IMC ขนาด 2" นี้ตรงตามความต้องการ คือ มากกว่า 1,963.5 ตร.มม.

ตารางที่ 3.11 ตารางโหลดที่ได้จากการคำนวณซ้ำของสัญญา M02-3

CCT. No.	Description	Connected load (VA)			Conductors	Raceway
		A	B	C	Size (sq.mm.)/Type	Size (mm.)/Type
1	Monoline1	12,905	12,905	12,905	5C-35 / NYY-J	65 / IMC
2	Monoline2	12,905	12,905	12,905	5C-35 / NYY-J	65 / IMC
3	Monoline3	12,905	12,905	12,905	5C-35 / NYY-J	65 / IMC
4	Monoline4	12,905	12,905	12,905	5C-35 / NYY-J	65 / IMC
5	Monoline5	12,905	12,905	12,905	5C-35 / NYY-J	65 / IMC
6	First in first out reservoir	5,434	5,434	5,434	5C-16 / NYY-J	50 / IMC
7	Tray unloader	6,779	6,779	6,779	5C-16 / NYY-J	50 / IMC
8	Filter rod feed station	1,358	1,358	1,358	5C-16 / NYY-J	50 / IMC
9	First in first out reservoir	5,434	5,434	5,434	5C-16 / NYY-J	50 / IMC
10	Monoline6	12,905	12,905	12,905	5C-35 / NYY-J	65 / IMC
11	Monoline7	12,905	12,905	12,905	5C-35 / NYY-J	65 / IMC
12	First in first out reservoir	5,434	5,434	5,434	5C-16 / NYY-J	50 / IMC
13	Tray unloader	6,779	6,779	6,779	5C-16 / NYY-J	50 / IMC
14	Filter rod feed station	1,358	1,358	1,358	5C-16 / NYY-J	50 / IMC
15	First in first out reservoir	5,434	5,434	5,434	5C-16 / NYY-J	50 / IMC
16	Monoline8	12,905	12,905	12,905	5C-35 / NYY-J	65 / IMC

เมื่อพิจารณารายการการคำนวณและรายการวัสดุที่จะใช้ว่ามีความสอดคล้องกัน ก็จะมีการอนุมัติให้สามารถดำเนินการได้ เมื่อมีการเริ่มดำเนินการ หน้าที่ของกลุ่มที่ปรึกษาจะเป็นการติดตามการทำงานของผู้รับเหมา ว่างานที่ได้ดำเนินการไปนั้นตรงกันกับเอกสารที่ได้นำเสนอไปก่อนหน้าหรือไม่

3.5 การติดตามการติดตั้งระบบไฟฟ้า

ในการติดตามการดำเนินการติดตั้งระบบไฟฟ้านั้น เอกสารที่มีความจำเป็นต่อการติดตามคือแบบ Shop drawing เนื่องจากจะเป็นเอกสารที่บอกว่าการดำเนินการติดตั้งไฟฟ้าจะดำเนินการอย่างไร มีรายละเอียดอย่างไร ซึ่งสัญญาทั้งสองมีการดำเนินการโดยใช้เอกสารแบบเดียวกัน

บทที่ 4
ผลการดำเนินการ

4.1) สัญญา M02-2

เมื่อได้ดำเนินการตรวจสอบการคำนวณของทั้งสองสัญญา ขั้นตอนถัดมาจะเป็นการเปรียบเทียบผลระหว่างขนาดอุปกรณ์ที่ผู้รับเหมาพิจารณาเลือกใช้กับที่ได้จากการทวนการคำนวณ

ตารางที่ 4.1 ตารางโหลดที่ผู้รับเหมาของสัญญา M02-2 เป็นผู้จัดทำ

CCT No.	Description	Connected load			Circuit Breaker			Conductors	Raceway
		A	B	C	Pole	AT	AF	Size (sq.mm.)/ Type	Size (mm.) Type
1	Alfa+Theta	14,824	14,824	14,824	3	100	100	4C-35(16) / VCT-G	150 / Duratray
2	Delta	4,706	4,706	4,706	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
3	SP	4,314	4,314	4,314	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
4	MCP	2,941	2,941	2,941	3	25	100	4C-4(4) / VCT-G	100 / Duratray
5	Spare	4,000	4,000	4,000	3	25	100		
6	Space								
Connected load		30,784	30,784	30,784	MAIN C.B. 3 P 200 AT/250 AF			Connected to: Existing plug-in Busway	
Estimate current		134.00	134.00	134.00	Main feeder 4-1C-70 CV 0.6kV + 1C-25(G.) IEC01			Busbar system: 250 A. Copper busbar	
Total load		92,353			RACE WAY IMC 50 mm			3-P 4-W 400/230 V. 50Hz.	

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงตารางโหลดที่ได้จากการทวนการคำนวณ

CCT No	Description	Connected load			Circuit Breaker			Conductors	Raceway
		A	B	C	Pole	AT	AF	Size (sq.mm.)/ Type	Size (mm.) Type
1	Alfa+ Theta	14,824	14,824	14,824	3	100	100	4C-35(16) / VCT-G	150 / Duratray
2	Delta	4,706	4,706	4,706	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
3	SP	4,314	4,314	4,314	3	32	100	4C-6(6) / VCT-G	100 / Duratray
4	MCP	2,941	2,941	2,941	3	25	100	4C-4(4) / VCT-G	100 / Duratray
5	Spare	4,000	4,000	4,000	3	25	100		
6	Space								
Connected load		30,784	30,784	30,784	MAIN C.B. 3 P 200 AT/250 AF			Connected to: Existing plug-in Busway	
Estimate current		134.00	134.00	134.00	Main feeder 4-1C-70 CV 0.6kV + 1C-25(G.) IEC01			Busbar system: 250 A. Copper busbar	
Total load		92,353			RACE WAY IMC 50 mm			3-P 4-W 400/230 V. 50Hz.	

จากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 จะเห็นว่า อุปกรณ์ที่ต้องนำมาเปรียบเทียบผลการคำนวณนั้น จะมีด้วยกัน 3 ชนิด คือ ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟฟ้า และขนาดอุปกรณ์เดินสาย

- ผลการเปรียบเทียบตารางโหลดในส่วนของเซอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ระหว่างผู้รับเหมาและที่ได้จากการทวนการคำนวณ

เครื่องจักร	ขนาด CB จากตารางผู้รับเหมา		ขนาด CBการทวนการคำนวณ		ผลการเปรียบเทียบ	
	AT	AF	AT	AF	เหมือน	ไม่เหมือน
Alfa + Theta	100	100	100	100	✓	
Delta	32	100	32	100	✓	
SP	32	100	32	100	✓	
MCP	25	100	25	100	✓	
สายป้อน	200	250	200	250	✓	

- ผลการเปรียบเทียบตารางโหลดในส่วนของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบขนาดสายไฟฟ้าระหว่างผู้รับเหมาและที่ได้จากการทวนการคำนวณ

เครื่องจักร	ขนาดสายไฟฟ้าจากตารางของผู้รับเหมา	ขนาดสายไฟฟ้าจากการทวนการคำนวณ	ผลการเปรียบเทียบ	
			เหมือน	ไม่เหมือน
Alfa + Theta	4C-35(16) mm^2 VCT-G	4C-35(16) mm^2 VCT-G	✓	
Delta	4C-6(6) mm^2 VCT-G	4C-6(6) mm^2 VCT-G	✓	
SP	4C-6(6) mm^2 VCT-G	4C-6(6) mm^2 VCT-G	✓	
MCP	4C-6(4) mm^2 VCT-G	4C-6(4) mm^2 VCT-G	✓	
สายป้อน	4-1C-70 CV 0.6 kV + 1C-25(G),IEC-01	4-1C-70 CV 0.6 kV + 1C-25(G),IEC-01	✓	

- ผลการเปรียบเทียบตารางโหลดในส่วนของอุปกรณ์เดินสาย

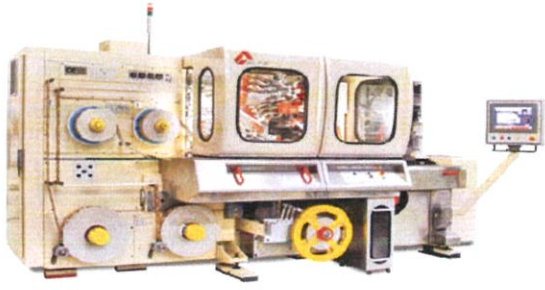
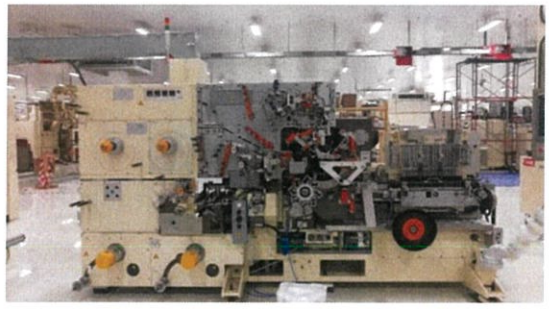
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบขนาดอุปกรณ์เดินสายระหว่างผู้รับเหมาและที่ได้จากการทวนการคำนวณ

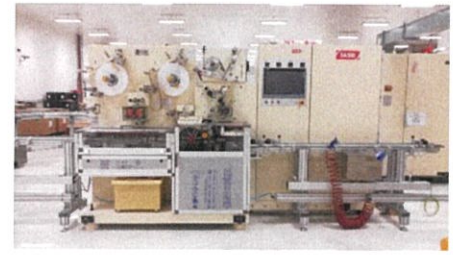
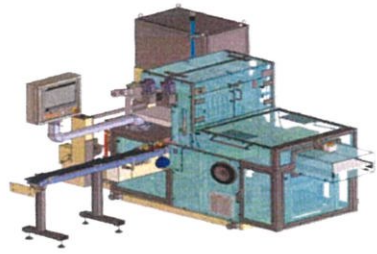
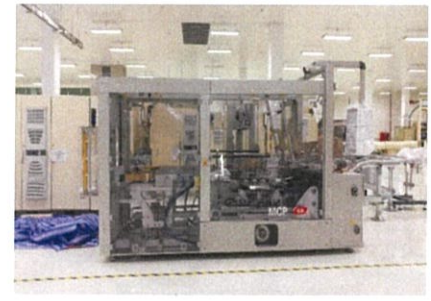
เครื่องจักร	ขนาดจากตาราง ผู้รับเหมา	ขนาดจาก การทวนการคำนวณ	ผลการเปรียบเทียบ	
			เหมือน	ไม่เหมือน
Alfa + Theta	150 mm. Duratray	150 mm. Duratray	✓	
Delta	100 mm. Duratray	100 mm. Duratray	✓	
SP	100 mm. Duratray	100 mm. Duratray	✓	
MCP	100 mm. Duratray	100 mm. Duratray	✓	
สายป้อน	50 mm. IMC (Conduit)	50 mm. IMC (Conduit)	✓	

หลังจากพิจารณาเปรียบเทียบผลที่ได้ตามตารางที่ 4.1 ตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 เมื่อเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสอดคล้องกัน ทางกลุ่มที่ปรึกษาก็จะอนุมัติให้ทางผู้รับเหมาดำเนินการตามหน้างานจริงได้

- ผลการตรวจสอบหน้างานในส่วนของเครื่องจักร

ตารางที่ 4.6 แสดงรายการเครื่องจักรเปรียบเทียบระหว่างรายชื่อในเอกสารกับที่ติดตั้งหน้างานจริง

รายการเครื่องจักรตามที่ระบุในเอกสาร	รายการเครื่องจักรตามหน้างาน
 Alfa	 Alfa
Theta	Theta

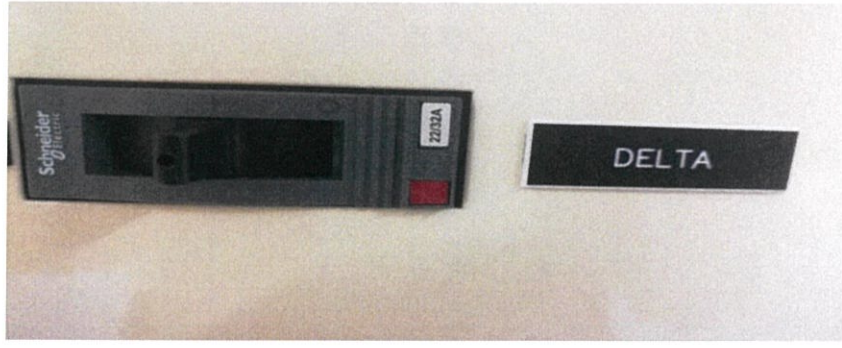
รายการเครื่องจักรตามที่ระบุในเอกสาร	รายการเครื่องจักรตามหน้างาน
 Delta	 Delta
 SP	 SP
 MCP	 MCP

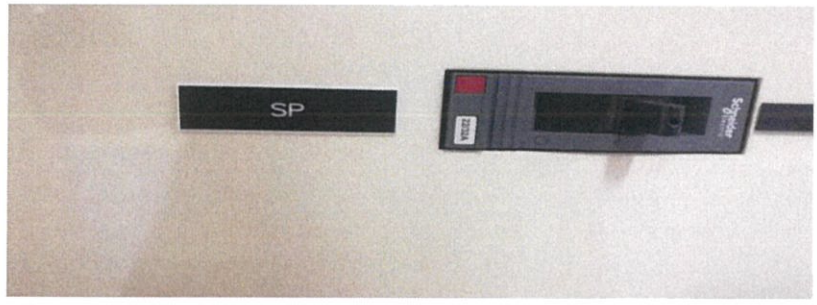
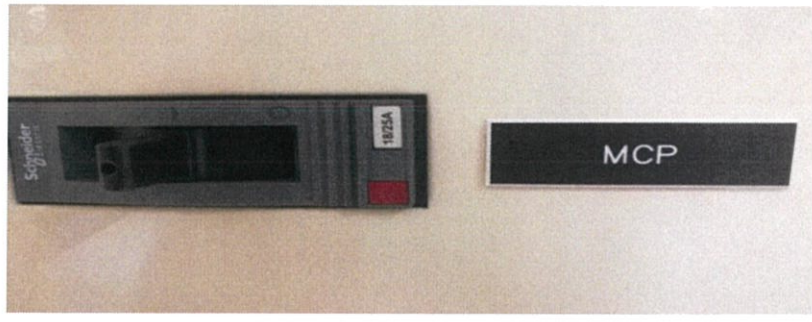
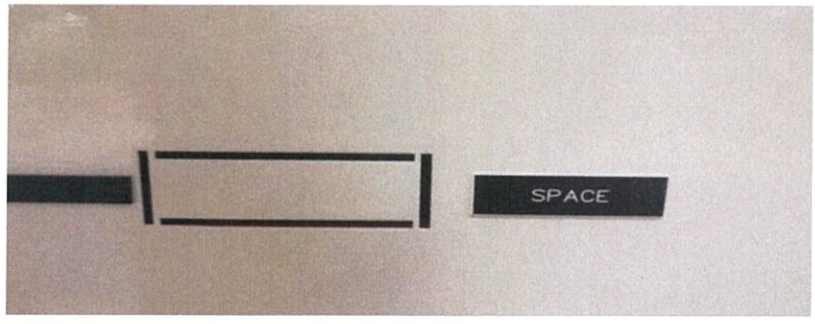
- ผลการตรวจสอบหน้างานในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้ง

ภาพที่ 4.1 ตู้เมนไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมระบบไฟฟ้าให้กับเครื่องจักรของสัญญา M02-2 1 ไลน์

- เซอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางที่ 4.7 แสดงขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่พิจารณาเลือกใช้และที่ใช้งานจริง

ขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่พิจารณาเลือกใช้	ขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่ใช้หน้างานจริง
ขนาดเซอร์กิตป้องกันกระแสเกินให้ตู้เมนไฟฟ้า AT 200 AF 250	
ขนาดเซอร์กิตป้องกันกระแสเกินให้กับ Alfa + Theta AT 100 AF 100	
ขนาดเซอร์กิตป้องกันกระแสเกินให้กับ Delta AT 100 AF 100	

ขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่พิจารณาเลือกใช้	ขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่ใช้หน้างานจริง
ขนาดเซอร์กิตป้องกันกระแสเกินให้กับ SP AT 32 AF 100	
ขนาดเซอร์กิตป้องกันกระแสเกินให้กับ MCP AT 32 AF 100	
ขนาดเซอร์กิตป้องกันกระแสเกินให้กับ SPARE AT 32 AF 100	
ขนาดเซอร์กิตป้องกันกระแสเกินให้กับ SPACE AT 32 AF 100	

- สายไฟฟ้า

ตารางที่ 4.8 แสดงขนาดสายไฟฟ้าที่พิจารณาเลือกใช้และที่ใช้งานจริง

ขนาดสายไฟฟ้าที่พิจารณาเลือกใช้	ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้หน้างานจริง
สายไฟฟ้าที่เดินไปยังตู้เมนไฟฟ้า สายเมน CV 4(1x70 sq.mm.) สายกราวนด์ IEC01 25 sq.mm.	
สายไฟฟ้าที่เดินสายไปยัง Alfa + theta สาย VCT-G 4x35(16) sq.mm.	

ขนาดสายไฟฟ้าที่พิจารณาเลือกใช้	ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้หน้างานจริง
สายไฟฟ้าที่เดินสายไปยัง Delta สาย VCT-G 4x6(6) sq.mm.	
สายไฟฟ้าที่เดินสายไปยัง SP สาย VCT-G 4x6(6) sq.mm.	
สายไฟฟ้าที่เดินสายไปยัง MCP สาย VCT-G 4x4(4) sq.mm.	

4.2) สัญญา M02-3

จากตารางโหลดที่ได้จากผู้รับเหมา (ตารางที่ 3.7) และตารางที่ได้จากการทวนการคำนวณ (ตารางที่ 3.11) เมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดสายฟ้าและอุปกรณ์เดินสายได้ผล ดังนี้

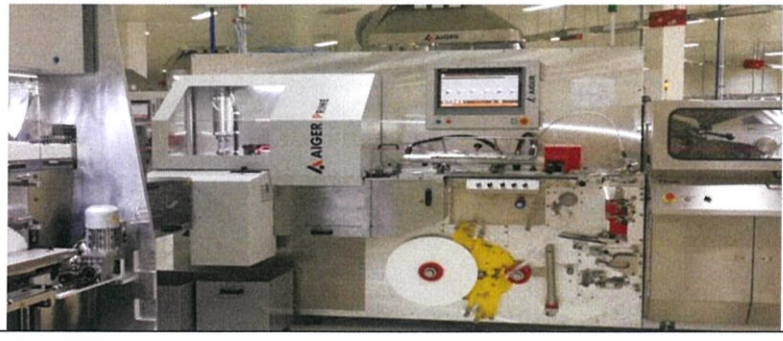
ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงการเปรียบเทียบขนาดสายไฟฟ้าและอุปกรณ์เดินสาย

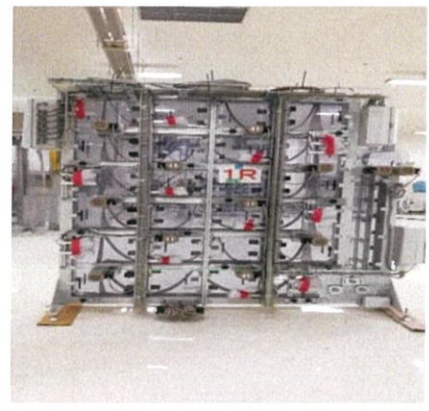
No	Description	Connected load			Contractor	Consult	Compare	
		A	B	C	Conduct & Raceway Size/type mm^2/mm	Conduct & Raceway Size/type mm^2/mm	Same	Un same
1	Machine 1	12905	12905	12905	5C-35 NYY-J /65 IMC	5C-35 NYY-J /65 IMC	✓	
2	Machine 2	12905	12905	12905	5C-35 NYY-J /65 IMC	5C-35 NYY-J /65 IMC	✓	
3	Machine 3	12905	12905	12905	5C-35 NYY-J /65 IMC	5C-35 NYY-J /65 IMC	✓	
4	Machine 4	12905	12905	12905	5C-35 NYY-J /65 IMC	5C-35 NYY-J /65 IMC	✓	
5	Machine 5	12905	12905	12905	5C-35 NYY-J /65 IMC	5C-35 NYY-J /65 IMC	✓	
6	FIFO reservoir	5434	5434	5434	5C-16 NYY-J /50 IMC	5C-16 NYY-J /50 IMC	✓	
7	Tray unloader	4075	4075	4075	5C-16 NYY-J /50 IMC	5C-16 NYY-J /50 IMC	✓	
8	Filter rod feed station	1358	1358	1358	5C-16 NYY-J /50 IMC	5C-16 NYY-J /50 IMC	✓	
9	FIFO reservoir	5434	5434	5434	5C-16 NYY-J /50 IMC	5C-16 NYY-J /50 IMC	✓	
10	Machine 6	12905	12905	12905	5C-35 NYY-J /65 IMC	5C-35 NYY-J /65 IMC	✓	
11	Machine 7	12905	12905	12905	5C-35 NYY-J /65 IMC	5C-35 NYY-J /65 IMC	✓	
12	FIFO reservoir	5434	5434	5434	5C-16 NYY-J /50 IMC	5C-16 NYY-J /50 IMC	✓	
13	Tray unloader	4075	4075	4075	5C-16 NYY-J /50 IMC	5C-16 NYY-J /50 IMC	✓	
14	Filter rod feed station	1358	1358	1358	5C-16 NYY-J /50 IMC	5C-16 NYY-J /50 IMC	✓	
15	FIFO reservoir	5434	5434	5434	5C-16 NYY-J /50 IMC	5C-16 NYY-J /50 IMC	✓	
16	Machine 8	12905	12905	12905	5C-35 NYY-J /65 IMC	5C-35 NYY-J /65 IMC	✓	

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าอุปกรณ์ที่ต้องนำมาเปรียบเทียบผลการคำนวณนั้น จะมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ ขนาดสายไฟฟ้า และขนาดอุปกรณ์เดินสาย

- ผลการตรวจสอบหน้างานในส่วนของเครื่องจักร

ตารางที่ 4.10 รายการเครื่องจักรเปรียบเทียบระหว่างรายชื่อในเอกสารกับที่ติดตั้งหน้างานจริง

รายการเครื่องจักรตามที่ระบุในเอกสาร	**รายการเครื่องจักรตามหน้างาน**
กลุ่มเครื่องจักร Monoline -Tow opener -Tray filter -Filter rod maker	Monoline -Tow opener -Tray filter -Filter rod maker 

รายการเครื่องจักรตามที่ระบุในเอกสาร	รายการเครื่องจักรตามหน้างาน
Tray unloader	
Filter rod feed station	
First in first out reservoir	
-Cooler ไม่มีเครื่องจักรนี้ในเอกสารที่จัดส่งมา	

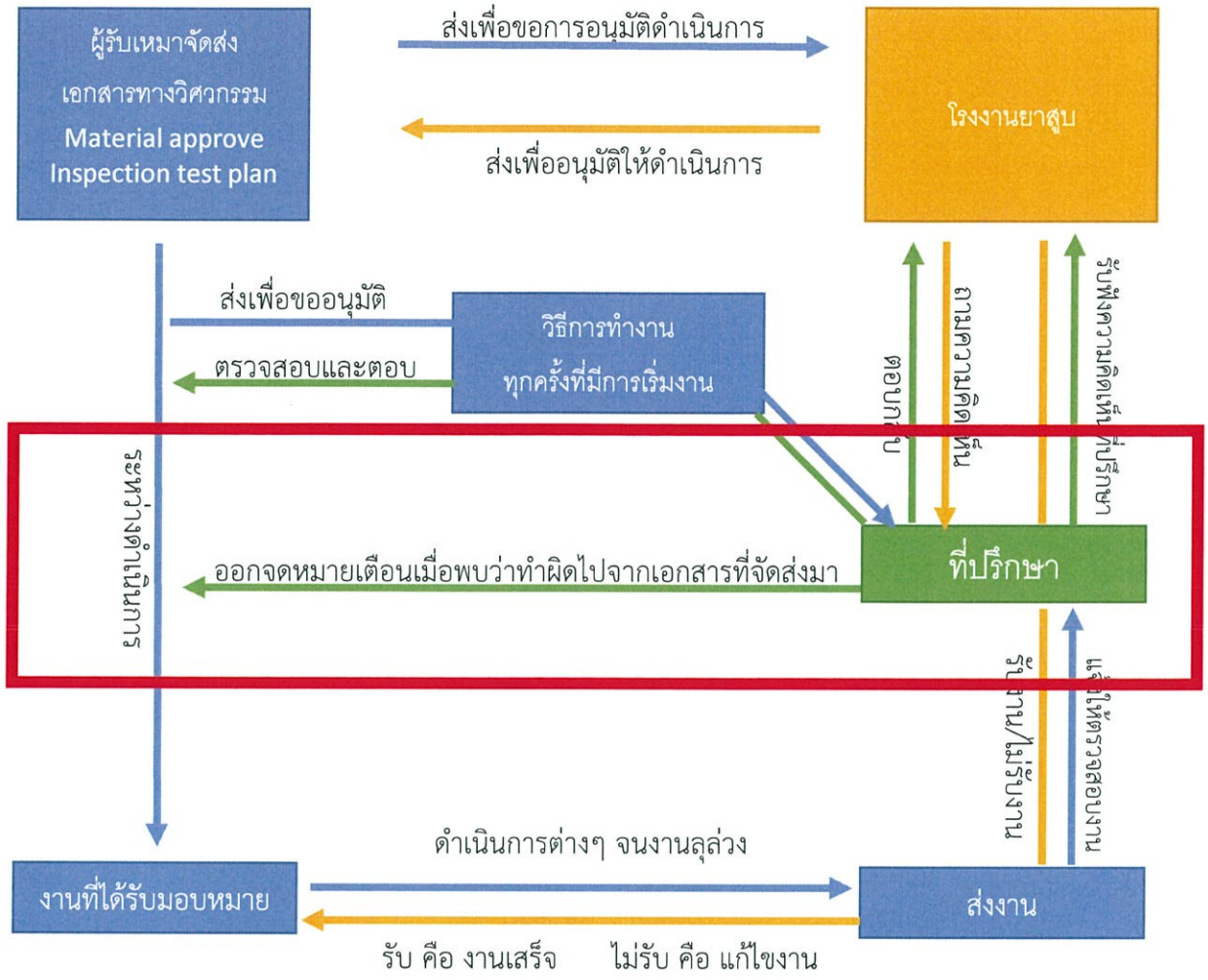
ในส่วนของสัญญา M02-3 นั้นจะเห็นว่าสายไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่ใช้เดินสายที่พิจารณาจะนำมาใช้งานนั้นมีด้วยกัน 2 ขนาด ซึ่งผลจากการตรวจตราหน้างานเป็นดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงขนาดอุปกรณ์ที่ใช้เดินสายที่พิจารณาเลือกใช้และที่ใช้งานจริง

ขนาดสายไฟฟ้าและอุปกรณ์เดินสายที่พิจารณาเลือกใช้	ขนาดสายไฟฟ้าและอุปกรณ์เดินสายที่ใช้งานจริง
สายไฟฟ้าขนาด 5C-35, NYY-J เดินในท่อ IMC 65 mm. หรือ 2.5 นิ้ว	

ขนาดสายไฟฟ้าและอุปกรณ์เดินสาย ที่พิจารณาเลือกใช้	ขนาดสายไฟฟ้าและอุปกรณ์เดินสายที่ใช้งานจริง
สายไฟฟ้าขนาด 5C-16, NYY-J เดินในท่อ IMC 50 mm. หรือ 2 นิ้ว	

4.3) ผลการทำงานตามกระบวนการการการควบคุม



ภาพที่ 4.2 กระบวนการที่ใช้ควบคุมการทำงานของผู้รับเหมาในกรณีที่พบเห็นความผิดพลาด

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าหน้าที่นอกเหนือจากการตรวจสอบเอกสาร ตรวจสอบให้หน้างานตรงกันกับเอกสารแล้วนั้น หน้าที่อีกอย่างที่สอดคล้องกับหน้าที่ที่กล่าวไปนั้น คือ เมื่อพบว่าผู้รับเหมาทำงานผิดพลาดไปจากเอกสารที่ผ่านการเซ็นรับรองจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน หรือ ผู้รับเหมาต้องการความคิดเห็นเพิ่มเติมกรณีมีปัญหาเกิดขึ้นที่หน้างาน หรือการขออนุมัติอื่นๆ หน้าที่ของที่ปรึกษาคือออกเอกสารเพื่อแจ้งเตือน ออกหนังสือแสดงความคิดเห็น ต่อการกระทำใดๆของผู้รับเหมาอีกด้วย

ทั้งนี้สัญญา M02-2 และสัญญา M02-3 นั้น เมื่อดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆแล้วนั้น พบปัญหาที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

4.3.1) ปัญหาของสัญญา M02-2

ปัญหาของสัญญา M02-2 คือ การขอเปลี่ยนตำแหน่งเชื่อมต่อปลั๊กอิน เนื่องจากตำแหน่งเดิมที่เคยได้รับอนุญาตให้เชื่อมต่อนั้นมีโคมไฟฟ้ากีดขวางซึ่งเป็นสมบัติของทางโรงงานยาสูบ จึงมีความจำเป็นที่จะขออนุมัติเปลี่ยนตำแหน่งเชื่อมต่อ ซางในกรณีนี้ผู้รับเหมาจะทำการส่งเอกสารมาทางที่ปรึกษาเพื่อขอความคิดเห็นถึงตำแหน่งที่ต้องการเปลี่ยน (ดูรายละเอียดตามภาคผนวก ข. ภาพที่ 1)

4.3.2) ปัญหาของสัญญา M02-3

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าผลการตรวจสอบเครื่องจักรที่หน้างานจริงเจอปัญหา คือ มีเครื่องจักร 1 ชนิดที่นอกเหนือจากที่ระบุไว้ภายในเอกสารที่แจ้งมา

ภาพที่ 4.3 คูลเลอร์ (Cooler) ที่ติดตั้งเพิ่มในกลุ่มเครื่องจักรโมโนไลน์โดยไม่ได้มีการแจ้งล่วงหน้า

และอีกปัญหาของสัญญา M02-3 ที่พบเจอจากการเดินตรวจหน้างานคือ ลักษณะการเดินสายภายในท่อที่ไม่ตรงกับผลการคำนวณ กล่าวคือ จากการคำนวณสายไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละชนิดจะเดินด้วยท่อ 1 ท่อ แต่เมื่อเดินตรวจหน้างานพบว่า ทางผู้รับเหมามีการเดินสายของเครื่องจักร Tray unloader และ Reservoir ภายในท่อเดียวกัน

ภาพที่ 4.4 ลักษณะการเดินสายของหน้างานจริงซึ่งไม่ตรงกับลักษณะที่ระบุไว้จากการคำนวณ

จากทั้งสองปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้เกิดความวิตกกังวลแก่ที่ปรึกษาทั้งนี้เนื่องจากปัญหาทั้งสองอาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรได้หากมีความผิดพลาด กล่าวคือ ปัญหาในข้อแรกที่มีการเครื่องจักรเพิ่มเข้ามาในกลุ่มโมโนไลน์โดยไม่ได้แจ้งล่วงหน้า อีกทั้งในขั้นตอนการคำนวณเพื่อเลือกขนาด

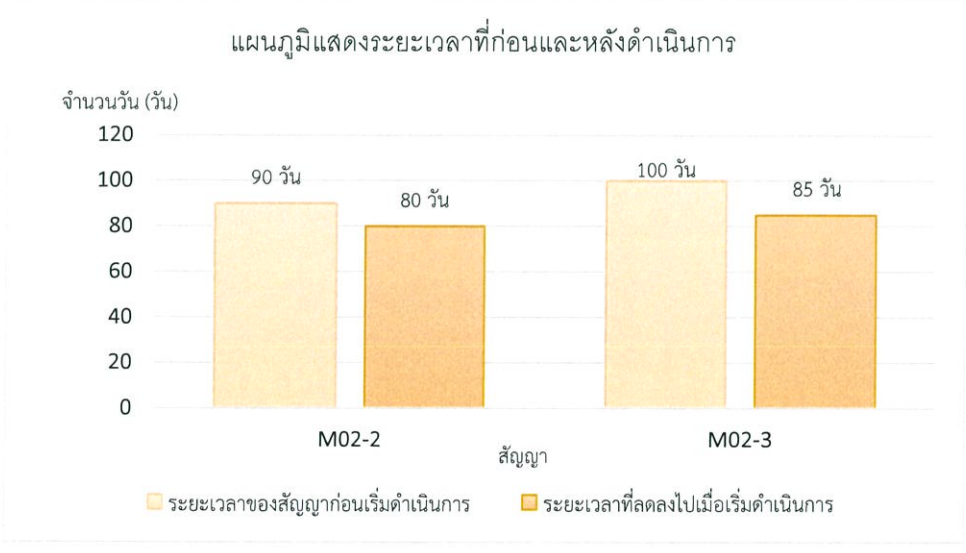
สายไฟฟ้านั้นไม่ได้พิจารณาตัวเครื่องจักรคูลเลอร์เข้าไปด้วย ทำให้วิตกว่าขนาดสายไฟฟ้าจะไม่สามารถรองรับขนาดกระแสการใช้งานของเครื่องจักรทั้งหมดในกลุ่ม (Tow opener + Tray filter + Filter rod maker + Cooler) ได้ ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อตัวบุคคลหรือ ตัวเครื่องจักรได้

ส่วนปัญหาเรื่องการเดินสายนั้นก็มีความกังวลที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ในขั้นตอนการคำนวณเพื่อเลือกขนาดท่อสายนั้น ได้ระบุไว้ชัดเจนว่า สายไฟฟ้าของหนึ่งเครื่องจักรต่อหนึ่งท่อสาย แต่เมื่อทำงานจริง กลับใช้ท่อสายหนึ่งท่อต่อสายไฟฟ้าของเครื่องจักรสองเครื่อง ทำให้กังวลไปถึงขนาดของท่อสายที่เลือกใช้ว่ามีขนาดเหมาะสมถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่

ดังนั้น จึงเป็นที่มาให้กลุ่มที่ปรึกษาทำหน้าที่อีกประการหนึ่ง นั่นคือ การส่งจดหมายเพื่อเร่งรัดผู้รับเหมา โดยในที่นี้จะเป็นการเร่งรัดให้ผู้รับเหมาส่งเอกสารที่แสดงการคำนวณเข้ามาใหม่ เพื่อรับรองว่าขนาดอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน หรือ วิธีที่ผู้รับเหมาได้เลือกทำ (ซึ่งไม่ตรงกับวิธีที่ระบุไว้ในเบื้องต้นนั้น) สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและถูกต้องตรงตามมาตรฐาน(ดูรายละเอียดเอกสารภาคผนวก ข. ภาพที่2)

4.4) ผลการลดระยะเวลาหลังเข้าดำเนินการ

จากวัตถุประสงค์แรกเริ่มของการดำเนินการโครงการสหกิจในครั้งนี้ คือ สามารถลดระยะเวลาในการดำเนินการในส่วนของการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าไปได้ ซึ่งเมื่อได้ปฏิบัติงานจริง ระยะเวลาในการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าให้กับเครื่องจักรของทั้งสองเป็นไป ดังนี้



ภาพที่ 4.5 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่ก่อนและหลังดำเนินการ

จากภาพที่ 4.5 จะเห็นว่า ที่สัญญา M02-2 ระยะเวลาที่สามารถลดลงไปได้ คือ 10 วัน ส่วนสัญญา M02-3 นั้นสามารถลดระยะเวลาไปได้ 15 วัน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ระบบไฟฟ้าเป็นระบบหนึ่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายทั้งต่อตัวบุคคลหรือเครื่องจักรภายในโรงงานได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษา เรียนรู้เพื่อประยุกต์เอามาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบไฟฟ้าเพื่อมาใช้ที่หน้างานจริงได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

ในการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้านั้น หน้าที่หลักของการควบคุมในครั้งนี้แบ่งออกได้เป็นสองหน้าที่ใหญ่ คือ ตรวจสอบก่อนอนุมัติให้ดำเนินการ และตรวจสอบหลังดำเนินการไปแล้ว ทั้งนี้ทั้งสองหน้าที่ดังกล่าวนี้ต้องอาศัยมาตรฐานต่างๆมาเป็นข้ออ้างอิงในการตรวจสอบ

จากการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าให้กับเครื่องจักรทั้งสองสัญญา ปรากฏว่าทั้งสองสัญญามีขั้นตอนในการควบคุมที่เหมือนกัน เริ่มต้นคือ ตรวจสอบการคำนวณทั้งหมด แล้วตรวจสอบว่าได้ดำเนินการติดตั้งตามผลการคำนวณหรือไม่ ซึ่งสัญญาทั้งสองสัญญานั้นมีผลการคำนวณที่ถูกต้องตรงตามหลักการคำนวณที่สามารถอ้างอิงได้ตามมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยได้ทั้งหมด แต่เมื่อมีการตรวจสอบภายหลังการดำเนินการนั้นจะพบว่าผลการดำเนินการของทั้งสองสัญญาจะมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง กล่าวคือ ผู้รับเหมาของสัญญาของสัญญา M02-2 นั้นดำเนินการถูกต้องตรงตามที่แจ้งเอาไว้ แต่ทางผู้รับเหมาของสัญญา M02-3 นั้นไม่ปฏิบัติงานตามผลการคำนวณ ซึ่งเป็นเหตุจำเป็นให้ต้องมีการแจ้งเตือนและส่งเอกสารเพื่อเร่งรัดให้ทางผู้รับเหมาทำการยืนยันผลของการดำเนินการที่ได้ทำไปแล้วนั้นว่ามีความปลอดภัยและสอดคล้องกับมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

ในส่วนของเรื่องระยะเวลานั้นสามารถสรุปได้ว่า ที่สัญญา M02-2 เดิมก่อนเข้าดำเนินการนั้นตามแผนการดำเนินโครงการมีระยะเวลาในการดำเนินการอยู่ที่ 90 วัน ซึ่งจากการดำเนินการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้านั้นสามารถลดระยะเวลาลงไปได้ 20 วัน ส่วนสัญญา M02-3 นั้นก่อนเข้าดำเนินการนั้นตามแผนการดำเนินโครงการมีระยะเวลาในการดำเนินการอยู่ที่ 100 วัน ซึ่งจากการดำเนินการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้านั้นสามารถลดระยะเวลาลงไปได้ 15 วัน

จากการทำการควบคุมการติดตั้งระบบไฟฟ้าให้กับเครื่องจักรในครั้งนี้ ได้รวบรวมขั้นตอนที่ใช้ในการควบคุมเอาไว้ค่อนข้างครบ ทั้งในส่วนของการวิธีการคำนวณ การตรวจสอบการติดตั้ง ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลให้กับผู้ที่สนใจได้ว่าควรทำอย่างไรเมื่อต้องการที่จะทำการควบคุมการติดตั้ง หรือต้องการพิจารณาขนาดอุปกรณ์ให้กับเครื่องจักรหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ

5.2) ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่พบระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจ คือ ข้อมูลการทำงานที่ผู้รับเหมาต้องจัดส่งมาให้นั้นค่อนข้างล่าช้าหรือบางครั้งก็ไม่ครบถ้วน ประกอบกับขอบเขตหน้าที่ของกลุ่มที่ศึกษานั้นไม่สามารถสั่งการไปทางผู้รับเหมาโดยตรงได้ ทำได้เพียงการแจ้งเตือน หรือ ติดตามผ่านไปยังทางเจ้าของงานเท่านั้น ซึ่งทำให้การทำงานเกิดความล่าช้า อีกทั้งการทำงานเป็นที่ปรึกษานั้นไม่ได้เป็นผู้ดำเนินการโดยตรง ดังนั้นข้อมูลบางข้อมูลจะไม่สามารถนำมาประกอบเอกสารได้ ทั้งนี้เนื่องจากทางผู้รับเหมาระบุว่าเป็นข้อมูลภายในของทางบริษัท แนวทางการแก้ไข คือ ปรึกษากับผู้นิเทศงานในรายละเอียดต่างๆ เพื่อให้ผู้นิเทศงานติดต่อประสานงานกับทางผู้รับเหมาได้ รวมทั้งรายงานผลการดำเนินการให้ผู้นิเทศงานฟังเป็นระยะ เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่ไม่สามารถนำมาใส่ในรายงานได้นั้น จะมีการแก้ไขอย่างไร

5.3) ข้อเสนอแนะ

1.) แจ้งให้ทางผู้รับเหมาควรมีการจัดทำตารางโหลดแนบรายการการคำนวณมาด้วย ทั้งนี้ส่วนนี้จะเป็นประโยชน์ต่อตัวที่ปรึกษาเองในการตรวจสอบเอกสาร

2.) ในรายการการคำนวณในแต่ละจุดควรมีการระบุถึงมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง

3.) ควรเพิ่มความเข้มงวดในการเรียกส่งเอกสารให้มีมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กระแสของสายไฟฟ้าเมื่อเดินร้อยท่อบนฝ้าเพดาน; แหล่งที่มา: www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/Luechai/L4.pdf (สืบค้นวันที่ 16 กันยายน 2560)

[2] รางเคเบิล; แหล่งที่มา: http://www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/48_01/303426/File/Lesson_7.2%20Cable%20Tray.pdf (สืบค้นวันที่ 20 กันยายน 2560)

[3] สายไฟฟ้า การเดินสาย การต่อสาย และการบำรุงรักษา; แหล่งที่มา: http://chanwitengineering.com/UploadImage/cb3b16da-7fd1-4287-b726-3a3b2a7755ab.pdf (สืบค้นวันที่ 20 กันยายน 2560)

[4] บทที่ 7 การออกแบบระบบไฟฟ้า และ การคำนวณโหลดระบบไฟฟ้า; แหล่งที่มา: http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee2017-07.pdf (สืบค้นวันที่ 3 ตุลาคม 2560)

[5] ท่อสาย; แหล่งที่มา: http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee04.pdf (สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2560)

[6] พิกัดของสายไฟฟ้าและการเลือกใช้ที่เหมาะสม; แหล่งที่มา: http://www.banfaifa.com/private_folder/InstallationGuide.pdf (สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2560)

[7] ท่อร้อยสาย; แหล่งที่มา: www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/49_01/.../7.1%20Intro%20&%20Conduit.ppt (สืบค้นวันที่ 8 ตุลาคม 2560)

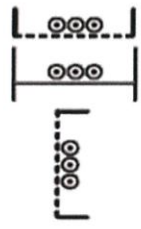
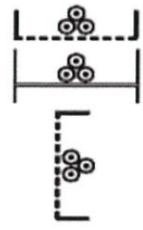
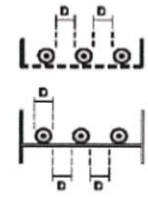
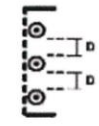
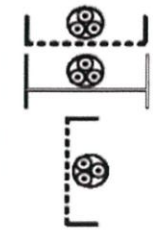
[8] รางเดินสาย ; แหล่งที่มา: www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/49_01/303426/7.3%20Wire%20Way.ppt (สืบค้นวันที่ 12 ตุลาคม 2560)

[9] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์: การออกแบบระบบไฟฟ้า ทีซีจี พริ้นติ้ง 2556 (สืบค้นวันที่ 25 ตุลาคม 2560)

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 5-30

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไม่มีฝาปิด หรือรางเคเบิลแบบบันได

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7				
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดียว				หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง					
รหัสชนิดเคเบิลใช้งาน	60227 IEC 10, NYY, NYY-G และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น				
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)				
1	-	-	-	-	13
1.5	-	-	-	-	16
2.5	-	-	-	-	22
4	-	-	-	-	30
6	-	-	-	-	37
10	-	-	-	-	52
16	-	-	-	-	70
25	99	96	127	113	88
35	124	119	157	141	110
50	151	145	191	171	133
70	196	188	244	221	171
95	239	230	297	271	207
120	279	268	345	315	240
150	324	310	397	365	278
185	371	356	453	418	317
240	441	422	535	495	374
300	511	488	617	573	432
400	599	571	741	692	-
500	686	652	854	800	-

ภาพที่ 1 ภาพแสดงตารางที่ 5-30 ของมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้าซึ่งระบุขนาดสายไฟฟ้าที่ทนกระแสในระดับต่าง ๆ

YAZAKI

VCT-G

TIS 11 Part 101-2553

450/750 V 70°C FLEXIBLE CONDUCTOR PVC INSULATED AND SHEATHED WITH GROUND, ROUND TYPE

CABLE STRUCTURE

Conductor : Flexible annealed copper
Multi-cores : Sizes 4 mm² up to 35 mm²
Ground wire : Flexible annealed copper
Multi-cores : Sizes 4 mm² up to 16 mm²
Insulation : Polyvinyl chloride (PVC/D)
Core identification
2 Cores : Blue and Brown
3 Cores : Blue,Brown and Grey
4 Cores : Blue,Brown,Black and Grey
Ground core : Green/Yellow
Sheath : Black polyvinyl chloride (PVC/ST5)

TECHNICAL DATA

Classification: Maximum conductor temperature 70°C
: Circuit voltage not exceeding 450/750 Volts
450 Volts between Line-to-Earth
750 Volts between Line-to-Line

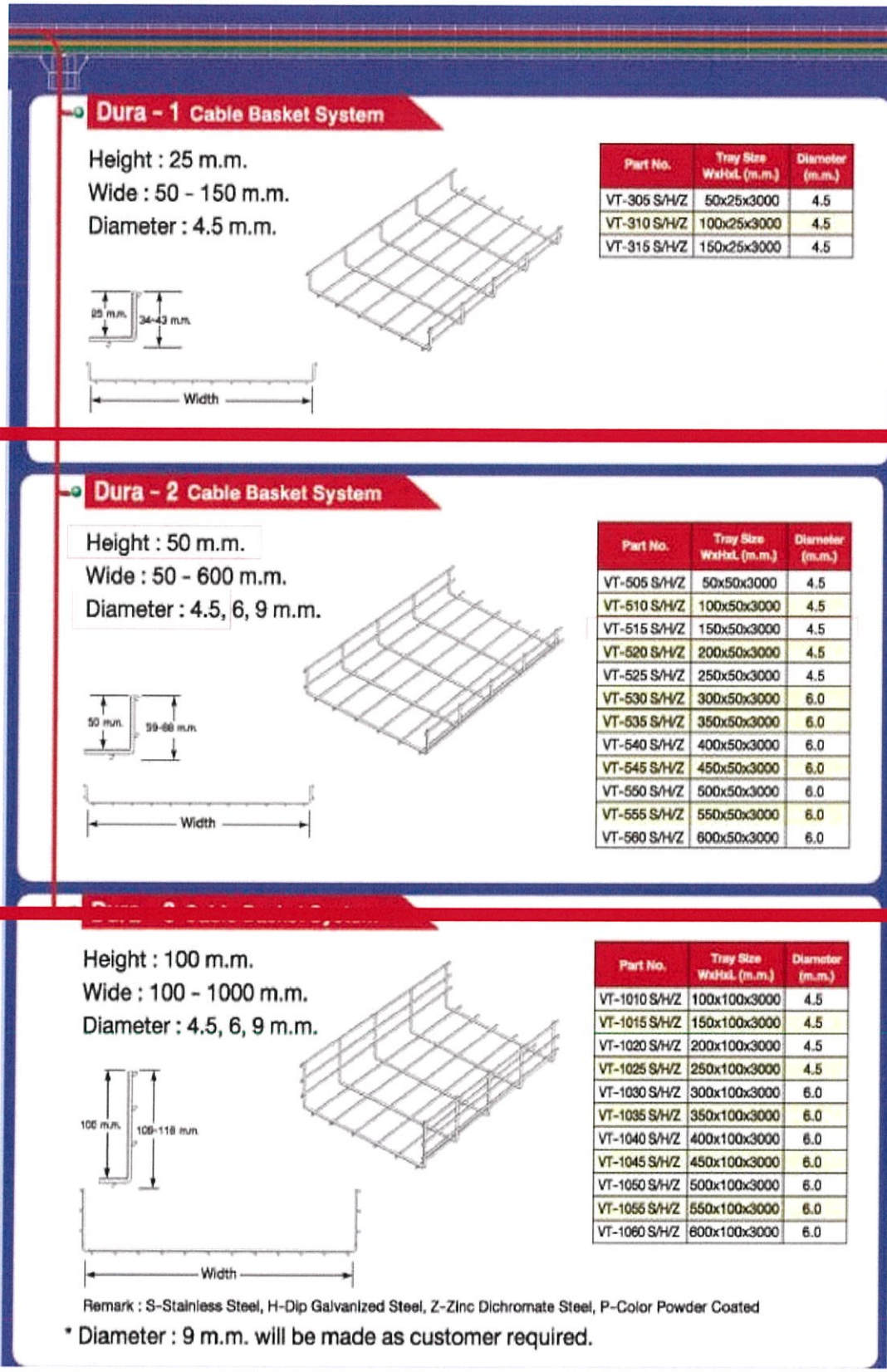
Testing voltage : 2,500 Volts
Reference standard : TIS 11 Part 101-2553, Table 8

APPLICATION

For mobile-electrical equipment used in mines, factories, farm or household appliances. This cable is suitable for use in places where cables come in contact with oils.

Number of core	Nominal cross sectional area (mm²)	Class of conductor	Insulation thickness nominal (mm)	Sheath thickness nominal (mm)	Overall diameter maximum (mm)	Conductor resistance at 20°C maximum (Ω/km)	Insulation resistance at 70°C minimum (MΩ-km)	Continuous current rating in free air maximum (A)	Cable weight approx. (kg/km)	Standard length (m)
4+G	4 4 (G)	5 5	0.9 0.9	1.8	18.5	4.95 4.95	0.0084	29	440	100/C
	6 6 (G)	5 5	0.9 0.9	2.0	21.5	3.30 3.30	0.0071	38	600	500/D
	10 10 (G)	5 5	1.1 1.1	2.2	26.5	1.91 1.91	0.0068	53	1,000	500/D
	16 16 (G)	5 5	1.1 1.1	2.6	30.5	1.21 1.21	0.0050	71	1,400	500/D
	25 16 (G)	5 5	1.3 1.1	2.8	36.5	0.780 1.21	0.0048	94	2,000	500/D
	35 16 (G)	5 5	1.3 1.1	3.1	41.5	0.554 1.21	0.0041	116	2,600	500/D

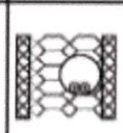
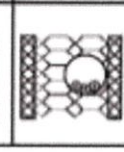
ภาพที่ 2 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าประเภท VCT-G ของบริษัทผู้ผลิตที่ทางผู้รับเหมาเลือกใช้



ภาพที่ 3 แคตตาล็อคของเคเบิลบัสเก็ตของบริษัทผู้ผลิตที่ผู้รับเหมาและใช้ และขนาดของเคเบิลบัสเก็ตที่ผู้รับเหมาพิจารณาเลือกใช้

ตารางที่ 5-27

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส เดินร้อยในท่อในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ชนิดฉนวนที่ใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
1	13	13	12	12	15	15	14	14
1.5	17	17	15	15	21	20	18	18
2.5	24	23	21	20	28	27	25	24
4	32	30	28	27	38	36	34	32
6	41	38	36	35	49	46	44	40
10	56	52	49	46	68	63	60	55
16	74	69	66	62	91	83	80	73
25	96	90	86	81	121	108	106	96
35	119	110	106	99	149	133	131	116
50	144	132	128	118	180	159	159	140
70	182	167	163	149	230	201	202	177
95	219	200	197	179	278	241	245	212
120	253	230	227	207	322	278	284	244
150	289	264	259	236	358	304	311	273
185	329	299	295	268	409	349	349	309
240	386	351	346	315	480	418	410	362
300	442	402	396	360	549	484	468	414
400	-	-	-	-	622	-	531	-
500	-	-	-	-	713	-	606	-

ภาพที่ 4 ตาราง 5-27 ตามหนังสือมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า ซึ่งใช้เป็นตารางเลือกขนาดสายไฟฟ้าของสายป้อน

ตารางที่ 4-2

ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
16	1.5*
20	2.5*
40	4*
70	6*
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

ภาพที่ 5 ตารางที่ 4-2 ตามมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นตารางที่ใช้สำหรับเลือกขนาดสายไฟฟ้าเป็นสายดิน

YAZAKI

FD-0.6/1KV-CV

IEC 60502-1

0.6/1 kV 90°C CROSS-LINKED POLYETHYLENE INSULATED PVC SHEATHED FLAME RETARDANT POWER CABLE

CABLE STRUCTURE

Conductor : Concentric Stranded and compacted round annealed copper
- Single-core : Sizes 1.5 mm² up to 1,000 mm²
- Multi-cores : Sizes 1.5 mm² up to 400 mm²

Insulation : Cross-linked Polyethylene (XLPE)

Core identification
- Single-core : Natural (Translucent)
- 2 Cores : Blue and Brown
- 3 Cores : Brown, Black and Grey
- 4 Cores : Blue, Brown, Black and Grey

Other colors are available on customer request

Sheath : Black flame retardant polyvinyl chloride (PVC/ST2)

TECHNICAL DATA

Classification : Maximum conductor temperature 90°C
: Circuit voltage not exceeding 1,200 Volts
Rated voltage (U_0/U) 0.6/1 kV
600 Volts between Line-to-Earth
1,000 Volts between Line-to-Line

Testing voltage : 3,500 Volts

Reference standard : IEC 60502-1, IEC 60228, IEC 60332-1
IEC 60332-3 Cat.C

APPLICATION

Use for installation in open tray, conduit, underground duct trench or direct burial in ground, at wet or dry location.

Number of core	Nominal cross sectional area (mm²)	Number of wires minimum (No./mm)	Insulation thickness nominal (mm)	Sheath thickness nominal (mm)	Overall diameter approx. (mm)	Conductor resistance at 20°C maximum (Ω/km)	Insulation resistance at 20°C minimum (MΩ-km)	Continuous current rating in free air maximum (A)	Cable weight approx. (kg/km)	Standard length (m)
1	1.5	7/0.53	0.7	1.4	6.3	12.1	2,500	31	50	500/D
	2.5	7/0.67	0.7	1.4	6.8	7.41	2,100	42	65	500/D
	4	7/0.85	0.7	1.4	7.3	4.61	1,700	55	80	500/D
	6	7/1.04	0.7	1.4	7.9	3.08	1,450	69	110	500/D
	10	6	0.7	1.4	8.4	1.83	1,250	93	150	500/D
	16	6	0.7	1.4	9.4	1.15	1,000	123	210	500/D
	25	6	0.9	1.4	11.0	0.727	1,050	164	310	500/D
	35	6	0.9	1.4	12.0	0.524	900	202	400	500/D
	50	6	1.0	1.4	13.5	0.387	850	245	550	500/D
	70	12	1.1	1.4	15.0	0.268	800	309	750	500/D
	95	15	1.1	1.5	17.5	0.193	650	383	1,000	500/D
	120	18	1.2	1.5	19.0	0.153	650	446	1,300	500/D
	150	18	1.4	1.6	21	0.124	700	510	1,500	500/D
	185	30	1.6	1.6	23	0.0991	700	591	1,900	500/D
	240	34	1.7	1.7	26	0.0754	650	705	2,500	500/D
	300	34	1.8	1.8	29	0.0601	600	814	3,100	500/D
	400	53	2.0	1.9	32	0.0470	600	950	3,900	500/D
	500	53	2.2	2.0	36	0.0366	600	1,111	5,000	500/D
	630	53	2.4	2.2	40	0.0283	550	1,293	6,500	500/D
	800	53	2.6	2.3	45	0.0221	550	1,486	8,500	300/D
	1,000	53	2.8	2.4	51	0.0176	500	1,701	10,500	300/D

ภาพที่ 6 ภาพแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าประเภท CV ของบริษัทผู้ผลิตที่ผู้รับเหมาเลือกใช้

YAZAKI

60227 IEC 01 THW

TIS 11 Part 3-2553

450/750 V 70°C SOLID AND STRANDED CONDUCTOR PVC INSULATED, SINGLE CORE

CABLE STRUCTURE

Conductor : Solid and stranded annealed copper, Size 1.5 mm^2 up to 400 mm^2
Insulation : Polyvinyl chloride (PVC/C)
Core identification
Single-core : Any color

TECHNICAL DATA

Classification : Maximum conductor temperature 70°C
: Circuit voltage not exceeding 450/750 Volts
450 Volts between Line-to-Earth
750 Volts between Line-to-Line

Testing voltage : 2,500 Volts
Reference standard : TIS 11 Part 3-2553, Table 1

APPLICATION

Building wiring for installation on insulator or in raceway, dry location.

Nominal cross sectional area (mm^2)	Class of conductor	Insulation thickness nominal (mm)	Overall diameter Minimum (mm)	Overall diameter Maximum (mm)	Conductor resistance at 20°C maximum (Ω/km)	Insulation resistance at 70°C minimum (MΩ-km)	Continuous current rating in free air maximum (A)	Cable weight approx. (kg/km)	Standard length (m)
1.5	1	0.7	2.6	3.2	12.1	0.011	21	21	100/C
1.5	2	0.7	2.7	3.3	12.1	0.010	21	22	100/C
2.5	1	0.8	3.2	3.9	7.41	0.010	29	32	100/C
2.5	2	0.8	3.3	4.0	7.41	0.009	29	35	100/C
4	1	0.8	3.6	4.4	4.61	0.0085	39	47	100/C
4	2	0.8	3.8	4.6	4.61	0.0077	39	50	100/C
6	1	0.8	4.1	5.0	3.08	0.0070	49	65	100/C
6	2	0.8	4.3	5.2	3.08	0.0065	49	70	100/C
10	1	1.0	5.3	6.4	1.83	0.0070	69	110	100/C
10	2	1.0	5.6	6.7	1.83	0.0065	69	120	100/C
16	2	1.0	6.4	7.8	1.15	0.0050	92	180	100/C
25	2	1.2	8.1	9.7	0.727	0.0050	125	280	100/C
35	2	1.2	9.0	10.9	0.524	0.0043	154	370	100/C
50	2	1.4	10.6	12.8	0.387	0.0043	188	500	500/D
70	2	1.4	12.1	14.6	0.268	0.0035	239	700	500/D
95	2	1.6	14.1	17.1	0.193	0.0035	297	1,000	500/D
120	2	1.6	15.6	18.8	0.153	0.0032	347	1,200	500/D
150	2	1.8	17.3	20.9	0.124	0.0032	398	1,500	500/D
185	2	2.0	19.3	23.3	0.0991	0.0032	461	1,900	500/D
240	2	2.2	22.0	26.6	0.0754	0.0032	552	2,500	500/D
300	2	2.4	24.5	29.6	0.0601	0.0030	640	3,100	500/D
400	2	2.6	27.5	33.2	0.0470	0.0028	749	3,900	500/D

Class of conductor 1 : Solid
2 : Strand

C : Packing in coil
D : Packing in drum

ภาพที่ 7 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าประเภท IEC01 ของบริษัทผู้ผลิตที่ผู้รับเหมาเลือกใช้

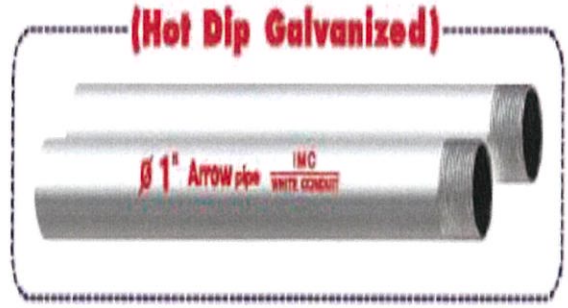
IMC Intermediate Metal Conduit

มอก.770-2533

ท่อเหล็กร้อยสายไฟ ผนังท่อหนาปานกลาง ต่อด้วยเกลียว

American Standard Intermediate Metal Conduit

ประเภทที่ 2 : ผลิตตามมาตรฐาน ANSI C.80.6 และ UL 1242



ขนาด (นิ้ว) Trade Size (in.)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (Outside Diameter) ระบุ (มม.) Nominal (mm.)	ความยาวท่อ ไม่รวมข้อต่อ (มม.) Length without Coupling (mm.)	ความหนา ผนังท่อ (มม.) Wall Thickness (mm.)	มวลต่ำสุดของท่อ รวมข้อต่อ 10 ท่อน (กก.) Minimuim Weight of 10 Unit Lengths with Couplings (Kg.)
1/2"	20.7	3030	1.79	25.4
3/4"	26.1	3030	1.90	34.6
1"	32.8	3025	2.16	49.9
1 1/4"	41.6	3025	2.16	64.3
1 1/2"	47.8	3025	2.29	79.1
2"	59.9	3025	2.41	105.2
2 1/2"	72.6	3010	3.56	186.2
3"	88.3	3010	3.56	229.0
3 1/2"	100.9	3005	3.56	263.0
4"	113.4	3005	3.56	296.1

ภาพที่ 8 ขนาดท่อ IMC ของบริษัทผู้ผลิตที่ทางผู้รับเหมาพิจารณาเลือกใช้

ภาคผนวก ข.

วันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2560

เรื่อง ขออนุมัติการเปลี่ยนจุดต่อ Plug-in

เรียน ประธานคณะกรรมการตรวจรับพัสดุและการจ้างฯ
โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง

อ้างถึง สัญญาจัดหา ติดตั้ง ทดสอบระบบ เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ ด้านกระบวนการบรรจุ (สัญญา M-02/2) ลำดับที่ 129/2559 ลงวันที่ 2 สิงหาคม 2559

ตามอ้างถึงสัญญาข้างต้นและหนังสือสำคัญข้างต้น ซาซิบ เอส.พี.เอ. ใคร่ขอเรียนให้ทราบว่า ด้วยจุดติดตั้งเดิมที่ได้รับการอนุมตินั้น ปรากฏมีโคมไฟของโรงงานอยู่บนเพดาน เมื่อได้ทำการตรวจสอบแล้วพบว่าไม่เหมาะสมแก่การทำการติดตั้ง Plug-in บริษัทฯ จึงใคร่ขอเปลี่ยนจุดการต่อ Plug-in ตามภาพประกอบในเอกสารหน้าถัดไปซึ่งได้ทำการตรวจสอบแล้วพบว่าไม่มีข้อจำกัดหรืออุปสรรคใดๆ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดอนุมัติ

ภาพที่ 1 เอกสารที่ทางผู้รับเหมาจัดส่งมาเพื่อขอความคิดเห็นจากทางกลุ่มที่ปรึกษา

กลุ่มบริษัทที่ปรึกษา วางแผน บริหาร และควบคุม
โครงการก่อสร้างโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ระยะที่ 2
(ระยะก่อสร้าง และย้ายฐานการผลิต)

ที่ P1598/M02-3/รยส./GEN/074/2560

18 กันยายน 2560

เรื่อง เร่งรัดให้ส่งรายการคำนวณการเลือกใช้อุปกรณ์ในการติดตั้งระบบไฟฟ้า

เรียน นายชำนาญ ฮ่ำสะอาด
ประธานกรรมการตรวจรับพัสดุและการจ้างฯ (สัญญา M-02/3)

อ้างถึง (1) สัญญาจ้างที่ปรึกษาฯ ลำดับที่ 40/2553 ลงวันที่ 8 มีนาคม 2553
(2) สัญญา M-02/3 ลำดับที่ 109/2559 ลงวันที่ 16 มิถุนายน 2559

สิ่งที่ส่งมาด้วย ร่างจดหมาย เรื่อง เร่งรัดให้ส่งรายการคำนวณการเลือกใช้อุปกรณ์
ในการติดตั้งระบบไฟฟ้า จำนวน 1 แผ่น

ตามที่โรงงานยาสูบ ได้ว่าจ้างกลุ่มบริษัทที่ปรึกษาฯ เป็นที่ปรึกษาวางแผน บริหาร และควบคุมโครงการก่อสร้างโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ ระยะที่ 2 (ระยะก่อสร้างและย้ายฐานการผลิต) ณ สวนอุตสาหกรรมโรจนะอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตามสัญญาอ้างถึง (1) และได้ตกลงซื้อขาย พร้อมติดตั้ง ทดสอบระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ ด้านกระบวนการผลิตก้นกรอง (สัญญา M-02/3) ตามสัญญาอ้างถึง (2) นั้น

กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาฯ ได้ปฏิบัติงานตามสัญญาข้อ (5.4) พบว่าปัจจุบันผู้ขายยังไม่ส่งเอกสารที่จำเป็นหลายรายการในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้า ดังนี้

1. รายการคำนวณการเลือกใช้ Plug-in with fuse ขนาดพิกัดทนกระแสที่จะต้องสอดคล้องกับขนาดโหลดของเครื่องจักร (พร้อมลงนามรับรองการคำนวณโดยวิศวกรไฟฟ้า ขั้นต่ำสามัญวิศวกร)
2. รายการคำนวณการเลือกใช้ Main cable ขนาดพิกัดทนกระแสของสายไฟฟ้าจะต้องสอดคล้องกับขนาดโหลดของเครื่องจักร (พร้อมลงนามรับรองการคำนวณโดยวิศวกรไฟฟ้า ขั้นต่ำสามัญวิศวกร)

ทั้งนี้ กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาฯ ขอให้โรงงานยาสูบเร่งรัดผู้ขายให้จัดส่งเอกสารดังกล่าวข้างต้นก่อนเริ่มทำการจ่ายไฟฟ้าเพื่อทดสอบเครื่องจักร พร้อมนำส่งร่างจดหมายถึงผู้ขาย รายละเอียดตามสิ่งที่ส่งมาด้วย เพื่อแจ้งให้ผู้ขายทราบ และให้ดำเนินการต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการตามที่เห็นสมควร

สถ/ภก

KEK/P/PMC/GT6001/P01598/GT1113

ภาพที่ 2 จดหมายเร่งรัดผลการคำนวณ ที่ทางกลุ่มที่ปรึกษาออกเพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้รับเหมา

ภาคผนวก ค.

P/3

CABLE & LOAD CONSUPMTION CALCULATION

LOAD CONSUMPTION

MACHINE LINE : MONO / MTF LINE NO.1 ~ NO.8

MACHINE	POWER (KW)	Q'TY	TOTAL POWER (KW)
FILTER ROD MAKER	37	1	37
TOW OPENER	15	1	15
TRAY FILLER	5	1	5

POWER CONSUMPTION (PER ONE PROCESS MACHINE) = 57 KW

LOAD DEMAND FACTOR = 0.85 **MFG. SPECIFICATION

POWER COMSUMPTION = 48.45 KW

FULL LOAD CURRENT

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \theta}$$

P = 48.45 KW
V = 400 V
θ = 0.85

... I = 82 A

... I (RATE) = 125% x I (LOAD)

CABLE SELECTION

TYPE : NYY-J
BRAND : PRYSMIAN
CROSS SECTION : 35 SQ.MM.
NO. OF CORE : 4+1 CORE
CURRENT RATE : 129 A (FREE AIR) (TABEL 1)

REDUCE FACTOR : 0.9
**MAX. CABLE CURRENT RATE : 116 A
RATE CURRENT : 103 A

CABLE SELECTION RESULT : 13 A (CABLE RATE CURRENT MORE THAN LOAD CURRENT)
11% "ACCEPT"

CONDUIT SELECTION

CABLE CROSS SECTION AREA NOT OVER 40% OF CONDUIT CROSS SECTION AREA

CABLE OVERALL DIAMETER : 31 MM.
CROSS SECTION AREA FOR CABLE : 755 SQ.MM.
MINIMUM CONDUTI SECTION AREA : 1887 SQ.MM.

ORIGINAL

CONDUIT SELECT

CONDUIT TYPE : IMC
BRAND : NIPPON
SIZE : 2 1/2"
CONDUIT DIAMETER (ID.) : 65 MM. (TABEL 2)
CROSS SECTION AREA FOR CONDUIT : 3318 SQ.MM.

CABLE CROSS SECTION = 22.75 %

RESULT : CABLE CROSS SECTION AREA NOT OVER 40% "ACCEPT"

PREPARATION BY : นาย อาทิตย์ มะกอง กฟก. 46678

REVIEW & APPROVED BY : นาย ไพรัช ฆาโน กฟก 5728

CABLE & LOAD CONSUPMTION CALCULATION

TECHNICAL DATA

TABEL (1) : MFG. MAXIMUM FREE CURRENT RATE

Prysmian Group CPR CERTIFIED

PRYSMIAN Draka

Size	Art. Des. CCI	Part number	Insulation thickness nom. mm	Outer diameter nom. mm	Bending radius fixed min. mm	Weight (approx.) kg/km	Conductor resistance at 20°C max. Ω/km	AC resistance at max. conductor temp. Ω/km	Current-carrying capacity during normal operation, laid in the ground (1) A	Current carrying capacity free in air (2) A	Short Circuit Current (conductor) kA	Fire load value kWh/m	CPR fire classification	CPR Sub-Code
4x10RE	-D	20195919	1	19	228	790	1.83	2.19	79	99	1.15	1.64	Eca	1001203
4x16RE	-D	20196906	1	21	252	1100	1.15	1.38	102	79	1.84	1.85	Eca	1001203
4x25RM	-D	20195968	1.2	28	312	1600	0.727	0.87	133	106	2.87	2.71	Eca	1001203
4x35SM	-D	20195973	1.2	26	312	1750	0.524	0.627	159	129	4.03	3.18	Eca	1001205
4x50SM	-D	20195974	1.4	30	369	2300	0.387	0.463	188	157	5.75	4.03	Eca	1001205
4x70SM	-D	20195975	1.4	34	408	3150	0.268	0.321	232	193	8.05	5.02	Eca	1001205
4x95SM	-D	20195976	1.6	38	456	4250	0.193	0.232	289	248	10.9	6.38	Eca	1001205
4x120SM	-D	20195977	1.6	42	504	5250	0.153	0.184	310	289	13.8	7.41	Eca	1001205
4x150SM	-D	20195978	1.6	46	552	6400	0.124	0.15	359	326	17.2	8.77	Eca	1001205
4x185SM	-D	20195979	2	51	612	7900	0.0991	0.121	406	374	21.3	10.41	Eca	1001205
5x1,5RE	-J	20196887	0.8	14	168	300	12.1	14.5	27	19.5	0.173	0.93	Eca	1001203
5x2,5RE	-J	20196970	0.8	15	180	360	7.41	8.87	36	25	0.287	1.08	Eca	1001203
5x4RE	-J	20196896	1	17	204	500	4.61	5.52	47	34	0.46	1.41	Eca	1001203
5x6RE	-J	20195898	1	18	228	650	3.08	3.69	59	43	0.69	1.65	Eca	1001203
5x10RE	-J	20196900	1	21	252	930	1.83	2.19	79	59	1.15	1.9	Eca	1001203
5x16RE	-J	20196908	1	23	276	1250	1.15	1.38	102	79	1.84	2.26	Eca	1001203
5x25RM	-J	20195923	1.2	29	348	1850	0.727	0.87	133	106	2.87	3.18	Eca	1001205
5x35RM	-J	20195924	1.2	31	372	2450	0.524	0.627	159	129	4.03	3.69	Eca	1001207
5x50RM	-J	20195925	1.4	37	444	3300	0.387	0.463	188	157	5.75	5	Eca	1001208
7x1,5RE	-J	20195889	0.8	14	168	389	12.1	14.5	27	19.5	0.173	1.07	Eca	1001203
7x2,5RE	-J	20195948	0.8	16	192	510	7.41	8.87	36	25	0.287	1.21	Eca	1001203

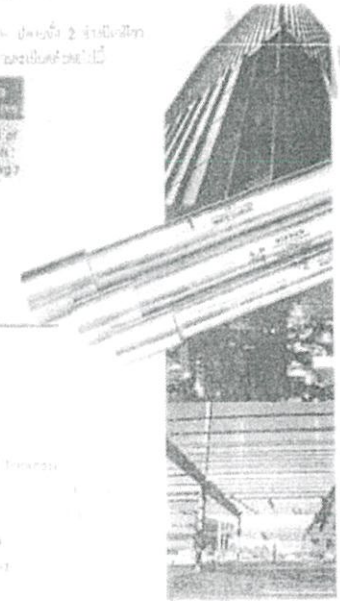
TABEL (2) : CONDUIT SPECIFATION

ท่อประเภทที่ 2

IMC (Intermediate Metal Conduit)

Trade Size (in.)	Trade Size (mm.)	Outside Diameter (mm.)	Wall Thickness (mm.)	Length without Coupling (m.)	Minimum Weight of Ten Unit Lengths with Coupling (kg.)
1/2	16	20.7	1.98	3.05	25.4
3/4	20	26.1	2.03	3.05	34.6
1	25	33.6	2.16	3.05	49.9
1 1/4	32	41.6	2.16	3.05	64.3
1 1/2	40	47.8	2.29	3.05	74.1
2	50	59.4	2.3	3.05	103.2
2 1/2	65	72.5	2.41	3.05	140.2
3	80	88.3	2.54	3.05	203.0
3 1/2	90	100.9	2.54	3.05	229.0
4	100	113.4	2.67	3.05	264.1

ตารางค่าความคลาดเคลื่อน / Applicable Tolerances



CABLE & LOAD CONSUPMTION CALCULATION

LOAD CONSUMPTION

MACHINE LINE : TRAY UNLOADER NO.1 ~ NO.4

MACHINE	POWER (KW)	Q'TY	TOTAL POWER (KW)
TRAY UNLOADER	18	1	18

POWER CONSUMPTION (PER ONE PROCESS MACHINE) = 18 KW

LOAD DEMAND FACTOR = 0.85 **MFG. SPECIFICATION

POWER COMSUMPTION = 15.30 KW

FULL LOAD CURRENT

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \theta}$$

P = 15.3 KW
V = 400 V
θ = 0.85

... I = 28 A

... I (RATE) = 125% x I (LOAD)

CABLE SELECTION

TYPE : NYY-J
BRAND : PRYSMIAN
CROSS SECTION : 16 SQ.MM.
NO. OF CORE : 4+1 CORE
CURRENT RATE : 79 A (FREE AIR) (TABEL 1)

REDUCE FACTOR : 0.8
**MAX. CABLE CURRENT RATE : 63 A
LOAD CURRENT (I) : 32 A

CABLE SELECTION RESULT : 31 A (CABLE RATE CURRENT MORE THAN LOAD CURRENT)
49% "ACCEPT"

CONDUIT SELECTION

CABLE CROSS SECTION AREA NOT OVER 40% OF CONDUIT CROSS SECTION AREA

CABLE OVERALL DIAMETER : 23 MM.
CROSS SECTION AREA FOR CABLE : 415 SQ.MM.
MINIMUM CONDUTI SECTION AREA : 1039 SQ.MM.

ORIGINAL

CONDUIT SELECT

CONDUIT TYPE : IMC
BRAND : NIPPON
SIZE : 2"
CONDUIT DIAMETER (ID.) 55 MM. (TABEL 2)
CROSS SECTION AREA FOR CONDUIT : 2376 SQ.MM.

CABLE CROSS SECTION = 17.49 %
RESULT : CABLE CROSS SECTION AREA NOT OVER 40% "ACCEPT"

PREPARATION BY : นาย อาชิตย์ ทะกอง คพก. 46678

REVIEW & APPROVED BY : นาย ไพรฑูย์ มาโย คพก 5728

CABLE & LOAD CONSUPMTION CALCULATION

TECHNICAL DATA

TABEL (1) : MFG. MAXIMUM FREE CURRENT RATE

Prysmian Group CPR CERTIFIED

PRYSMIAN Draka

Size	Art. Dec. 0/2	Part number	Insulation thickness nom. mm	Outer diameter nom. mm	Bending radius fixed min. mm	Weight (approx.) kg/km	Conductor resistance at 20°C max. Ω/km	AC resistance at max. conductor temp. Ω/km	Current-carrying capacity during normal operation, laid in the ground (1) A	Current carrying capacity free in air (2) A	Short Circuit Current (conductor) kA	Fire load value MJ/m	CPR fire classification	CPR Dof-Code
4x10RE	-0	20195918	1	19	228	750	1.83	2.19	79	89	1.15	1.64	Eca	1001203
4x16RE	-0	20195909	1	21	252	1199	1.15	1.38	102	79	1.84	1.98	Eca	1001203
4x25RM	-0	20195969	1.2	26	312	1608	0.727	0.87	133	106	2.87	2.75	Eca	1001203
4x35SM	-0	20195973	1.2	28	312	1758	0.524	0.627	159	129	4.03	3.18	Eca	1001203
4x50SM	-0	20195974	1.4	30	360	2300	0.387	0.462	188	157	5.75	4.03	Eca	1001203
4x70SM	-0	20195975	1.4	34	408	3150	0.268	0.321	232	199	8.05	5.82	Eca	1001203
4x95SM	-0	20195976	1.6	38	456	4230	0.193	0.232	289	246	10.9	6.38	Eca	1001203
4x120SM	-0	20195977	1.6	42	504	5250	0.153	0.184	335	285	13.8	7.41	Eca	1001203
4x150SM	-0	20195978	1.8	46	552	6400	0.124	0.15	359	326	17.2	8.77	Eca	1001203
4x185SM	-0	20195979	2	51	612	7900	0.0991	0.121	403	374	21.3	10.61	Eca	1001203
5x1,5RE	-J	20195987	0.8	14	168	308	12.1	14.5	27	19.5	0.173	0.93	Eca	1001203
5x2,5RE	-J	20196070	0.8	15	180	365	7.41	8.87	36	28	0.287	1.03	Eca	1001203
5x4RE	-J	20195896	1	17	204	520	4.61	5.52	47	34	0.46	1.41	Eca	1001203
5x6RE	-J	20195898	1	19	228	680	3.08	3.69	59	43	0.69	1.53	Eca	1001203
5x10RE	-J	20195900	1	21	252	930	1.83	2.19	79	59	1.15	1.9	Eca	1001203
5x16RE	-J	20195906	1	23	276	1230	1.15	1.38	102	79	1.84	2.26	Eca	1001203
5x25RM	-J	20195923	1.2	29	348	1930	0.727	0.87	133	106	2.87	3.18	Eca	1001203
5x35SM	-J	20195924	1.2	31	372	2450	0.524	0.627	159	129	4.03	3.69	Eca	1001203
5x50RM	-J	20195925	1.4	37	444	3300	0.387	0.462	188	157	5.75	5	Eca	1001203
7x1,5RE	-J	20195956	0.8	14	168	380	12.1	14.5	27	19.5	0.173	1.07	Eca	1001203
7x2,5RE	-J	20195949	0.8	16	192	510	7.41	8.87	36	28	0.287	1.21	Eca	1001203

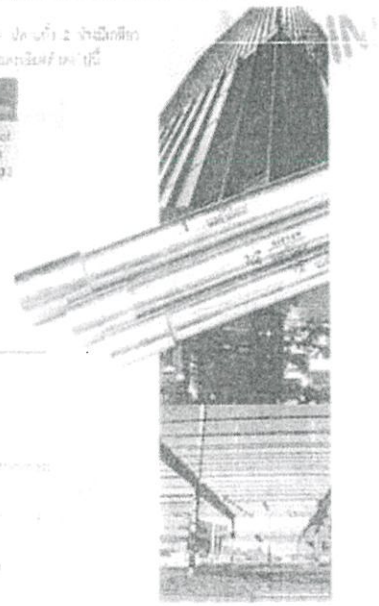
TABEL (2) : CONDUIT SPECIFATION

ท่อประเภทที่ 2 ท่อเหล็กโลหะหนา ... SIPPON ... ปลอกเกลียว ... ปลอก ... ประเภทที่ 2 ท่อเหล็กชุบ

(ชื่อเรียกว่า **IMC** (Intermediate Metal Conduit) ...

Trade Size (inch)	Trade Size (mm.)	Outside Diameter (mm.)	Wall Thickness (mm.)	Length without Coupling (mm.)	Minimum Weight of Ten Unit Lengths with Coupling (kg.)
1/2	16	20.7	1.79	3035	25.4
3/4	20	26.1	1.90	3035	34.0
1	25	32.8	2.15	3035	49.9
1 1/4	32	41.6	2.34	3035	64.1
1 1/2	40	47.8	2.39	3035	79.1
2	50	59.4	2.41	3035	105.3
2 1/2	65	72.4	2.79	3035	136.2
3	80	88.3	2.92	3035	170.0
3 1/2	90	100.1	2.92	3035	195.0
4	100	113.9	3.05	3035	225.0

ตารางความคลาดเคลื่อน / Applicable Tolerances



CABLE & LOAD CONSUPMTION CALCULATION

LOAD CONSUMPTION

MACHINE LINE : **RESORVOIR NO.1 ~ NO.4**

MACHINE	POWER (KW)	Q'TY	TOTAL POWER (KW)
RESORVOIR (RF5-CONTROLLER)	24	1	24

POWER CONSUMPTION (PER ONE PROCESS MACHINE) = 24 KVA

LOAD DEMAND FACTOR = 0.85 **MFG. SPECIFICATION

POWER COMSUMPTION = 20.40 KW

FULL LOAD CURRENT

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \theta}$$

P = 20.4 KW
V = 400 V
θ = 0.85

... I = 35 A

... I (RATE) = 125% x I (LOAD)

CABLE SELECTION

TYPE : NYY-J
BRAND : PRYSMIAN
CROSS SECTION : 16 SQ.MM.
NO. OF CORE : 4+1 CORE
CURRENT RATE : 79 A (FREE AIR) (TABEL 1)

REDUCE FACTOR : 0.8
**MAX. CABLE CURRENT RATE : 63 A
RATE CURRENT : 43 A

CABLE SELECTION RESULT : 20 A (CABLE RATE CURRENT MORE THAN LOAD CURRENT)
31% "ACCEPT"

CONDUIT SELECTION

CABLE CROSS SECTION AREA NOT OVER 40% OF CONDUIT CROSS SECTION AREA

CABLE OVERALL DIAMETER : 23 MM.
CROSS SECTION AREA FOR CABLE : 415 SQ.MM.
MINIMUM CONDUTI SECTION AREA : 1039 SQ.MM.

CONDUIT SELECT
CONDUIT TYPE : IMC
BRAND : NIPPON
SIZE : 2"
CONDUIT DIAMETER (ID.) : 55 MM. (TABEL 2)
CROSS SECTION AREA FOR CONDUIT : 2376 SQ.MM.

CABLE CROSS SECTION = 17.49 %

RESULT : CABLE CROSS SECTION AREA NOT OVER 40% "ACCEPT"

PREPARATION BY : นาย อาทิตย์ ทะกอง สพก. 46678

REVIEW & APPROVED BY : นาย ไพฑูรย์ มาโม สพก.5728

ORIGINAL

CABLE & LOAD CONSUPMTION CALCULATION

TECHNICAL DATA

TABEL (1) : MFG. MAXIMUM FREE CURRENT RATE

Prysmian Group CPR CERTIFIED

PRYSMIAN Draka

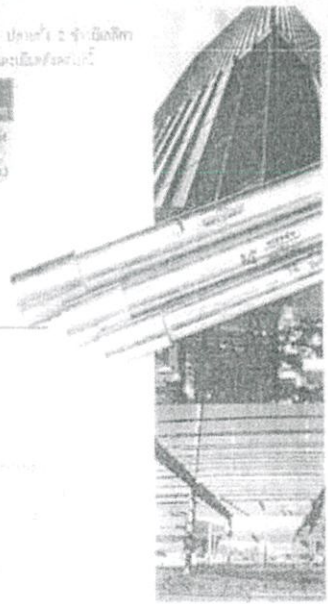
Size	Art. Dec. O/I	Part number	Insulation thickness nom. mm	Outer diameter nom. mm	Bending radius fixed min. mm	Weight (approx.) kg/km	Conductor resistance at 20°C max. Ω/km	AC resistance at max. conductor temp. Ω/km	Current-carrying capacity during normal operation, laid in the ground (1) A	Current carrying capacity free in air (2) A	Short Circuit Current (conductor) kA	fire load value kWh/m	CPR fire classification	CPR Sub-Code
4x10RE	-0	Z0199919	1	19	228	750	1.83	2.19	75	59	1.15	1.64	Eca	1061209
4x16RE	-0	Z0199906	1	21	252	1100	1.15	1.38	102	79	1.84	1.95	Eca	1061209
4x25RM	-0	Z0199963	1.2	26	312	1600	0.727	0.87	133	106	2.87	2.71	Eca	1061209
4x35SM	-0	Z0199973	1.2	28	336	1750	0.524	0.627	159	129	4.03	3.13	Eca	1061209
4x50SM	-0	Z0199974	1.4	30	360	2300	0.387	0.463	188	157	5.75	4.03	Eca	1061209
4x70SM	-0	Z0199975	1.4	34	408	3150	0.268	0.321	232	198	8.05	5.02	Eca	1061209
4x95SM	-0	Z0199976	1.6	38	456	4250	0.193	0.232	289	246	10.9	6.36	Eca	1061209
4x120SM	-0	Z0199977	1.6	42	504	5250	0.153	0.184	318	286	13.8	7.41	Eca	1061209
4x150SM	-0	Z0199978	1.8	46	552	6400	0.124	0.15	359	326	17.2	8.77	Eca	1061209
4x185SM	-0	Z0199979	2	51	612	7900	0.0991	0.121	406	374	21.9	10.61	Eca	1061209
5x1,5RE	-3	Z0199987	0.6	14	168	300	12.1	14.5	27	19.5	0.173	0.93	Eca	1061203
5x2,5RE	-3	Z0196070	0.6	15	180	363	7.41	8.87	36	25	0.287	1.06	Eca	1061203
5x4RE	-3	Z0199899	1	17	204	550	4.61	5.52	47	34	0.46	1.41	Eca	1061203
5x6RE	-3	Z0199899	1	19	228	650	3.08	3.69	58	43	0.69	1.59	Eca	1061203
5x10RE	-3	Z0199900	1	21	252	930	1.83	2.19	79	59	1.15	1.9	Eca	1061203
5x16RE	-3	Z0199963	1	23	276	1230	1.15	1.38	102	79	1.84	2.26	Eca	1061203
5x25RM	-3	Z0199923	1.2	29	348	1950	0.727	0.87	133	106	2.87	3.12	Eca	1061203
5x35RM	-3	Z0199924	1.2	31	372	2450	0.524	0.627	159	129	4.03	3.68	Eca	1061203
5x50RM	-3	Z0199925	1.4	37	444	3300	0.387	0.463	188	157	5.75	5	Eca	1061203
7x1,5RE	-7	Z0199936	0.6	14	168	390	12.1	14.5	27	19.5	0.173	1.07	Eca	1061207
7x2,5RE	-7	Z0199945	0.6	16	192	510	7.41	8.87	36	25	0.287	1.21	Eca	1061207

TABEL (2) : CONDUIT SPECIFATION

ท่อประเภทที่ 2

ชนิดท่อ IMC (Intermediate Metal Conduit)

Trade Numeric Size		Outside Diameter (mm.)	Wall Thickness (mm.)	Length Without Coupling (mm.)	Minimum Weight of Two Unit Lengths with Coupling (kg.)
Trade Size (in.)	Trade Size (mm.)				
1/2	15	20.7	2.79	3.05	25.4
3/4	20	26	2.79	3.05	34.9
1	25	32.9	3.18	3.05	49.9
1 1/4	32	41.6	3.18	3.05	64.2
1 1/2	40	47.8	3.18	3.05	72.1
2	50	59.3	3.18	3.05	90.7



ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ : Applicable Tolerances

ORIGINAL

Electrical system calculation sheet

ข้อมูลสำหรับออกแบบ

1.) รายการคำนวณนี้ เป็นการคำนวณตาม มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2560 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

2.) ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 400/230 โวลต์ 50 Hz แรงดันไฟฟ้าที่ใช้คำนวณ = 400 V. Power factor = 0.85

3.) อุณหภูมิโดยรอบสำหรับสายในอากาศ = 40 องศาเซลเซียส

รายการคำนวณ

1.) จ่ายเครื่องจักร ALFA+THETA (E2+E1)

กำลังไฟฟ้า เครื่องจักร 31.5 +6.5 = 38 kW.

กระแสโหลด = 64 A.

เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกัน C.B. 3 P 100 AT/100 AF

สายไฟ

ลักษณะการติดตั้ง : กลุ่มที่ 7

ลักษณะตัวนำกระแส : หลายแกน

รูปแบบการติดตั้ง : เคเบิลหลายแกน วางชิดกัน บนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด(Cable basket system;Duratray)

รหัสสายไฟ : 4C - VCT-G

เลือกใช้สาย : 4C- 35(16) sq.mm. VCT-G (110 A.) ตาราง 5 -30

เลือกใช้รางเคเบิล : Cable basket ขนาด 150 x 50 x 4.5 mm. (WxHxDia.) ของ Duratray

2.) จ่ายเครื่องจักร DELTA (E3)

กำลังไฟฟ้า เครื่องจักร = 12 kW.

กระแสโหลด = 20 A.

เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกัน C.B. 3 P 32 AT/100 AF

สายไฟ

ลักษณะการติดตั้ง : กลุ่มที่ 7

ลักษณะตัวนำกระแส : หลายแกน

รูปแบบการติดตั้ง : เคเบิลหลายแกน วางชิดกัน บนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด(Cable basket system;Duratray)

รหัสสายไฟ : 4C - VCT-G

เลือกใช้สาย : 4C- 6(6) sq.mm. VCT-G. (37 A.) ตาราง 5 -30

เลือกใช้รางเคเบิล : Cable basket ขนาด 100 x 50 x 4.5 mm. (WxHxDia.) ของ Duratray

3.) จ่ายเครื่องจักร SP (E4)

กำลังไฟฟ้า เครื่องจักร = 11 kW.

กระแสโหลด = 19 A.

เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกัน C.B. 3 P 32 AT/100 AF

สายไฟ

ลักษณะการติดตั้ง : กลุ่มที่ 7

ลักษณะตัวนำกระแส : หลายแกน

รูปแบบการติดตั้ง : เคเบิลหลายแกน วางชิดกัน บนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด(Cable basket system;Duratray)

Electrical system calculation sheet

รหัสสายไฟ : 4C - VCT-G

เลือกใช้สาย : 4C- 6(6) sq.mm. VCT-G. (37 A.) ตาราง 5 -30

เลือกใช้รางเคเบิล : Cable basket ขนาด 100 x 50 x 4.5 mm. (WxHxDia.) ของ Duratray

---

4.) จ่ายเครื่องจักร MCP (E5)

กำลังไฟฟ้า เครื่องจักร = 7.5 kW.

กระแสโหลด = 13 A.

เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกัน C.B. 3 P 25 AT/100 AF

สายไฟ

ลักษณะการติดตั้ง : กลุ่มที่ 7

ลักษณะตัวนำกระแส : หลายแกน

รูปแบบการติดตั้ง : เคเบิลหลายแกน วางชิดกัน บนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด(Cable basket system;Duratray)

รหัสสายไฟ : 4C - VCT-G

เลือกใช้สาย : 4C-4(4) sq.mm. VCT-G. (30 A.) ตาราง 5 -30

เลือกใช้รางเคเบิล : Cable basket ขนาด 100 x 50 x 4.5 mm. (WxHxDia.) ของ Duratray

---

5.) ตู้เมนจ่ายเครื่องจักร (ตู้ DB)

F 1 : ALPHA+THETA (E2+E1) = 44.47 kVA

F 2 : DELTA (E3) = 14.12 kVA

F 3 : SP (E4) = 12.94 kVA

F 4 : MCP (E5) = 8.82 kVA

F 5 : Spare = 12.00 kVA

กระแสรวม = 133.30 A.

เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกัน C.B. 3 P 200 AT/250 AF

สายไฟ

ลักษณะการติดตั้ง : กลุ่มที่ 2

ลักษณะตัวนำกระแส : แกนเดียว

รูปแบบการติดตั้ง : เดินในช่องเดินสายโลหะ (ท่อ IMC) เดินเกาะผนัง

รหัสสายไฟ : 1C - CV 0.6 kV. XLPE

เลือกใช้สาย : 4 - 1C-70 sq.mm. CV 0.6 kV.+1C-25 IEC01(G.) (202 A.) ตาราง 5 -27

เลือกใช้ท่อร้อยสายไฟ : 1-50 mm. IMC

Electrical system calculation sheet

ตรวจสอบขนาดท่อร้อยสายไฟ

1.) สาย 1C- 70 ตร.มม. CV 0.6 kV XLPE	ขนาด O.D.สายไฟ =	15	มม. จำนวน	4	เส้น	พื้นที่รวม =	706.50	ตร.มม.
2.) สาย 1C- 25 ตร.มม. IEC01(G.)	ขนาด O.D.สายไฟ =	9.7	มม. จำนวน	1	เส้น	พื้นที่รวม =	73.86	ตร.มม.
						พื้นที่หน้าตัดสายไฟรวม =	780.36	ตร.มม.
3.) ท่อ IMC ขนาด 50 มม.	ขนาด I.D.ท่อ =	55.08	มม. จำนวน	1	ท่อ	พื้นที่รวม =	2,381.54	ตร.มม.
						พื้นที่หน้าตัดสายไฟรวม / พื้นที่ท่อร้อยสายไฟ =	32.77%	≤ 40 % ผ่าน

PANEL BOARD LOAD SCHEDULE

PROJECT : ระบบไฟฟ้าเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตบุหรี่ ด้านกระบวนการบรรจุ (สัญญา M-02/2) PANEL : DB-x (x= 1,2,3,4,5&6) SHEET No. 1

MOUNTING : Floor standing LOCATION : 1 st. Floor CAPACITY 6 Feeders

CCT. No.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD			Circuit Breaker			CONDUCTOR		RACEWAY		REMAKE
		Phase - A	Phase -B	Phase -C	POLE	AT	I.C.(kA.)	SIZE (Sq. mm.)	TYPE	SIZE (mm.)	TYPE	(LOCATION)
1	ALFA+THETA (E2+E1) (31.3 kW + 6.5kW.)	14,824	14,824	14,824	3	100	25	4C-35(16)	VCT-G	150 mm.	Duratray	
2	DELTA (12 kW.)	4,706	4,706	4,706	3	32	25	4C-6(6)	VCT-G	100 mm.	Duratray	
3	SP (11 kW.)	4,314	4,314	4,314	3	32	25	4C-6(6)	VCT-G	100 mm.	Duratray	
4	MCP (7.5 kW.)	2,941	2,941	2,941	3	25	25	4C-4(4)	VCT-G	100 mm.	Duratray	
5	SPARE	4,000	4,000	4,000	3	25	25					
6	SPACE											

CONNECTED LOAD (VA)	30,784	30,784	30,784	MAIN C.B. :	3 P 200 AT/250 AF
DEMAND FACTOR	1.00			I. C. :	25 kA AT 415 VAC.
ESTIMATED CURRENT (A)	134.00	134.00	134.00	MAIN FEEDER :	4-1C-70 CV 0.6 kV.+ 1C-25(G.) IEC01
TOTAL ESTIMATED LOAD (VA)	92,353			RACE WAY :	IMC 50 mm.

CONNECTED TO : Existsing plug-in Busway

kW - Hr. METER : -

BUSBAR SYSTEM : 250 A. COPPER BUSBAR

3 - P 4 -W 400/230 V.50 Hz.