การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

นายวุฒิไกร วะชังเงิน

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเทคนิคศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2569
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

นายวุฒิไกร วะชังเงิน

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเทคนิคศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2569

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองดุษฎีนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

โดย นายวุฒิไกร วะชังเงิน

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเทคนิคศึกษา

..... รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสาวณิต สุขภารังษี)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิทย์ กาญจนพันธุ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.นุชชฎา เกาะไพศาลสุขวัฒนา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวพรรณ ขำทับ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภราดร เสถียรไชยกิจ)

ชื่อ : นายวุฒิไกร วะชังเงิน
ชื่อดุษฎีนิพนธ์ : การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่
สาขาวิชา : เทคโนโลยีดิจิทัลเทคนิคศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์หลัก : ศาสตราจารย์ ดร.กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์
อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ร่วม : ดร.นุชชฎา เกาะไพศาลสุขวัฒนา
ปีการศึกษา : 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นสำหรับการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ (2) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะดังกล่าว และ (3) ศึกษาผลการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาระบบราง จำนวน 101 คน จาก 4 สถาบันอาชีวศึกษาในประเทศ โดยมีกลุ่มควบคุมจำนวน 31 คน จาก 1 สถาบัน และกลุ่มทดลองจำนวน 70 คน จากสถาบันที่เหลือ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล แบบทดสอบวัดความรู้ และแบบประเมินสมรรถนะ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบทีสำหรับ 2 กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน และค่าประสิทธิภาพ KW#2 ผลการวิจัยพบว่า (1) สมรรถนะที่สังเคราะห์มีทั้งหมด 7 หน่วย โดยได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิว่ามีความตรงเชิงเนื้อหาทุกหน่วยสมรรถนะ (2) รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย เนื้อหาการเรียนรู้บนแพลตฟอร์มดิจิทัล มอดูลการเรียนรู้ด้วยตนเอง และแบบทดสอบวัดผล ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประเมินว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และ (3) สมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟเหนือหัวของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้น ค่าประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้น คำนวณได้เท่ากับ 70/90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 70/85 และเกณฑ์มาตรฐานที่ 70/80 ตามวิธีการหาประสิทธิภาพแบบ KW#2 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่เน้นความยืดหยุ่นและการเรียนรู้ตามจังหวะของตนเองที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรม และสามารถใช้ทดแทนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ อีกทั้งสามารถ

นำไปใช้ในการออกแบบหลักสูตรฝึกอบรมช่างเทคนิคให้สอดคล้องกับงานจริง ซึ่งช่วยยกระดับประสิทธิภาพการเรียนรู้และความปลอดภัยในการปฏิบัติงานได้อย่างเป็นรูปธรรม

(มีจำนวนทั้งสิ้น 512 หน้า)

คำสำคัญ : การเรียนรู้ดิจิทัล; สมรรถนะ; ระบบราง; ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว; ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์หลัก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Name : Mr. Vuttikai Vachung-Ngoen
Dissertation Title : Development of a Digital Learning Model to Enhance Maintenance Competencies for Overhead Catenary System in Modern Railway Electrification Systems
Major Field : Digital Technology for Technical Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Dissertation Advisor : Professor Krismant Whattananarong, Ph.D.
Co-Advisor : Nuchchada Kohpeisansukwattana, Ph.D.
Academic Year : 2026

ABSTRACT

The purposes of this study were to (1) synthesize the essential competencies required for the maintenance of overhead catenary systems in modern railway systems, (2) develop a digital learning model to enhance such competencies, and (3) examine the effects of implementing the developed model. The samples consisted of 101 second-year students enrolled in the Higher Vocational Certificate program in Rail System Technology from four vocational institutions nationwide, comprising a control group of 31 students from one institution and an experimental group of 70 students from the remaining institutions. Research instruments included the digital learning model, a knowledge achievement test, and a competency assessment form. Data were analyzed using means, standard deviations, a t-test for two independent samples, and the KW#2 efficiency index. The findings revealed that (1) a total of seven competency units were synthesized, all of which were validated by subject-matter experts as demonstrating content validity; (2) the developed digital learning model—comprising digital platform-based instructional content, self-directed learning modules, and formative assessments—was evaluated by specialists as appropriate at the highest level; and (3) the OCS system maintenance competencies of the

experimental group and the control group did not differ significantly at the .05 level of statistical significance. Furthermore, the efficiency of the developed digital learning model, calculated at 70/90, exceeded both the predetermined criterion of 70/85 and the standard benchmark of 70/80 as determined by the KW#2 efficiency method. These findings indicated that the developed digital learning model, emphasizing flexibility and self-paced learning, was appropriate for application in industrial education and capable of serving as an effective alternative to conventional classroom instruction. The model could also be incorporated into the design of technical training programs aligned with real-world practices, thereby contributing to tangible improvements in learning effectiveness and workplace safety.

(Total 512 Pages)

Keywords: Digital Learning, Competency-Based Education, Railway Engineering, Overhead Contact System, Industrial Education

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ และอาจารย์ ดร.นุชชฎา เกาะไพศาลสุขวัฒนา ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ พร้อมทั้งคอยตรวจสอบข้อบกพร่อง ในงานวิจัยนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงงานวิจัยและสามารถพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่างๆ อย่างดี ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิทย์ กาญจนพันธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจาย์ ดร.ภาวพรรณ ขำทับ ผู้ช่วยศาสตราจาย์ ดร.ภราดร เสถียรไชยกิจ และคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศ อาจารย์ผู้สอนสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ทุกท่านที่ให้ความรู้ใน รายวิชาต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยจนประสบผลความสำเร็จในวันนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการจัดทำสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ และผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือวิจัยทุกท่านที่กรุณาสละเวลาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

วุฒิไกร วะชังเงิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง (ถ้ามี) ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ (ถ้ามี) ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

1.3 สมมติฐานในการวิจัย 6

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 6

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 7

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 ทฤษฎีและองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล 9

2.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล 11

2.3 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน 13

2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Digital Pedagogy ในยุคปัจจุบัน 14

2.5 สมรรถนะการเรียนรู้ 15

2.6 การเรียนรู้ด้วยตนเองและการเสริมต่อการเรียนรู้ 16

2.7 เทคโนโลยีระบบรางสมัยใหม่ 17

2.8 สมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว 19

2.9 มาตรฐานการซ่อมบำรุงระบบ OCS ในระดับสากล 21

2.10 การเชื่อมโยงมาตรฐาน OCS กับการพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาระบบราง 23

2.11 งานวิจัยนวัตกรรมเทคโนโลยีรถไฟในอนาคต 25

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 37

3.1 แบบแผนการทดลอง 39

3.2 พื้นที่วิจัย 40

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 40

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 41

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 44

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล 61

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 61

3.8 จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ 61

บทที่ 4 ผลการวิจัย 62

4.1 ผลการสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว 62

4.2 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล 63

4.3 ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล ฯ 64

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 71

5.1 สรุปผลวิจัย 71

5.2 อภิปรายผลวิจัย 74

5.3 ข้อจำกัดของการวิจัย 78

5.4 ข้อเสนอแนะ 78

5.5 สรุปเชิงนโยบาย 80

บรรณานุกรม 82

ภาคผนวก ก 91

ภาคผนวก ข 185

ภาคผนวก ค 205

ภาคผนวก ง 225

ภาคผนวก จ 434

ประวัติผู้วิจัย 512

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 แสดง Specification ของรถไฟต้นแบบ Hybari 26

ตารางที่ 3-1 แสดงแบบแผนการวิจัย 39

ตารางที่ 3-2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย 42

ตารางที่ 4-1 ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล 66

ตารางที่ 4-2 ผลการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ 66

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนในภาคปฏิบัติ 68

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 แสดงรูปลักษณะของรถไฟต้นแบบ Hybari 26

ภาพที่ 2-2 แสดงการทำงานของระบบ Fuel Cell Hybrid 26

ภาพที่ 3-1 กรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสมรรถนะการบำรุงรักษา OCS 37

ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 1 46

ภาพที่ 3-3 แสดงรูปแบบการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบ OCS 47

ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 2 50

ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ 53

ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 3 60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมระดับโลก ประเทศไทยกำลังเผชิญกับความท้าทายจากความผันผวนของเศรษฐกิจโลก การแข่งขันทางการค้า การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจฐานนวัตกรรม และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรเข้าสู่สังคมสูงวัย ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และการยกระดับทักษะแรงงานกลายเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมโครงสร้างพื้นฐานและโลจิสติกส์ ซึ่งเป็นรากฐานของการพัฒนาเศรษฐกิจ (สมานลักษณ์, 2565, สศช., 2561)

แม้ประเทศไทยจะมีการขยายตัวของโครงสร้างพื้นฐานระบบรางอย่างต่อเนื่อง แต่ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาควบคู่กันคือความพร้อมของกำลังคนสำหรับการเดินระบบและการบำรุงรักษา โดยเฉพาะกำลังคนระดับช่างเทคนิคซึ่งเป็นบุคลากรหลักในการปฏิบัติงานภาคสนาม ผลการประมาณการความต้องการกำลังคนด้านระบบรางของประเทศไทยที่มีการเผยแพร่ก่อนหน้านี้ระบุว่ามีความต้องการกำลังคนรวมประมาณ 31,307 คน โดยเป็นกำลังคนระดับช่างเทคนิค 11,479 คน และระดับวิศวกร 5,740 คน สะท้อนให้เห็นว่าการขยายตัวของระบบรางจำเป็นต้องอาศัยกำลังคนด้านเทคนิคจำนวนมาก โดยเฉพาะกลุ่มงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า เครื่องกล และระบบโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง (ชุลีพร, 2561)

อย่างไรก็ตาม ปัญหากำลังคนของประเทศไทยมิได้เป็นเพียงปัญหาด้าน “ปริมาณ” แต่มีลักษณะสำคัญเป็นปัญหาด้าน “คุณภาพและความสอดคล้องของสมรรถนะกับความต้องการของงาน” หรือ Skill Mismatch โดย TDRI วิเคราะห์ว่าประเทศไทยประสบปัญหาการขาดแคลนช่างเทคนิคและช่างฝีมือ แม้ในภาพรวมระบบอาชีวศึกษาจะสามารถผลิตผู้สำเร็จการศึกษาสายเทคนิคได้จำนวนมาก แต่ผู้สำเร็จการศึกษาจำนวนหนึ่งไม่ได้เข้าสู่การประกอบอาชีพช่างตามสาขาที่เรียนมา ปรากฏการณ์ดังกล่าวสะท้อนช่องว่างระหว่างระบบการผลิตกำลังคนกับความต้องการของตลาดแรงงาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ภาคอุตสาหกรรมยังคงประสบปัญหาการสรรหาบุคลากรที่มีทักษะตรงตามตำแหน่งงาน

ปัญหาดังกล่าวมีความชัดเจนมากขึ้นเมื่อพิจารณาเฉพาะงานซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System: OCS) เนื่องจาก OCS เป็นระบบที่ต้องอาศัยสมรรถนะเฉพาะทางมากกว่างานช่างไฟฟ้าทั่วไป ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับระบบจ่ายไฟฟ้ารถไฟฟ้า อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและทางกลของระบบสายเหนือหัว การตรวจวัดและประเมินสภาพสายคอนแทคและสายคาเทนารี การปรับความตึงและค่าทางเรขาคณิตของระบบ ตลอดจนความรู้ด้านการต่อลงดิน การตัดแยกพลังงาน และการทำงานภายใต้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของระบบราง นอกจากนี้ ยังต้องสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดและเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น Condition Monitoring, Computerized Maintenance Management System (CMMS), Internet of Things (IoT) และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ ดังนั้น การมีพื้นฐานความรู้ด้านไฟฟ้าหรือเครื่องกลเพียงอย่างเดียวจึงอาจไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน OCS อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

ประเด็นดังกล่าวสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนากำลังคนระบบรางในระดับนานาชาติ โดย UIC ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะและการฝึกอบรมบุคลากรอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากองค์กรระบบรางจำเป็นต้องปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและความต้องการทักษะใหม่ ทั้งยังให้ความสำคัญกับการสร้างระบบความร่วมมือระหว่างผู้ประกอบการ ศูนย์ฝึกอบรม และสถาบันการศึกษาเพื่อพัฒนากำลังคนให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ดังนั้น ปัญหาการขาดแคลนกำลังคนด้านการซ่อมบำรุง OCS จึงควรพิจารณาในลักษณะของ “การขาดแคลนกำลังคนที่มีสมรรถนะเฉพาะทาง” มากกว่าการขาดแคลนแรงงานในเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียว กล่าวคือ แม้ประเทศไทยจะมีผู้สำเร็จการศึกษาด้านไฟฟ้า เครื่องกล และสาขาเทคนิคจำนวนหนึ่ง แต่บุคลากรเหล่านั้นจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะเพิ่มเติมให้สามารถปฏิบัติงานกับระบบ OCS ซึ่งมีลักษณะเฉพาะ มีความเสี่ยงสูง และต้องปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยของระบบราง การสร้างบุคลากรให้มีสมรรถนะดังกล่าวจึงต้องอาศัยกระบวนการฝึกอบรมที่เชื่อมโยงความรู้ ทักษะปฏิบัติ การวิเคราะห์ปัญหา ความปลอดภัย และเทคโนโลยีดิจิทัลเข้าด้วยกัน

ในบริบทของประเทศไทย กรณีศึกษาการดำเนินงานและบำรุงรักษาระบบรถไฟฟ้าในกรุงเทพมหานครยังสะท้อนให้เห็นความสำคัญของการพัฒนาบุคลากรไทยให้สามารถรองรับงานด้านระบบรางที่มีความซับซ้อน โดย JICA รายงานกรณีการบำรุงรักษาระบบรถไฟฟ้าที่มีการฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศแก่บุคลากรไทยในระยะแรกของการดำเนินงาน

ขณะเดียวกันยังพบข้อจำกัดด้านการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในบริบทที่บุคลากรมีการเปลี่ยนงานเพื่อความก้าวหน้าในอาชีพค่อนข้างบ่อย นอกจากนี้ ระบบบำรุงรักษาสมัยใหม่ยังจำเป็นต้องใช้ CMMS และแนวคิด Risk-Based Maintenance เพื่อให้สามารถวางแผนงาน ตรวจสอบประวัติการบำรุงรักษา และควบคุมความเสี่ยงของระบบได้อย่างเป็นระบบ

อีกทั้งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมรถไฟ เช่น ระบบควบคุมดิจิทัล ระบบตรวจสอบสภาพแบบเรียลไทม์ (Condition Monitoring) การประยุกต์ใช้ IoT และปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในงานบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance) ได้เปลี่ยนรูปแบบการบริหารจัดการและการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวอย่างมีนัยสำคัญ ช่างเทคนิคจึงจำเป็นต้องมีสมรรถนะที่ครอบคลุมทั้งความรู้ทางไฟฟ้ากำลัง โครงสร้างเชิงกล การวิเคราะห์ข้อมูล และการใช้เครื่องมือดิจิทัลขั้นสูง (UIC, 2021, ThaiPR, 2566)

ในทางปฏิบัติ ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวเป็นระบบที่ทำงานภายใต้แรงดันไฟฟ้าสูง มีองค์ประกอบหลายส่วน เช่น สายคอนแทค สายคาเทนารี ชุดอุปกรณ์ยึดแขวน ฉนวน และอุปกรณ์ปรับความตึง หากการติดตั้งหรือการบำรุงรักษาขาดมาตรฐาน อาจก่อให้เกิดปัญหา เช่น การสูญเสียแรงตึงของสาย การอาร์คไฟฟ้า การสึกหรอผิดปกติ หรือการขัดข้องของระบบ ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยและก่อให้เกิดการหยุดเดินรถ (Railway Technical Society of Australasia, 2020) ดังนั้น สมรรถนะของช่างซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวจึงเป็นปัจจัยเชิงวิกฤต (Critical Competency) ต่อความมั่นคงของระบบรางทั้งระบบ

เมื่อพิจารณาร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมระบบราง ปัญหาดังกล่าวมีแนวโน้มทวีความซับซ้อนขึ้น เนื่องจากลักษณะงานบำรุงรักษากำลังเปลี่ยนจากการตรวจสอบและซ่อมบำรุงตามรอบเวลาไปสู่การบำรุงรักษาที่อาศัยข้อมูลและการประเมินสภาพแบบดิจิทัล UIC ระบุว่าเทคโนโลยีดิจิทัล ระบบอัตโนมัติ ปัญญาประดิษฐ์ และการเปลี่ยนแปลงของระบบรางกำลังทำให้ชุดทักษะที่จำเป็นสำหรับบุคลากรด้านการเดินระบบและการบำรุงรักษาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันอุตสาหกรรมระบบรางยังเผชิญปัญหาการขาดแคลนทักษะ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากร การสูญเสียองค์ความรู้จากบุคลากรรุ่นเดิม และความจำเป็นในการพัฒนาทักษะใหม่อย่างต่อเนื่อง

จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงเกิดช่องว่างสำคัญระหว่าง “ความต้องการกำลังคนของอุตสาหกรรมระบบราง” กับ “ความพร้อมด้านสมรรถนะเฉพาะทางของกำลังคน” โดยเฉพาะใน

ตำแหน่งช่างเทคนิคซ่อมบำรุง OCS ซึ่งต้องทำงานกับระบบไฟฟ้าแรงดันสูง อุปกรณ์เชิงกล และเทคโนโลยีดิจิทัลพร้อมกัน ช่องว่างดังกล่าวมิได้สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาเพียงอย่างเดียว แต่จำเป็นต้องพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถยกระดับสมรรถนะให้ตรงกับลักษณะงานจริง ลดระยะเวลาในการปรับตัวเข้าสู่สถานประกอบการ และสนับสนุนการเรียนรู้ต่อเนื่องเมื่อเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลง

แม้ว่าจะมีการพัฒนาหลักสูตรด้านระบบรางในสถาบันการศึกษาและหน่วยงานฝึกอบรมเพิ่มขึ้น แต่รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังคงเน้นการบรรยายและการฝึกปฏิบัติแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการรองรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้งผู้เรียนในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม Generation Z ซึ่งมีพฤติกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อดิจิทัล การเรียนรู้แบบสั้นกระชับ และการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เป็นหลัก การออกแบบการเรียนรู้จึงควรบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการพัฒนาสมรรถนะ (สพฐ., 2565)

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่เน้นสมรรถนะ (Competency-Based Digital Learning Model) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเสริมสร้างศักยภาพของช่างเทคนิคซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว โดยสามารถสนับสนุนการเรียนรู้เชิงสถานการณ์จำลอง การฝึกวิเคราะห์เหตุขัดข้องเสมือนจริง การเรียนรู้ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ และการประเมินผลที่สอดคล้องกับมาตรฐาน ทั้งยังช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลา และสถานที่

ดังนั้น จากบริบทการพัฒนาเศรษฐกิจระดับประเทศ การขยายตัวของโครงสร้างพื้นฐานระบบราง ความซับซ้อนของเทคโนโลยีระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว และความจำเป็นในการยกระดับกำลังคนให้มีสมรรถนะเฉพาะทางที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากล จึงนำไปสู่ความจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวอย่างเป็นระบบ เพื่อรองรับการเติบโตของอุตสาหกรรมระบบราง และเสริมสร้างความมั่นคง ปลอดภัย และยั่งยืนของการคมนาคมทางรางของประเทศไทยในอนาคต

แม้งานวิจัยในระดับสากลจะให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในอุตสาหกรรมระบบรางเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะด้าน Predictive Maintenance, Condition Monitoring และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบโครงสร้างพื้นฐานทางราง (Ahmad et al., 2018; IEC, 2019; UIC, 2021) แต่การศึกษาส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นที่ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีและระบบวิศวกรรม มากกว่าการพัฒนาสมรรถนะของกำลังคนที่ต้องปฏิบัติงานกับ

เทคโนโลยีดังกล่าวโดยตรง โดยเฉพาะในบริบทของ “ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว” (Overhead Catenary System: OCS) ซึ่งเป็นระบบที่มีความซับซ้อนทั้งด้านไฟฟ้ากำลัง โครงสร้างเชิงกล และความปลอดภัยจากไฟฟ้าแรงดันสูง

ด้านการศึกษา แม้จะมีงานวิจัยเกี่ยวกับ Competency-Based Education (CBE) และ Digital Learning ในสายอาชีวศึกษาและวิศวกรรม (Mulder, 2017; Siemens, 2005) แต่ยังขาดการบูรณาการเชิงลึกระหว่าง “รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล” กับ “สมรรถนะเฉพาะทางด้านการซ่อมบำรุง OCS” โดยเฉพาะในบริบทประเทศกำลังพัฒนาที่มีการขยายตัวของโครงสร้างพื้นฐานระบบรางอย่างรวดเร็ว เช่น ประเทศไทย งานวิจัยที่เชื่อมโยง Digital Learning Model ⟶ Competency Development ⟶ Operational Reliability ของระบบ OCS ยังมีจำกัดอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยการพัฒนาและทดสอบรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวอย่างเป็นระบบ

ด้วยเหตุนี้ การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวจึงมีความสำคัญในฐานะกลไกหนึ่งในการลดช่องว่างด้านสมรรถนะของกำลังคน โดยการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ร่วมกับการเรียนรู้เชิงสมรรถนะจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษาโครงสร้างและการทำงานของ OCS ฝึกวิเคราะห์สถานการณ์และความผิดปกติ ฝึกใช้เครื่องมือและข้อมูลดิจิทัล ตลอดจนประเมินสมรรถนะตามเกณฑ์ที่กำหนดได้อย่างเป็นระบบ อันจะช่วยเชื่อมโยงระหว่างการผลิตกำลังคนของสถานศึกษาและความต้องการจริงของอุตสาหกรรมระบบราง และเป็นแนวทางในการพัฒนากำลังคนที่มีคุณภาพเพียงพอและมีสมรรถนะตรงตามความต้องการของงานซ่อมบำรุง OCS ในประเทศไทย

โดยสรุป ผู้วิจัยจึงมีความต้องการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าในระบบรางสมัยใหม่ ให้ทันตามความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี รวมถึงการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีไปตามโลกาภิวัตน์และการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของอุตสาหกรรมรถไฟ การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลนี้ ไม่เพียงแต่สามารถพัฒนาศักยภาพของช่างซ่อมบำรุงเท่านั้น แต่ยังมีส่วนสำคัญในการรับรองความยั่งยืนและความสำเร็จของการดำเนินงานระบบรางของประเทศไทยในอนาคตด้วย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่
2) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่
3) เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1) รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ KW#2
2) สมรรถนะการซ่อมบำรุงของกลุ่มผู้เรียนด้วยรูปแบบการเรียนที่พัฒนาขึ้น สูงกว่ากลุ่มผู้ที่เรียนแบบปกติ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1) ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาระบบราง ชั้นปีที่ 2 ในสถาบันอาชีวศึกษาที่เปิดสอนด้านระบบรางในประเทศไทย ซึ่งกำลังศึกษาในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบราง
2) ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย
   2.1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับการเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่
   2.2. ตัวแปรตาม ได้แก่ สมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่
3) เนื้อหาในการวิจัย เน้นการเรียนรู้ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary) เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่
4) ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 7 เดือน ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2568 ถึง มกราคม 2569

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1) ระบบจ่ายไฟฟ้าแบบเหนือหัว (Overhead Catenary System) เป็นระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับขบวนรถไฟฟ้า แบบจ่ายไฟฟ้าผ่านสายส่งเหนือหัวตลอดเส้นทางรถไฟ ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับ ขนาด 25 กิโลโวลต์ (kV.) 1 เฟส 50 เฮิร์ต (Hz) ดังเช่น รถไฟฟ้า Airport Rail Link, รถไฟฟ้าสายสีแดง และรถไฟความเร็วสูง
2) ระบบจ่ายไฟฟ้าแบบรางที่สาม (Third Rail System) เป็นระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับขบวนรถไฟฟ้า แบบจ่ายไฟฟ้าผ่านรางที่สามที่เป็นลักษณะรางจ่ายไฟ (Power Rail) ตลอดเส้นทางรถไฟ ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 750 โวลต์ (V.) ดังเช่น รถไฟฟ้าที่วิ่งบริการในเมือง ดังเช่น รถไฟฟ้าใต้ดิน (MRT) และ รถไฟฟ้า BTS หรือ โมโนเรล (Monorail)
3) KW#2 หมายถึง การหาประสิทธิภาพชุดการสอนที่เน้นสมรรถนะที่จำเป็นต้องผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ในแต่ละกิจกรรม หรือแต่ละใบงานที่ผู้เรียนได้ทำ
4) สมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว หมายถึง ความสามารถเชิงบูรณาการด้านความรู้ และทักษะ ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ให้เป็นไปตามมาตรฐานการซ่อมบำรุง (Standard Operating Procedure : SOP)
5) รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล หมายถึง โครงสร้างการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล แพลตฟอร์มออนไลน์ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพและยืดหยุ่นตามบริบทผู้เรียน

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1) รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลนี้ ช่วยให้ผู้ที่สนใจสามารถเข้าถึงและเรียนรู้การซ่อมบำรุงเทคโนโลยีระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ด้วยตนเอง เป็นการเพิ่มโอกาสทางอาชีพ
2) รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลนี้ ช่วยยกระดับมาตรฐานการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเทคโนโลยีระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและลดต้นทุนในระยะยาว
3) รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลนี้ ส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะในอาชีพด้วยตนเอง ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายของการรถไฟฯ ในการฝึกอบรม
4) สถานศึกษาสามารถนำรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลนี้ ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อผลิตบุคลากรให้มีสมรรถนะการซ่อมบำรุงที่ทันสมัยและตรงความต้องการของการรถไฟฯ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ มีการทบทวนวรรณกรรม ดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีและองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

2.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

2.3 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน KW#2

2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Digital Pedagogy ในยุคปัจจุบัน

2.5 สมรรถนะการเรียนรู้

2.6 การเรียนรู้ด้วยตนเองและการเสริมต่อการเรียนรู้

2.7 เทคโนโลยีระบบรางสมัยใหม่

2.8 สมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

2.9 มาตรฐานการซ่อมบำรุงระบบ OCS ในระดับสากล

2.10 การเชื่อมโยงมาตรฐาน OCS กับการพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาระบบราง

2.11 งานวิจัยนวัตกรรมเทคโนโลยีรถไฟในอนาคต

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 งานวิจัยในประเทศ

2.11.2 งานวิจัยต่างประเทศ

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีและองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

การเรียนรู้ดิจิทัล (Digital Learning) คือ กระบวนการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นเครื่องมือหลักในการจัดการเรียนการสอน ครอบคลุมตั้งแต่การใช้สื่อดิจิทัลไปจนถึงแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น e-Learning, Mobile Learning, Virtual Reality (VR) และ AI-Based Learning ซึ่งพัฒนาต่อยอดจากทฤษฎีการเรียนรู้หลายแขนง ได้แก่

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ (Constructivism)

ทฤษฎีของ Piaget (1973) และ Vygotsky (1978) เน้นว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์และปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้ดิจิทัลจึงออกแบบให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและสร้างองค์ความรู้ผ่านกิจกรรมแบบโต้ตอบ เช่น การทำโปรเจกต์ การเรียนแบบจำลอง (simulation) และการสร้างสรรค์ผลงานดิจิทัล ในบริบทของการเรียนรู้ดิจิทัล การใช้แพลตฟอร์มแบบโต้ตอบ เช่น การเรียนรู้ผ่านเกม (Gamification) หรือระบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) สนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ผ่านประสบการณ์ตรง

ทฤษฎีคอนเนคติวิสต์ (Connectivism)

Siemens (2005) เสนอว่าในยุคดิจิทัล ความรู้กระจายอยู่ในเครือข่าย การเรียนรู้คือการเชื่อมโยงข้อมูล ความสัมพันธ์ และแหล่งความรู้หลากหลาย การเรียนรู้ดิจิทัลจึงออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากหลายช่องทางและสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ด้วยตนเอง ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ เช่น MOOCs (Massive Open Online Courses) และเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Learning) ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลและเชื่อมโยงองค์ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism)

Skinner (1953) อธิบายว่าการเรียนรู้เกิดจากการกระตุ้นและการตอบสนอง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ใน e-Learning ผ่านการให้รางวัลและข้อเสนอแนะทันที เช่น แบบฝึกหัดแบบตอบโต้ และการเรียนรู้ที่ใช้ AI ตอบสนองแบบปรับตัวได้ (Adaptive Learning)

ทฤษฎีการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning Theory)

Graham (2006) กล่าวถึงการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้แบบเผชิญหน้า (Face-to-Face Learning) และการเรียนรู้ออนไลน์ เพื่อเสริมประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ การออกแบบดิจิทัลเลิร์นนิงยุคใหม่จึงมักใช้แนวทางแบบ Blended Learning

ทฤษฎีพุทธิปัญญานิยม (Cognitivism)

Anderson (1980) ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางจิต เช่น การจดจำ การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา ในการเรียนรู้ดิจิทัล เทคโนโลยีช่วยเสริมสร้างการคิดเชิงวิเคราะห์ เช่น การใช้ Mind Mapping และ Augmented Reality (AR) เพื่อให้เกิดความเข้าใจเชิงลึก

องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

ตามงานวิจัยและแนวทางปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน (Ally, 2009; Anderson, 2008; Moore et al., 2011) องค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ดิจิทัลประกอบด้วย:

1. **ผู้เรียน** ต้องมีทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง การคิดวิเคราะห์ การจัดการเวลา และทักษะเทคโนโลยีสารสนเทศ (Digital Literacy) เพื่อให้สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมออนไลน์
2. **ผู้สอน** มีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) มากกว่าผู้ถ่ายทอดโดยตรง ต้องมีความเชี่ยวชาญในการออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ดิจิทัล และใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์ที่มีคุณภาพ
3. **เนื้อหาการเรียนรู้** ต้องมีคุณภาพสูง ทันสมัย ปรับปรุงได้อย่างต่อเนื่อง และเหมาะสมกับรูปแบบดิจิทัล เช่น สื่อมัลติมีเดีย โมดูลเรียนรู้ที่แตกเป็นหน่วยย่อย (Microlearning) หรือเกมการศึกษา (Gamification)
4. **แพลตฟอร์มและเครื่องมือดิจิทัล** เช่น Learning Management Systems (LMS), Mobile Learning Apps, Collaboration Tools (เช่น Microsoft Teams, Slack) และสื่อสังคมออนไลน์ที่สนับสนุนการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้

5. **การประเมินผลและฟีดแบ็ก** ต้องมีการประเมินที่หลากหลาย เช่น แบบทดสอบออนไลน์ โครงการกลุ่ม การสะท้อนคิด (Reflection) รวมถึงการให้ฟีดแบ็กอย่างรวดเร็ว เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

6. **สภาพแวดล้อมการเรียนรู้** ทั้งในเชิงเทคโนโลยี (เช่น ระบบที่เสถียร, การเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา) และเชิงสังคม (เช่น การสนับสนุนจากเพื่อนร่วมเรียน และการสร้างชุมชนการเรียนรู้)

สรุป การเรียนรู้ดิจิทัลเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการแนวคิดทางทฤษฎีและเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในกระบวนการเรียนรู้ การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่มีคุณภาพ ต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้เรียน และนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ให้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่เหมาะสม

2.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

แนวทางและกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล มีขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ความต้องการและบริบท

ขั้นตอนแรกของการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลคือการวิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียน (learners' needs) และบริบทการใช้งาน เช่น อายุ ประสบการณ์ ทักษะทางเทคโนโลยี และเป้าหมายการเรียนรู้ (Branch, 2009) การวิเคราะห์นี้จะช่วยให้สามารถกำหนดเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม และเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายได้

2. การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจนเป็นหัวใจสำคัญ เพราะจะเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผล (Anderson et al., 2001) การใช้กรอบแนวคิด เช่น Bloom's Taxonomy ช่วยจำแนกวัตถุประสงค์ในระดับต่างๆ ตั้งแต่ความรู้พื้นฐานไปจนถึงการคิดเชิงวิเคราะห์และการสร้างสรรค์

3. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

การเลือกและออกแบบกิจกรรมควรสนับสนุนการมีส่วนร่วม (engagement) และการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivist learning) เช่น การเรียนรู้ผ่านโครงการ (project-based

learning), การจำลองสถานการณ์ (simulation), และการเรียนรู้ผ่านเกม (gamification) (Jonassen, 1999)

4. การเลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ควรเลือกเครื่องมือและเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเป้าหมายและความสามารถของผู้เรียน เช่น Learning Management System (LMS), Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), หรือการเรียนรู้ผ่าน Mobile App ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความง่ายในการใช้งานและการเข้าถึง (accessibility) (Ally, 2009)

5. การพัฒนาเนื้อหาและสื่อ

การพัฒนาเนื้อหาควรมีความน่าสนใจ ชัดเจน และตอบโจทย์การเรียนรู้ โดยผสมผสานสื่อหลายรูปแบบ (multimedia integration) เช่น วิดีโอ อินโฟกราฟิก และแบบฝึกหัดอินเทอร์แอคทีฟ เพื่อรองรับรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย (Mayer, 2009)

6. การนำร่องและประเมินผลเบื้องต้น

การทดสอบรูปแบบการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กก่อนเปิดใช้งานจริง เป็นการประเมินและปรับปรุงเนื้อหา วิธีการ หรือเทคโนโลยีให้เหมาะสม โดยใช้เทคนิคเช่น usability testing และ feedback survey (Dick, Carey, & Carey, 2015)

7. การเผยแพร่และการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง

เมื่อนำระบบการเรียนรู้ดิจิทัลมาใช้งานจริงแล้ว ต้องมีการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจ และประสิทธิภาพของการเรียนรู้ เพื่อนำไปปรับปรุงในรอบถัดไป (Guskey, 2000)

สรุป การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ ต้องดำเนินตามขั้นตอนที่มีแบบแผน ตั้งแต่การวิเคราะห์ความต้องการ ไปจนถึงการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งอิงแนวคิดทฤษฎีด้านการเรียนรู้และการออกแบบการเรียนการสอน เพื่อให้แน่ใจว่าการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีคุณภาพและตรงตามเป้าหมายที่วางไว้

2.3 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน

การหาประสิทธิภาพชุดการสอนตามแนวคิดของ ศ.ดร.กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ เป็นกระบวนการประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้ โดยมุ่งตรวจสอบว่าสื่อการสอนสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด การประเมินประสิทธิภาพประกอบด้วย 2 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพท์ โดยการหาประสิทธิภาพชุดการสอน สามารถประยุกต์เข้ากับบริบทของชุดการสอนแต่ละแบบได้ตามความเหมาะสม เช่น

KW#1 (80/80) เป็นการหาประสิทธิภาพชุดการสอน โดยตัวเลขชุดแรกคือ ร้อยละของคะแนนผู้ทำกิจกรรมถูกต้อง ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลขชุดหลังคือ ร้อยละของคะแนนผู้ทำแบบทดสอบถูกต้อง ถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

KW#2 (70/80) เป็นการหาประสิทธิภาพชุดการสอน โดยตัวเลขชุดแรกคือ ร้อยละของจำนวนผู้ผ่านเกณฑ์แรกที่กำหนดไว้ จากการทำกิจกรรมหรือแบบทดสอบ ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และตัวเลขชุดหลัง คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์หลังที่ผู้ผ่านเกณฑ์แรกทำได้ ถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

KW#3 (70/60) เป็นการหาประสิทธิภาพชุดการสอน โดยตัวเลขชุดแรกคือ ร้อยละของจำนวนผู้ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และตัวเลขชุดหลัง คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่จำนวนผู้ผ่านเกณฑ์ ทำคะแนนเพิ่มขึ้นจากการเปรียบเทียบคะแนนในแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

KW#4 (60/60) เป็นการหาประสิทธิภาพชุดการสอน โดยตัวเลขชุดแรกคือ ร้อยละเฉลี่ยของข้อสอบแต่ละข้อที่ผู้เรียนผ่านเกณฑ์ ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และตัวเลขชุดหลัง คือ ร้อยละของคะแนนรวมจากแบบทดสอบที่ผู้เรียนผ่านเกณฑ์ ถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

เกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดเป็นตัวเลขคงที่ เมื่อค่าที่คำนวณได้สูงกว่าเกณฑ์ถือเป็นค่าที่ยอมรับได้ว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพ ถ้าต่ำกว่าควรปรับปรุงแก้ไขจนกว่าจะได้ตามเกณฑ์ ทั้งนี้ โดยสรุปผู้วิจัย เห็นว่า การนำเกณฑ์ KW#2 มาใช้ เหมาะกับงานวิจัยวิชาชีพทางเทคนิคที่ "ยอมรับความผิดพลาดไม่ได้" เพราะเน้นยืนยันจำนวนผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์ในทุกขั้นตอนการฝึกปฏิบัติ (Process) มากกว่าการนำคะแนนคนเก่งมาเฉลี่ยช่วยคนอ่อนเหมือนเกณฑ์ E1/E2

2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Digital Pedagogy ในยุคปัจจุบัน

Digital Pedagogy เป็นแนวคิดทางการศึกษาที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสังคมดิจิทัล และการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งส่งผลต่อรูปแบบการเรียนรู้และบทบาทของผู้สอนอย่างมีนัยสำคัญ แนวคิดดังกล่าวไม่ได้หมายถึงเพียงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในห้องเรียนเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงกระบวนการออกแบบการเรียนรู้ การสร้างปฏิสัมพันธ์ และการพัฒนาทักษะผู้เรียนในบริบทดิจิทัลอย่างเป็นระบบ งานวิจัยหลายฉบับชี้ให้เห็นว่า Digital Pedagogy เป็นการผสมผสานระหว่างความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยี เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

ในบริบทของการศึกษายุคดิจิทัล แนวคิดเรื่องความสามารถทางดิจิทัล (digital competence) ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของ Digital Pedagogy โดยเฉพาะทั้งในระดับครูและผู้เรียน การทบทวนวรรณกรรมเชิงบรรณมิติพบว่า เทคโนโลยีดิจิทัลได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสาร การเรียนรู้ และการพัฒนาทักษะ ทำให้การพัฒนาความสามารถด้านดิจิทัลกลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อความพร้อมในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ การเปลี่ยนผ่านสู่ยุค “Next Normal” หลังสถานการณ์ COVID-19 ยังเร่งให้เกิดการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้มากขึ้น ส่งผลให้บทบาทของ Digital Literacy และ Digital Pedagogy มีความสำคัญต่อคุณภาพการศึกษาและผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน

ในเชิงทฤษฎีและกรอบแนวคิด งานวิจัยจำนวนมากได้อธิบาย Digital Pedagogy ผ่านโมเดลสำคัญ เช่น Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) และ Substitution–Augmentation–Modification–Redefinition (SAMR) ซึ่งเป็นกรอบที่ช่วยให้ครูสามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการสอนได้อย่างเหมาะสม โดย TPACK เน้นความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี ส่วน SAMR ช่วยอธิบายระดับของการใช้เทคโนโลยีตั้งแต่การทดแทน (substitution) ไปจนถึงการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ใหม่ (redefinition) ทั้งนี้ งานสังเคราะห์กรอบแนวคิดด้านเทคโนโลยีและการสอนยังพบว่า นอกจาก TPACK และ SAMR แล้ว ยังมีทฤษฎีอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น Connectivism, Self-Regulated Learning และ Multimedia Learning ซึ่งช่วยอธิบายการเรียนรู้ในบริบทดิจิทัลที่เน้นเครือข่าย ความร่วมมือ และการเรียนรู้ด้วยตนเอง

อีกประเด็นสำคัญของ Digital Pedagogy คือการเปลี่ยนบทบาทของครูจากผู้ถ่ายทอดความรู้ (knowledge transmitter) ไปสู่ผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (facilitator) โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะการคิด การแก้ปัญหา และทักษะทางสังคมของผู้เรียน

งานวิจัยเชิงระบบเกี่ยวกับการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลพบว่า Digital Pedagogy ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงทักษะการใช้เทคโนโลยีของครู แต่เน้นการออกแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วม การคิดขั้นสูง และการพัฒนาด้านอารมณ์ของผู้เรียนด้วย

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา แนวโน้มของ Digital Pedagogy ยังเชื่อมโยงกับแนวคิดการเปลี่ยนผ่านสู่การศึกษาดิจิทัล (Digital Transformation in Education) โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษาและการศึกษาด้านวิศวกรรม ซึ่งมุ่งใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ เพิ่มประสิทธิภาพประสบการณ์ผู้เรียน และเตรียมความพร้อมต่อความต้องการของอุตสาหกรรมในอนาคต นอกจากนี้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และสภาพแวดล้อมเสมือน (virtual environments) ยังถูกนำมาใช้ใน Digital Pedagogy เพื่อเพิ่มแรงจูงใจและความมีส่วนร่วมของผู้เรียน ซึ่งงานวิจัยทดลองพบว่าสามารถช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

กล่าวโดยสรุป Digital Pedagogy ในยุคปัจจุบันเป็นแนวคิดที่ครอบคลุมมากกว่าการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียน :ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี ทฤษฎีการเรียนรู้ และบริบทผู้เรียนเข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 อย่างมีประสิทธิภาพ แนวโน้มการวิจัยในอนาคตจึงมุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะดิจิทัลของครู การใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น AI และการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมากขึ้น

2.5 สมรรถนะการเรียนรู้

ความหมายของสมรรถนะการเรียนรู้

สมรรถนะการเรียนรู้ หมายถึง ชุดของความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะส่วนบุคคลที่มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงาน หรือการดำเนินกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งให้บรรลุผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถสะท้อนความแตกต่างของบุคคลผ่านพฤติกรรมการปฏิบัติงาน ที่มีความโดดเด่น (จิรประภา, 2549)

สมรรถนะของผู้เรียน หมายถึง ความสามารถของผู้เรียน ในการสื่อสาร ใช้เทคโนโลยี คิดแก้ปัญหา และใช้ทักษะชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

สมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุกของนักศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทเชิงรุกผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้และการลงมือปฏิบัติจริง โดยอาศัยกระบวนการคิดเป็นฐาน พร้อมทั้งส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการสะท้อนผลการเรียนรู้

ระหว่างผู้เรียนด้วยกันและระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน จนนำไปสู่ความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองของผู้เรียน (วารินท์พร, 2563)

จากความหมายในข้างต้น สรุปได้ว่า สมรรถนะการเรียนรู้ หมายถึง ทักษะความสามารถของผู้เรียน ในการสื่อสาร ใช้เทคโนโลยี คิด แก้ปัญหา และใช้ทักษะชีวิต ในการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ลงมือปฏิบัติผ่านกระบวนการคิด มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้สะท้อนผลของการเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน จนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

2.6 การเรียนรู้ด้วยตนเองและการเสริมต่อการเรียนรู้

ความหมายของการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเสริมต่อการเรียนรู้

การเรียนรู้ด้วยตัวเอง คือ การเรียนรู้โดยไม่ต้องผ่านผู้สอนหรือสถาบัน ส่วนมากคนที่เรียนรู้ด้วยตัวเองคือคนที่สามารถเลือกหัวข้อเรื่องที่ตัวเองสนใจ เลือกวิธีที่จะเรียนรู้ เลือกสื่อและวัสดุในการเรียนรู้ และเลือกเวลาที่จะเรียนรู้ด้วยตัวเอง (กรมที่ดิน, 2559)

การเรียนรู้ด้วยตนเอง หรือ การเรียนรู้แบบนำตนเอง คือ วิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถวางแผน ปฏิบัติ และประเมินผลความก้าวหน้าของการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง แม้ว่าไม่ได้อยู่ในห้องเรียน หรือจบการศึกษาไปแล้วก็ตาม (Starfish Academy, 2566)

การเสริมต่อการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีระบบโดยอาศัยการช่วยเหลือจากบุคคลที่มีศักยภาพสูงกว่า ผ่านการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้ให้การสนับสนุน โดยมีเป้าหมายของกระบวนการดังกล่าว คือ การช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมหรือภาระงานที่ไม่อาจบรรลุผลได้ด้วยตนเอง ให้ประสบความสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ (โศจิวัจน์, 2553)

การเสริมต่อการเรียนรู้ เป็นการเรียนการสอนที่ผู้สอนหรือผู้ที่มีศักยภาพมากกว่าให้ความช่วยเหลือหรือสนับสนุนผู้เรียน โดยมีเป้าหมายเพื่อช่วยผู้เรียนที่ไม่สามารถทำงานสำเร็จได้ด้วยตนเองให้สามารถปฏิบัติงานได้ ด้วยตนเอง และการช่วยเหลือจะลดลงอย่างเป็นลำดับ เมื่อผู้เรียนเพิ่มความสามารถในการปฏิบัติงาน ด้วยตนเองได้ (สุพัตรา, 2552)

จากความหมายในข้างต้น สรุปได้ว่า การเรียนรู้ด้วยตนเอง หมายถึง การที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจและความต้องการของตนเอง โดยวิธีที่ตนเองถนัด และการเสริมต่อการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือ กลยุทธ์ หรือแนวทางที่สนับสนุนหรือช่วย ผู้เรียนในการเพิ่มระดับความเข้าใจที่สูงขึ้น ใน

สภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนหรือไม่คุ้นเคย เพื่อช่วยให้ ผู้เรียนประสบความสำเร็จในภาระงานหรือเป้าหมายนั้นๆ และจะลดความช่วยเหลือหรือการ สนับสนุนลงเมื่อผู้เรียนสามารถทำได้ด้วยตนเอง

2.7 เทคโนโลยีระบบรางสมัยใหม่

เทคโนโลยีระบบรางได้กลายเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ด้วยคุณสมบัติเรื่องความปลอดภัย ความเร็ว การขนส่งจำนวนมาก และการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีระบบรางสมัยใหม่จึงเน้นการใช้วัสดุที่เบาแต่แข็งแรง ระบบควบคุมอัตโนมัติ และการใช้พลังงานทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อรองรับความต้องการของประชากรในยุคเมืองอัจฉริยะ (Smart City)

1. ระบบรถไฟความเร็วสูง (High-Speed Rail : HSR)

รถไฟความเร็วสูง (HSR) คือระบบขนส่งทางรางที่ออกแบบมาให้วิ่งด้วยความเร็วสูงมาก (โดยทั่วไปเกิน 250 กม./ชม.) โดยใช้โครงสร้างพื้นฐานเฉพาะ เช่น ทางวิ่งเฉพาะทางและระบบสัญญาณอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มความเร็ว ความปลอดภัย และความสะดวกสบายสำหรับการเดินทางระยะกลางถึงไกล รถไฟความเร็วสูง เช่น *Shinkansen* ของญี่ปุ่น หรือ *TGV* ของฝรั่งเศส เป็นตัวอย่างที่โดดเด่นของนวัตกรรมด้านระบบราง ปัจจุบันรถไฟเหล่านี้สามารถทำความเร็วได้เกิน 300 กม./ชม. โดยอาศัยเทคโนโลยีแทร็กแบบไร้รอยต่อ (continuous welded rail) และระบบช่วงล่างที่ออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อลดแรงสั่นสะเทือน รถไฟความเร็วสูง (HSR) เป็นเทคโนโลยีการเดินทางแห่งอนาคตที่รวดเร็ว ปลอดภัย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เหมาะอย่างยิ่งกับประเทศที่มีเมืองใหญ่กระจายตัว ซึ่งประเทศไทยกำลังอยู่ในช่วงเริ่มต้นพัฒนาเพื่อยกระดับระบบคมนาคมขนส่งในระยะไกลอย่างยั่งยืน

2. ระบบ Mass Rapid Transit (MRT) ในเมือง หรือ Commuter Train (CT) ชานเมือง

เป็นหัวใจหลักของระบบขนส่งมวลชนในเมืองขนาดใหญ่ ด้วยศักยภาพในการขนส่งจำนวนมาก รวดเร็ว และปลอดภัย ทำให้ MRT มีบทบาทสำคัญในการลดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลและส่งเสริมการเติบโตของเมืองอย่างยั่งยืน ออกแบบมาเพื่อรองรับผู้โดยสารจำนวนมากในช่วงเวลาเร่งด่วน มีการเดินรถถี่ ความเร็วคงที่ และมีสถานีในระยะใกล้กัน (โดยเฉลี่ย 1–2 กม. ต่อสถานี) รองรับผู้โดยสารได้มากกว่า 30,000 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง ส่วน CT เป็นระบบขนส่งมวลชนทางรางที่ออกแบบมาเพื่อเชื่อมโยงพื้นที่รอบนอกเมืองหรือเขตชานเมืองเข้าสู่ใจกลางเมือง โดยเฉพาะสำหรับผู้ที่เดินทางไปทำงานหรือเรียนในช่วงเวลาเร่งด่วน เน้นรองรับการเดินทางในระยะทาง กลางถึงไกล

(20–80 กม. หรือมากกว่า) ด้วยความเร็วปานกลางถึงสูง ระบบรถไฟชานเมือง เป็นรากฐานสำคัญของการจัดการปัญหาการเดินทางเข้าเมืองในเมืองใหญ่ทั่วโลก รวมถึงกรุงเทพฯ และปริมณฑล เป็นตัวเลือกที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาระบบขนส่งอย่างยั่งยืน

3. เทคโนโลยีโมโนเรล (Monorail Technology)

ระบบโมโนเรลใช้ล้อวิ่งบนคานคอนกรีตเดี่ยว (single beam) เป็นระบบขนส่งทางรางที่ขบวนรถวิ่งบนหรือโอบรัดรางเดี่ยว โดยทั่วไปเป็นทางยกระดับ ใช้พื้นที่น้อย และเหมาะสำหรับการเดินทางในเมืองที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ มีเสียงรบกวนต่ำ และก่อสร้างเร็ว ระบบโมโนเรลมักเป็นรถไฟฟ้าที่มีขนาดเบากว่า MRT แต่สามารถวิ่งอัตโนมัติและรองรับผู้โดยสารจำนวนมากกว่ารถโดยสารประจำทาง

ระบบจ่ายไฟฟ้าของรถไฟแต่ละประเภท เช่น รถไฟความเร็วสูง (High-Speed Rail), รถไฟฟ้า MRT และ Monorail มีความแตกต่างกันในด้านแรงดันไฟฟ้า รูปแบบการจ่ายไฟ และโครงสร้างทางกายภาพ โดยสามารถอธิบายได้ ดังนี้:

ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟความเร็วสูง

รถไฟความเร็วสูงใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แรงดันสูง โดยทั่วไปนิยมใช้แรงดัน 25 กิโลโวลต์ (kV) ความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลสำหรับระบบรถไฟความเร็วสูง การจ่ายไฟฟ้าทำผ่านระบบสายส่งเหนือศีรษะที่เรียกว่า "Overhead Catenary System" โดยจะมีสายไฟพาดตลอดแนวทางรถไฟ พร้อมกับระบบแขวนและเสาไฟฟ้าที่รองรับแรงดันสูง ระบบนี้เหมาะสำหรับรถไฟที่วิ่งด้วยความเร็วสูงมาก เช่น 250-350 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพราะสามารถส่งไฟฟ้าได้ระยะไกลโดยไม่สูญเสียพลังงานมากนัก ตัวรถไฟจะมีอุปกรณ์รับไฟที่เรียกว่า “แพนโตกราฟ” ยกขึ้นแตะกับสายไฟเหนือหัวเพื่อดึงพลังงานไปขับเคลื่อนมอเตอร์ขนาดใหญ่ภายในขบวน

ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟฟ้า MRT หรือ CT

รถไฟฟ้า MRT หรือระบบขนส่งมวลชนทางรางในเมือง มักใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แรงดันต่ำกว่าเมื่อเทียบกับรถไฟความเร็วสูง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 750 ถึง 1,500 โวลต์ รถไฟฟ้า MRT ที่วิ่งใต้ดินหรือในเมืองมักใช้ระบบ “รางที่สาม” (Third Rail) ในการจ่ายไฟ ระบบนี้จะติดตั้งแถบโลหะหรือรางเพิ่มเติมข้างรางวิ่ง เพื่อให้รถไฟสามารถสัมผัสและดึงไฟฟ้าไปใช้ได้โดยตรง รางที่สามมักมีฝาครอบเพื่อป้องกันอันตรายจากการสัมผัสโดยตรง ส่วนในกรณีที่รถไฟฟ้าแบบ CT วิ่งบนทางยกระดับ

หรือในพื้นที่เปิด อาจเลือกใช้สายไฟเหนือหัว เช่นเดียวกับรถไฟความเร็วสูง เช่น ระบบสายสีแดงในไทยที่ใช้สายเหนือหัวแต่จ่ายไฟแบบ 25 kV AC หรือใช้แรงดันต่ำกว่าและเป็นกระแสตรง (DC) อย่างในหลายๆ ประเทศ ก็ได้

ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับ Monorail

ระบบ Monorail ซึ่งเป็นรถไฟฟ้าที่วิ่งบนคานเดี่ยว มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่าระบบอื่นๆ จึงใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เช่นกัน โดยทั่วไปใช้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 750 โวลต์ ระบบจ่ายไฟของโมโนเรลมักใช้รางที่สามที่ติดตั้งอยู่บนคานวิ่งหรือด้านข้างของทางวิ่ง โดยออกแบบให้ปลอดภัยและทนต่อสภาพแวดล้อมภายนอก ตัวรถจะมีแผ่นสัมผัสไฟฟ้าต่อเข้ากับรางที่สามเพื่อนำไฟเข้าสู่ระบบควบคุมมอเตอร์ การออกแบบระบบจ่ายไฟสำหรับโมโนเรลจะเน้นความเรียบง่าย น้ำหนักเบา และประหยัดพลังงาน เพราะความเร็วของระบบอยู่ในช่วงประมาณ 60-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเท่านั้น

2.8 สมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวเป็นองค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญเชิงวิกฤต (critical infrastructure) ของระบบรถไฟฟ้า เนื่องจากทำหน้าที่ส่งพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องไปยังขบวนรถผ่านอุปกรณ์รับกระแส โดยลักษณะของระบบมีความซับซ้อนทั้งในมิติทางไฟฟ้า เครื่องกล และพลศาสตร์การเคลื่อนที่ ส่งผลให้การซ่อมบำรุงจำเป็นต้องอาศัยสมรรถนะบุคลากรที่ครอบคลุมหลายด้าน ไม่เพียงเฉพาะทักษะเชิงปฏิบัติ แต่รวมถึงความสามารถเชิงวิเคราะห์และการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่

จากการสังเคราะห์แนวคิดทางวิชาการและมาตรฐานอุตสาหกรรม พบว่าสมรรถนะการซ่อมบำรุง OCS สามารถวิเคราะห์ได้ใน 5 มิติหลัก ได้แก่

1. สมรรถนะด้านความรู้ทางเทคนิคและโครงสร้างระบบ

ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความเข้าใจโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ OCS เช่น contact wire, messenger wire, droppers, insulators, cantilever และระบบ tensioning รวมถึงหลักการทางไฟฟ้าแรงสูง กลศาสตร์โครงสร้าง และการถ่ายเทกระแสไฟฟ้า ความรู้ดังกล่าวเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการวิเคราะห์ความผิดปกติและการวางแผนบำรุงรักษา ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดมาตรฐานของ International Electrotechnical Commission และมาตรฐานยุโรปด้านระบบสายเหนือศีรษะ

2. สมรรถนะด้านการตรวจสอบ วิเคราะห์ และวินิจฉัย

การบำรุงรักษาระบบ OCS ต้องอาศัยการตรวจสอบเชิงสภาพ (condition monitoring) และการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การวัดเรขาคณิตสาย ความสึกหรอของสายสัมผัส การสั่นสะเทือน และความตึงของสาย สมรรถนะด้านนี้มีความสำคัญเนื่องจากระบบ OCS เป็นระบบที่ไม่มีความซ้ำซ้อน (non-redundant system) เมื่อเกิดความขัดข้องจะส่งผลกระทบต่อการเดินรถทันที ดังนั้นความสามารถในการวินิจฉัยเชิงเทคนิคจึงเป็นหัวใจของประสิทธิภาพงานบำรุงรักษา

3. สมรรถนะด้านการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเชิงคาดการณ์

แนวโน้มอุตสาหกรรมระบบรางทั่วโลกกำลังเปลี่ยนจาก preventive maintenance ไปสู่ predictive maintenance โดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ IoT ระบบตรวจสอบแบบ real-time และปัญญาประดิษฐ์เพื่อคาดการณ์ความเสียหายล่วงหน้า บุคลากรจึงต้องมีสมรรถนะด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินใจเชิงวิศวกรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด RAMS ตามมาตรฐานของ European Committee for Electrotechnical Standardization

4. สมรรถนะด้านความปลอดภัย

งานซ่อมบำรุง OCS เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าแรงสูงและการทำงานในพื้นที่เสี่ยง เช่น บนที่สูงหรือใกล้การเดินรถ ดังนั้นสมรรถนะด้านความปลอดภัย เช่น การแยกพลังงานไฟฟ้า (isolation), การกราวด์ชั่วคราว, การประเมินความเสี่ยง และการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญ มาตรฐานแนวปฏิบัติของ American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association ยังเน้นการจัดการความเสี่ยงและขั้นตอนปฏิบัติงานที่ปลอดภัยในงานบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานระบบราง

5. สมรรถนะด้านการจัดการและการทำงานร่วมกัน

การซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้ารถไฟต้องอาศัยการประสานงานระหว่างหลายหน่วยงาน เช่น ศูนย์ควบคุมพลังงาน ฝ่ายเดินรถ และทีมซ่อมบำรุง ทำให้บุคลากรต้องมีทักษะการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม การวางแผนงาน และการตัดสินใจภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา ซึ่งเป็นสมรรถนะที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานจริง

จากการวิเคราะห์สามารถสรุปเชิงวิชาการได้ว่า สมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวเป็นสมรรถนะเชิงบูรณาการ (integrated competency) ที่ผสมผสานองค์ความรู้ทางวิศวกรรมไฟฟ้า เครื่องกล และระบบราง เข้ากับความสามารถด้านการวิเคราะห์ข้อมูล เทคโนโลยีดิจิทัล และมาตรฐานความปลอดภัยสากล โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ (reliability) ความพร้อมใช้งาน (availability) และความปลอดภัย (safety) ของระบบรถไฟฟ้า

2.9 มาตรฐานการซ่อมบำรุงระบบ OCS ในระดับสากล

ระบบสายไฟเหนือศีรษะ (Overhead Catenary System: OCS) เป็นองค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของระบบรถไฟฟ้า เนื่องจากทำหน้าที่ส่งพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟไปยังขบวนรถผ่าน Pantograph โดยความเชื่อถือได้ (Reliability) และความปลอดภัย (Safety) ของระบบดังกล่าวมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการเดินรถ การบำรุงรักษา และความต่อเนื่องของการให้บริการ ดังนั้นมาตรฐานสากลด้านการออกแบบ การติดตั้ง และการซ่อมบำรุงจึงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IEC, EN, AREMA และ CSA เพื่อให้เกิดความสอดคล้องด้านเทคนิคและการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟในระดับโลก

ในระดับมาตรฐานสากล องค์กรมาตรฐานด้านไฟฟ้าได้กำหนดกรอบข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับ OCS ครอบคลุมตลอดวงจรชีวิตสินทรัพย์ (Asset Lifecycle) ตั้งแต่การออกแบบ การทดสอบ การติดตั้ง ไปจนถึงการบำรุงรักษา ตัวอย่างสำคัญ ได้แก่ มาตรฐาน IEC 60913 ซึ่งระบุข้อกำหนดด้านการออกแบบ โครงสร้าง การทดสอบ และการตรวจสอบของระบบสายเหนือศีรษะสำหรับรถไฟทั้งระบบหนักและระบบขนส่งมวลชนเมือง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนความปลอดภัย ความสามารถในการทำงานร่วมกัน และการวางแผนการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานของระบบ นอกจากนี้ยังมีมาตรฐาน IEC 63190 ซึ่งกำหนดคุณลักษณะของสาย Catenary ทองแดงและโลหะผสม รวมถึงวิธีทดสอบและการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อให้มั่นใจในสมรรถนะเชิงกลและไฟฟ้าของสายไฟที่ใช้ในระบบ OCS

ในบริบทของยุโรป มาตรฐาน EN 50119 ถือเป็นมาตรฐานหลักสำหรับการออกแบบและบำรุงรักษาระบบ OCS โดยเน้นการกำหนดเรขาคณิตของสาย การรับแรงเชิงกล การรับกระแสไฟฟ้า และความสัมพันธ์ระหว่าง Pantograph กับสายสัมผัส ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความน่าเชื่อถือของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ในขณะที่มาตรฐาน EN 50488 มุ่งเน้นด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

โดยกำหนดข้อกำหนดสำหรับการทำงานในสภาวะที่มีไฟฟ้าและไม่มีไฟฟ้า รวมถึงมาตรการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าแรงสูงในระบบ OCS

ในด้านวิศวกรรมระบบไฟฟ้ารถไฟ มาตรฐาน CSA ด้านการทำให้รถไฟเป็นระบบไฟฟ้า (Railway Electrification) ได้เน้นถึงการออกแบบระบบไฟฟ้า การกราวด์ การป้องกันการรบกวนระบบสื่อสาร และความเชื่อถือได้ของระบบโดยรวม ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการวางแผนบำรุงรักษาและการจัดการสินทรัพย์โครงสร้างพื้นฐาน แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบ RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมระบบรางทั่วโลก

ในเชิงงานวิจัย พบว่าระบบ OCS เป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่มีความเสี่ยงต่อความขัดข้องสูง เนื่องจากได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม แรงเชิงกล การสึกหรอ และการสั่นสะเทือนจากการวิ่งของรถไฟ งานวิจัยด้านความน่าเชื่อถือของ OCS ระบุว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance) มีบทบาทสำคัญในการลดความล้มเหลวของระบบ และเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของรถไฟฟ้า นอกจากนี้ เทคโนโลยีตรวจสอบสภาพ เช่น ระบบตรวจวัดเรขาคณิตสาย ระบบตรวจจับการสึกหรอ และระบบ Monitoring แบบ Real-Time ได้รับการพัฒนาเพื่อสนับสนุนการบำรุงรักษาเชิงอัจฉริยะในยุคดิจิทัล

อีกประเด็นสำคัญที่ปรากฏในวรรณกรรมคือความซับซ้อนของการดำเนินงานบำรุงรักษาระบบไฟฟ้ารถไฟ โดยเฉพาะการวางแผนตัดกระแสไฟฟ้าเพื่อซ่อมบำรุง ซึ่งต้องอาศัยการประสานงานระหว่างหลายฝ่าย เช่น ผู้ควบคุมระบบ เจ้าหน้าที่เดินรถ และทีมซ่อมบำรุง ทำให้การจัดการงานบำรุงรักษามีความซับซ้อนสูง และจำเป็นต้องมีมาตรฐานและขั้นตอนปฏิบัติที่ชัดเจนเพื่อความปลอดภัย

โดยสรุป วรรณกรรมด้านมาตรฐานการซ่อมบำรุงระบบ Overhead Catenary System ในระดับสากลสะท้อนให้เห็นว่า แนวโน้มสำคัญของการพัฒนามาตรฐานมุ่งเน้นไปที่ 3 ประเด็นหลัก ได้แก่

1. ความปลอดภัยและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าแรงสูง
2. การจัดการสินทรัพย์ตลอดวงจรชีวิตตามแนวคิด RAMS
3. การนำเทคโนโลยีดิจิทัลและระบบตรวจสอบอัจฉริยะมาใช้ในการบำรุงรักษา

แนวโน้มดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนากำลังคนในอุตสาหกรรมระบบราง โดยเฉพาะในบริบทของการศึกษาอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมวิชาชีพ (Technical and Vocational Education and Training: TVET) ที่ต้องพัฒนาทักษะผู้เรียนให้สอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรมระดับสากล

2.10 การเชื่อมโยงมาตรฐาน OCS กับการพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาระบบราง

การพัฒนาหลักสูตรด้านระบบรางในบริบทการอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมวิชาชีพ (Technical and Vocational Education and Training: TVET) จำเป็นต้องอาศัยมาตรฐานอุตสาหกรรมเป็นฐานสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนมีสมรรถนะสอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมจริง โดยเฉพาะในสาขาระบบรถไฟฟ้าและระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS) ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีความซับซ้อนสูงและเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยโดยตรง การนำมาตรฐานสากลมาบูรณาการในการออกแบบหลักสูตรจึงเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับคุณภาพกำลังคนด้านระบบราง

มาตรฐานสากลด้าน OCS ที่พัฒนาโดยองค์กรวิชาชีพระดับโลก เช่น International Electrotechnical Commission (IEC) ได้กำหนดข้อกำหนดด้านการออกแบบ การติดตั้ง การทดสอบ และการบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวอย่างเป็นระบบ ตัวอย่างเช่น IEC 60913 ซึ่งครอบคลุมหลักการทางวิศวกรรม การทดสอบสมรรถนะ และข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของระบบรถไฟฟ้า มาตรฐานเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นกรอบอ้างอิงในการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes) และสมรรถนะวิชาชีพ (Competency Standards) ในหลักสูตร TVET ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสะท้อนทักษะที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานจริงในอุตสาหกรรม

จากบริบทของยุโรป มาตรฐานที่พัฒนาโดย European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) เช่น EN 50119 และ EN 50488 มีบทบาทสำคัญในการกำหนดข้อกำหนดด้านเรขาคณิตของสาย การรับแรงเชิงกล การรับกระแสไฟฟ้า และความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับระบบไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งองค์ความรู้ดังกล่าวสามารถนำมาแปลงเป็นหน่วยสมรรถนะการเรียนรู้ เช่น การตรวจสอบความตึงสาย การปรับตั้งอุปกรณ์แขวน (Registration and Support System) การปฏิบัติงานภายใต้สภาวะไฟฟ้าแรงสูง และการบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัย การบูรณาการเนื้อหาเหล่านี้ในหลักสูตรช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมต่อการทำงานในระบบรถไฟที่ใช้มาตรฐานสากล

นอกจากนี้ แนวคิดด้านความเชื่อถือได้ ความพร้อมใช้งาน การบำรุงรักษา และความปลอดภัย (RAMS: Reliability, Availability, Maintainability, Safety) ซึ่งเป็นกรอบสำคัญของอุตสาหกรรมระบบราง ยังสามารถนำมาใช้เป็นโครงสร้างในการออกแบบหลักสูตร โดยเน้นการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ความล้มเหลว การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการประเมินความเสี่ยงของระบบไฟฟ้า งานมาตรฐานด้านการทำระบบรถไฟฟ้า เช่น แนวทางของ Canadian Standards Association (CSA) ยังเน้นการออกแบบระบบกราวด์ การป้องกันกระแสรั่ว และความปลอดภัยของบุคลากร ซึ่งสามารถนำมาใช้พัฒนาหลักสูตรด้านความปลอดภัยไฟฟ้าในระบบรางได้โดยตรง

ในฝั่งอเมริกาเหนือ แนวปฏิบัติและมาตรฐานด้านการบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานระบบรางจาก American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA) ได้เน้นความสำคัญของการตรวจสอบเชิงสภาพ (Condition-Based Inspection) และการจัดการสินทรัพย์โครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance) ในยุคดิจิทัล การนำแนวคิดดังกล่าวเข้าสู่หลักสูตร TVET ช่วยพัฒนาทักษะผู้เรียนให้สามารถใช้เทคโนโลยีตรวจสอบสภาพ เช่น ระบบตรวจวัดเรขาคณิตสาย เซนเซอร์ IoT และระบบวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของบุคลากรระบบรางในอนาคต

ในมิติการพัฒนาหลักสูตร การเชื่อมโยงมาตรฐาน OCS กับ TVET สามารถดำเนินการผ่านแนวทาง Competency-Based Education (CBE) โดยกำหนดสมรรถนะหลักของผู้เรียนให้สอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรม เช่น

1. สมรรถนะด้านการติดตั้งและปรับตั้งระบบ OCS
2. สมรรถนะด้านการตรวจสอบและบำรุงรักษา
3. สมรรถนะด้านความปลอดภัยไฟฟ้าแรงสูง
4. สมรรถนะด้านการวิเคราะห์ปัญหาและซ่อมบำรุงเชิงคาดการณ์
5. สมรรถนะด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในงานบำรุงรักษา

แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิด Education 4.0 และการพัฒนากำลังคนอุตสาหกรรมระบบรางที่เน้นทักษะเชิงปฏิบัติและเทคโนโลยีขั้นสูง การบูรณาการมาตรฐานสากลเข้าสู่หลักสูตรจึงไม่เพียงช่วยยกระดับคุณภาพผู้เรียน แต่ยังช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้กับภาคอุตสาหกรรมว่าผู้สำเร็จการศึกษามีสมรรถนะตามมาตรฐานที่ยอมรับในระดับสากล

กล่าวโดยสรุป มาตรฐานระบบจ่ายไฟเหนือหัว (OCS) มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมวิชาชีพ (TVET) ระบบราง เนื่องจากเป็นแหล่งอ้างอิงเชิงวิศวกรรมที่สะท้อนความต้องการของอุตสาหกรรมจริง การนำมาตรฐานดังกล่าวมาบูรณาการในหลักสูตรช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง เพิ่มคุณภาพกำลังคน และสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมระบบรางอย่างยั่งยืน

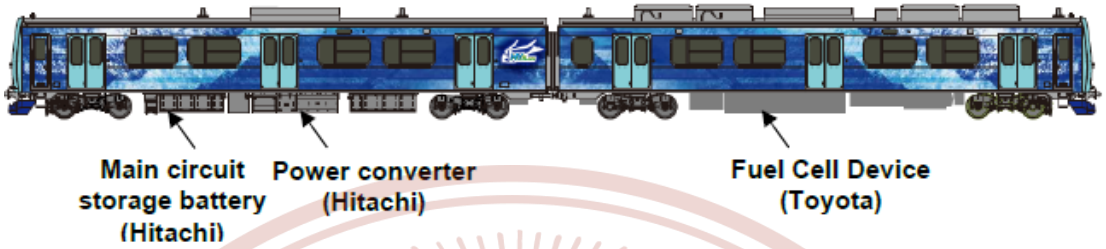
2.11 งานวิจัยนวัตกรรมเทคโนโลยีรถไฟในอนาคต

จากการเดินทางดูงานร่วมกับกรมการขนส่งทางราง ที่ประเทศญี่ปุ่น ได้ข้อมูลเพิ่มเติมในการวิจัยพัฒนานวัตกรรมเทคโนโลยีรถไฟในอนาคต 2 ประเภท ได้แก่

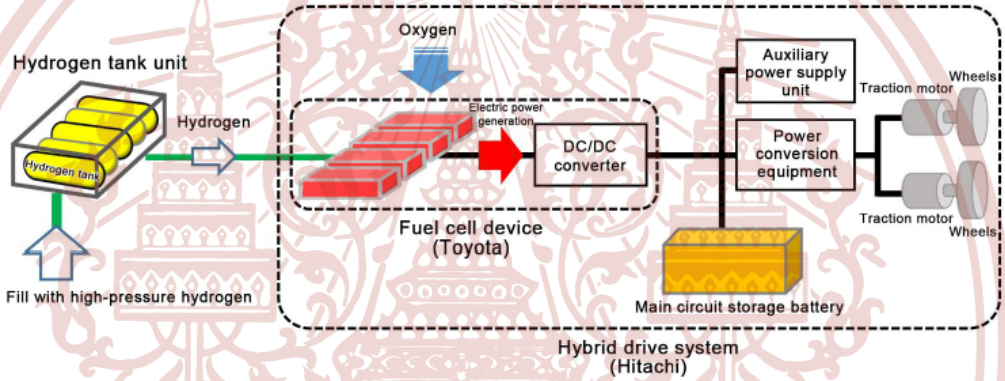
1) การวิจัยนวัตกรรมเทคโนโลยี Fuel Cell ร่วมกับ Battery ในการขับเคลื่อน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นความร่วมมือระหว่าง East Japan Railway Company (JR East), Hitachi และ Toyota Motor Corporation รถไฟ Hybari (ย่อมาจาก HYbrid Advanced Battery หรือชื่อรหัสรุ่น FV-E991) เป็นรถไฟต้นแบบที่ใช้ระบบ Hydrogen Fuel Cell ร่วมกับ Battery (ระบบไฮบริด) โดยมีหลักการทำงานดังนี้:

1. การผลิตกระแสไฟฟ้า: ก๊าซไฮโดรเจนที่เก็บไว้ในถังแรงดันสูงบนหลังคารถจะถูกส่งเข้าสู่ Fuel Cell Stack (ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเดียวกับที่ใช้ในรถยนต์ Toyota Mirai) เพื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ผลลัพธ์ที่ได้คือ "กระแสไฟฟ้า" โดยมีการปล่อยเพียง "น้ำ" ออกมาเท่านั้น
2. การจัดเก็บพลังงาน: พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะถูกนำไปใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ และส่วนที่เหลือจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่สำรองความจุสูง รวมถึงระบบยังสามารถดึงพลังงานจากการเบรก (Regenerative Braking) กลับมาเก็บในแบตเตอรี่ได้อีกด้วย
3. การขับเคลื่อน: ระบบควบคุมอัจฉริยะจะบริหารจัดการการจ่ายไฟระหว่าง Fuel Cell และแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับสภาวะการเดินรถ เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

- Vehicle model: FV-E991 series
- Train configuration: Two cars in one unit



ภาพที่ 2-1 แสดงรูปลักษณะของรถไฟต้นแบบ Hybari



ภาพที่ 2-2 แสดงการทำงานของระบบ Fuel Cell Hybrid

Item	Model FV-E991 Specs
Train configuration	2 cars (1M1T)
Maximum speed	100 km/h
Acceleration	2.3 km/h/s
Range	Approx. 140 km (max.)
Main circuit devices	Inverters (VVVF inverter): 1C2M × 2 units, Traction motors: 95 kW × 4
Fuel cell device	Solid polymer electrolyte: 60 kW × 4
Main circuit storage battery	Lithium-ion battery: 120 kWh × 2
Hydrogen tank unit	Max. filling pressure: 70 MPa (approx. 700 atmospheres) Hydrogen storage capacity: 51L × 5 tanks × 4 units

ตารางที่ 2-1 แสดง Specification ของรถไฟต้นแบบ Hybari

JR East มุ่งเป้าที่จะนำ Hybari มาทดแทนรถไฟดีเซลในเส้นทางที่ยังไม่มีการติดตั้งสายส่งไฟฟ้าเหนือหัว (Non-electrified lines) เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2050

2) การวิจัยพัฒนานวัตกรรมเทคโนโลยีระบบ AGT (Automated Guideway Transit) รุ่นล่าสุดภายใต้ชื่อ PRISMO โดย Mitsubishi Heavy Industries (MHI) ถือเป็นนวัตกรรมระบบขนส่งมวลชนอัตโนมัติแบบล้อยางที่ใช้ในเมือง โดยมีการวิจัยและพัฒนาที่โรงงาน Mihara Machinery Works จังหวัดฮิโรชิมา

2.1 ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะ (Catenary-less System) จุดเด่นที่สุดของการวิจัยในรุ่น PRISMO คือการใช้ระบบ Onboard Energy Storage ซึ่งประกอบด้วย:

- Mitsubishi High Power Battery (MHPB): แบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงที่พัฒนาร่วมกับ Mitsubishi Electric และ Musashi Energy Solutions สามารถชาร์จไฟได้อย่างรวดเร็ว (Rapid Charging) ขณะจอดรับ-ส่งผู้โดยสารที่สถานี
- ไร้สายส่งไฟฟ้า (No Power Rail): ด้วยการเก็บพลังงานไว้บนตัวรถ ทำให้ไม่จำเป็นต้องติดตั้งรางจ่ายไฟ (Power Rail) ตลอดแนวเส้นทางระหว่างสถานี ช่วยลดค่าก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานและบำรุงรักษา
- Energy Efficiency: ระบบสามารถดึงพลังงานจากการเบรก (Regenerative Energy) กลับมาใช้ใหม่ได้เกือบทั้งหมด ช่วยลดการใช้พลังงานลงประมาณ 10% เมื่อเทียบกับรุ่นเดิม

2.2. โครงสร้างรางแบบ "Center Guidance" MHI ได้พัฒนาระบบนำทางแบบ Center Guidance (Single Rail) แทนระบบนำทางแบบเดิม:

- Slim Infrastructure: รางนำทางที่เล็กลงช่วยให้โครงสร้างทางวิ่ง (Guideway) มีขนาดกะทัดรัดและดูโปร่งตา (Improved Aesthetics) เหมาะกับการสร้างในพื้นที่เมืองที่หนาแน่น
- Flexibility: รองรับทางโค้งที่แคบที่สุดได้ถึงรัศมี 22 เมตร และไต่ทางลาดชันได้ถึง 10%

2.3. Smart Maintenance & Autonomous Tech

- Remote Monitoring: ใช้ระบบตรวจวัดสภาพรถแบบเรียลไทม์เพื่อทำ Maintenance ล่วงหน้า (Predictive Maintenance) ลดการหยุดวิ่งของรถโดยไม่คาดคิด
- Autonomous Operation: ต่อยอดเทคโนโลยีไร้คนขับที่ MHI เชี่ยวชาญมานานกว่า 20 ปี ทำให้การเดินรถมีความถี่และแม่นยำสูง

เทคโนโลยี MHPB (Mitsubishi High Power Battery)

MHPB ถูกจัดหมวดหมู่เป็น **"Innovative Energy Storage Module"** ซึ่งเป็นการผสมผสานจุดเด่นของแบตเตอรี่และตัวเก็บประจุ (Capacitor) เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้สมรรถนะที่ "ชาร์จเร็วและจ่ายไฟแรง" พร้อมกัน

1. คุณสมบัติเด่น (Key Features)

- **Hybrid Supercapacitor Technology:** MHPB ใช้เทคโนโลยีไฮบริดที่อยู่ระหว่างแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (LIB) และตัวเก็บประจุไฟฟ้าสองชั้น (EDLC) ทำให้สามารถดึงพลังงานออกมาได้ทันที (Instantaneous Discharge) และรับพลังงานกลับจากการเบรก (Regenerative Power) ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง
- **High Power Density:** มีความหนาแน่นของกำลังไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ทั่วไป ทำให้สามารถจ่ายกระแสไฟมหาศาลเพื่อขับเคลื่อนรถไฟในจังหวะออกตัวได้โดยที่ความร้อนไม่พุ่งสูงจนเป็นอันตราย
- **Rapid Charging:** รองรับการชาร์จแบบรวดเร็วพิเศษที่สถานี (Station-based Charging) เพื่อให้รถไฟ AGT สามารถสะสมพลังงานได้เพียงพอสำหรับการวิ่งไปสถานีถัดไปโดยไม่ต้องใช้สายส่งไฟฟ้า (Catenary-less)

2. ข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค (Technical Specifications)

จากการอ้างอิงข้อมูลโมดูล MLiX และ MHPB ในกลุ่มอุตสาหกรรมของ Mitsubishi:

- **Nominal Capacity:** ประมาณ 50Ah (ต่อเซลล์ในรุ่นมาตรฐานสำหรับอุตสาหกรรม)

- **Cycle Life:** มีอายุการใช้งานยาวนานกว่าแบตเตอรี่ทั่วไป โดยรองรับรอบการชาร์จ (Cycle) ได้หลัก 10,000 รอบขึ้นไป (สูงกว่าลิเธียมไอออนปกติที่มักอยู่ที่ 3,000-5,000 รอบ)
- **Temperature Range:** ออกแบบมาให้ทำงานได้ดีในสภาวะอุณหภูมิที่หลากหลาย ตั้งแต่ -20°C ถึง 50°C โดยรักษาประสิทธิภาพการจ่ายไฟได้เสถียร

สรุปนวัตกรรมเทคโนโลยีรถไฟทั้งสองแบบ เป็นนวัตกรรมที่มุ่งเน้นใช้งานในพื้นที่ที่ไม่มีระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในชนบทและรองรับระบบขนส่งมวลชนในเมืองที่มีปริมาณผู้โดยสารไม่มาก เนื่องจากเป็นระบบรางขนาดเบา ทั้งนี้ ระบบรถไฟฟ้าทั่วโลกที่ใช้ OCS ยังคงมีใช้งานเป็นหลัก ถึงแม้จะเริ่มมีการพัฒนาเทคโนโลยี Maglev ขึ้นมาใช้งาน แต่ระบบดังกล่าวยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสังเคราะห์และทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบ งานวิจัย เกี่ยวกับสมรรถนะด้านการวิจัย ทั้งในและต่างประเทศ จากฐานข้อมูลวิจัยและวิทยานิพนธ์ที่ผ่านมา มีดังนี้

2.12.1 งานวิจัยในประเทศ

(พรรณิสรา, 2565) ได้ทำการพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการเสริมต่อการเรียนรู้ด้วยแชทบอทอัจฉริยะเพื่อเสริมสร้างทักษะการรู้สารสนเทศของนิสิตนักศึกษาปริญญาบัณฑิต ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นนี้มีทั้งหมด 4 องค์ประกอบ คือ 1) ระบบการเรียนรู้ตามความสามารถของ ผู้เรียน 2) การเสริมต่อการเรียนรู้ด้วยแชทบอทอัจฉริยะ 3) สถานการณ์ปัญหา และ 4) การประเมินผล และมี 4 ขั้นตอน คือ 1) นำเสนอสถานการณ์ปัญหา 2) ขั้นระบุปัญหา 3) ขั้นค้นหาสารสนเทศ และ 4) ขั้นแก้ปัญหา โดยระบบสามารถจัดผู้เรียนตามระดับความสามารถ 3 ระดับและมีบทเรียนสถานการณ์ปัญหาเป็นฐานทั้งหมด 9 บทเรียน

(ศรีไพร, 2562) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการรู้สุขภาพสำหรับผู้สูงอายุในศูนย์การเรียนรู้ ศตวรรษที่ 21 ผลการวิจัย พบว่า 1) ผู้สูงอายุต้องการให้มีศูนย์การเรียนรู้ในชุมชนเป็นลำดับแรก และในด้านเทคโนโลยี ผู้สูงอายุต้องการใช้โปรแกรมในสมาร์ตโฟนหาความรู้สุขภาพเป็นลำดับแรก 2) รูปแบบการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการรู้สุขภาพในศูนย์การเรียนรู้สำหรับผู้สูงอายุในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ คือ กลุ่มเป้าหมาย วัตถุประสงค์การจัดการ การจัดพื้นที่ สาระและเนื้อหา สื่อเทคโนโลยี ส่งเสริมการเรียน และ

เครื่องมือประเมิน และมีการเรียน 3 ระยะ คือ เตรียมความพร้อมและวางแผนการเรียน จัดกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมิน 3) ผลการทดลองใช้รูปแบบการใช้เทคโนโลยีฯ

(สุธิดา, 2562) ได้ทำการพัฒนาชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพแบบออนไลน์โดยอาศัยกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาของครูประถมศึกษา โดยผลการวิจัยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ ได้แก่ ทีมเรียนรู้ผู้อำนวยความสะดวก ผู้เชี่ยวชาญ เทคโนโลยี สนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกัน ปฏิสัมพันธ์และบริบทของโรงเรียน การดำเนินกิจกรรมของชุมชน แรงจูงใจ และแหล่งเรียนรู้และมี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) เตรียมความพร้อม 2) วางแผนร่วมกัน 3) วิเคราะห์และออกแบบร่วมกัน 4) นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 5) จัดการเรียนรู้และสังเกตการสอน และ 6) สะท้อนคิด

(ศุภัทรพร, 2562) ได้ทำการพัฒนาระบบการเปลี่ยนผ่านสู่โรงเรียนดิจิทัลสำหรับโรงเรียนประถมศึกษาเอกชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของไทย ผลการศึกษาความต้องการจำเป็นเพื่อพัฒนาระบบการเปลี่ยนผ่านสูโรงเรียนดิจิทัล พบว่า ความต้องการจำเป็นในการเปลี่ยนผ่านแต่ละองค์ประกอบ คือ 1) การใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ไขปัญหารายบุคคลของนักเรียน 2) การพัฒนาความรู้ทักษะและ ความเชี่ยวชาญในด้านการใช้เทคโนโลยีของบุคลากร 3) การใช้ประโยชน์จากแหล่งข้อมูลเปิดที่เป็นแหล่งทรัพยากรการ เรียนรู้ และ 4) การนำแหล่งเรียนรู้ทางไกลมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน และระบบการเปลี่ยนผ่านสู่โรงเรียนดิจิทัลระบบการเปลี่ยนผ่านสู่โรงเรียนดิจิทัลฯ มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 นักเรียน องค์ประกอบที่ 2 บุคลากร องค์ประกอบที่ 3 กระบวนการ องค์ประกอบที่ 4 รูปแบบองค์กร โดยมี 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ศึกษาและวิเคราะห์สภาพในแต่ละองค์ประกอบ 2) กำหนดยุทธศาสตร์เชิงกลยุทธ์ 3) ออกแบบการดำเนินการ 4) ดำเนินการปฏิบัติเพื่อการเปลี่ยนผ่าน และ 5) การประเมินเพื่อปรับปรุงพัฒนา

(อลิษา, 2562) ได้พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันแบบช่วยเสริมศักยภาพการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้ตามสถานการณ์เป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการจัดการทางการเงินสำหรับเยาวชน ผลการวิจัยพบว่า ระบบโมบายแอปพลิเคชันฯ ที่พัฒนาขึ้นมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) เนื้อหาการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ 2) กลยุทธ์เสริมการเรียนรู้ผ่านโมบาย 3) การติดต่อสื่อสารสังคมเครือข่ายการเรียนรู้ 4) กิจกรรมและสื่อการเรียนการสอน และ 5) แหล่งข้อมูลการเรียนรู้ โดยมี 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) เกริ่นนำและให้ความรู้ 2) ศึกษาสถานการณ์เรียนรู้ตาม

สภาพจริง 3) ศึกษาปัญหาและแก้ไขปัญหา 4) เสริมความรู้โดยผู้เชี่ยวชาญผ่านโมบายโดยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น และแบบคงที่ 5) แบ่งปันในสังคมเครือข่ายการเรียนรู้ 6) อภิปรายและสรุปผลบนสื่อสังคม และ 7) การวัดและประเมินผล

(พิชญ์สิน, 2561) ได้พัฒนารูปแบบห้องเรียนกลับด้านบนคลาวด์โดยใช้การเรียนแบบปัญหาเป็นฐานในสังคมพหุวัฒนธรรมเพื่อเสริมสร้างกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและรอบคอบ โดยผลการวิจัยสรุปได้ว่า รูปแบบห้องเรียนกลับด้านบนคลาวด์โดยใช้การเรียนแบบปัญหาเป็นฐานในสังคมพหุวัฒนธรรม เพื่อเสริมสร้างกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและรอบคอบ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) บทบาทผู้เรียนและผู้สอน 2) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ 3) เครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้บนคลาวด์ 4) การประเมินผล และมี 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาเนื้อหานอกชั้นเรียน 2) การเตรียมความพร้อมเข้าสู่การทำกิจกรรมในชั้นเรียน 3) กิจกรรมการสื่อสารทางวัฒนธรรม 4) การสำรวจปัญหา 5) กำหนดปัญหา 6) การระดมความคิด 7) การนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา

(พีรฉัตร, 2561) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและเทคนิคการคิดนอกกรอบบนโลกเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สำหรับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต โดยผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและเทคนิคการคิดนอกกรอบบนโลกเสมือนจริง ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ผู้เรียนและผู้สอน 2) โลกเสมือนจริง 3) การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคแนวคิดนอกกรอบ 4) การประเมินการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียน โดยขั้นตอนการเรียนมี 7 ขั้นตอน คือ 1) การเข้าสู่โลกเสมือนจริงและมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันในกลุ่ม 2) การนำเสนอประเด็นปัญหาภายในกลุ่ม 3) การค้นคว้ารวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา 4) การพิจารณาแนวทางการแก้ปัญหาร่วมกัน 5) การสร้างสรรค์ผลงานร่วมกันบนโลกเสมือนจริง 6) การทบทวนและนำเสนอผลงานแบบออนไลน์ 7) การประเมินการเรียนรู้ วิธีการแก้ปัญหา และผลงาน

(นรินธน์, 2560) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการออกแบบการจัดการเรียนการสอนแบบเปิด โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการคิดอย่างเป็นระบบร่วมกับกระบวนการทำงานกลุ่ม และใช้สื่อวิดีโอเป็นฐานการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา ผลการพัฒนารูปแบบประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ประการ ได้แก่ บุคลากร หลักสูตร วิธีการจัดการเรียนการสอน และเทคโนโลยี นอกจากนี้ รูปแบบดังกล่าวมี

ขั้นตอนการออกแบบการสอนจำนวน 7 ขั้นตอน คือ (1) การกำหนดเป้าหมาย หลักสูตร และรายวิชา (2) การวิเคราะห์ลักษณะผู้เรียน (3) การกำหนดวัตถุประสงค์และเนื้อหาการเรียนรู้ (4) การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม (5) การออกแบบวิธีการประเมินผล (6) การพัฒนาและการนำวิดีโอไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน และ (7) การประเมินผลการออกแบบการสอน

(จิตรลดา, 2560) ได้ดำเนินการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบปรับเหมาะบนเทคโนโลยีคลาวด์ โดยประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดเอสเอสซีเอส (SSCS) เป็นฐานในการออกแบบ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนิสิตนักศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต ผลการพัฒนาระบบประกอบด้วยองค์ประกอบหลักจำนวน 6 ประการ ได้แก่ (1) องค์ประกอบด้านการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ (2) องค์ประกอบด้านเครื่องมือคลาวด์ (3) องค์ประกอบด้านสถานการณ์ปัญหา และ (4) องค์ประกอบด้านกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน (5) องค์ประกอบด้านการวัดและประเมินผล และ (6) องค์ประกอบด้านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ Search (S), Solve (S), Create (C) และ Share (S)

(วาเลน, 2560) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการใช้สื่อวิดีทัศน์ออนไลน์เพื่อการสะท้อนคิดภายใต้กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน โดยอาศัยกรอบแนวคิดทีแพค (TPACK) เป็นฐานในการออกแบบ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการจัดการเรียนการสอน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นระบบที่เอื้อต่อการสังเกตและการสะท้อนคิดจากการรับชมวิดีทัศน์การสอนออนไลน์ที่บันทึกไว้ ซึ่งครอบคลุมทั้งมิติของการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนและกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ 1) กลุ่มครูผู้สอน 2) กลุ่มผู้รู้ไอซีที 3) เป้าหมายด้านการเรียนรู้ของผู้เรียน 4) ระบบวีดิทัศน์สะท้อนคิดออนไลน์ และ 5) ผู้ดำเนินการ โดยมี 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ร่วมกันวิเคราะห์และกำหนดเป้าหมาย 2) ร่วมกันเลือกวิธีการสอนและเลือกเครื่องมือไอซีทีมาใช้ 3) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และทดลองใช้ 4) ดำเนินการสอนและบันทึกวีดิทัศน์ 5) สังเกตสะท้อนคิดแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 6) ร่วมกันอภิปรายผล 7) ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือไอซีที 8) แบ่งปันผลการเรียนรู้

2.12.2 งานวิจัยต่างประเทศ

(Gan, 2023) ได้ทำการพัฒนาการใช้ระบบการจัดการทรัพยากรการเรียนรู้อัจฉริยะเพื่อการเรียนรู้ที่ยั่งยืน ผลการวิจัยพัฒนาสรุปได้ว่า STOU SmartLearnX เป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่าย

ที่สามารถช่วยเหลือผู้เรียนในการเข้าถึงข้อมูลและจัดการศึกษา ทำให้เหมาะสำหรับบุคคลที่ชื่นชอบการค้นหาข้อมูลและต้องการเรียนรู้ตามความสะดวก STOU SmartLearnX นำเสนอประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพซึ่งกระตุ้นการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนใช้ทรัพยากรการเรียนรู้ตามความสะดวก งานวิจัยนี้แสดงถึงการพัฒนาเริ่มต้นของระบบซึ่งจัดเตรียมเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับผู้ใช้ในการเข้าถึงทรัพยากรการเรียนรู้ ข้อมูลที่แสดงขึ้นอยู่กับความสามารถในการค้นหาของระบบ ในอนาคต ระบบอาจได้รับการปรับปรุงโดยใช้วิธีการค้นหาขั้นสูงและรูปภาพเพื่อให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้นโดยคำนึงถึงบริบทและตอบสนองตามนั้น สามารถรวมระบบอัตโนมัติหรือแชทบอทเพื่อให้คำแนะนำส่วนบุคคลที่ปรับให้เหมาะกับความต้องการของผู้ใช้

(A. Isabel Andres, 2023) ได้พัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมโดยใช้ ICT ในนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาอุตสาหกรรมอาหาร ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ พบว่าการพัฒนาทักษะด้านอารมณ์ถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรมอาหาร นายจ้างในอุตสาหกรรมอาหารแสวงหาผู้สำเร็จการศึกษาที่เตรียมพร้อมสำหรับการทำงานและมีทักษะการทำงานเป็นทีมที่แข็งแกร่ง กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพอย่างหนึ่งสำหรับนักเรียนในการฝึกฝนและพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมคือการมอบหมายงานเป็นทีม ทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนได้รับการประเมินโดยใช้รูบริก และ การค้นพบนี้สนับสนุนให้คณาจารย์นำวิธีการสอนใหม่ๆ เหล่านี้ไปใช้ในหลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหกรรมอาหาร

(Pinanta, 2021) ได้ทำการวิจัยรูปแบบหลักสูตรออนไลน์แบบเปิดขนาดใหญ่กับการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาทักษะความรู้ด้านดิจิทัล โดยในการวิจัยพบว่า โมเดลหลักสูตรออนไลน์แบบเปิดขนาดใหญ่สำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อเสริมทักษะการอ่านออกเขียนแบบดิจิทัล (โมเดล SDL MOOCs) ถือเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการเรียนรู้นอกห้องเรียนสำหรับผู้เรียนในยุคดิจิทัล แนวคิดนี้มีพื้นฐานมาจากการผสมผสานเทคโนโลยีและวิธีการสอนใหม่ๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างแนวคิดและนวัตกรรมใหม่ๆ ที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนยุคใหม่ และในขณะเดียวกันก็สามารถตอบสนองประสบการณ์การเรียนรู้ได้โดยตรง โมเดลประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) ปัจจัยนำเข้า ได้แก่ คำจำกัดความของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การวิเคราะห์ผู้ใช้ คำจำกัดความของกิจกรรมการเรียนการสอน และคำจำกัดความของเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ (2) กระบวนการสอน (SDL Process) ซึ่ง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมตัว การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเว็บ การทดสอบภายหลัง และการอนุมัติใบรับรอง (3)

ผลลัพธ์ ได้แก่ ทักษะความรู้ด้านดิจิทัล ความสำเร็จ และความพึงพอใจ และ (4) ผลตอบรับ ได้แก่ ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญและคะแนนความสำเร็จ

(Agung, 2021) ได้ทำการพัฒนาสื่อการสอนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์สำหรับสารสนเทศนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ผลการวิจัยพัฒนา พบว่าสื่อการสอนที่ใช้ Android ใช้งานง่ายและมีฟีเจอร์วิดีโอสอนและเมนูแบบทดสอบที่ให้ผลตอบรับโดยตรงแก่ผู้ใช้ ดังนั้นสื่อการสอนจึงสามารถประยุกต์เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพในการสร้างความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสื่อวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ซึ่งยังไม่เคยนำมาใช้ในสถานที่วิจัยมาก่อน จากผลที่ได้รับ การวิจัยเพิ่มเติมสามารถดำเนินการในหัวข้อที่กว้างขึ้นและให้ความสนใจกับด้านอื่น ๆ เช่นการเพิ่มแรงจูงใจและนักศึกษาอภิปัญญาของวิศวกรรมสารสนเทศ

(R Yugo, 2021) ได้ทำการพัฒนาและประเมินผลแอปพลิเคชันเอ็มเลิร์นนิงแบบปรับตัวที่สามารถตอบสนองความต้องการของนักเรียนที่แตกต่างกัน โมเดลรูปแบบการเรียนรู้ของ Felder-Silverman ถูกใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับรูปแบบการเรียนรู้แอปพลิเคชันต้นแบบได้รับการพัฒนาโดยใช้วิธีการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ การออกแบบการโต้ตอบ การพัฒนาแอปพลิเคชัน และการทดสอบความสามารถ การออกแบบปฏิบัติตามแนวทางที่วางไว้ในกฎทองแปดประการในการออกแบบอินเทอร์เฟซของ Shnei derman และเก้าเหตุการณ์ในการสอนของ Gagné การทดสอบการใช้งานของต้นแบบมีผู้เข้าร่วม 10 คน ทดสอบความสามารถในการใช้งานและตอบแบบสอบถาม System Usability Scale (SUS) ผลปรากฏว่าใช้งานได้ดี

(N. Thanachawengsakul, 2021) ได้พัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้โดยใช้ดิจิทัลวิศวกรรมความรู้ผ่านความรู้ MOOCs โดยนำเสนอการพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมความรู้ดิจิทัลผ่านระบบคลังความรู้ MOOCs ซึ่งระบบนิเวศการเรียนรู้นี้มีความเหมาะสมให้อยู่ในระดับสูงสุด สามารถนำไปใช้สนับสนุนการพัฒนาเพิ่มเติมของระบบคลังความรู้ MOOCs เพื่อประเมินความสามารถของผู้ประกอบการดิจิทัลตามกระบวนการเรียนรู้วิศวกรรมความรู้ดิจิทัลได้

(W. Nuankaew, 2021) ได้ศึกษาวิศวกรรมการศึกษาเพื่อเป็นต้นแบบความสำเร็จทางวิชาการในมหาวิทยาลัยไทย ในช่วงการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 เนื่องจากมหาวิทยาลัย

หลายแห่งต้องถ่ายโอนการจัดการเรียนรู้ไปสู่ระบบอีเลิร์นนิง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลการเรียนของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาที่ได้รับผลกระทบจากวิกฤติสุขภาพโควิด-19 และสร้างแบบจำลองผลการเรียนด้วยเทคโนโลยีวิศวกรรมการเรียนการสอนเพื่อสนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษา มีแนวทางในการวิจัยตามทฤษฎีเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลโดยใช้ระเบียบวิธี Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) พบว่าการเรียนการสอนแบบเดิมๆ และแบบออนไลน์ ข้อมูลที่รวบรวมและวิเคราะห์จากทั้งสองรูปแบบ พบว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนไม่แตกต่างกัน

(I Kadek, 2019) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการออกแบบการเรียนการสอนสำหรับเรียนรู้แบบผสมผสานบนมือถือในระดับอุดมศึกษา โดยในการวิจัยพัฒนามุ่งเป้าไปที่การออกแบบระบบการเรียนการสอนของการเรียนรู้แบบผสมผสานบนมือถือ ที่นักการศึกษาสามารถใช้ได้ซึ่งมีความสนใจในการถ่ายทอดบทเรียนผ่านการเรียนรู้แบบผสมผสานบนมือถือ การพัฒนาการออกแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานบนมือถือประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้ การวิเคราะห์ความต้องการ กิจกรรมการพัฒนาการออกแบบ ทรัพยากรการเรียนรู้ การกำหนดการประเมินการเรียนรู้ และการตรวจสอบความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ การประเมินการออกแบบระบบการเรียนการสอนของการเรียนรู้แบบผสมผสานผ่านมือถือประกอบด้วย การเปิดหลักสูตร การประเมินการเรียนรู้ การโต้ตอบและชุมชน ทรัพยากรการเรียนการสอนสำหรับการเรียนการสอน การสนับสนุนผู้เรียน การออกแบบเทคโนโลยี การเลือกหลักสูตร และวงจรการออกแบบการเรียนการสอน

(W. Nuankaew, 2019) ได้ศึกษาการรับรู้และทัศนคติต่อการเรียนรู้แบบควบคุมตนเองของนักเรียนไทยในมุมมองของการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา โดยเสนอกระบวนการพัฒนาปัจจัย (คุณลักษณะ) ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ผ่านกลยุทธ์การควบคุมตนเอง ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาระดับอุดมศึกษาไทยยังคงให้ความสำคัญกับการเรียนรู้อย่างเป็นทางการซึ่งขัดแย้งกับพฤติกรรมและการใช้อินเทอร์เน็ตและโทรศัพท์ในห้องเรียน

(A. Alharbi, 2014) ได้ศึกษาระบบวัตถุการเรียนรู้ส่วนบุคคลตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบควบคุมตนเอง การเรียนรู้แบบควบคุมตนเองได้กลายเป็นโครงสร้างสำคัญในการวิจัยด้านการศึกษาที่ผ่านมา การเรียนรู้แบบควบคุมตนเองในรูปแบบที่เรียบง่ายคือความสามารถของผู้เรียนในการติดตามและควบคุมกระบวนการเรียนรู้ กระบวนทัศน์เทคโนโลยี โดย ระบบวัตถุการเรียนรู้ต้นแบบได้รับการพัฒนาจากการวิจัยร่วมสมัยเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบควบคุมตนเอง

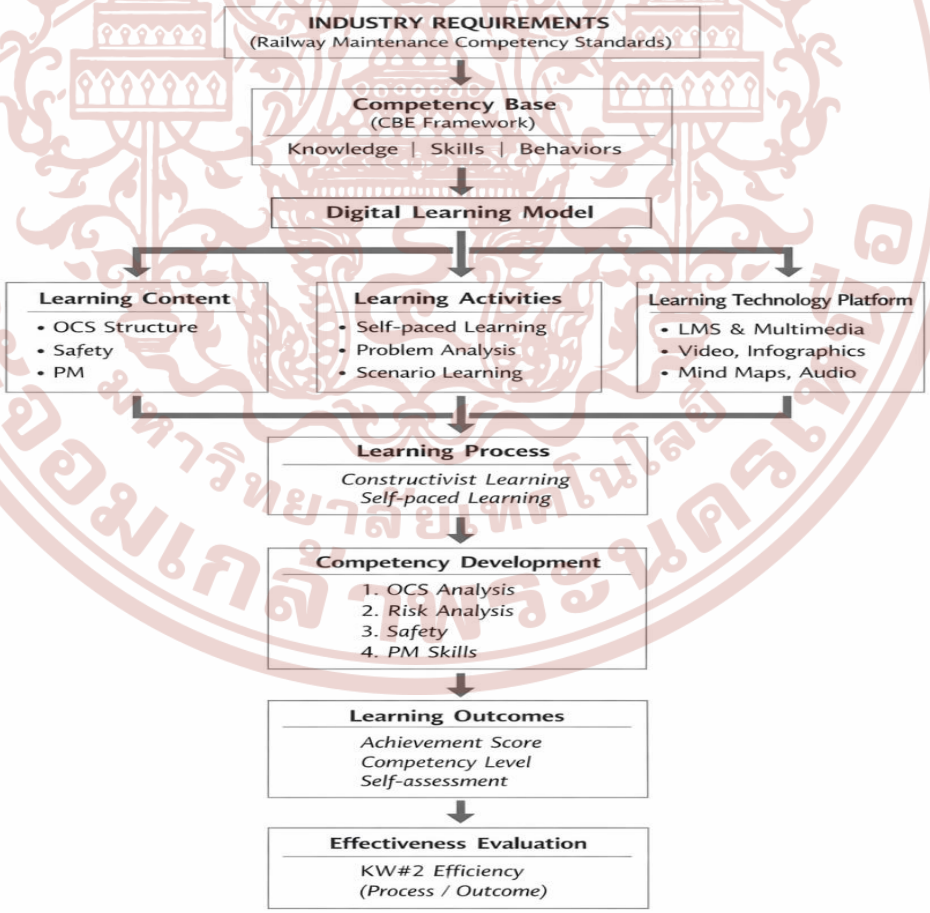
ระบบได้รับการประเมินทางการศึกษาในการศึกษากึ่งทดลองในหลักสูตรแนวคิดภาษาการเขียนโปรแกรมหลัก ผลการประเมินพบว่าระบบวัตถุการเรียนรู้ที่คำนึงถึงการวิจัยร่วมสมัยเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบควบคุมตนเองสามารถเป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเพื่อสนับสนุนการศึกษาวิทยาการคอมพิวเตอร์

จากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ได้กล่าวถึงนั้น มีการศึกษาพัฒนาในด้านต่างๆ ของการเรียนการสอนและการใช้งานเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการศึกษาในหลากหลายบริบท โดยสรุปงานวิจัยเหล่านี้ สะท้อนถึงความพยายามในการปรับตัวและพัฒนาระบบการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะในด้านต่าง ๆ ทั้งสำหรับนักศึกษา ผู้สูงอายุ และบุคลากรทางการศึกษา โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสำคัญในการเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ในรูปแบบต่างๆ ดังเช่น การพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์และการใช้งานแชทบอทอัจฉริยะ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับการเสริมต่อการเรียนรู้ด้วยแชทบอทอัจฉริยะ การพัฒนารูปแบบการใช้เทคโนโลยีด้วยโปรแกรมในสมาร์ตโฟน การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อเสริมศักยภาพการเรียนรู้ การพัฒนารูปแบบห้องเรียนกลับด้านบนคลาวด์ หรือใช้เทคนิคการคิดนอกกรอบบนโลกเสมือนจริง โดยใช้การเรียนแบบปัญหาเป็นฐาน พัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้โดยใช้ดิจิทัล โดยมีการพัฒนาระบบการเรียนรู้ที่ต้องมีองค์ประกอบและขั้นตอนต่างๆ โดยการจัดการเรียนรู้แบบ Digital Learning ให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ตามบริบทของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว สร้างรูปแบบวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถ วางแผน ปฏิบัติ และประเมินผลความก้าวหน้าของการเรียนด้วยตนเอง โดยวิธีที่ตนเองถนัด เพื่อเพิ่มระดับความเข้าใจที่สูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ นำเสนอขั้นตอนและกระบวนการดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ โดยยึดกรอบแนวคิดการวิจัยที่พัฒนาขึ้นจากการบูรณาการแนวคิดด้านสมรรถนะ การจัดการศึกษาแบบมุ่งผลลัพธ์ และบริบทของระบบวิศวกรรมเชิงวิกฤตในระบบรางสมัยใหม่ ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินการวิจัยมีความสอดคล้องเชิงเหตุผลตั้งแต่การสังเคราะห์สมรรถนะ การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล ไปจนถึงการประเมินผลสัมฤทธิ์และสมรรถนะของผู้เรียน



ภาพที่ 3-1 กรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสมรรถนะการบำรุงรักษา OCS

การวิจัยครั้งนี้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยโดยยึดบริบทของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ซึ่งเป็นระบบวิศวกรรมเชิงวิกฤตที่ความผิดพลาดอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและความต่อเนื่องของการให้บริการเป็นสำคัญ กรอบแนวคิดจึงเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความต้องการสมรรถนะของช่างซ่อมบำรุงในบริบทการทำงานจริง เพื่อนำไปสู่การสังเคราะห์สมรรถนะด้านความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

สมรรถนะที่สังเคราะห์ขึ้น จะถูกนำไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญผ่านการประเมินค่า Content Validity Ratio (CVR) และ Index of Item-Objective Congruence (IOC) เพื่อยืนยันความเหมาะสมและความสอดคล้องกับบริบทวิชาชีพ จากนั้นจึงนำฐานทฤษฎีด้านการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ การเรียนรู้จากประสบการณ์ การเรียนรู้ตามบริบทการปฏิบัติ และทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยสื่อดิจิทัล มาใช้เป็นกรอบในการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นถูกนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มทดลอง โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เรียนรู้ด้วยแบบปกติ ภายใต้เงื่อนไขด้านเวลาและเนื้อหาเดียวกัน ผลลัพธ์ของการวิจัยพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวของผู้เรียน ซึ่งนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เพื่อทดสอบประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเชิงสมรรถนะตามกรอบแนวคิดที่กำหนด

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะอาศัยแนวทางขั้นตอนกระบวนการวิจัย เป็นผลให้ได้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยตามกระบวนการ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

3.1 แบบแผนการทดลอง

3.2 พื้นที่วิจัย

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.8 จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

3.9 การดำเนินงานวิจัย

3.1 แบบแผนการทดลอง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถสุ่มตัวอย่างรายบุคคลเข้าสู่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้อย่างแท้จริง แต่ใช้กลุ่มผู้เรียนที่มีอยู่แล้วตามบริบทของสถานศึกษา (Intact Groups) ซึ่งมีลักษณะพื้นฐานใกล้เคียงกันในด้านระดับการศึกษา สาขาวิชา และประสบการณ์การเรียนรู้

รูปแบบการทดลองที่ใช้ คือ แบบกลุ่มควบคุมที่ไม่เทียบเท่ากัน (Non-Equivalent Control Group Design) โดยมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์การเรียนรู้หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เพื่อศึกษาความแตกต่างของสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวระบบรางสมัยใหม่ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยตามแบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-Experimental Design) กับกลุ่มทดลอง ซึ่งมีการทดสอบหลังการทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Two group Posttest Design) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งสองใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัย ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แสดงแบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	การทดลอง	ทดสอบหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลฯ
E	X	O
C	-	O

โดยที่ E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

C หมายถึง กลุ่มควบคุม (Control Group)

X หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าฯ

O หมายถึง การทดสอบหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลฯ (Post-Observation)

ผู้วิจัยควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนที่อาจส่งผลต่อผลการทดลอง ได้แก่ เนื้อหาการเรียนรู้ ระยะเวลาเรียน ผู้สอน สื่อการเรียนรู้พื้นฐาน และสภาพแวดล้อมการเรียน เพื่อให้ผลที่เกิดขึ้นสะท้อนอิทธิพลของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลอย่างแท้จริง

3.2 พื้นที่วิจัย (Research Setting)

พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นสถานศึกษาด้านอาชีวศึกษาในสาขาวิชาระบบราง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ซึ่งเปิดสอนหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับระบบราง โดยเลือกสถานศึกษา จำนวน 2 กลุ่ม ที่มีบริบทการจัดการเรียนการสอนใกล้เคียงกัน ได้แก่

1. โรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ ใช้เป็นกลุ่มควบคุม (Control Group) ซึ่งจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ
2. วิทยาลัยเทคนิค ใช้เป็นกลุ่มทดลอง (Experimental Group) ซึ่งจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

การเลือกพื้นที่วิจัยดังกล่าว พิจารณาจากความพร้อมของสถานศึกษา ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัย ความสอดคล้องของหลักสูตร และความใกล้เคียงของสมรรถนะพื้นฐานผู้เรียน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองได้อย่างเหมาะสม การดำเนินการทดลองจัดขึ้นในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้จริงของสถานศึกษา (Authentic Learning Environment) ทั้งในห้องเรียน และระบบการเรียนรู้ดิจิทัลออนไลน์ โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองประมาณ 1 เดือน ตามการจัดการเรียนรู้ที่กำหนด

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวระบบรางสมัยใหม่ มีการกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามหลักระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลองทางการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ประชากร (Population)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาระบบราง ชั้นปีที่ 2 ในสถาบันอาชีวศึกษาที่เปิดสอนด้านระบบรางในประเทศไทย

ซึ่งกำลังศึกษาในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบราง โดยนักศึกษากลุ่มดังกล่าวมีพื้นฐานความรู้และทักษะทางระบบรางในระดับใกล้เคียงกันตามโครงสร้างหลักสูตรอาชีวศึกษา

3.3.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาระบบราง ชั้นปีที่ 2 จากสถาบันการศึกษาด้านระบบราง จำนวน 2 กลุ่ม รวมทั้งสิ้น 118 คน โดยแบ่งออกเป็น

1. **กลุ่มควบคุม (Control Group)**

   เป็นนักศึกษาจากโรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ จำนวน 32 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ (Traditional Learning)

2. **กลุ่มทดลอง (Experimental Group)**

   เป็นนักศึกษาจากวิทยาลัยเทคนิค จำนวน 86 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลผ่านโปรแกรมออนไลน์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

3.3.4 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Inclusion Criteria)

เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาระบบราง และกำลังศึกษาอยู่ในชั้นปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ดำเนินการวิจัย

3.3.5 เกณฑ์การคัดออกจากกลุ่มตัวอย่าง (Exclusion Criteria)

ผู้เรียนที่ไม่เข้ารับการทดสอบหรือถอนตัว หรือทำแบบทดสอบไม่ครบที่กำหนด

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจัดสร้างและนำเครื่องมือต่าง ๆ มาใช้เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์	เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
1. เพื่อสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่	1. แบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว 2. แบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะในการตรวจสอบบำรุงรักษาแต่ละอุปกรณ์ OCS
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ - มอดูลการเรียนรู้ดิจิทัล	1. แบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตร ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS) 2. แบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอน ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบราง (OCS)
3. เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่	1. แบบทดสอบการเรียนรู้ในการซ่อมบำรุงระบบ OCS 2. แบบประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา

สำหรับรายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.4.1 มอดูลการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยบูรณาการแนวคิดการเรียนรู้ดิจิทัล การเรียนรู้เชิงสมรรถนะ ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่

1. มอดูลเนื้อหาดิจิทัล และสื่อมัลติมีเดีย
2. แบบทดสอบประเมินผลการเรียนรู้ ความเข้าใจในการปฏิบัติงาน

3.4.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เป็นการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบเดิม ประกอบด้วยการบรรยายนำเสนอความรู้ด้วยสไลด์และคลิปวิดีโอ โดยใช้เนื้อหาเดียวกันกับที่กลุ่มทดลองเรียนรู้

3.4.3 แบบทดสอบเพื่อประเมินผล

แบบทดสอบแบ่งเป็น 3 ส่วน โดยในส่วนแรกจะวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้และในส่วนที่สองจะใช้ประเมินความเข้าใจในการปฏิบัติงาน และส่วนที่สามเป็นการประเมินความเข้าใจในภาพรวมของตนเอง โดยส่วนวัดผลสัมฤทธิ์เชิงความรู้และการประยุกต์ใช้ ลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก ครอบคลุมเนื้อหา ได้แก่

1. ความรู้พื้นฐานระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว
2. การตรวจสอบและบำรุงรักษา
3. การวิเคราะห์ปัญหาและการแก้ไข
4. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

และส่วนประเมินความเข้าใจในการปฏิบัติงานเป็นแบบประเมินเชิงพฤติกรรม (Performance Assessment) ลักษณะเป็นแบบอัตนัย ครอบคลุมทักษะที่ควรรู้ในการปฏิบัติงาน ได้แก่

1. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบ
2. การเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองก่อนออกปฏิบัติงาน
3. วิธีการตรวจสอบและซ่อมอุปกรณ์
4. การใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่า
5. การปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

รวมถึงส่วนการประเมินความเข้าใจของตนเองในเรื่องต่าง ๆ เช่น

1. สามารถระบุส่วนประกอบของระบบ OCS ได้ถูกต้อง
2. เข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชนิด

3. สามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ได้
4. รู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น
5. เข้าใจมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ OCS
6. สามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้
7. รู้จักเลือก PPE และใช้อย่างถูกต้อง
8. สามารถระบุขั้นตอนก่อน-ระหว่าง-หลังการทำงานได้ครบถ้วน

3.5 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ตามกรอบแนวคิดการวิจัย ได้แก่ ระยะการสังเคราะห์สมรรถนะฯ ระยะการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลฯ และระยะการทดลองและประเมินผล

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดการดำเนินการ และข้อมูลประกอบในภาคผนวก ก ดังนี้

ระยะที่ 1 สังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบราง

โดยมีขั้นตอนดำเนินงาน ดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์และสังเคราะห์ คู่มือการซ่อมบำรุงระบบ OCS ที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาร่างสมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

2. ผู้วิจัยนำร่างสมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ มาสร้างแบบประเมินความเหมาะสม ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ หากมีการแก้ไข ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงอีกครั้ง หากแบบประเมินสมรรถนะผ่านการตรวจสอบ ผู้วิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป

3. ผู้วิจัยส่งแบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน หากไม่ผ่าน ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง หากผ่านการประเมิน ผู้วิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป ทั้งนี้การวิเคราะห์โดยใช้ค่า Likert แปลงผลเป็นค่า CVR เพื่อประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์ โดยการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามใช้การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คน โดยใช้มาตราส่วน Likert 5 ระดับ จากนั้นกำหนดให้คะแนนระดับ 4 และ 5 แทนค่า

เป็น “จำเป็น (Essential)” เพื่อนำมาคำนวณค่า Content Validity Ratio (CVR) ตามวิธีของ Lawshe (1975) โดยกำหนดค่า CVR ≥ 0.75 เป็นเกณฑ์การยอมรับ

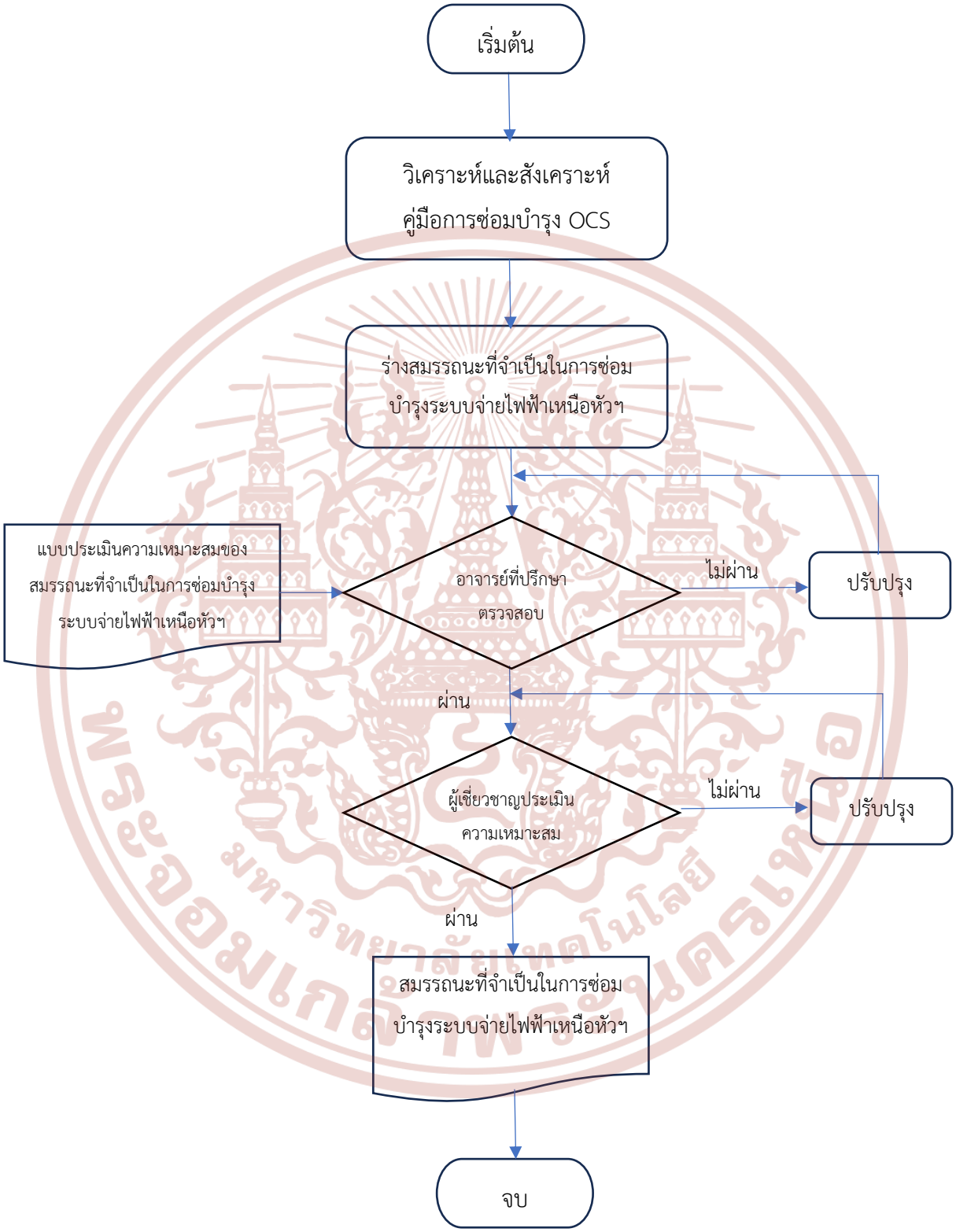
จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 8 ท่าน เห็นด้วยกับสมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีความเห็นว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไปได้ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีความจำเป็น (ค่า CVR = 1) เป็นไปตามรายละเอียดใน ภาคผนวก ข ตารางที่ ข-1

และผู้วิจัยได้ดำเนินการสังเคราะห์สมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 8 ท่าน เห็นด้วยกับสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และความเป็นจริงในการปฏิบัติงาน โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นว่ามีความเหมาะสมในการกำหนดเป็นสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีค่า IOC ที่ 0.95 เป็นไปตามรายละเอียดในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-2

สำหรับการประเมินเนื้อหาของสมรรถนะที่กำหนดกับความสอดคล้องใน ความรู้ (Knowledges), ทักษะ (Skills), และ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behaviors) แต่ละสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 8 ท่าน เห็นด้วยกับเนื้อหาของสมรรถนะที่กำหนด ว่ามีความสอดคล้องกันกับความรู้ (Knowledges), ทักษะ (Skills), และ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behaviors) แต่ละสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการทดลองต่อไปได้ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีค่า IOC ที่ 0.93 เป็นไปตามรายละเอียดในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-3

4. หลังจากผ่านการประเมิน ผู้วิจัยจะได้สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น สามารถสร้างเป็นแผนภาพได้ดัง ภาพที่ 3-2

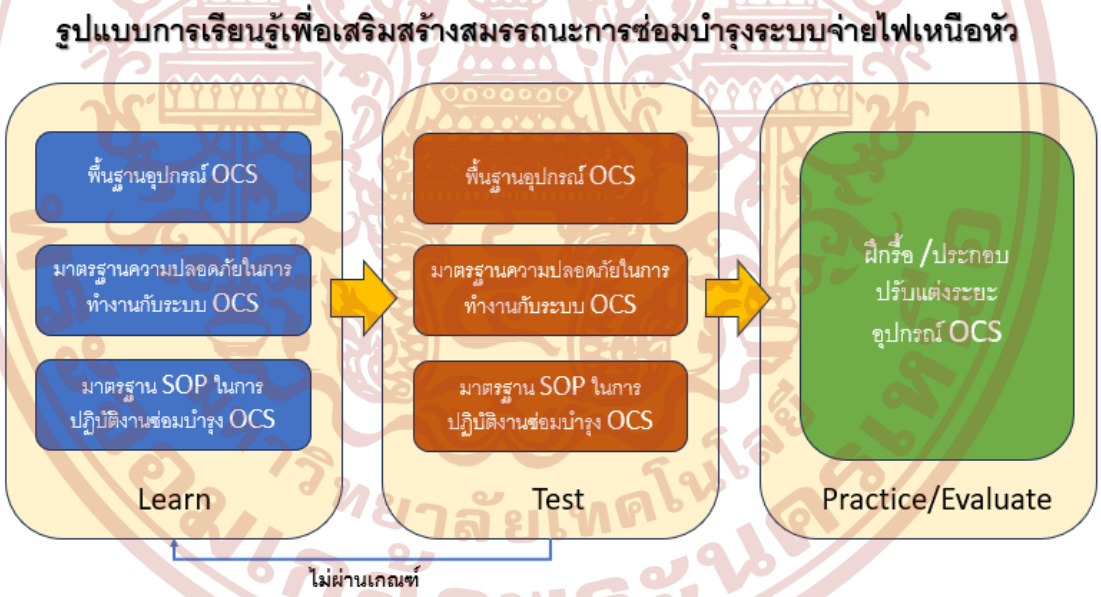


ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 1

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

โดยมีขั้นตอนดำเนินงาน และข้อมูลประกอบในภาคผนวก ก ดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์และกำหนดรูปแบบการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ โดยรูปแบบการเรียนรู้ จะเป็นลักษณะการเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นฐานอุปกรณ์ของระบบจ่ายไฟเหนือหัว (OCS) มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS และมาตรฐานในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง OCS โดยจะมีแบบทดสอบภายหลังเรียนรู้เสร็จ หากไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด จะต้องกลับไปเรียนรู้ใหม่ หากทดสอบผ่านเกณฑ์ จะไปทำการฝึกฝนในภาคปฏิบัติและทำการประเมินต่อไป ตามกระบวนการดังแสดงในภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 แสดงรูปแบบการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

2. ผู้วิจัยนำเสนอรูปแบบการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ หากมีการแก้ไข ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุง หากผ่านการตรวจสอบ ผู้วิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป

3. ผู้วิจัยดำเนินการจัดทำหลักสูตร มอดูลการเรียนรู้และสื่อการสอน และสร้างแบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตร คู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอน เพื่อนำมาพัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ สำหรับการ

พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ เป็นไปตามกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสมรรถนะการบำรุงรักษา OCS ในภาพ 3-1 โดยพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของกรอบการศึกษาตามสมรรถนะ (Competency-Based Education: CBE) ซึ่งบูรณาการความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมในการทำงานที่จำเป็นสำหรับการบำรุงรักษาทางรถไฟ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลักสามส่วน ได้แก่ เนื้อหาการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และแพลตฟอร์มเทคโนโลยี โดยกิจกรรมการเรียนรู้ได้รับการออกแบบบนพื้นฐานของหลักการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ (constructivist learning) และเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยให้ผู้เรียนใช้แหล่งข้อมูลการเรียนรู้มัลติมีเดีย เช่น วิดีโอ อินโฟกราฟิก แผนผังความคิด และเอกสารดิจิทัล ผ่านแพลตฟอร์ม LMS

เมื่อผ่านกระบวนการเรียนรู้นี้ ผู้เรียนจะพัฒนาสมรรถนะในการวิเคราะห์ระบบ OCS การประเมินความเสี่ยง ขั้นตอนด้านความปลอดภัย และทักษะการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลลัพธ์ของกระบวนการเรียนรู้จะได้รับการประเมินผ่านการทดสอบความสำเร็จและการประเมินสมรรถนะ และประสิทธิผลโดยรวมของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลนี้ จะวัดโดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ KW#2 (กระบวนการ/ผลลัพธ์) โดยการพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ เป็นไปตามตัวอย่างรูปภาพแสดงในภาคผนวก ข ภาพที่ ข-1 ถึง ข-7

4. ผู้วิจัยนำหลักสูตร คู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอน และแบบประเมินความเหมาะสม ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ หากมีการแก้ไข ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงหลักสูตร มอดูลการเรียนรู้และสื่อการสอน และแบบประเมินความเหมาะสม อีกครั้ง หากผ่านการตรวจสอบ ผู้วิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป

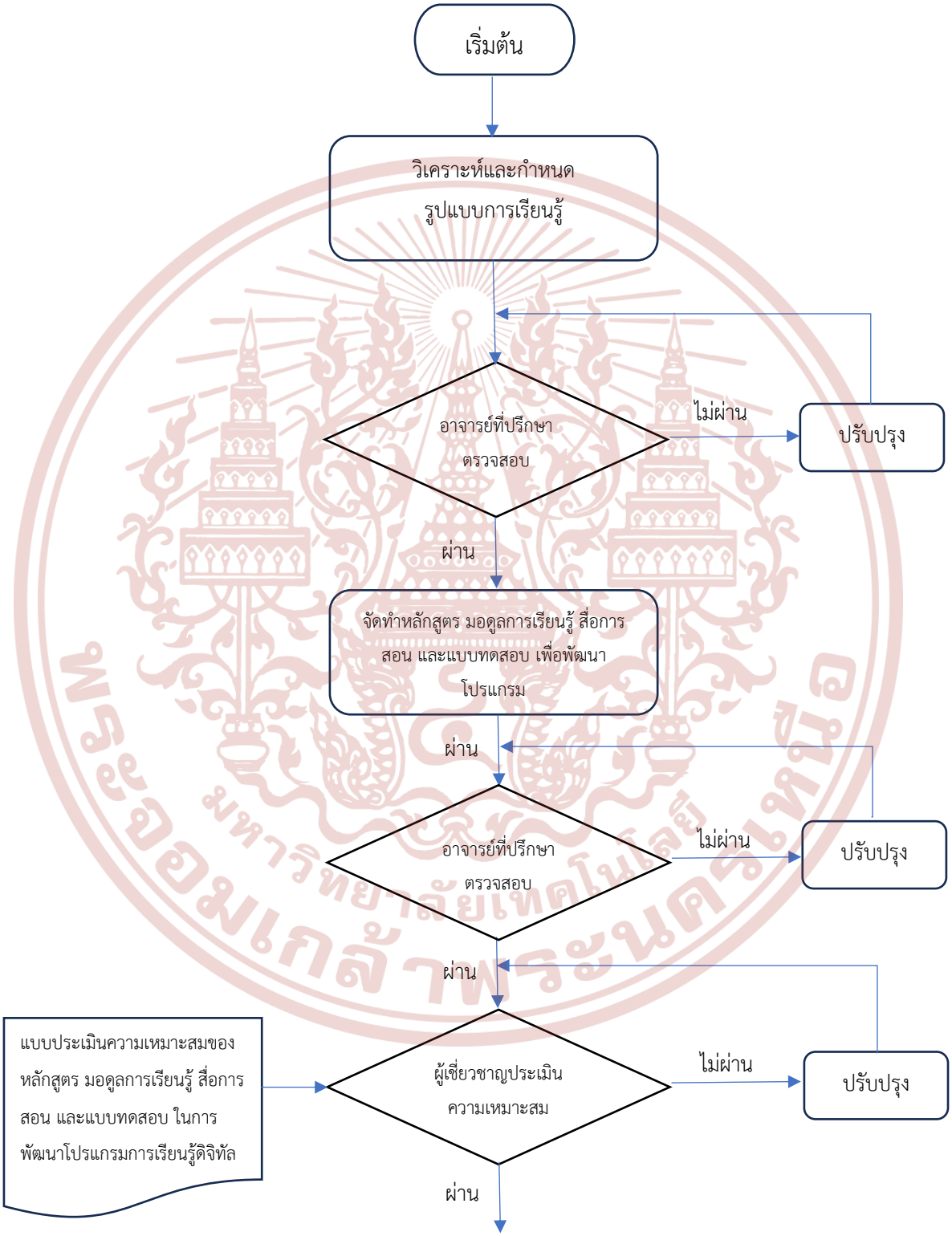
4. ผู้วิจัยนำแบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตร มอดูลการเรียนรู้และสื่อการสอน ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน หากไม่ผ่านการประเมิน ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงแบบประเมินความเหมาะสม และส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง หากผ่านการประเมิน ผู้วิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป ทั้งนี้การวิเคราะห์ใช้ค่า Likert โดยแปลงผลเป็นค่า CVR เพื่อประเมินความเหมาะสมของหลักสูตร คู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอน ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น เพื่อใช้ในการพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัล โดยการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามใช้การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คน โดยใช้มาตราส่วน Likert 5 ระดับ จากนั้นกำหนดให้คะแนนระดับ 4 และ 5 แทนค่าเป็น “จำเป็น (Essential)” เพื่อนำมาคำนวณค่า Content Validity Ratio (CVR) ตามวิธีของ Lawshe (1975) โดยกำหนดค่า CVR ≥ 0.75 เป็นเกณฑ์การยอมรับ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 8 ท่าน

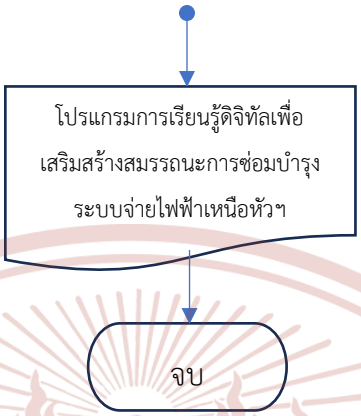
เห็นด้วยกับหลักสูตรที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น ในการนำไปพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไปได้ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีความเหมาะสมมาก (ค่า CVR = 1) เป็นไปตามรายละเอียดในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-4

สำหรับการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอน เพื่อใช้ในการพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัล โดยการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามใช้การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน โดยใช้มาตราส่วน Likert 5 ระดับ จากนั้นกำหนดให้คะแนนระดับ 4 และ 5 แทนค่าเป็น “จำเป็น (Essential)” เพื่อนำมาคำนวณค่า Content Validity Ratio (CVR) ตามวิธีของ Lawshe (1975) โดยกำหนดค่า CVR ≥ 0.75 เป็นเกณฑ์การยอมรับ จากผลการวิเคราะห์พบว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน เห็นด้วยกับคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอนที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีความเห็นว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไปได้ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีความเหมาะสมมาก (ค่า CVR =1) เป็นไปตามรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-5

5. ผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัล โดยใช้ระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (LMS) ที่บรรจุมอดูลการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS) และให้ความสำคัญกับการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เรียนตาม พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 ซึ่งข้อมูลที่จัดเก็บ เช่น ข้อมูลที่สามารถระบุตัวตน ผลการทดสอบ และพฤติกรรมการใช้งานระบบ จะถูกเก็บรวบรวม ใช้ และเปิดเผยเท่าที่จำเป็นเพื่อวัตถุประสงค์ด้านการเรียนรู้และการประเมินสมรรถนะเท่านั้น ภายใต้หลักความโปร่งใสและความยินยอมของผู้เรียน ระบบมีมาตรการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล เช่น การกำหนดสิทธิ์การเข้าถึง การเข้ารหัสข้อมูล และการตรวจสอบการใช้งาน เพื่อป้องกันการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต ผู้เรียนมีสิทธิในการเข้าถึง แก้ไข หรือขอลบข้อมูลของตนตามที่กฎหมายกำหนด โดยข้อมูลจะถูกเก็บรักษาในระยะเวลาที่เหมาะสมและปลอดภัย การเข้าใช้งานระบบถือว่าผู้เรียนรับทราบและยินยอมให้มีการประมวลผลข้อมูลส่วนบุคคลตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว ทั้งนี้ ระบบดำเนินการตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยไซเบอร์และการกำกับดูแลข้อมูล เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและสนับสนุนการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น สามารถสร้างเป็นไปตามแผนภาพได้ดัง ภาพที่ 3-4





ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 2

3.5.1 รายละเอียดการพัฒนาแบบทดสอบ

สำหรับรายละเอียดการพัฒนาแบบทดสอบ เป็นไปดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และพัฒนาแบบทดสอบ เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

2. ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบชุดประเมินแบบทดสอบ

3. ผู้วิจัยนำชุดประเมินแบบทดสอบ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ หากอาจารย์ที่ ปรึกษาเห็นว่ามีข้อแก้ไข ผู้วิจัยจะดำเนินการแก้ไขให้ครบถ้วนสมบูรณ์ และส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง หากผ่านการตรวจสอบ ผู้วิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป

4. ผู้วิจัยส่งชุดประเมินแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน หากไม่ผ่านการประเมิน ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง หากผ่านการประเมิน ผู้วิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คน โดยใช้ค่า Content Validity Ratio (CVR) ตามวิธีของ Lawshe (1975) กำหนดค่า CVR ≥ 0.75 เป็นเกณฑ์การยอมรับ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 8 ท่าน ได้ประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (CVR) โดยแบบทดสอบใบงานที่ 01, 02, 03 และ 07 ค่า CVR เฉลี่ยทั้งชุด ไม่ต่ำกว่า 0.75 ผ่านเกณฑ์ และถ้าตัดข้อที่ CVR ต่ำกว่า 0.75 ออก จะทำให้แบบทดสอบนั้นมีค่า CVR เฉลี่ยสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับ

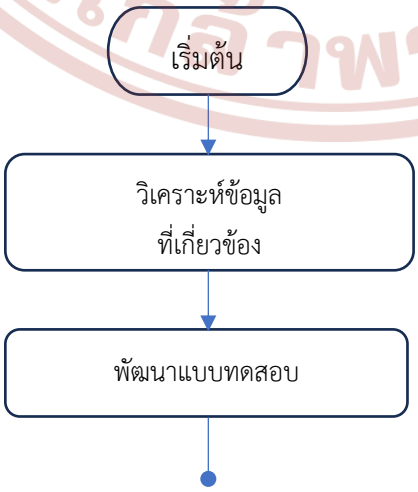
แบบทดสอบใบงานที่ 04, 05, 06, 08 และ 09 ที่ค่า CVR เฉลี่ยทั้งชุด ต่ำกว่า 0.75 ไม่ผ่านเกณฑ์ แต่เมื่อตัดข้อที่ CVR ต่ำกว่า 0.75 ออก จะทำให้แบบทดสอบนั้นมีค่า CVR เฉลี่ยสูงขึ้น ไม่ต่ำกว่า 0.75 ผ่านเกณฑ์ สามารถนำไปใช้ประเมินผู้ร่วมวิจัยได้ อย่างไรก็ตาม จากการแปลงค่า CVR เป็น IOC พบว่า คำถามในแบบทดสอบทั้งหมดดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องกับเนื้อหา ผู้วิจัยจึงไม่ได้ตัดข้อที่ CVR ต่ำกว่า 0.75 ออก แต่ไม่นำข้อนั้นๆ มาคิดคะแนนเพื่อประเมินผล เป็นไปตามรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-6

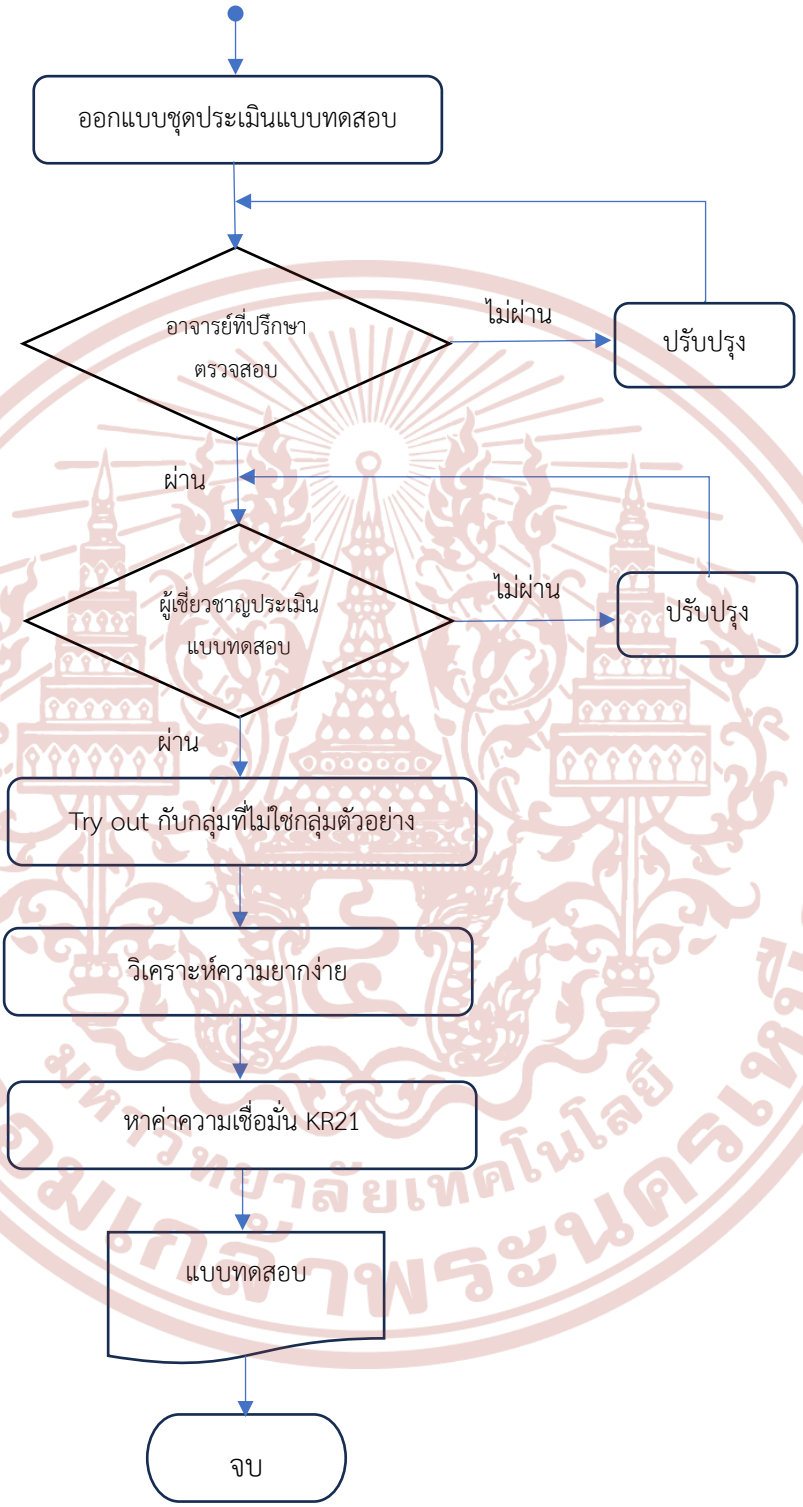
และจากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 8 ท่าน เห็นด้วยกับแบบทดสอบสมรรถนะของงานที่กำหนดแบบทดสอบชุดที่ 2 การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ที่ใช้ในการวิจัย ว่าความรู้ (Knowledges), ทักษะ (Skills), และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behaviors) มีความสอดคล้องกัน โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไปได้ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีค่า IOC ที่ 0.96 เป็นไปตามรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-7

5. ผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปทดลอง Try out กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง รายละเอียดในภาคผนวก จ จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และหาค่าความเชื่อมั่น (KR-21) ได้ผลเป็นไปตามรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข ตาราง ข-13

6. ได้แบบทดสอบสำหรับใช้ประเมินผล ตามภาคผนวก ง เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น สามารถสร้างเป็นแผนภาพได้ดัง ภาพที่ 3-5





ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

การวิเคราะห์ค่าความยากของแบบทดสอบ (Difficulty Index : p)

การหาค่าความยากของข้อสอบ (p) ใช้สูตร $p = \frac{R}{N}$

โดยที่ R = จำนวนผู้ตอบถูก และ N = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

เกณฑ์แปลผล

ค่า p	ระดับ
0.80 – 1.00	ง่าย
0.60 – 0.79	ค่อนข้างง่าย
0.40 – 0.59	ปานกลาง
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก
< 0.20	ยาก

การวิเคราะห์ค่าความยากของแบบทดสอบที่ 1 ถึง 5 เป็นไปตามผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-8 ถึง ข-12 โดยผลการวิเคราะห์ค่าความยากของแบบทดสอบที่ 1 พบว่า มีค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างง่าย แสดงว่าแบบทดสอบเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนและสอดคล้องกับระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียน โดยข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม (0.40–0.80) และมีบางข้อที่อยู่ในระดับง่ายมาก

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากของแบบทดสอบที่ 2 พบว่า มีค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ซึ่งอยู่ในระดับง่าย แสดงว่าแบบทดสอบมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน โดยข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.60–0.90 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และมีบางข้อที่มีความยากระดับปานกลางซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียน

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากของแบบทดสอบที่ 3 พบว่า มีค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.86 ซึ่งอยู่ในระดับง่าย แสดงว่าแบบทดสอบมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน โดยข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.60–1.00

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากของแบบทดสอบที่ 4 พบว่า มีค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.87 ซึ่งอยู่ในระดับง่าย แสดงว่าแบบทดสอบมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน โดยข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.70–1.00

และผลการวิเคราะห์ค่าความยากของแบบทดสอบที่ 5 พบว่า มีค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 ซึ่งอยู่ในระดับง่ายมาก แสดงว่าแบบทดสอบมีระดับความยากต่ำกว่าความสามารถของผู้เรียน

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-21)

สูตรในการวิเคราะห์ของแบบทดสอบ (KR-21) เป็นดังนี้

$$KR\text{-}21 = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\bar{X}(k-\bar{X})}{kS_t^2}\right)$$

เกณฑ์การแปลผลค่าความเชื่อมั่นโดยทั่วไป

ค่า KR-21	ระดับคุณภาพ
≥ 0.90	ดีมาก (Excellent)
0.80 – 0.89	ดี (Good)
0.70 – 0.79	พอใช้ (Acceptable)
< 0.70	ควรปรับปรุง

จากการ Try out แบบทดสอบเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือ ได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ เป็นไปตามตารางที่ ข-13 ในภาคผนวก ข โดยพบว่าแบบทดสอบทั้ง 5 ชุดมีค่าความเชื่อมั่น (KR-21) อยู่ในช่วง 0.84–0.94 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ตามเกณฑ์การประเมินเครื่องมือทางการศึกษา แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) สูง และสามารถวัดผลได้อย่างมีเสถียรภาพ เมื่อพิจารณาค่าความยากของแบบทดสอบ พบว่า

- แบบทดสอบที่ 1 และ 2 มีค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 อยู่ในระดับค่อนข้างง่าย ซึ่งถือว่าเหมาะสมสำหรับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบทดสอบที่ 3 และ 4 มีค่าความยากเฉลี่ย 0.85 และ 0.88 ตามลำดับ อยู่ในระดับง่าย

- แบบทดสอบที่ 5 มีค่าความยากเฉลี่ย 0.93 อยู่ในระดับง่ายมาก

แม้ว่าบางชุดจะมีค่าความยากค่อนข้างสูง แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับการวัดผลหลังเรียน (Post-test) โดยเฉพาะในบริบทการพัฒนาสมรรถนะที่ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้ว

ข้อสรุป

แบบทดสอบทั้ง 5 ชุด มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก (KR-21 = 0.84–0.94) สามารถนำไปใช้ในการวิจัยหรือการประเมินผลการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะเมื่อใช้รวมทั้งระบบจะมีความเชื่อมั่นสูงมาก (KR-21 = 0.90)

3.5.2 การประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา

การประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา มีลักษณะเป็นการประเมินจากมุมมองของผู้สอนว่า นักศึกษาสามารถนำความรู้และทักษะจากการเรียนไปใช้ในการปฏิบัติงานระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System: OCS) ได้มากน้อยเพียงใด โดยตารางที่ปรากฏเน้น 2 องค์ประกอบหลัก คือ (1) ความสามารถในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับส่วนประกอบ OCS ซึ่งในภาคปฏิบัติ นักศึกษาต้อง

1. สามารถชี้ บอกชื่อ หรือจำแนกอุปกรณ์ OCS ได้ถูกต้อง
2. อธิบายหน้าที่ของ Mast, Cantilever, Contact Wire, Messenger Wire, Insulator, Tension Device ฯลฯ ได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ของอุปกรณ์แต่ละส่วนและผลกระทบเมื่ออุปกรณ์เกิดความผิดปกติ
4. สามารถตรวจสภาพอุปกรณ์ สังเกตความผิดปกติ และประเมินสภาพเบื้องต้น และ ถอดรื้อประกอบคืนสภาพได้อย่างถูกต้อง

และ (2) ความปลอดภัยในการทำงานระบบ OCS ซึ่งในภาคปฏิบัตินักศึกษาต้อง

1. อธิบายข้อกำหนดและข้อควรระวังก่อนปฏิบัติงานได้
2. ระบุอันตราย ประเมินความเสี่ยง และเสนอวิธีควบคุมความเสี่ยงได้
3. เลือก PPE ให้เหมาะกับลักษณะงานและใช้อย่างถูกวิธี
4. สามารถบอกและปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน เห็นด้วยกับแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติเกี่ยวกับส่วนประกอบ OCS ความปลอดภัยในการทำงานระบบ OCS ในภาคปฏิบัติ ภาคปฏิบัติของนักศึกษา ที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไปได้ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีค่า IOC ที่ 1.0 เป็นไปตามรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-14

3.5.3 รายละเอียดการพัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัล

ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว โดยผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากระยะที่ 1 ซึ่งเป็นสมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงและออกแบบเป็นหลักสูตรและโมดูลการเรียนรู้ในระบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่สามารถนำไปใช้จริงในบริบทการอาชีวศึกษา ทั้งนี้ การพัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ จะบรรจุอยู่ในระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System: LMS) ที่มีความสามารถในการจัดการเนื้อหา การบริหารผู้เรียน การประเมินผล และการติดตามความก้าวหน้าการเรียนรู้ โดยรายละเอียดการพัฒนามีดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้างโปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัล

ผู้วิจัยกำหนดองค์ประกอบของโปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัลให้สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงสมรรถนะ (Competency-Based Learning) และการเรียนรู้ดิจิทัล (Digital Learning) โดยประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ที่ถูกออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง ได้แก่

- มอดูลเนื้อหาการเรียนรู้และสื่อมัลติมีเดีย
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผล

2. การพัฒนาบนแพลตฟอร์ม LMS

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้บนแพลตฟอร์ม LMS ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงาน ได้แก่

- การกำหนดเนื้อหาการเรียนรู้ (Content Management)

ผู้วิจัยจัดทำบทเรียนในรูปแบบมอดูล ประกอบด้วยเอกสารประกอบการเรียน วิดีโอการสาธิต สื่ออินโฟกราฟิก และใบงาน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาได้ตามลำดับขั้นของสมรรถนะที่จำเป็น

- การลงทะเบียนและกำหนดผู้ใช้ (User Management)

ผู้เรียนได้รับบัญชีผู้ใช้งานในระบบ LMS โดยผู้วิจัยกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงเนื้อหาเพื่อเรียนรู้และทำแบบทดสอบ

- การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Activities)

ภายในระบบมีการกำหนดกิจกรรม เช่น การศึกษาส่วนประกอบของ OCS ความปลอดภัยในการทำงาน ตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน วิเคราะห์ Root Cause จากสถานการณ์ มาตรฐานการปฏิบัติงาน การเตรียมความพร้อมในการปฏิบัติงาน ฯลฯ

3. การพัฒนาแบบทดสอบและการประเมินผล

การประเมินผลการเรียนรู้ดำเนินการโดยเชื่อมโยงแบบทดสอบกับระบบแบบฟอร์มออนไลน์ (Google Form) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อผ่านลิงก์ในระบบ LMS เพื่อให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบได้สะดวก ระบบสามารถบันทึกคะแนนอัตโนมัติ ลดความคลาดเคลื่อนในการให้คะแนน และช่วยให้ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว

4. ระบบการสื่อสารและการสนับสนุนการเรียนรู้

เพื่อส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้วิจัยใช้แอปพลิเคชันสื่อสารผ่านกลุ่ม Line เป็นช่องทางติดต่อสื่อสาร ให้คำปรึกษา ตอบข้อซักถาม และแจ้งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการ โดยการใช้ Line กลุ่ม ช่วยเพิ่มความต่อเนื่องของการเรียนรู้และสร้างชุมชนการเรียนรู้ (Learning Community)

5. การทดสอบระบบและปรับปรุง (System Testing and Refinement)

หลังจากพัฒนาระบบ LMS แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการใช้งาน กับผู้เรียนกลุ่มขนาดเล็กที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสะดวกในการใช้งาน ความเสถียรของระบบ และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นนำผลการทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในการทดลองจริง

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

โดยมีขั้นตอนดำเนินงาน และข้อมูลประกอบในภาคผนวก ข ค และ ง ดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวฯ โดยเรียนรู้ตามรูปแบบที่กำหนด ดังนี้

1.1 นักศึกษาจากโรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ (วรฟ.) จำนวน 32 คน เป็นกลุ่มควบคุม

1.2 นักศึกษาจากจากวิทยาลัยเทคนิคจำนวน 86 คน เป็นกลุ่มทดลอง

2. ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมในการอบรม โดยบรรจุเนื้อหาเรียนรู้ไว้ในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

3. ผู้วิจัยนำโปรแกรมออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ หากอาจารย์ที่ปรึกษาเห็นว่ามีข้อแก้ไข ผู้วิจัยจะดำเนินการแก้ไขให้ครบถ้วนสมบูรณ์ และส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง หากผ่านการตรวจสอบ ผู้วิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป

4. ผู้วิจัยดำเนินการอบรมให้กับกลุ่มควบคุมตามแบบปกติในห้องเรียน ซึ่งเป็นการสอนในห้องเรียนด้วยการบรรยายเนื้อหา นำเสนอสไลด์และคลิปวิดีโอที่เกี่ยวข้องประกอบการบรรยาย ส่วนกลุ่มทดลองนั้น ผู้วิจัยให้ทำการเรียนรู้ในโมดูลการเรียนรู้ดิจิทัลในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ในสาขาที่เกี่ยวข้อง โดยกลุ่มควบคุมที่ต้องเรียนรู้ในรูปแบบปกติ เป็นนักศึกษาวิศวกรรมรถไฟที่ศึกษาด้านช่างอาณัติสัญญาณและช่างโยธา ส่วนกลุ่มทดลองที่ต้องเรียนรู้ออนไลน์ในรูปแบบดิจิทัล เป็นนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคระดับ ปวส. สาขาระบบราง โดยทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้พื้นฐานใกล้เคียงกันตามหลักสูตร และไม่เคยเรียนรู้ในงานด้านซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวมาก่อน เนื่องด้วยในหลักสูตรไม่มีการเรียนเฉพาะเรื่องดังกล่าว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการทดสอบ Pre-test และเริ่มดำเนินการอบรมกลุ่มควบคุมแบบปกติในห้องเรียน เป็นไปตามรูปภาพที่แสดงในภาคผนวก ข ภาพที่ ข-8 และ ข-9

สำหรับกลุ่มทดลอง ให้ทำการเรียนรู้ดิจิทัลทางออนไลน์โดยโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนา สามารถเข้าไปลงทะเบียนเรียนรู้ได้ในเว็บไซต์ https://training.codeunbug.com/ ตามแสดงในภาคผนวก ข ภาพที่ ข-1 ถึง ข-7

5. ผู้รับการอบรมจะมีระยะเวลาเรียนรู้และทำแบบทดสอบภายในเวลาไม่เกิน 1 เดือน โดยใช้แบบทดสอบเดียวกัน ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 5 มอดูล ได้แก่

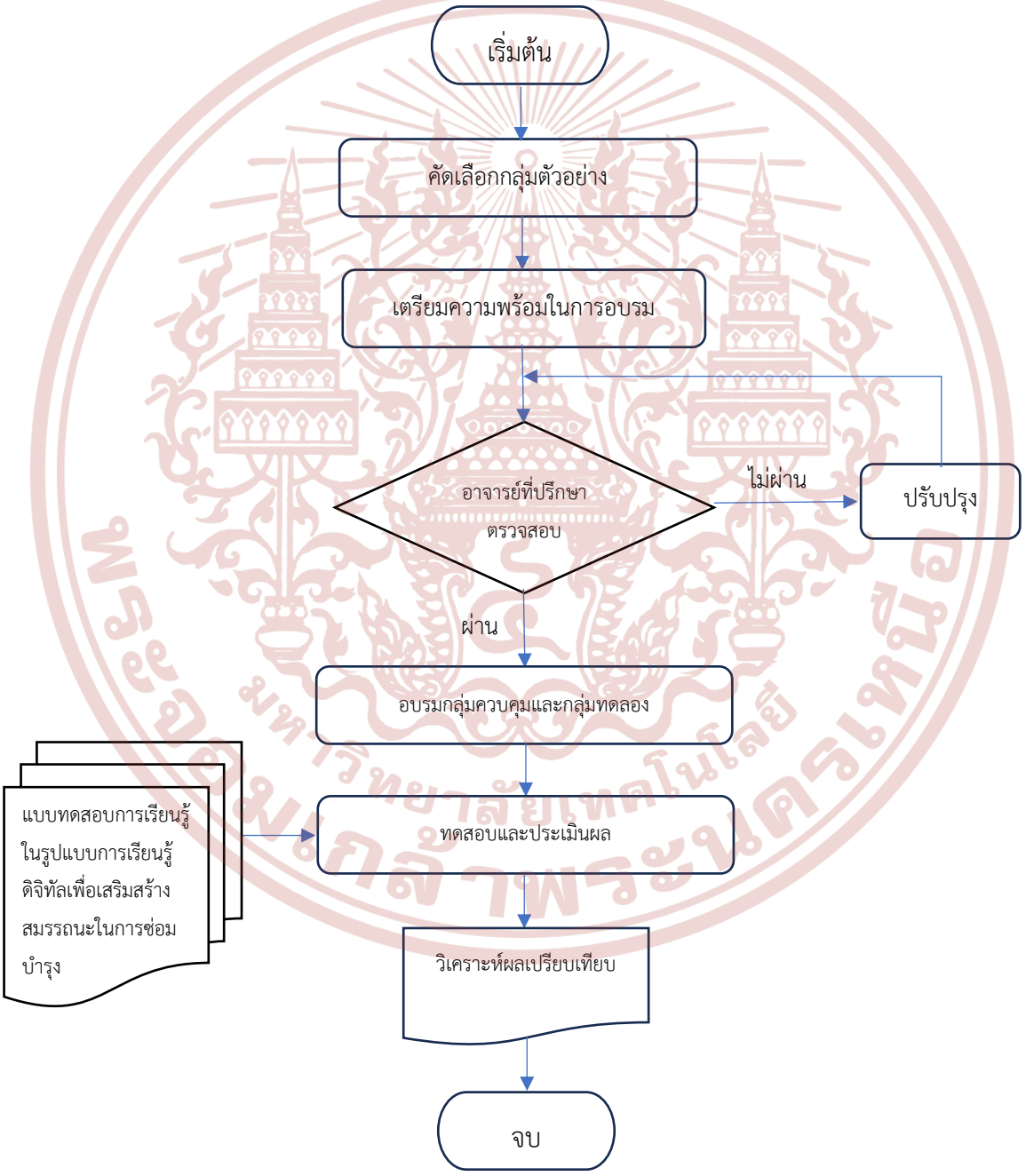
1) ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Contact System)
2) ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS (Overhead Contact System)
3) การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast & Support Structure)

4) การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)

5) การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ปรับแรงดึง (Tension Device)

6. ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์และสรุปผลการประเมินที่ได้จากขั้นตอนที่ 5

จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น สามารถสร้างเป็นแผนภาพได้ดัง ภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย ระยะที่ 3

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ค้นคว้า วิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 ผู้วิจัยดำเนินการจัดทำเอกสารขออนุญาตการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เกี่ยวข้อง

3.5.2 ผู้ร่วมวิจัย (กลุ่มตัวอย่าง) จำนวน 118 คน ลงทะเบียนเพื่อเรียนรู้ในโปรแกรมงานวิจัย

3.5.3 ผู้วิจัยดำเนินการอบรมแบบปกติในห้องเรียนให้กับผู้ร่วมวิจัยกลุ่มควบคุม

3.5.4 ผู้วิจัยดำเนินการให้ผู้ร่วมวิจัยกลุ่มทดลอง เรียนรู้ดิจิทัลสำหรับการซ่อมบำรุงระบบขนส่งทางรางสมัยใหม่ ในโปรแกรมที่พัฒนา เป็นระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือน

3.5.5 ผู้ร่วมวิจัยทั้งหมด ทำแบบทดสอบที่เตรียมไว้ในโปรแกรมที่พัฒนา

3.5.6 ผู้วิจัยนำข้อมูลผลการทดสอบของทั้งสองกลุ่ม มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ในรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล เทียบกับการเรียนรู้แบบปกติ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผล ในงานวิจัยการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบค่าสถิติที (Independent sample t-Test) เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่กำหนด

3.8 จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน และประโยชน์ของการวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบอย่างชัดเจน พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมวิจัยตัดสินใจเข้าร่วมโดยสมัครใจ และสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเรียนตามปกติ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

จากการสังเคราะห์สมรรถนะหลักที่จำเป็นในการซ่อมบำรุง OCS ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติที่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบของอุปกรณ์ ความปลอดภัยในการทำงาน กระบวนการและมาตรฐานการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ในระบบ OCS ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา จากการประเมินโดยกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่าสมรรถนะที่สังเคราะห์มีความจำเป็นในการซ่อมบำรุง มีค่า CVR = 1.00 และผู้วิจัยได้สมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ OCS จำนวน 7 รายการ ได้แก่

1) การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast & Support Structure)

2) การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)

3) การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire)

4) การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding)

5) การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator

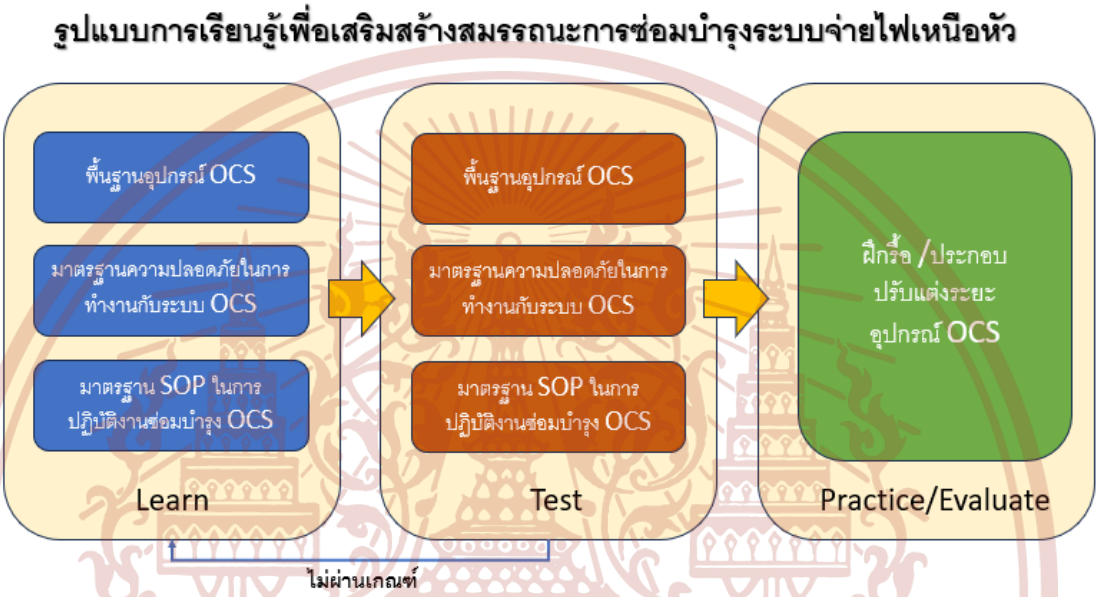
6) การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device

7) การตรวจสอบระยะ Sag และระยะ Stagger ของสาย Contact Wire

รายละเอียดเป็นไปตาม ภาคผนวก ก และ ภาคผนวก ข

4.2 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล เป็นไปตามรูปแบบการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ดังแสดงในภาพที่ 3-3 ที่แสดงด้านล่าง



การพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัล

สำหรับการพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัล จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 8 ท่าน เห็นด้วยกับหลักสูตรที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น ในการนำไปพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไปได้ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีความเหมาะสมมาก (ค่า CVR = 1) เป็นไปตามรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-4

สำหรับการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอน เพื่อใช้ในการพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัล จากผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน เห็นด้วยกับคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอนที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีความเห็นว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไปได้ เนื่องจากผลการประเมินในภาพรวมพบว่า มีความเหมาะสมมาก (ค่า CVR =1) เป็นไปตามรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-5

โดยการพัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ได้ใช้รูปแบบดังกล่าวในการพัฒนามอดูลการเรียนรู้และการทดสอบ ตามภาคผนวก ง และในเว็บไซต์ https://training.codeunbug.com/ โดยสรุป มีมอดูลการเรียนรู้ดังนี้

รายละเอียดในการเรียนรู้ตามสมรรถนะงานซ่อมบำรุงระบบ OCS จำนวน 7 สมรรถนะ

การเตรียมความพร้อมในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (Standard Operating Procedure : SOP) ตามสมรรถนะ

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) การบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) ความปลอดภัยสำหหรับการทำงานบนที่สูง

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) การวัดแรงดึงสายไฟฟ้าสัมผัส ในระบบไฟฟ้าเหนือหัว

คู่มือภาคสนามสำหรับช่างเทคนิค

การวิเคราะห์เหตุการณ์จำลอง และคู่มือการวินิจฉัยและแก้ไขปัญหาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

การเรียนรู้ในรูปแบบ Infographic

การเรียนรู้ในรูปแบบ VDO Clip และ Youtube

การเรียนรู้ในรูปแบบ Audio

การเรียนรู้ในรูปแบบ Mind map

3D Model for OCS & Power Supply Equipment

การประเมินผลโดยแบบทดสอบ

4.3 ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

การทดลองวิจัยศึกษาผลการเรียนรู้แบบปกติเปรียบเทียบกับการเรียนรู้แบบดิจิทัล มีข้อมูลในการทดลองตามรายละเอียดในภาคผนวก ค และภาคผนวก จ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

4.3.1 ผลการเรียนรู้ในรูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ

ข้อมูลผลการทดสอบของกลุ่มควบคุม (โรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ)จำนวนผู้ร่วมวิจัยในผู้กลุ่มควบคุมทั้งหมด 32 คน มีผู้เข้าร่วมทำแบบทดสอบ ครบทั้ง 5 แบบทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 31 คน โดย

มีรายละเอียดผลการทดสอบในแต่ละแบบทดสอบ เป็นไปตามข้อมูลผลทดสอบของกลุ่มควบคุม (โรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ) ในภาคผนวก ค ภาพที่ ค1-ค5 และจากผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของกลุ่มควบคุม จำนวน 31 คน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.32 คะแนน ค่ามัธยฐานเท่ากับ 87.00 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.94 คะแนน โดยคะแนนสูงสุดเท่ากับ 98 คะแนน และคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 33 คะแนน โดยมีผู้ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด 80% จำนวน 21 คน คิดเป็น 67.74% แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่ยังไม่สามารถทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่บรรลุเกณฑ์สมรรถนะขั้นต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าเกณฑ์เล็กน้อยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างสูง ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านความรู้และทักษะอย่างชัดเจน เป็นไปตามรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค-1 นอกจากนี้ อัตราการผ่านเกณฑ์ร้อยละ 67.74 บ่งชี้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อาจยังไม่เพียงพอต่อการยกระดับสมรรถนะของผู้เรียนทั้งหมดให้ถึงระดับมาตรฐานที่กำหนด

4.3.2 ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

จำนวนผู้ร่วมวิจัยในผู้กลุ่มทดลองทั้งหมด 86 คน มีผู้เข้าร่วมทำแบบทดสอบ ครบทั้ง 5 แบบทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 70 คน โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบในแต่ละแบบทดสอบ เป็นไปตามข้อมูลผลทดสอบของกลุ่มควบคุม (โรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ) ในภาคผนวก ค ภาพที่ ค6–ค10 และจากผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง จำนวน 70 คน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังการทดสอบเท่ากับ 81.02 คะแนน (S.D. = 15.62) จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน โดยคะแนนสูงสุดเท่ากับ 96 คะแนน และคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 28 คะแนน โดยมีผู้ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด 80% จำนวน 49 คน คิดเป็น 70.00% แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด และมีอัตราการผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70.00 สะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในการทดลองสามารถส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับหนึ่ง นอกจากนี้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมยังบ่งชี้ว่ารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยลดความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน ทำให้ผลสัมฤทธิ์มีความสม่ำเสมอมากขึ้น เป็นไปตามรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค-2 โดยผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เข้าใช้งานในรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

กลุ่ม	n	Mean	S.D.	t	df	p (1-tailed)
กลุ่มควบคุม	31	79.31	18.91	0.44	51.6	0.331
กลุ่มทดลอง	70	81.02	15.62			

$p < .05$

จากตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุม และมีความแปรปรวนของคะแนนต่ำกว่า สะท้อนให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของผลการเรียนรู้ที่ดีกว่า และจากการทดสอบ Independent Samples t-test โดยใช้การปรับแก้แบบ Welch เนื่องจากขนาดกลุ่มตัวอย่างและความแปรปรวนไม่เท่ากัน เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ได้ค่า $t = 0.44$, $p = .331$ แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แม้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในเชิงปฏิบัติพบว่า กลุ่มทดลองมีอัตราการสอบผ่านเกณฑ์ 80% สูงกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 2.26 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำกว่า บ่งชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลดังกล่าวในกลุ่มทดลอง ช่วยให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ครอบคลุมและมีความคงเส้นคงวากว่ากลุ่มควบคุม

4.3.3 การหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลฯ

สำหรับการประเมินการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ จากการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้น ตามหลักการ KW#2 ของ ศ.ดร.กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์

ตารางที่ 4-2 ผลการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้

	สถิติ	คะแนน	คน		สถิติ	คะแนน	คน
ประสิทธิภาพกระบวนการ	Mean	88.98	49	**ประสิทธิภาพผลลัพธ์**	**Mean**	**89.86**	42
	S.D.	3.46			S.D.	2.86	
	ผ่านเกณฑ์ 80		70.0%		ผ่านเกณฑ์ 85		85.70%

จากผลการประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ โดยอิงแนวคิดการหาประสิทธิภาพแบบ KW#2 (70/80) ตามหลักการของ ศ.ดร.กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ และกำหนดเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพชุดการสอนไว้ที่ 70/85 (Process/Outcome) สามารถวิเคราะห์เชิงวิชาการได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (Process Efficiency)

ค่า Process Efficiency เท่ากับร้อยละ 70 ของผู้เรียนทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์ 80 คะแนน โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนน 88.98 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.46 สะท้อนว่า

- รูปแบบการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนอย่างน้อย 70% บรรลุระดับความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80 คะแนน
- ค่าเฉลี่ย 88.98 คะแนนสูงกว่าเกณฑ์ (80 คะแนน) ที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน แสดงถึงประสิทธิผลของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึก ไม่ใช่เพียงผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
- ค่า S.D. มีค่าต่ำ (3.46) บ่งชี้ถึงความสม่ำเสมอของผลการเรียนรู้ในกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน KW#2 (≥70) พบว่า ค่า Process Efficiency ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่ากระบวนการเรียนรู้มีคุณภาพในระดับที่ยอมรับได้ตามแนวคิดเชิงประสิทธิภาพของชุดการสอน

2) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (Outcome Efficiency)

ค่า Outcome Efficiency พิจารณาจากผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์ใน Process Efficiency แล้ว พบว่า

- ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มนี้เท่ากับ 89.86 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (85 คะแนน) ในการประเมิน Outcome Efficiency อย่างชัดเจน
- ค่า S.D. มีค่าต่ำ (2.86) สะท้อนความเสถียรของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ และความสามารถของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลในการพัฒนาผู้เรียนส่วนใหญ่ให้ถึงระดับสมรรถนะขั้นสูง
- มีจำนวนผู้ที่ผ่านเกณฑ์แรก และได้คะแนนผ่านเกณฑ์หลัง 85 คะแนน ถึง ร้อยละ 85.70

เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน KW#2 (≥80) พบว่า ค่า Outcome Efficiency สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แสดงถึงประสิทธิผลของผลลัพธ์การเรียนรู้ในระดับดีมาก

3) สรุปประสิทธิภาพตามเกณฑ์ KW#2 (70/80)

ผลการวิจัย ตามตารางที่ 4-2 สามารถสรุปได้ว่า

- ค่า Process Efficiency = 70.0 (ผ่านเกณฑ์ 70)
- ค่า Outcome Efficiency = 89.86 (สูงกว่าเกณฑ์ 85 อย่างมีนัยสำคัญเชิงคุณภาพ)

ดังนั้น ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นจึงเทียบได้ประมาณ 70/90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 70/85 และเกณฑ์มาตรฐานที่ 70/80 ตามการวัดประสิทธิภาพแบบ KW#2

4.3.4 ผลการวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนในภาคปฏิบัติของนักศึกษา

การประเมินความพึงพอใจในภาคปฏิบัติ แบ่งออกเป็น 2 ด้านหลัก ได้แก่ (1) ส่วนประกอบของระบบ OCS และ (2) ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS โดยใช้ระดับคะแนนประเมิน 5 ระดับ โดยผลการประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ต่อทักษะภาคปฏิบัติ แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความสามารถในการปฏิบัติงาน ตามรายละเอียดในภาคผนวก ค ดังนี้

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนในภาคปฏิบัติของนักศึกษา

1) ส่วนประกอบของระบบ OCS	วท.ช.	วท.นป.	วท.หญ.	เฉลี่ย
ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS	4	5	4	4.33
ความเข้าใจในหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด	4	5	3	4.00
การวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์	4	4	3	3.67
รู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น ถอดรื้อ-ประกอบได้อย่างถูกต้อง	5	4	3	4.00
	คะแนนประเมินโดยรวม			4.00

2) ความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS	วท.ช.	วท.นป.	วท.หญ.	เฉลี่ย
ความเข้าใจในมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS	5	4	4	4.33
ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้	4	4	3	3.67
รู้จักเลือก PPE และใช้ได้อย่างถูกต้อง	5	5	4	4.67
สามารถระบุขั้นตอน ก่อน-ระหว่าง-หลัง การทำงาน ได้อย่างถูกต้อง	5	4	3	4.00
		คะแนนประเมินโดยรวม		4.17

1) ด้านส่วนประกอบของระบบ OCS

ผลการประเมินโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.00 คะแนน อยู่ในระดับ ดีมาก สะท้อนว่านักศึกษามีความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบและการทำงานของระบบ OCS ในระดับที่เหมาะสม โดยรายการประเมินที่มีคะแนนสูงสุด ได้แก่

- ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS มีค่าเฉลี่ย 4.33 คะแนน

  แสดงว่านักศึกษาสามารถจำแนกและระบุอุปกรณ์หลักของระบบ OCS ได้ถูกต้อง เช่น อุปกรณ์จ่ายไฟเหนือหัว ชุดแขวนสายไฟ และส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง

- ความเข้าใจในหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด มีค่าเฉลี่ย 4.00 คะแนน

  แสดงว่านักศึกษามีความเข้าใจบทบาทและหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบ

- การวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ OCS มีค่าเฉลี่ย 3.67 คะแนน

  เป็นด้านที่มีคะแนนต่ำที่สุด สะท้อนว่านักศึกษายังต้องพัฒนาเพิ่มเติมในด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุปกรณ์และกระบวนการทำงานร่วมกันของระบบ

- รู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น มีค่าเฉลี่ย 4.00 คะแนน

  แสดงว่านักศึกษาสามารถนำความรู้ไปใช้ในการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ในสถานการณ์จริงได้

สรุป นักศึกษามีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบของระบบ OCS อยู่ในระดับดีมาก แต่ควรเพิ่มทักษะด้านการวิเคราะห์เชิงระบบและการเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน

2) ด้านความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS

ผลการประเมินโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.17 คะแนน อยู่ในระดับ ดีมาก แสดงว่านักศึกษามีความตระหนักและสามารถปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยได้ดี โดยรายการประเมินมีผลดังนี้

- รู้จักเลือก PPE และใช้งานได้อย่างถูกต้อง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.67 คะแนน

  แสดงว่านักศึกษามีความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลและสามารถเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับลักษณะงานได้
- ความเข้าใจในมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS มีค่าเฉลี่ย 4.33 คะแนน

  แสดงว่านักศึกษามีความเข้าใจขั้นตอนและข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานระบบไฟฟ้าแรงสูง
- สามารถระบุขั้นตอนก่อน–ระหว่าง–หลังการทำงานได้อย่างถูกต้อง มีค่าเฉลี่ย 4.00 คะแนน

  สะท้อนว่านักศึกษาสามารถปฏิบัติงานตามลำดับขั้นตอนความปลอดภัยได้
- ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลอง มีค่าเฉลี่ย 3.67 คะแนน

  เป็นด้านที่มีคะแนนต่ำที่สุด แสดงว่านักศึกษายังควรได้รับการฝึกเพิ่มเติมด้านการประเมินความเสี่ยงและการตัดสินใจในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน

สรุป นักศึกษามีสมรรถนะด้านความปลอดภัยในการทำงานระบบ OCS อยู่ในระดับดีมาก โดยเฉพาะการใช้อุปกรณ์ PPE และการปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัย แต่ควรพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จริง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่” มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะดังกล่าว และศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้น การดำเนินการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาระบบราง โดยใช้กลุ่มที่มีอยู่เดิมตามบริบทของสถานศึกษา และใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มควบคุมที่ไม่เทียบเท่ากัน (Non-Equivalent Control Group Design) เปรียบเทียบผลลัพธ์หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลกับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า สามารถสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว หรือ Overhead Catenary System (OCS) ได้จำนวน 7 หน่วยสมรรถนะหลัก ได้แก่

1. การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast & Support Structure)
2. การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)
3. การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแสและลวด Messenger (Contact Wire & Messenger Wire)
4. การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อทางไฟฟ้า ได้แก่ Feeder, Jumper และ Bonding

5. การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator

6. การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device

7. การตรวจสอบระยะ Sag และ Stagger ของสาย Contact Wire

สมรรถนะทั้ง 7 หน่วยดังกล่าวครอบคลุมทั้งความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบและการทำงานของระบบ OCS ทักษะในการตรวจสอบ บำรุงรักษา วิเคราะห์ความผิดปกติ และการปฏิบัติงานตามขั้นตอน ตลอดจนมิติด้านความปลอดภัยและทัศนคติในการปฏิบัติงาน โดยการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญให้ค่า CVR เท่ากับ 1.00 สะท้อนว่าองค์ประกอบของสมรรถนะที่สังเคราะห์ขึ้นได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญว่ามีความจำเป็นและสอดคล้องกับขอบเขตของงานวิจัย กล่าวได้ว่า ผลการสังเคราะห์ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการกำหนดรายการความรู้ทางเทคนิค แต่เป็นการกำหนดสมรรถนะที่เชื่อมโยงระหว่าง “ความรู้–ทักษะ–การวิเคราะห์–ความปลอดภัย–การปฏิบัติงาน” ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการออกแบบการเรียนรู้แบบมุ่งสมรรถนะในสาขาวิชาชีพเฉพาะทาง

5.1.2 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นมีโครงสร้างการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับสมรรถนะทั้ง 7 หน่วย โดยพัฒนาเป็นมอดูลการเรียนรู้ดิจิทัลที่ประกอบด้วยเนื้อหาความรู้ ขั้นตอนการปฏิบัติงานตาม SOP การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูง การวัดแรงดึงของ Contact Wire คู่มือปฏิบัติงาน การวิเคราะห์สถานการณ์จำลองการวินิจฉัยและแก้ไขปัญหา ตลอดจนสื่อดิจิทัลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น Infographic, Video/YouTube, Audio, Mind Map และแบบจำลอง 3 มิติ รวมถึงแบบประเมินผลการเรียนรู้

การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คนเกี่ยวกับหลักสูตรที่ใช้พัฒนามอดูล พบว่าผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยกับหลักสูตรและเห็นว่ามีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการวิจัย โดยมีค่า CVR เท่ากับ 1.00 ขณะเดียวกัน การประเมินคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คนก็มีค่า CVR เท่ากับ 1.00 เช่นเดียวกัน ดังนั้น รูปแบบที่พัฒนาขึ้นจึงมิใช่เพียงการนำเนื้อหาเดิมเข้าสู่ระบบดิจิทัล แต่เป็นการออกแบบเนื้อหาและกิจกรรมให้สัมพันธ์กับสมรรถนะเฉพาะทางของงานซ่อมบำรุง OCS โดยใช้สื่อดิจิทัลเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเอง การทบทวนซ้ำ และการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ปฏิบัติงานจริง

5.1.3 ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

ผลการทดลองพบว่า กลุ่มควบคุมมีผู้เข้าร่วมการวิจัย 32 คน และมีผู้ทำแบบทดสอบครบทั้ง 5 แบบทดสอบจำนวน 31 คน มีคะแนนเฉลี่ย 79.32 คะแนน ค่ามัธยฐาน 87.00 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 18.91–18.94 คะแนน โดยมีผู้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวนร้อยละ 67.74 ส่วนกลุ่มทดลองมีผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 86 คน และมีผู้ทำแบบทดสอบครบทั้ง 5 แบบทดสอบจำนวน 70 คน มีคะแนนเฉลี่ย 81.02 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.62 คะแนน โดยมีผู้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวนร้อยละ 70.00

เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างสองกลุ่ม พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย โดยกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 79.31 คะแนน ขณะที่กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย 81.02 คะแนน ผลการทดสอบด้วย Independent Samples t-test โดยใช้การปรับแก้แบบ Welch ได้ค่า t = 0.44, df = 51.6 และ p = .331 ซึ่งสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ .05 จึงสรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในเชิงพรรณนา กลุ่มทดลองมีอัตราการผ่านเกณฑ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมร้อยละ 2.26 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า สะท้อนแนวโน้มว่าผลการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มทดลองมีการกระจายตัวน้อยกว่าและมีความสม่ำเสมอมากกว่า

สำหรับประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลตามเกณฑ์ KW#2 พบว่า Process Efficiency มีค่าเฉลี่ย 88.98 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.46 และมีผู้ผ่านเกณฑ์ 80 คะแนน ร้อยละ 70.00 ขณะที่ Outcome Efficiency มีค่าเฉลี่ย 89.86 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.86 และมีผู้ผ่านเกณฑ์ 85 คะแนนร้อยละ 85.70 ผลดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพของรูปแบบโดยรวมอยู่ที่ประมาณ 70/90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ที่ 70/85 และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน KW#2 ที่ 70/80

ในด้านการประเมินภาคปฏิบัติ พบว่าความสามารถเกี่ยวกับส่วนประกอบของระบบ OCS มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวม 4.00 อยู่ในระดับดีมาก โดยรายการที่มีคะแนนสูง ได้แก่ ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS มีค่าเฉลี่ย 4.33 คะแนน ขณะที่ความสามารถในการวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์มีค่าเฉลี่ย 3.67 คะแนน ซึ่งเป็นด้านที่ควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม ส่วนด้านความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS มีค่าเฉลี่ยโดยรวม 4.17 อยู่ในระดับดีมาก โดย

ความสามารถในการเลือกและใช้ PPE อย่างถูกต้องมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.67 คะแนน ขณะที่ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองมีค่าเฉลี่ย 3.67 คะแนน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้แบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ข้อ เพื่อให้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการสังเคราะห์สมรรถนะ กระบวนการพัฒนารูปแบบ และผลการทดลองได้อย่างเป็นระบบ

5.2.1 การสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

ผลการวิจัยที่พบสมรรถนะจำนวน 7 หน่วย และได้รับการยืนยันจากผู้เชี่ยวชาญด้วยค่า CVR = 1.00 สามารถอภิปรายได้ว่า การกำหนดสมรรถนะสำหรับการผลิตกำลังคนด้านระบบรางจำเป็นต้องเริ่มต้นจาก “ลักษณะงานจริง” มากกว่าการเริ่มต้นจากเนื้อหาวิชาเพียงอย่างเดียว เนื่องจากงานซ่อมบำรุง OCS เป็นงานที่มีความสัมพันธ์กันทั้งระบบ และความผิดปกติขององค์ประกอบหนึ่งสามารถส่งผลต่อองค์ประกอบอื่นและต่อความต่อเนื่องของการจ่ายพลังงานแก่ระบบราง

สมรรถนะทั้ง 7 หน่วยจึงมีลักษณะเป็นโครงสร้างที่สะท้อนลำดับของการปฏิบัติงาน ตั้งแต่โครงสร้างรองรับ แขนค้ำยัน ระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์เชื่อมต่อ ระบบแยกตอน อุปกรณ์ควบคุมแรงดึง ไปจนถึงการตรวจสอบค่าทางเรขาคณิตของ Contact Wire เช่น Sag และ Stagger การจัดโครงสร้างเช่นนี้ทำให้สมรรถนะมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานจริงมากกว่าการแบ่งเนื้อหาออกเป็นรายบทโดยไม่มีความสัมพันธ์กับภาระงาน

นอกจากนี้ ผลการสังเคราะห์ยังสะท้อนว่าความรู้ทางเทคนิคเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงระบบ OCS เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องสามารถตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ วิเคราะห์ความผิดปกติ ตัดสินใจเลือกวิธีดำเนินการ และปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยร่วมด้วย ดังนั้น การออกแบบสมรรถนะจึงควรมีลักษณะเป็นองค์รวมที่เชื่อมโยง “รู้–ทำ–คิด–ปลอดภัย” เข้าด้วยกัน

ผลการวิจัยส่วนนี้มีความสำคัญในเชิงการจัดการศึกษาด้านเทคนิค เพราะสามารถนำหน่วยสมรรถนะทั้ง 7 หน่วยไปใช้เป็น “หน่วยกลาง” สำหรับการออกแบบหลักสูตร มอดูลการเรียนรู้ แบบ

ฝึกปฏิบัติ แบบประเมิน และเกณฑ์การรับรองสมรรถนะได้ต่อไป กล่าวอีกนัยหนึ่ง ผลการสังเคราะห์สมรรถนะไม่ได้เป็นเพียงผลลัพธ์ของงานวิจัยระยะต้น แต่ทำหน้าที่เป็นฐานโครงสร้างสำหรับการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ในระยะต่อมา

5.2.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในระดับที่ยอมรับได้ โดยค่า CVR เท่ากับ 1.00 ทั้งในส่วนหลักสูตรและส่วนคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอน ผลดังกล่าวสามารถอภิปรายได้ว่า จุดแข็งสำคัญของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ที่การออกแบบให้ “เทคโนโลยีดิจิทัลรับใช้สมรรถนะ” มิใช่การใช้เทคโนโลยีเป็นเป้าหมายในตัวเอง กล่าวคือ เนื้อหาดิจิทัลถูกจัดวางให้สัมพันธ์กับงานที่ผู้เรียนจำเป็นต้องทำจริง ตั้งแต่การทำความเข้าใจอุปกรณ์ การปฏิบัติตาม SOP การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ไปจนถึงการวิเคราะห์สถานการณ์และการแก้ไขปัญหา การมีสื่อหลายรูปแบบ เช่น วิดีโอ อินโฟกราฟิก เสียง Mind Map และแบบจำลอง 3 มิติ ยังทำให้เนื้อหาทางเทคนิคซึ่งมีความเป็นนามธรรมสูงสามารถนำเสนอได้หลายมิติ โดยเฉพาะองค์ประกอบของระบบ OCS ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเข้าใจทั้งตำแหน่ง รูปร่าง หน้าที่ ความสัมพันธ์ และลำดับการทำงาน การใช้แบบจำลองและสื่อภาพจึงสามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่าง “ความรู้เชิงทฤษฎี” กับ “การรับรู้เชิงปฏิบัติ”

อีกประเด็นที่ควรให้ความสำคัญคือ การจัดการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองและทบทวนเนื้อหาได้ตามความต้องการ ลักษณะดังกล่าวมีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาชีพที่ผู้เรียนมีความแตกต่างกันในด้านพื้นฐานความรู้และความเร็วในการเรียนรู้ ผลการทดลองที่พบว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุมจึงอาจสะท้อนแนวโน้มที่น่าสนใจว่าความยืดหยุ่นในการเรียนรู้สามารถช่วยลดความแตกต่างของผลลัพธ์ระหว่างผู้เรียนบางส่วนได้ แม้ว่าผลดังกล่าวยังไม่เพียงพอที่จะสรุปเหตุและผลโดยตรง นอกจากนี้ การบูรณาการสถานการณ์จำลองและการวิเคราะห์ปัญหาเข้ากับมอดูลการเรียนรู้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะงานซ่อมบำรุงมิได้ต้องการเพียงความสามารถในการจดจำชื่ออุปกรณ์ แต่ต้องการความสามารถในการเชื่อมโยงอาการผิดปกติกับสาเหตุและแนวทางแก้ไข ดังนั้น การพัฒนารูปแบบที่นำผู้เรียนจาก “การรู้จักอุปกรณ์” ไปสู่ “การวิเคราะห์ระบบ” จึงเป็นองค์ประกอบที่สอดคล้องกับธรรมชาติของสมรรถนะทางวิชาชีพ

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินภาคปฏิบัติยังพบว่าความสามารถในการวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์มีคะแนนเฉลี่ย 3.67 ซึ่งต่ำกว่าความสามารถในการระบุส่วนประกอบที่มี

ค่าเฉลี่ย 4.33 ประเด็นนี้ชี้ให้เห็นว่า การเรียนรู้ผ่านสื่อดิจิทัลสามารถสนับสนุนการสร้างความรู้พื้นฐานได้ดี แต่การพัฒนาความสามารถระดับสูง เช่น การวิเคราะห์ระบบ การวินิจฉัย และการตัดสินใจ อาจจำเป็นต้องได้รับการเสริมด้วยกิจกรรมเชิงปฏิบัติ การจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อน และการฝึกแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ดังนั้น ในเชิงวิชาการ รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาด้านระบบรางจึงไม่ควรถูกมองว่าเป็นการทดแทนการฝึกปฏิบัติทั้งหมด แต่ควรเป็น “ระบบสนับสนุนการพัฒนาสมรรถนะ” ที่เชื่อมโยงการเรียนรู้ก่อนปฏิบัติ การเรียนรู้ระหว่างปฏิบัติ และการทบทวนหลังปฏิบัติเข้าด้วยกัน

5.2.3 การศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล

ผลการทดลองเป็นประเด็นสำคัญที่สุดที่ต้องอภิปรายอย่างระมัดระวัง เนื่องจากผลการวิจัยมีทั้งหลักฐานเชิงบวกในเชิงพรรณนาและผลการทดสอบสมมติฐานที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 81.02 คะแนน สูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 79.31 คะแนน ขณะเดียวกัน กลุ่มทดลองมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.62 ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม 18.91 และมีอัตราการผ่านเกณฑ์สูงกว่าเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การทดสอบ Welch's t-test ได้ค่า $t = 0.44$ และ $p = .331$ ซึ่งไม่ถึงระดับนัยสำคัญ .05

ดังนั้น ข้อค้นพบที่เหมาะสมทางวิชาการ คือ รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลไม่ได้ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลเชิงพรรณนาพบแนวโน้มว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเล็กน้อย มีอัตราการผ่านเกณฑ์สูงกว่า และมีการกระจายของคะแนนต่ำกว่า ประเด็นดังกล่าวมีความสำคัญต่อการตีความผลการวิจัย เนื่องจากการที่ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ไม่ได้หมายความโดยอัตโนมัติว่ารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัล “มีประสิทธิผลสูงกว่า” ในเชิงสถิติ การสรุปเช่นนั้นจำเป็นต้องมีหลักฐานจากการทดสอบสมมติฐานที่เพียงพอ ผลการวิจัยครั้งนี้จึงควรตีความว่า รูปแบบดิจิทัลสามารถให้ผลลัพธ์การเรียนรู้ในระดับที่เทียบเคียงกับการเรียนรู้แบบปกติ และมีแนวโน้มเชิงบวกบางประการ แต่ยังไม่มีหลักฐานทางสถิติที่เพียงพอที่จะยืนยันความเหนือกว่าของรูปแบบดิจิทัล ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับลักษณะของงานวิจัยกึ่งทดลองที่ใช้กลุ่มที่มีอยู่เดิมและไม่ได้สุ่มผู้เรียนรายบุคคลเข้าสู่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างแท้จริง โดยการวิจัยใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงและแบบแผนกลุ่มควบคุมที่ไม่เทียบเท่ากัน ลักษณะดังกล่าวทำให้การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มต้องพิจารณาความแตกต่างระหว่างบุคคลและบริบทของกลุ่มร่วมด้วย

ในอีกมิติหนึ่ง ผลการประเมินประสิทธิภาพตาม KW#2 ให้ผลที่ชัดเจนกว่า กล่าวคือ Process Efficiency อยู่ที่ร้อยละ 70 และ Outcome Efficiency อยู่ที่ 89.86 ส่งผลให้ประสิทธิภาพของรูปแบบโดยรวมประมาณ 70/90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 70/85 และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 70/80 ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า แม้รูปแบบดิจิทัลจะไม่สามารถแสดงความเหนือกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ตัวรูปแบบเองสามารถบรรลุเกณฑ์ประสิทธิภาพที่ผู้วิจัยกำหนดได้ จึงมีหลักฐานสนับสนุนในมิติของ “ความมีประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้” แตกต่างจากมิติของ “ความเหนือกว่าของวิธีการสอนหนึ่งเมื่อเทียบกับอีกวิธีหนึ่ง” ความแตกต่างระหว่างสองแนวคิดนี้มีความสำคัญในเชิงวิชาการ กล่าวคือ การผ่านเกณฑ์ 70/85 แสดงว่ารูปแบบสามารถทำงานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด แต่ไม่ได้พิสูจน์ว่ารูปแบบดังกล่าวดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เพราะการพิสูจน์ความเหนือกว่าต้องอาศัยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างกลุ่มและหลักฐานทางสถิติที่สนับสนุน ซึ่งในกรณีนี้ค่า $p = .331$ ไม่สนับสนุนสมมติฐานดังกล่าว

5.2.4 อภิปรายผลภาคปฏิบัติและความปลอดภัย

ผลการประเมินภาคปฏิบัติโดยผู้สอนพบว่า ด้านองค์ประกอบของระบบ OCS มีค่าเฉลี่ยรวม 4.00 อยู่ในระดับดีมาก และด้านความปลอดภัยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.17 อยู่ในระดับดีมาก ผลดังกล่าวมีนัยสำคัญในแง่ของการพัฒนากำลังคน เพราะสมรรถนะของช่างซ่อมบำรุงระบบ OCS ไม่สามารถพิจารณาจากคะแนนความรู้เพียงอย่างเดียวได้ ผู้เรียนจำเป็นต้องสามารถนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์การทำงาน โดยเฉพาะงานที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าแรงสูงและการทำงานบนที่สูง รายการที่มีคะแนนสูงสุดด้านความปลอดภัยคือความสามารถในการเลือกและใช้ PPE อย่างถูกต้อง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.67 คะแนน ขณะที่ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองมีค่าเฉลี่ย 3.67 คะแนน

ผลดังกล่าวสะท้อนรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะที่น่าสนใจ กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ “กฎและวิธีปฏิบัติด้านความปลอดภัย” ได้ในระดับดีมาก แต่การนำหลักการเหล่านั้นไปใช้เพื่อ “วิเคราะห์ความเสี่ยงในสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง” เป็นทักษะที่มีความซับซ้อนสูงกว่า ดังนั้น หากต้องการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ให้ตอบสนองต่อการปฏิบัติงานจริงมากยิ่งขึ้น ควรเพิ่มกิจกรรมที่เน้นการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ เช่น การจำลองความผิดปกติของอุปกรณ์ การจำลองสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยง การประเมินความปลอดภัยก่อนเริ่มงาน และการให้ผู้เรียนอธิบายเหตุผลของการเลือกวิธีปฏิบัติ ไม่ควรจำกัดการประเมินอยู่ที่การจำชื่ออุปกรณ์หรือการเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว

5.3 ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงจากห้องเรียนที่มีอยู่แล้ว (Intact Groups) ทำให้จำนวนสมาชิกในกลุ่มทดลอง (70 คน) และกลุ่มควบคุม (31 คน) มีความแตกต่างกันอย่างมากตามสภาพจริงของสถานศึกษา เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เน้นการใช้แพลตฟอร์ม LMS และสื่อมัลติมีเดียเป็นหลัก ซึ่งยังคงเป็นรูปแบบข้อสอบปรนัยเชิงมาตรฐานและอัตนัยบางส่วน อาจยังไม่ครอบคลุมความสามารถทักษะเชิงปฏิบัติ โดยการวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาผลสัมฤทธิ์และสมรรถนะในระยะสั้นหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ จึงอาจยังมีข้อจำกัดในการยืนยันถึงความคงทนของความรู้ (Knowledge Retention) และการนำสมรรถนะไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังคงสะท้อนแนวโน้มที่ชัดเจนของประสิทธิผลเชิงการศึกษา

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยเสนอแนวทางสำหรับการวิจัยต่อยอด ดังนี้

5.4.1 ควรเพิ่มขนาดและความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง

ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมสถานศึกษาด้านระบบรางในหลายภูมิภาค รวมทั้งผู้เรียนจากระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน และผู้ปฏิบัติงานหรือช่างซ่อมบำรุงในสถานประกอบการ การดำเนินการดังกล่าวจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยังบริบทอื่น และช่วยตรวจสอบว่าหน่วยสมรรถนะทั้ง 7 หน่วยสามารถใช้เป็นกรอบมาตรฐานร่วมในบริบทที่แตกต่างกันได้หรือไม่

5.4.2 ควรพัฒนาการเรียนรู้แบบผสมผสาน

จากผลการวิจัยที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มดิจิทัลไม่แตกต่างจากกลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญ แต่รูปแบบดิจิทัลมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด จึงควรศึกษารูปแบบ **Blended Learning** ที่ผสมผสานการเรียนรู้ดิจิทัลกับการฝึกปฏิบัติจริง

รูปแบบดังกล่าวอาจแบ่งการเรียนรู้เป็น 3 ระยะ ได้แก่

1. Digital Preparation – เรียนรู้ความรู้พื้นฐานและขั้นตอนผ่านมอดูลดิจิทัล

2. Simulation and Practice – ฝึกวิเคราะห์และแก้ปัญหาผ่านสถานการณ์จำลองและการฝึกปฏิบัติ
3. Authentic Field Practice – ฝึกปฏิบัติกับระบบจริงภายใต้การกำกับของผู้เชี่ยวชาญ

แนวทางนี้จะช่วยลดข้อจำกัดของการเรียนรู้ดิจิทัลที่อาจยังไม่สามารถสร้างประสบการณ์ทางกายภาพของงานซ่อมบำรุงได้อย่างสมบูรณ์

5.4.3 ควรพัฒนาสถานการณ์จำลองสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง

เนื่องจากผลการประเมินพบว่าความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองมีค่าเฉลี่ย 3.67 ซึ่งต่ำกว่าความสามารถในการเลือกใช้ PPE ที่มีค่าเฉลี่ย 4.67 จึงควรพัฒนา Simulation ที่มีระดับความยากแตกต่างกัน เช่น

- สถานการณ์อุปกรณ์ผิดปกติ
- สถานการณ์สาย Contact Wire มีค่าผิดปกติ
- สถานการณ์ระบบ Tension Device ทำงานผิดปกติ
- สถานการณ์ Isolator หรือ Section Insulator มีความผิดปกติ
- สถานการณ์ที่ผู้ปฏิบัติงานต้องตัดสินใจด้านความปลอดภัย
- สถานการณ์ฉุกเฉินที่ต้องวิเคราะห์สาเหตุและกำหนดลำดับการดำเนินการ

การวิจัยต่อไปควรตรวจสอบว่าการเพิ่ม Simulation ดังกล่าวสามารถยกระดับทักษะการคิดวิเคราะห์ได้มากกว่าการเรียนรู้จากสื่อดิจิทัลทั่วไปหรือไม่

5.4.4 ควรศึกษาความคงทนของสมรรถนะ

ควรมีการวัด Retention และการติดตามผลหลังการเรียน เพื่อศึกษาว่าความรู้และทักษะที่เกิดขึ้นสามารถคงอยู่ในระยะยาวหรือไม่ นอกจากนี้ ควรศึกษาการนำความรู้ไปใช้จริงหลังจากผู้เรียนเข้าสู่สถานประกอบการ เพื่อประเมินการถ่ายโอนสมรรถนะจากบริบทการศึกษาไปสู่บริบทการทำงาน

5.5 สรุปเชิงนโยบาย

จากผลการวิจัยสามารถเสนอข้อเสนอเชิงนโยบายสำหรับการพัฒนากำลังคนด้านระบบรางได้ใน 5 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

5.5.1 นโยบายด้านมาตรฐานสมรรถนะ

ควรส่งเสริมให้หน่วยสมรรถนะการซ่อมบำรุง OCS ที่ได้จากการวิจัยทั้ง 7 หน่วยได้รับการพิจารณาเป็นกรอบสำหรับการพัฒนาหลักสูตรและมาตรฐานการฝึกอบรมด้านระบบราง แนวทางดังกล่าวจะช่วยให้การผลิตกำลังคนเปลี่ยนจากการยึดเนื้อหาวิชาเป็นหลัก ไปสู่การยึดสมรรถนะและภาระงานจริงเป็นหลัก กรอบสมรรถนะควรครอบคลุมทั้งความรู้ทางเทคนิค ทักษะการปฏิบัติ ความสามารถในการวิเคราะห์ และความปลอดภัย เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะงานจริงของผู้ปฏิบัติงาน OCS

5.5.2 นโยบายด้าน Digital Learning Infrastructure

ควรสนับสนุนให้สถานศึกษาด้านระบบรางพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้ดิจิทัล โดยเฉพาะระบบที่สามารถรองรับมอดูลเฉพาะทาง สื่อวิดีโอ แบบจำลอง 3 มิติ สถานการณ์จำลอง และการประเมินผลแบบดิจิทัล ผลการวิจัยที่พบว่ารูปแบบสามารถบรรลุประสิทธิภาพประมาณ 70/90 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70/85 และมาตรฐาน 70/80 เป็นหลักฐานสนับสนุนว่ารูปแบบดิจิทัลมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นองค์ประกอบของระบบการฝึกอบรมด้านระบบราง

5.5.3 นโยบายด้านการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน

ไม่ควรกำหนดนโยบายให้การเรียนรู้ดิจิทัลเข้ามาแทนที่การฝึกปฏิบัติจริงทั้งหมด แต่ควรสนับสนุนรูปแบบ Blended Learning ที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้ความรู้และขั้นตอนผ่านระบบดิจิทัลก่อน จากนั้นจึงเข้าสู่การฝึกปฏิบัติจริง แนวทางดังกล่าวเหมาะสมกับงานระบบรางซึ่งมีลักษณะเป็นงานวิชาชีพที่ต้องอาศัยทั้งความรู้เชิงทฤษฎี ทักษะทางกายภาพ และการตัดสินใจด้านความปลอดภัย

5.5.4 นโยบายด้านความปลอดภัย

ควรยกระดับ “ความปลอดภัย” ให้เป็นสมรรถนะหลัก ไม่ใช่เพียงเนื้อหาประกอบการเรียนการสอน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถด้านความปลอดภัยโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.17 และความสามารถในการเลือกใช้ PPE มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.67 แต่ความสามารถในการวิเคราะห์ความ

เสี่ยงจากสถานการณ์จำลองมีค่าเฉลี่ย 3.67 ดังนั้น นโยบายการพัฒนากำลังคนควรมุ่งพัฒนาจาก “การรู้ข้อกำหนดความปลอดภัย” ไปสู่ “ความสามารถในการตัดสินใจอย่างปลอดภัย” โดยใช้สถานการณ์จำลองและการฝึกแก้ปัญหาเป็นส่วนหนึ่งของระบบประเมินสมรรถนะ

5.5.5 นโยบายด้านความร่วมมือระหว่างสถานศึกษากับภาคอุตสาหกรรม

ควรจัดให้มีระบบความร่วมมือระหว่างสถานศึกษา หน่วยงานด้านระบบราง และสถานประกอบการ เพื่อร่วมกันกำหนดสมรรถนะ พัฒนาเนื้อหา ตรวจสอบความทันสมัยของสื่อ และประเมินสมรรถนะผู้เรียน โดยเฉพาะงาน OCS ซึ่งมีเทคโนโลยีและรูปแบบการปฏิบัติงานที่สามารถเปลี่ยนแปลงตามโครงการระบบรางและเทคโนโลยีที่นำมาใช้ การพัฒนามอดูลดิจิทัลจึงควรมีกลไกในการปรับปรุงเนื้อหาอย่างต่อเนื่อง

สรุปท้ายบท

โดยสรุป การวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุผลสำคัญ 3 ประการ ประการแรก สามารถสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบ OCS ได้ 7 หน่วย และได้รับการยืนยันความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญด้วยค่า CVR = 1.00 ประการที่สอง สามารถพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่เชื่อมโยงสมรรถนะ เนื้อหา สื่อ และการประเมินเข้าด้วยกัน โดยได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในระดับที่เหมาะสม และประการที่สาม รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพประมาณ 70/90 สูงกว่าเกณฑ์ 70/85 และมาตรฐาน 70/80 ตามวิธี KW#2

อย่างไรก็ตาม ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า p = .331 ดังนั้น ข้อค้นพบที่เหมาะสมที่สุดคือ รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและสามารถให้ผลการเรียนรู้เทียบเคียงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แต่ยังไม่ควรสรุปว่ามีประสิทธิผลเหนือกว่าการเรียนรู้แบบปกติในเชิงสถิติ ในมิติของการพัฒนากำลังคน ผลการวิจัยจึงมีคุณค่าในฐานะต้นแบบของการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยง สมรรถนะเฉพาะทาง + เทคโนโลยีดิจิทัล + การฝึกปฏิบัติ + ความปลอดภัย เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะในบริบทการศึกษาด้านระบบรางที่จำเป็นต้องพัฒนากำลังคนให้สามารถปฏิบัติงานได้จริงและมีความพร้อมต่อสภาพแวดล้อมของอุตสาหกรรมระบบรางสมัยใหม่

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กีรติ คุวสานนท์ (2560). [ออนไลน์]. การจัดการเรียนรู้สู่วิถีผู้เรียนเป็นสำคัญ. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก http://www.cydcenter.com/

กลัญญู เพชราภรณ์ (2564). [ออนไลน์]. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก http://www.curriculumandlearning.com/

กุลิสรา จิตรชญาวณิช (2562). การจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, สำนักงาน. (2565).[ออนไลน์]. แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะทางสาขาวิชาชีพ. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://secondary.obec.go.th

คณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, สำนักงาน. (2557). [ออนไลน์]. ระบบการขนส่งทางรางเบื้องต้น [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://cis.rmuti.ac.th/

จิตรลดา คำนวนสิน (2560). ระบบการเรียนแบบปรับเหมาะบนคลาวด์ตามเอสเอสซีเอสโมเดล เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิรประภา อัครบวร (2549). Competency คืออะไรกันแน่. วารสารดำรงราชานุภาพ. สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย ปีที่ 6 ฉบับที่ 20

ชุลีพร อร่ามเนตร (2561). [ออนไลน์]. ไทยต้องการ “คน” ระบบราง 3 หมื่น อาชีวะ-อุดมศึกษาเร่งผลิตรองรับ.[สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://www.komchadluek.net/

ทมนี สุขใส และ กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2561). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการสอนตามสถานการณ์เรื่องโลจิสติกส์. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 9 ฉบับที่ 1

ที่ดิน, กรม. (2559). [ออนไลน์]. การเรียนรู้ด้วยตนเอง. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://www.dol.go.th/train/

นรินทธน์ นนทมาลย์ (2560). การพัฒนารูปแบบการออกแบบการสอนแบบเปิดด้วยวิธีการคิดอย่างเป็นระบบและกระบวนการกลุ่มโดยใช้วิดีโอเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนระดับอุดมศึกษา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรณิสรา จั่นแย้ม (2565). การพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ การเสริมต่อการเรียนรู้ด้วยแชทบอทอัจฉริยะเพื่อเสริมสร้างทักษะการรู้สารสนเทศของนิสิตนักศึกษาปริญญาบัณฑิต. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชญ์สินี ไสยสิทธิ์ (2561). การพัฒนารูปแบบห้องเรียนกลับด้านบนคลาวด์โดยใช้การเรียนแบบปัญหาเป็นฐานในสังคมพหุวัฒนธรรมเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พีรภัทร ฉัตรสุวรรณ (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและเทคนิคการคิดนอกกรอบบนโลกเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สำหรับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต. (วิทยานิพนธ์ปริญญา ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562).[ออนไลน์]. Digital Learning. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก http://www.curriculumandlearning.com/

วารินท์พร ฟันเฟื่องฟู. (2563). สมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุกของนักศึกษาวิชาชีพครู. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 10(3), 193-202.

วาเลน ดุลยากร (2560). การพัฒนารูปแบบวิดีทัศน์สะท้อนคิดออนไลน์ในกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันตามกรอบแนวคิดทีแพคเพื่อส่งเสริมความสามารถการบูรณาการ ไอซีทีในการสอน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิภา จักรชัยกุล และ กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2558). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการสอนตามสถานการณ์เรื่องโลจิสติกส์. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2

ศักดิ์คเรศ ประกอบผล (2565). การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ในวิถีความปกติใหม่. ครุศาสตร์สาร. ปีที่ 16 ฉบับที่ 1

ศรีไพร โชติจิรวัฒนา (2562). การพัฒนารูปแบบการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการรู้สุขภาพสำหรับผู้สูงอายุในศูนย์การเรียนรู้ ศตวรรษที่ 21. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภัทรพร อุปพงษ์ (2562). การพัฒนาระบบการเปลี่ยนผ่านสู่โรงเรียนดิจิทัลสำหรับโรงเรียนประถมศึกษาเอกชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของไทย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะ ครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โศจิวัจน์ เสริฐศรี. (2553). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการคิดเชิงสัมพันธ์และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษา.(วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2551).[ออนไลน์]. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://www.krupai.net/curriculum/

สมานลักษณ์ ตัณฑิกุล, (2565).[ออนไลน์]. เพิ่มขีดความสามารถภาคอุตสาหกรรมไทย ผ่านกลไกคณะกรรมการพัฒนาอุตสาหกรรมแห่งชาติ. กองนโยบายอุตสาหกรรมมหภาค. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://www.oie.go.th/

สุธิดา การีมี (2562). การพัฒนารูปแบบชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพแบบออนไลน์โดยใช้แนวคิดการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการออกแบบ การเรียนการ

สอนสะเต็มศึกษาของครูประถมศึกษา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน.(2561). [ออนไลน์]. แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ (๑๒) ประเด็น การพัฒนาการเรียนรู้. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก http://nscr.nesdc.go.th/

สิทธิวงศ์ ท., จิระวรพงศ์ ป., สติมั่น อ., และ บุญลือ ส. (2556). การพัฒนาระบบการจัดการความรู้เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สำหรับการเรียนรู้แบบนำตนเองของนิสิตระดับอุดมศึกษา. Journal of Education and Innovation, 14(3), 71–80.

สุพัตรา จันทรโฆษิต. (2552). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศัยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.(วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต), คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อลิษา เมืองผุด (2562). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันแบบช่วยเสริมศักยภาพการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้ตาม สถานการณ์เป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการจัดการ ทางการเงินสำหรับเยาวชน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

BRU (2022). [ออนไลน์]. เทคโนโลยีดิจิทัล. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://cs.bru.ac.th

i3siam (2023). [ออนไลน์]. เทคโนโลยี คืออะไร. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://www.i3siam.com/

Krubom (2021). [ออนไลน์]. เทคโนโลยี คืออะไร. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://krubom.com/blog/design-think-technology/

Lissom Logistics (2022) [ออนไลน์]. การขนส่งทางราง. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก http://www.lissom-logistics.co.th/

Praornpit Katchwattana (2023).[ออนไลน์] ตามติดภารกิจ EEC + 12 ศูนย์เชี่ยวชาญการพัฒนาบุคลากร. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://www.salika.co/

Starfish Academy (2023). [ออนไลน์]. ปลูกทักษะเรียนรู้ด้วยตนเอง. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จาก https://www.starfishlabz.com/blog/

ThaiPR (2566).[ออนไลน์]. หัวเว่ยอวดโฉมโซลูชันทางรถไฟอัจฉริยะแห่งอนาคตที่งานเอเชีย แปซิฟิก เรล ประจำปี 2566. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2566].จากhttps://www.thaipr.net/

ภาษาอังกฤษ

Achmad, R., Wicaksono, S., & Ferryanto, F. (2024). A review on automatic visual inspection for railway overhead contact line systems. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia, 8*(2), 50–61. https://doi.org/10.37367/jpi.v8i2.346

Alharbi, A., Henskens, F., & Hannaford, M. (2014). Personalised learning object system based on self-regulated learning theories. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), 4*(3), 24–35. https://doi.org/10.3991/ijep.v4i3.3348

Ally, M. (2009). *Mobile learning: Transforming the delivery of education and training*. AU Press. https://doi.org/10.15173/aupress.9781897425435.01

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.

Andrés, A. I., Petrón, M. J., Carrapiso, A. I., Morales, S., & Timón, M. L. (2023). Development of teamwork skills using ICTs in undergraduate students of food industry engineering degree. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), 13*(4), 66–78. https://doi.org/10.3991/ijep.v13i4.36971

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

Chanyawudhiwan, G., & Mingsiritham, K. (2023). Use of smart learning resource management systems for sustainable learning. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM), 17*(12), 4–16. https://doi.org/10.3991/ijim.v17i12.39205

Chatwattana, P. (2021). Massive open online courses model with self-directed learning to enhance digital literacy skills. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), 11*(5), 122–137. https://doi.org/10.3991/ijep.v11i5.22461

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (4th ed.). Wiley.

Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The systematic design of instruction* (8th ed.). Pearson.

Dong, W., Sun, K., Ding, B., & Yin, J. (2025). Exploration and practice of high-speed EMU digital train based on digital twin. *High-speed Railway, 3*(1), 54–63. https://doi.org/10.1016/j.hspr.2025.01.004

Esveld, C. (2001). *Modern railway track* (2nd ed.). MRT Productions. http://www.esveld.com/MRT_Book.html

Graham, R. (2018). *The global state of the art in engineering education*. Massachusetts Institute of Technology. https://www.rhgraham.org/resources/The-global-state-of-the-art-in-engineering-education---March-2018.pdf

Guskey, T. R. (2000). *Evaluating professional development*. Corwin Press.

Isal, R. Y. K., Santoso, H. B., & Novandi, E. R. (2021). Development and evaluation of a mobile-learning application based on the Felder-Silverman learning styles model. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 16*(15), 107–124. https://doi.org/10.3991/ijet.v16i15.24165

Jo, H. J., & Jun, H. (2025). Methodology for digitalizing railway vehicle maintenance training using augmented reality. *Applied Sciences, 12*(4), Article 101. https://doi.org/10.3390/app1204101

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. 2, pp. 215–239). Lawrence Erlbaum Associates.

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology, 28*(4), 563–575.

Liudvinavičius, L., & Dailydka, S. (2016). The aspects of catenary maintenance of direct current (DC) and alternating current (AC). *Procedia Engineering, 134*, 268–275.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678

Mulder, M. (2014). Conceptions of professional competence. In S. Billett, C. Harteis, & H. Gruber (Eds.), *International handbook of research in professional and practice-based learning* (pp. 107–137). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8902-8_5

Nikitin, A., Laine, A., Savelis, E., & Maidanova, S. (2020). VR training for railway wagons maintenance: Architecture and implementation. *Procedia Computer Science, 176*, 622–631. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.08.064

Nuankaew, W., & Nuankaew, P. (2021). Educational engineering for models of academic success in Thai universities during the COVID-19 pandemic: Learning strategies for lifelong learning. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), 11*(4), 96–114. https://doi.org/10.3991/ijep.v11i4.20691

Nuankaew, W. S., Nuankaew, P., Teeraputon, D., Phanniphong, K., & Bussaman, S. (2019). Perception and attitude toward self-regulated learning of Thailand's students in educational data mining perspective. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 14*(9), 34–49. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i09.10048

Prasetiyo, E. R., Wicaksono, S., & Rachmilda, T. D. (2025). Reliability improvement of overhead catenary system for electric train: A review. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia, 9*(1).

Profillidis, V. A. (2014). *Railway management and engineering* (4th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315603612

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Sasmito, A. P., Kustono, D., Purnomo, P., Elmunsyah, H., Nurhadi, D., & Sekarsari, P. (2021). Development of Android-based teaching material in software engineering subjects for informatics engineering students. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), 11*(2), 25–40. https://doi.org/10.3991/ijep.v11i2.16299

Suartama, I. K., Setyosari, P., Sulthoni, S., & Ulfa, S. (2019). Development of an instructional design model for mobile blended learning in higher education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 14*(16), 4–22. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i16.10633

Thanachawengsakul, N., & Wannapiroon, P. (2021). Development of a learning ecosystem using digital knowledge engineering through MOOCs knowledge repository system. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), 11*(1), 35–48. https://doi.org/10.3991/ijep.v11i1.15011

Wattanarong, K. (2013). *Educational technology and learning innovation*. King Mongkut's University of Technology North Bangkok Press.

ภาคผนวก ก

เอกสารประกอบการวิจัย

ระยะที่ 1.สังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

1. การสังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว หน้า 93
2. แบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะที่จำเป็นฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ หน้า 99
3. กลุ่มสมรรถนะงานซ่อมบำรุงรายอุปกรณ์ในระบบ OCS ชุดที่ 2 หน้า 102
4. แบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะ ชุดที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ หน้า 108
5. รายละเอียดเนื้อหาของแต่ละสมรรถนะ ชุดที่ 2 หน้า 110
6. แบบประเมินความสอดคล้องของ ความรู้ ทักษะ และ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในแต่ละสมรรถนะช่างซ่อมบำรุง OCS โดยผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 2 หน้า 116

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

1. หลักสูตรฝึกอบรมแบบโมดูลสำหรับอบรมแบบปกติ หน้า 121
2. แบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรฝึกอบรม โดยผู้เชี่ยวชาญ หน้า 131
3. แบบประเมินความพึงพอใจในคู่มือการเรียนรู้/สื่อการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ หน้า 134
4. แบบประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา หน้า 136

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

1. แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (CVR) ของแบบทดสอบชุดที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ หน้า 138
2. แบบประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ของแบบทดสอบชุดที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ หน้า 159
3. การเรียนรู้ดิจิทัลทางออนไลน์โดยโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนา สามารถเข้าไปลงทะเบียนเรียนรู้ได้ในเว็บไซต์ https://training.codeunbug.com/

การสังเคราะห์“สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ (Overhead Catenary System – OCS)” ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลักของระบบ OCS, ความรู้เฉพาะทาง, เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และบริบทของการทำงานในระบบรางสมัยใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ระบบอัตโนมัติ การตรวจวัดแบบเรียลไทม์ และความปลอดภัยระดับสูง

---

1. สมรรถนะด้านความรู้ (Knowledge Competency)

หมายเลข	รายการสมรรถนะ	รายละเอียด
1.1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบ OCS	เข้าใจหลักการทำงานของระบบสายส่งไฟฟ้าเหนือหัว เช่น Messenger wire, Contact wire, Dropper, Tensioning device
1.2	ระบบไฟฟ้าในระบบราง	เข้าใจระบบไฟฟ้ากระแสตรง/สลับ การแปลงพลังงาน, แรงดันที่ใช้ (เช่น 25kV AC), และอุปกรณ์ป้องกัน
1.3	มาตรฐานและข้อกำหนดทางเทคนิค	เช่น EN 50119, TIS, IEC, และคู่มือของผู้ผลิตระบบราง
1.4	ความรู้ด้านกลไกและโครงสร้าง	เข้าใจโครงสร้างที่รองรับระบบ OCS เช่น Cantilever, Pole, Foundation
1.5	ความรู้เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อ OCS	เช่น สภาพอากาศ, การขยายตัวของโลหะ, แรงลม

---

2. สมรรถนะด้านทักษะ (Skill Competency)

หมายเลข	รายการสมรรถนะ	รายละเอียด
2.1	ทักษะในการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพระบบ	ตรวจวัดความสูง, การเยื้องศูนย์, ความตึงของสาย และการสึกหรอของ Contact wire

หมายเลข	รายการสมรรถนะ	รายละเอียด
2.2	ทักษะในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและแก้ไข	เช่น การตั้งสายใหม่, เปลี่ยน dropper, ปรับ tensioning device
2.3	ทักษะการใช้เครื่องมือเฉพาะทาง	เช่น Tension gauge, Laser alignment, Pantograph monitoring system
2.4	การวิเคราะห์และวางแผนซ่อมบำรุงเชิงระบบ	ใช้ CMMS หรือระบบบันทึกข้อมูลตรวจสอบย้อนหลัง
2.5	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล	เช่น การใช้ Drones ตรวจสอบ, ใช้ระบบ AI วิเคราะห์ค่าความเบี่ยงเบนของสาย

🧯 3. สมรรถนะด้านความปลอดภัยและมาตรฐานการทำงาน (Safety & Compliance)

หมายเลข	รายการสมรรถนะ	รายละเอียด
3.1	ความเข้าใจเรื่องความเสี่ยงทางไฟฟ้าแรงสูง	เช่น Arc flash, การทำงานใต้สายมีไฟ
3.2	การใช้และตรวจสอบ PPE และอุปกรณ์กันไฟฟ้า	เช่น Insulated ladder, Voltage detector, Grounding device
3.3	การทำงานบนความสูงและพื้นที่เสี่ยง	เช่น การใช้ Harness, การทำงานบนรถบำรุงรักษา OCS
3.4	การปฏิบัติตาม Work Permit และ LOTO (Lockout/Tagout)	ปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยก่อนเริ่มงาน

🧠 4. สมรรถนะด้านพฤติกรรมและการทำงานร่วมกัน (Behavioral & Team Competency)

หมายเลข	รายการสมรรถนะ	รายละเอียด
4.1	การสื่อสารเชิงเทคนิคและการรายงาน	เช่น การเขียนใบตรวจสอบ, รายงานเหตุขัดข้อง, การติดต่อกับศูนย์ควบคุม
4.2	การทำงานเป็นทีมในสถานการณ์แรงกดดัน	รวมถึงการตอบสนองเหตุฉุกเฉิน เช่น Pantograph fault
4.3	ความรับผิดชอบและวินัยในการทำงาน	เช่น การบำรุงรักษาตามรอบ, การตรวจสอบก่อนออกใบอนุญาต
4.4	การเรียนรู้และปรับตัวต่อเทคโนโลยีใหม่	เช่น Digital Twin, Sensor-based Monitoring

---

📌 สรุป (Core Competency Summary Matrix)

หมวดหมู่	รายการสำคัญ
ความรู้	OCS components, Electricity in rail system, Technical standards
ทักษะ	Inspection, Maintenance, Tool handling, Planning, Technology use
ความปลอดภัย	HV safety, PPE use, Working at height, Compliance
พฤติกรรม	Technical communication, Teamwork, Responsibility, Learning

---

📘 **กรอบสมรรถนะสำหรับการฝึกอบรมบุคลากรซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบราง**

ด้านสมรรถนะ	รายการสมรรถนะหลัก	รายละเอียดสมรรถนะ	ระดับความสำคัญ (1–5)	แนวทางฝึกอบรม
ความรู้ (Knowledge)	หลักการของ OCS	เข้าใจโครงสร้างสายไฟฟ้าเหนือหัว องค์ประกอบ ระบบแรงดันไฟฟ้า	5	การบรรยาย/ภาพประกอบ/แบบจำลอง
	มาตรฐานและข้อกำหนด	มาตรฐาน EN, UIC, IEC, มาตรการด้านความปลอดภัย	5	อบรมเชิงทฤษฎี/กรณีศึกษา
	หลักการไฟฟ้ากำลัง	ระบบไฟฟ้า AC/DC, การคำนวณโหลด, การลัดวงจร	4	ฝึกอบรมในห้องทดลอง
	ระบบโครงสร้างและจุดยึดโยง	เสา, คาน, รอกดึง, Dropper, Cantilever	4	สาธิตโดยชิ้นส่วนจริงหรือ AR
	การอ่านแบบและ Diagram	การอ่านแบบก่อสร้าง, แบบ Layout ระบบจ่ายไฟ	3	ฝึกปฏิบัติกับแบบจริง
	ระบบควบคุมอัตโนมัติ	SCADA, ระบบตรวจวัดด้วย IoT	3	สาธิตระบบจริง/ซอฟต์แวร์จำลอง
ทักษะ (Skills)	ตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ตรวจสอบสายหย่อน, เช็กแรงดึง, เปลี่ยนอุปกรณ์	5	ลงมือปฏิบัติภาคสนาม

ด้าน สมรรถนะ	รายการ สมรรถนะหลัก	รายละเอียด สมรรถนะ	ระดับ ความสำคัญ (1–5)	แนวทางฝึกอบรม
	ใช้เครื่องมือเฉพาะทาง	เครื่องวัดแรงดึง, อุปกรณ์วัดไฟฟ้า, MEV	5	ฝึกใช้เครื่องมือจริง
	ทำงานบนที่สูง/ที่จำกัด	การปีนเสา, การใช้เชือก, การขึ้นรถบำรุงทาง	5	ฝึกภาคปฏิบัติภายใต้ความปลอดภัย
	วิเคราะห์และแก้ปัญหา	วิเคราะห์จุดร้อน, จุดหลวม, ความตึงผิดพลาด	4	Workshop แก้ปัญหาแบบจำลอง
	อ่านและวิเคราะห์ค่าการวัด	ใช้เครื่องมือวัดดิจิทัล/อินฟราเรด	4	ฝึกภาคปฏิบัติด้วยเคสจริง
	ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล	การใช้ Tablet/AR สำหรับงานซ่อม	3	ฝึกอบรมผ่านแอปพลิเคชัน
เจตคติ (Attitude)	ความตระหนักด้านความปลอดภัย	ปฏิบัติตามกฎ, ใส่ PPE, ประเมินความเสี่ยงก่อนทำงาน	5	กิจกรรมฝึกจำลองเหตุการณ์
	ความรับผิดชอบและวินัย	ทำตามแผนงาน, ตรวจสอบก่อน–หลังงาน	5	ฝึกสังเกตและประเมินผล
	เปิดรับเทคโนโลยี	สนใจเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ๆ	4	แนะนำเทคโนโลยี/แชร์กรณีศึกษา
	การทำงานเป็นทีม	ทำงานร่วมกับผู้อื่น, แจ้งเตือนเพื่อนร่วมงาน	4	ฝึกกลุ่ม/กิจกรรม Teamwork

ด้าน สมรรถนะ	รายการ สมรรถนะหลัก	รายละเอียด สมรรถนะ	ระดับ ความสำคัญ (1–5)	แนวทางฝึกอบรม
	ใส่ใจในความมั่นคงระบบ	รายงานข้อผิดปกติ, ตรวจสอบซ้ำ	4	ปลูกฝังผ่านการอบรมเชิงพฤติกรรม
	ทำงานตามมาตรฐาน	ไม่ลัดขั้นตอน, ยึดคู่มือ	5	ทบทวนคู่มือ/ทำแบบฝึกหัด

📌 **หมายเหตุ : ระดับความสำคัญ (1–5):**

- 5 = จำเป็นเร่งด่วน/มีผลต่อความปลอดภัยโดยตรง
- 4 = จำเป็นในงานเฉพาะด้าน/สนับสนุนงานหลัก
- 3 = สำคัญระดับทั่วไป/ส่งเสริมประสิทธิภาพ
- 2–1 = อาจใช้เป็นพื้นฐานหรือความรู้เสริม

แบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะ

หัวข้อ: การประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

สำหรับ: ผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อผู้ประเมิน: .....

คำชี้แจง : กรุณาให้คะแนนความเหมาะสมของ **สมรรถนะหลักและย่อย** แต่ละรายการ ตามระดับดังนี้:

ระดับ	5	4	3	2	1
ความหมาย	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมพอใช้	ควรปรับปรุง	ไม่เหมาะสม

หมวดที่ 1: ด้านความรู้ (Knowledge)

รหัส	**สมรรถนะด้านความรู้**	1	2	3	4	5
K1	เข้าใจโครงสร้างและหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบ OCS					
K2	รู้จักมาตรฐานและข้อกำหนดด้านความปลอดภัย					
K3	วิเคราะห์แบบแปลน Layout ระบบ OCS ได้					
K4	รู้วิธีการและช่วงเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน					
K5	เข้าใจเทคโนโลยีและแนวโน้มใหม่ด้าน OCS					

หมวดที่ 2: ด้านทักษะ (Skills)

รหัส	สมรรถนะด้านทักษะ	1	2	3	4	5
S1	ปฏิบัติงานตรวจสอบและบำรุงรักษา OCS ได้					
S2	ใช้เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้าและกลได้ถูกต้อง					
S3	ปฏิบัติงานบนที่สูงอย่างปลอดภัยและมั่นใจ					
S4	อ่านและติดตามแบบแปลนและตำแหน่งติดตั้ง					
S5	วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาเชิงระบบเบื้องต้น					

✅ **หมวดที่ 3: ด้านเจตคติ (Attitudes)**

รหัส	สมรรถนะด้านเจตคติ	1	2	3	4	5
A1	ใส่ใจในความปลอดภัยและปฏิบัติตามมาตรฐาน					
A2	มีความรับผิดชอบต่องานซ่อมบำรุง					
A3	มีความตั้งใจและความละเอียดรอบคอบในการทำงาน					
A4	เปิดรับเทคโนโลยีและแนวทางใหม่ในการบำรุงรักษา					
A5	สามารถทำงานร่วมกับทีมได้ในสถานการณ์จริง					

✍ **ความเห็นเพิ่มเติมของผู้ประเมิน**

.....

.....

สรุปผลการประเมิน

คะแนนเฉลี่ยรวม: _____ / 5

ระดับความเหมาะสมโดยรวม:

☐ เหมาะสมมากที่สุด ☐ เหมาะสมมาก ☐ เหมาะสมพอใช้

☐ ควรปรับปรุง ☐ ไม่เหมาะสม

ลายมือชื่อผู้ประเมิน: .....

วันที่: ...../...../.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

🔧 **กลุ่มสมรรถนะ: งานซ่อมบำรุงรายอุปกรณ์ในระบบ OCS**

✅ **สมรรถนะที่ 1: การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast & Support Structure)**

รายการ	**รายละเอียด**
องค์ประกอบของงาน	- ตรวจสอบสภาพเสาและฐานราก - ตรวจสอบโครงสร้างค้ำยัน ยึดโยง และสมอบก
ความรู้ที่จำเป็น	- ชนิดของเสาในระบบ OCS (Steel mast, Portal, Cantilever) - ข้อกำหนดด้านแรงดึงและน้ำหนักที่โครงสร้างต้องรองรับ - สัญญาณการเสื่อมสภาพของโลหะ
ทักษะที่จำเป็น	- อ่านแบบโครงสร้าง OCS ได้ - ใช้เครื่องมือวัดความเผื่อ ความเอียง หรือการทรุดตัวของเสาได้ - บันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสอบ
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เมื่อปฏิบัติงานแล้ว ช่างสามารถ: 1. ระบุและอธิบายชนิดของเสา OCS ได้อย่างถูกต้อง 2. ตรวจสอบสภาพเสาและโครงสร้างรองรับได้อย่างปลอดภัยและครบถ้วน 3. ประเมินความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเบื้องต้นได้อย่างถูกต้อง

✅ **สมรรถนะที่ 2: การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)**

รายการ	**รายละเอียด**
องค์ประกอบของงาน	- ตรวจสอบแขนค้ำยันและอุปกรณ์ยึดจับ (Bracket, Dropper, Hanger) - ปรับแนวและระดับของแขนค้ำยัน
ความรู้ที่จำเป็น	- ส่วนประกอบของแขนค้ำยันและหน้าที่แต่ละส่วน - หลักการของการรักษาระยะ (Stagger) และความสูงลวด (Contact wire height)
ทักษะที่จำเป็น	- ใช้เครื่องมือวัดความสูงและ Stagger ได้ (เช่น Measuring Stick, Laser Gauge) - ปรับแต่งความตึงและแนวแขนค้ำยันได้ตามมาตรฐาน
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	1. ตรวจวัดค่าความสูงและ Stagger ได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐาน 2. ปรับแนวแขนค้ำยันให้อยู่ในระยะที่กำหนด 3. รายงานผลการตรวจสอบและเสนอแผนซ่อมได้อย่างครบถ้วน

✅ **สมรรถนะที่ 3: การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire)**

รายการ	**รายละเอียด**
องค์ประกอบของงาน	- ตรวจสอบสภาพลวด (รอยสึก, ขาด, หลวม) - ตรวจสอบและปรับความตึงลวด
ความรู้ที่จำเป็น	- วัสดุและคุณสมบัติของลวด - หลักการของ Tension และ Thermal Compensation - วิธีการอ่านค่าจาก Tensioning Device

รายการ	รายละเอียด
ทักษะที่จำเป็น	- ใช้ Tension Meter หรือ Dynamometer ได้ - ตรวจวัดและปรับความตึงลวดได้ตามอุณหภูมิ - ตรวจหาจุดเสื่อมสภาพหรือรอยไหม้จาก Arc ได้
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	1. ประเมินสภาพลวดนำกระแสได้อย่างแม่นยำ 2. วัดและปรับความตึงลวดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิใช้งาน 3. บันทึกข้อมูลและวิเคราะห์แนวโน้มการสึกหรอได้

✅ **สมรรถนะที่ 4: การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding)**

รายการ	รายละเอียด
องค์ประกอบของงาน	- ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อของ Feeder และ Jumper - ตรวจวัดค่าความต้านทาน Bonding - ตรวจสอบสายดิน (Earth Wire) และความต่อเนื่องของวงจร
ความรู้ที่จำเป็น	- ระบบไฟฟ้าและการต่อลงดิน - หลักการไฟฟ้าพื้นฐาน: แรงดัน กระแส ความต้านทาน - สาเหตุของการเกิด Arc หรือความร้อนสูงในจุดต่อ
ทักษะที่จำเป็น	- ใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานวงจรได้ (เช่น Earth Tester, Micro-ohmmeter) - ตรวจจุดหลวมและทำการขัน/เปลี่ยน Connector ได้อย่างปลอดภัย
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	1. วัดค่าความต้านทานของจุดต่อได้แม่นยำ 2. ตรวจสอบการเชื่อมต่อของระบบ Bonding ได้ครบถ้วน 3. ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์เชื่อมต่อได้ตามคู่มือความปลอดภัย

✅ **สมรรถนะที่ 5: การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator**

รายการ	**รายละเอียด**
องค์ประกอบของงาน	- ตรวจสอบสภาพภายนอกของ Isolator - ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ Section Insulator - ตรวจวัดค่าความเป็นฉนวน
ความรู้ที่จำเป็น	- ประเภทของ Isolator และหลักการทำงาน - ค่าความต้านทานฉนวนและระดับแรงดันใช้งาน - ผลกระทบจากความชื้น ฝุ่น หรือคราบเกลือ
ทักษะที่จำเป็น	- ใช้ Megger หรือ Insulation Tester ได้ - ปฏิบัติงานโดยใช้ Lockout-Tagout (LOTO) อย่างถูกต้อง
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	1. ทดสอบค่าความต้านทานฉนวนได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย 2. แยกอุปกรณ์ออกจากระบบด้วยวิธี LOTO ได้ 3. วิเคราะห์อาการผิดปกติของ Section Insulator ได้

✅ **สมรรถนะที่ 6: การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device**

รายการ	**รายละเอียด**
องค์ประกอบของงาน	- ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ Tension Device (เช่น Spring, Pulley, Weight Type) - ตรวจสอบการเคลื่อนที่ของสายสลิง/รอก/ล้อ - ทำความสะอาดและหล่อลื่นส่วนที่เคลื่อนไหว - ตรวจสอบการยึดติดและการจัดศูนย์ของอุปกรณ์

รายการ	รายละเอียด
ความรู้ที่จำเป็น	- หลักการทำงานของ Tension Device ชนิดต่างๆ (Spring Type / Weight Type / Constant Tension Device) - อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความยืดหดของลวด - จุดเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหาย เช่น รอยขีดข่วน สลิงขาด การติดขัดของรอก - ข้อกำหนดค่าความตึงตามมาตรฐานของผู้ผลิต
ทักษะที่จำเป็น	- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ทั้งทางสายตาและการเคลื่อนที่จริง - ใช้เครื่องมือวัดค่าความตึงของลวดอย่างถูกต้อง (Tension Meter, Dynamometer) - ทำการปรับตั้งแรงตึงหรือตั้งศูนย์รอกให้ได้ค่าที่ต้องการ - บันทึกค่าที่ตรวจวัดและวิเคราะห์แนวโน้มความผิดปกติได้
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เมื่อปฏิบัติงานแล้ว ช่างสามารถ:

1. อธิบายการทำงานของ Tension Device แต่ละชนิดได้อย่างถูกต้อง
2. ตรวจสอบสภาพและการทำงานของ Tension Device ได้อย่างครบถ้วนและปลอดภัย
3. วัดแรงตึงและวิเคราะห์ค่าที่ได้เพื่อตรวจสอบความผิดปกติได้
4. ปรับตั้งอุปกรณ์ให้กลับสู่สภาพการทำงานตามเกณฑ์มาตรฐาน
5. บันทึกผลการตรวจสอบและเสนอแนะการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ |

✅ **สมรรถนะที่ 7: การตรวจสอบระยะ Sag และระยะ Stagger ของสาย Contact Wire**

รายการ	รายละเอียด
องค์ประกอบของงาน	- ตรวจวัดระยะห้อยตัวของสาย (Sag) ตามระยะช่วงเสา (Span) - ตรวจสอบและวัดระยะเยื้องศูนย์ของลวด (Stagger)

รายการ	รายละเอียด
	- เปรียบเทียบค่าที่ได้กับมาตรฐานการติดตั้ง - ประเมินการสึกของลวดจากการเยื้องศูนย์ผิดพลาด
ความรู้ที่จำเป็น	- ความหมายและผลกระทบของ Sag และ Stagger ต่อการรับไฟฟ้าของ Pantograph - ค่ามาตรฐานของ Sag และ Stagger ในระบบต่างๆ (เช่น รถไฟฟ้าชานเมือง, รถไฟทางไกล, รถไฟความเร็วสูง) - ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระยะ เช่น อุณหภูมิ, การทรุดของเสา, ความตึงของลวด - รูปแบบการสึกของลวดจากการเยื้องศูนย์ผิดมาตรฐาน
ทักษะที่จำเป็น	- ใช้เครื่องมือวัด Sag เช่น สายวัดระยะ, กล้องเล็งแนว หรือ Laser Level - ใช้ไม้วัด Stagger หรือระบบวัดอัตโนมัติ (Stagger Gauge, Laser-based system) - วิเคราะห์ผลที่ได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน - ประเมินแนวโน้มของปัญหาและแจ้งซ่อมแซม
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เมื่อปฏิบัติงานแล้ว ช่างสามารถ:

1. อธิบายความสำคัญของการควบคุม Sag และ Stagger ได้ถูกต้อง
2. ใช้เครื่องมือวัดระยะ Sag และ Stagger ได้อย่างแม่นยำและปลอดภัย
3. เปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดกับค่ามาตรฐาน และวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน
4. รายงานค่าที่วัดได้ พร้อมข้อเสนอแนะแนวทางซ่อมบำรุงหรือปรับตั้ง
5. ติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Sag และ Stagger อย่างต่อเนื่องได้ |

📋 แบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะช่างซ่อมบำรุง OCS (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดประเมินความเหมาะสมของแต่ละข้อสมรรถนะ ว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และความเป็นจริงในการปฏิบัติงานหรือไม่

โดยให้คะแนนดังนี้:

+1 = เหมาะสม / สอดคล้อง **0** = ไม่แน่ใจ **-1** = ไม่เหมาะสม / ไม่สอดคล้อง

ลำดับ	สมรรถนะ	คำอธิบายสมรรถนะ	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ
1	การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast & Support Structure)	ตรวจสอบสภาพเสา ฐานราก และโครงสร้างค้ำยัน/สมอบก ตามมาตรฐานความปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)	ตรวจสอบและปรับแนวแขนค้ำยัน รวมถึงส่วนประกอบ Bracket, Dropper, Hanger	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire)	ตรวจสอบสภาพลวดและปรับความตึงลวดให้ได้ตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding)	ตรวจสอบและวัดค่าความต้านทาน รวมถึงความต่อเนื่องของวงจร	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ลำดับ	สมรรถนะ	คำอธิบายสมรรถนะ	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ
5	การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator	ตรวจสอบและทดสอบค่าความต้านทานฉนวนและการทำงานของ Isolator	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device	ตรวจสอบการทำงาน ปรับตั้ง และดูแลความตึงลวดด้วย Tension Device	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	การตรวจสอบระยะ Sag และระยะ Stagger ของสาย Contact Wire	วัดระยะห้อยตัวและเยื้องศูนย์ของลวด เทียบมาตรฐานและประเมินความคลาดเคลื่อน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: _____

ตำแหน่ง / หน่วยงาน: _____

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

รายละเอียดเนื้อหาของแต่ละสมรรถนะ ชุดที่ 2

สมรรถนะที่ 1: การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast)

ความรู้ (Knowledge)

- ประเภทและคุณลักษณะของเสา OCS (Steel Mast, Concrete Mast, Portal Structure)
- โครงสร้างรองรับ (Support Structure) และส่วนประกอบ เช่น Base Plate, Anchor Bolt, Foundation
- มาตรฐานความแข็งแรงและความปลอดภัยของเสาและโครงสร้างรองรับ
- สาเหตุและรูปแบบความเสียหาย (การกัดกร่อน, การเอียง, รอยร้าว)
- มาตรฐานและขั้นตอนการตรวจสอบเชิงป้องกัน

ทักษะ (Skills)

- การใช้เครื่องมือวัดระยะและความเอียง (Theodolite, Plumb Bob, Laser Level)
- การตีความแบบโครงสร้างและ Drawing Layout ของเสาและฐานราก
- การบันทึกและประเมินสภาพโครงสร้าง
- การปฏิบัติการซ่อมแซมและเสริมความแข็งแรง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- สามารถตรวจสอบสภาพเสาและโครงสร้างรองรับตามขั้นตอนมาตรฐาน
- สามารถประเมินความเสียหายและระบุวิธีแก้ไขได้ถูกต้อง
- สามารถบันทึกข้อมูลและรายงานผลการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

สมรรถนะที่ 2: การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)

ความรู้ (Knowledge)

- ประเภทและหน้าที่ของแขนค้ำยัน (Single, Double Cantilever)

- ส่วนประกอบ: Bracket Tube, Steady Arm, Drop Tube, Registration Arm
- ค่ามาตรฐานตำแหน่งและความแข็งแรง
- กลไกการปรับตั้งและการชดเชยการหดขยายของลวด
- ลักษณะความเสียหายที่พบบ่อย

ทักษะ (Skills)

- การใช้เครื่องมือวัดแนวและระยะของแขนค้ำยัน
- การปรับตั้งตำแหน่งให้ได้ค่ามาตรฐาน
- การขันยึดและตรวจสอบ Torque ของ Bolt & Nut
- การซ่อมเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สึกหรอ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- สามารถตรวจสอบตำแหน่งและความแข็งแรงของแขนค้ำยันได้ถูกต้อง
- สามารถปรับตั้งแขนค้ำยันให้สอดคล้องกับค่ามาตรฐานทางวิศวกรรม
- สามารถบันทึกผลการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

สมรรถนะที่ 3: การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส (Contact & Messenger Wire)

ความรู้ (Knowledge)

- ประเภทของลวดนำกระแส (Material, Section) และลวดเมสเซนเจอร์
- ค่ามาตรฐานความตึงลวดในสภาพอุณหภูมิต่าง ๆ
- การเสื่อมสภาพของลวด (Wear, Pitting, Breakage)
- เครื่องมือและวิธีการวัดความตึงลวด (Tensometer, Dynamometer)

ทักษะ (Skills)

- การตรวจสอบการสึกหรอและการชำรุด
- การใช้เครื่องมือวัดความตึงลวดและบันทึกข้อมูล
- การปรับตั้งความตึงลวดให้ได้มาตรฐาน
- การเปลี่ยนหรือซ่อมลวดที่เสียหาย

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- สามารถตรวจสอบสภาพลวดนำกระแสและลวดเมสเซนเจอร์ได้ถูกต้อง
- สามารถปรับความตึงลวดให้ตรงตามมาตรฐาน
- สามารถบันทึกข้อมูลเพื่อติดตามแนวโน้มการเสื่อมสภาพ

สมรรถนะที่ 4: การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding)

ความรู้ (Knowledge)

- หน้าที่และประเภทของอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า
- ค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมรับได้
- วิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและการตรวจสอบความต่อเนื่อง
- สาเหตุการเสื่อมสภาพ เช่น การเกิดออกไซด์ การหลวมของจุดเชื่อมต่อ

ทักษะ (Skills)

- การใช้เครื่องมือวัดความต้านทาน (Micro-ohmmeter)
- การทำความสะอาดและบำรุงรักษาขั้วต่อ
- การเปลี่ยนหรือซ่อมแซมอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- สามารถตรวจสอบค่าความต้านทานและความต่อเนื่องของวงจรได้ถูกต้อง
- สามารถดำเนินการซ่อมแซมและบำรุงรักษาจุดเชื่อมต่อให้มีค่าตามมาตรฐาน

สมรรถนะที่ 5: การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator

ความรู้ (Knowledge)

- ประเภทของ Isolator และ Section Insulator ในระบบ OCS
- หลักการทำงานและมาตรฐานค่าความต้านทานฉนวน
- ขั้นตอนการทดสอบค่าฉนวนและการสวิตช์อุปกรณ์
- สาเหตุการเสีย เช่น การแตกร้าวของฉนวน การหลวมของข้อต่อ

ทักษะ (Skills)

- การใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานฉนวน (Insulation Resistance Tester)
- การสวิตช์และควบคุมการทำงานของ Isolator อย่างปลอดภัย
- การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- สามารถทดสอบและประเมินค่าฉนวนได้ถูกต้อง
- สามารถควบคุมและใช้งาน Isolator อย่างปลอดภัยตามขั้นตอนมาตรฐาน

สมรรถนะที่ 6: การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device

ความรู้ (Knowledge)

- ประเภทของ Tension Device (Auto Tensioning, Fixed Tensioning)
- หลักการทำงานและค่ามาตรฐานความตึง

- ส่วนประกอบ เช่น Pulley, Counterweight, Rope, Damper
- การปรับตั้งและการบำรุงรักษา

ทักษะ (Skills)

- การตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนและการทำงานของ Tension Device
- การปรับความตึงลวดให้ตรงตามมาตรฐาน
- การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สึกหรอ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- สามารถตรวจสอบและบำรุงรักษา Tension Device ได้ถูกต้อง
- สามารถปรับตั้งค่าความตึงได้ตามมาตรฐาน

สมรรถนะที่ 7: การตรวจสอบระยะ Sag และระยะ Stagger ของสาย Contact Wire

ความรู้ (Knowledge)

- ความหมายของ Sag และ Stagger ในระบบ OCS
- มาตรฐานระยะ Sag และ Stagger ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ
- เครื่องมือและวิธีการวัด (Sag Board, Stagger Gauge, Laser)
- ผลกระทบของค่า Sag และ Stagger ที่ผิดมาตรฐานต่อการเดินรถ

ทักษะ (Skills)

- การวัด Sag และ Stagger ด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม
- การบันทึกและวิเคราะห์ผลการวัด
- การปรับแก้ให้ได้ค่ามาตรฐาน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- สามารถวัด Sag และ Stagger ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
- สามารถปรับแก้ค่า Sag และ Stagger ให้ตรงตามมาตรฐาน

📋 **แบบประเมินความสอดคล้องของ ความรู้ (K), ทักษะ (S), และ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (B) ในแต่ละสมรรถนะช่างซ่อมบำรุง OCS (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

คำชี้แจง

โปรดประเมินความสอดคล้องของ **ความรู้ (K)**, **ทักษะ (S)**, และ **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (B)** ในแต่ละสมรรถนะ ว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหาของสมรรถนะที่กำหนดหรือไม่
ให้คะแนนดังนี้:

+1 = เหมาะสม / สอดคล้อง , **0** = ไม่แน่ใจ , **-1** = ไม่เหมาะสม / ไม่สอดคล้อง

สมรรถนะที่ 1: การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
K1	ความรู้เรื่องชนิดของเสาในระบบ OCS สอดคล้องกับสมรรถนะ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
K2	ความรู้เรื่องข้อกำหนดด้านแรงดึงและน้ำหนักโครงสร้าง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
K3	ความรู้เรื่องสัญญาณการเสื่อมสภาพของโลหะ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S1	ทักษะการอ่านแบบโครงสร้าง OCS	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S2	ทักษะการใช้เครื่องมือวัดความเอียง/ทรุดตัวของเสา	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S3	ทักษะการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลตรวจสอบ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B1	ความสามารถระบุและอธิบายชนิดของเสาได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B2	ความสามารถตรวจสอบสภาพเสาและโครงสร้างได้ครบถ้วน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B3	ความสามารถประเมินความเสียหาย/เสื่อมสภาพเบื้องต้น	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

สมรรถนะที่ 2: การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
K1	ความรู้เรื่องส่วนประกอบของแขนค้ำยันและหน้าที่	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
K2	ความรู้เรื่องระยะ Stagger และความสูงลวด	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S1	ทักษะการใช้เครื่องมือวัดความสูง/Stagger	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S2	ทักษะการปรับแต่งแขนค้ำยัน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B1	ความสามารถตรวจวัดค่าความสูง/Stagger ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B2	ความสามารถปรับแนวแขนค้ำยันให้อยู่ในเกณฑ์	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B3	ความสามารถรายงานผลตรวจสอบและเสนอแผนซ่อม	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

สมรรถนะที่ 3: การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
K1	ความรู้เรื่องวัสดุและคุณสมบัติของลวด	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
K2	ความรู้เรื่อง Tension และ Thermal Compensation	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S1	ทักษะการใช้ Tension Meter/Dynamometer	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S2	ทักษะการตรวจจุดสึกหรือรอยไหม้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B1	ความสามารถประเมินสภาพลวดได้แม่นยำ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
B2	ความสามารถปรับความตึงลวดให้เหมาะสม	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B3	ความสามารถบันทึกและวิเคราะห์แนวโน้มสึกหรอ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

สมรรถนะที่ 4: การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
K1	ความรู้เรื่องระบบไฟฟ้าและการต่อลงดิน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
K2	ความรู้เรื่องปัญหา Arc และความร้อนสูง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S1	ทักษะการใช้ Earth Tester/Micro-ohmmeter	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S2	ทักษะการซ่อมและขันจุดต่อให้แน่น	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B1	ความสามารถวัดค่าความต้านทานจุดต่อได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B2	ความสามารถตรวจสอบ Bonding ได้ครบถ้วน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B3	ความสามารถซ่อม/เปลี่ยนอุปกรณ์เชื่อมต่อได้ปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

สมรรถนะที่ 5: การตรวจสอบและทดสอบ Isolator & Section Insulator

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
K1	ความรู้ประเภทและหลักการทำงานของ Isolator	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
K2	ความรู้เรื่องค่าความต้านทานฉนวน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
S1	ทักษะการใช้ Megger/Insulation Tester	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S2	ทักษะการใช้ Lockout-Tagout	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B1	ความสามารถทดสอบค่าฉนวนได้ปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B2	ความสามารถแยกอุปกรณ์ออกจากระบบได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B3	ความสามารถวิเคราะห์ความผิดปกติของ Section Insulator	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

สมรรถนะที่ 6: การตรวจสอบและบำรุงรักษา Tension Device

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
K1	ความรู้หลักการทำงานของ Tension Device	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
K2	ความรู้ค่ามาตรฐานแรงตึงและอุณหภูมิ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S1	ทักษะตรวจสอบการเคลื่อนที่ของรอก/สลิง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S2	ทักษะใช้เครื่องมือวัดความตึงลวด	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B1	ความสามารถตรวจสอบสภาพและการทำงานของ Tension Device	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B2	ความสามารถปรับตั้งแรงตึงได้ตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B3	ความสามารถบันทึกผลและเสนอแนะซ่อมบำรุง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

สมรรถนะที่ 7: การตรวจสอบระยะ Sag และ Stagger

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน
K1	ความรู้เรื่องความหมายและผลกระทบของ Sag/Stagger	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
K2	ความรู้มาตรฐานค่า Sag และ Stagger	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S1	ทักษะใช้เครื่องมือวัด Sag	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
S2	ทักษะใช้เครื่องมือวัด Stagger	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B1	ความสามารถวัดค่า Sag/Stagger ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B2	ความสามารถเปรียบเทียบค่ากับมาตรฐานและวิเคราะห์	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
B3	ความสามารถรายงานผลพร้อมข้อเสนอแนะซ่อมบำรุง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: _____

ตำแหน่ง / หน่วยงาน: _____

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

หลักสูตรการฝึกอบรมการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

(Overhead Catenary System: OCS Maintenance)

1. ชื่อหลักสูตร

การฝึกอบรมการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

Overhead Catenary System (OCS) Maintenance Training

2. หลักการและเหตุผล

ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System: OCS) เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบรถไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังขบวนรถไฟผ่านระบบสายสัมผัสและอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ การบำรุงรักษา OCS จำเป็นต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอุปกรณ์ มีทักษะในการตรวจสอบ วัดค่า ปรับแต่ง และซ่อมบำรุง ตลอดจนสามารถปฏิบัติงานตามมาตรฐานความปลอดภัยและขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Standard Operating Procedure: SOP) ได้อย่างถูกต้อง

หลักสูตรนี้จึงพัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เข้ารับการอบรมด้านการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว โดยบูรณาการความรู้ทางเทคนิค ความปลอดภัยในการทำงาน และการฝึกปฏิบัติจริงเข้าด้วยกัน ภายใต้กระบวนการเรียนรู้ **Learn → Test → Practice → Evaluate** ผู้เรียนจะเริ่มจากการเรียนรู้พื้นฐานของระบบ OCS และมาตรฐานการทำงาน จากนั้นตรวจสอบความรู้และความพร้อมก่อนเข้าสู่การฝึกปฏิบัติ และประเมินสมรรถนะจากการปฏิบัติงานจริง

เนื้อหาของหลักสูตรครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญของระบบ OCS ได้แก่ โครงสร้างรองรับสายส่งจ่ายระบบ Cantilever, Contact Wire และ Messenger Wire, Feeder/Jumper/Bonding, Insulator, Tension Device ตลอดจนการตรวจวัด Sag และ Stagger การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การวิเคราะห์ความผิดปกติ และการประยุกต์ใช้เครื่องมือดิจิทัลสนับสนุนงานบำรุงรักษา ทั้งนี้มุ่งให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงระบบ OCS ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และเป็นไปตามมาตรฐานวิชาชีพ

. กลุ่มเป้าหมาย

ผู้เข้ารับการอบรม ได้แก่ นักเรียน/นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบราง ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เมคคาทรอนิกส์ หรือบุคลากรระดับช่างเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

4. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงาน โครงสร้าง องค์ประกอบ และหน้าที่ของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System: OCS) ได้แก่ Mast and Support Structure, Cantilever System, Contact Wire, Messenger Wire, Feeder, Jumper, Bonding, Insulator, Section Insulator และ Tension Device รวมถึงหลักการจัดวางอุปกรณ์และการวิเคราะห์ Layout ของระบบ OCS

ศึกษามาตรฐานความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว การวิเคราะห์อันตรายและความเสี่ยง การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) การตัดแยกและตรวจสอบสภาวะปลอดพลังงาน การต่อลงดิน การปฏิบัติงานบนที่สูง และการปฏิบัติตาม Standard Operating Procedure (SOP)

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการตรวจสอบสภาพ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การใช้เครื่องมือวัดและเครื่องมือเฉพาะสำหรับงาน OCS การตรวจวัด Tension, Sag และ Stagger การประกอบและปรับแต่งอุปกรณ์ OCS การตรวจหาความผิดปกติ การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเบื้องต้น และการกำหนดแนวทางการแก้ไข

5. สมรรถนะประจำหลักสูตร

เมื่อสำเร็จการอบรม ผู้เรียนควรมีสมรรถนะดังต่อไปนี้

5.1 ด้านความรู้และการวิเคราะห์ระบบ

1. อธิบายหลักการทำงานและองค์ประกอบของระบบ OCS ได้

2. จำแนกหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละประเภทได้
3. อ่านและวิเคราะห์ Layout ของระบบ OCS เบื้องต้นได้
4. อธิบายหลักการทำงานของระบบ Tension, Sag และ Stagger ได้
5. วิเคราะห์ความผิดปกติของระบบ OCS ในสถานการณ์พื้นฐานได้

5.2 ด้านการปฏิบัติงานและการซ่อมบำรุง

1. ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ OCS ตามรายการตรวจสอบได้
2. ใช้เครื่องมือวัดและเครื่องมือเฉพาะทางได้อย่างถูกต้อง
3. ประกอบและปรับแต่งอุปกรณ์ OCS ตามข้อกำหนดได้
4. ตรวจวัดและปรับค่า Sag, Stagger และ Tension ตามเกณฑ์ที่กำหนดได้
5. ดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตาม SOP ได้

5.3 ด้านความปลอดภัย

1. วิเคราะห์อันตรายและความเสี่ยงก่อนปฏิบัติงานได้
2. เลือกและใช้อุปกรณ์ PPE ได้เหมาะสมกับลักษณะงาน
3. ปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยของระบบ OCS ได้
4. ปฏิบัติงานบนที่สูงโดยใช้มาตรการป้องกันที่เหมาะสมได้
5. ปฏิบัติตามขั้นตอนการตัดแยกและการต่อลงดินตามที่กำหนดได้

---

6. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในการเรียนรู้

เมื่อสิ้นสุดการอบรม ผู้เข้ารับการอบรมสามารถแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ต่อไปนี้

ด้านที่ 1 ความรู้และความเข้าใจ

ผู้เรียนสามารถ

1. **อธิบาย** หลักการทำงานของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวได้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมระบบราง
2. **ระบุ** องค์ประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
3. **จำแนก** ประเภทของ Mast, Cantilever, Contact Wire, Messenger Wire, Insulator และ Tension Device ได้ถูกต้อง
4. **อธิบาย** ความสัมพันธ์ระหว่าง Contact Wire, Messenger Wire และอุปกรณ์รองรับได้
5. **อ่านและตีความ** แบบหรือ Layout ของระบบ OCS เบื้องต้นได้
6. **อธิบาย** หลักการของ Sag, Stagger และ Tension ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสายสัมผัสได้
7. **อธิบาย** ขั้นตอนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบ OCS ตาม SOP ได้

ด้านที่ 2 ความปลอดภัย

ผู้เรียนสามารถ

1. **ระบุ** อันตรายและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทำงานกับระบบ OCS ได้
2. **เลือก** PPE ให้เหมาะสมกับลักษณะงานและระดับความเสี่ยงได้
3. **อธิบาย** ขั้นตอนการตัดแยกแหล่งจ่ายและการตรวจสอบสภาวะปลอดพลังงานได้
4. **ปฏิบัติ** ขั้นตอนการต่อลงดินตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยได้
5. **ปฏิบัติ** งานบนที่สูงโดยใช้อุปกรณ์ป้องกันการตกอย่างถูกต้อง
6. **ปฏิบัติตาม** SOP และข้อกำหนดด้านความปลอดภัยตลอดกระบวนการปฏิบัติงาน

ด้านที่ 3 ทักษะการตรวจสอบและซ่อมบำรุง

ผู้เรียนสามารถ

1. **ตรวจสอบ** สภาพ Mast และ Support Structure ตามรายการตรวจสอบได้
2. **ตรวจสอบ** สภาพ Cantilever และอุปกรณ์ประกอบได้
3. **ตรวจสอบ** Contact Wire และ Messenger Wire เพื่อค้นหาความผิดปกติได้

4. **ใช้** เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับงาน OCS ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย
5. **วัด** ค่า Tension, Sag และ Stagger ตามขั้นตอนที่กำหนดได้
6. **ประกอบ** อุปกรณ์ OCS ตามแบบและขั้นตอนการปฏิบัติงานได้
7. **ปรับแต่ง** ระยะและตำแหน่งของอุปกรณ์ OCS ตามค่าที่กำหนดได้
8. **ดำเนินการ** บำรุงรักษาเชิงป้องกันตาม Maintenance Checklist ได้
9. **ตรวจพบ** ความผิดปกติของอุปกรณ์จากข้อมูลการตรวจสอบได้
10. **วิเคราะห์** สาเหตุเบื้องต้นของความผิดปกติและเสนอแนวทางแก้ไขได้

ด้านที่ 4 การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล

ผู้เรียนสามารถ

1. **ใช้** Digital Multimeter, Insulation Tester หรือเครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้อง
2. **บันทึก** ผลการตรวจสอบและค่าการบำรุงรักษาในรูปแบบดิจิทัลได้
3. **ใช้** ข้อมูลจากระบบ Monitoring หรือ Sensor เพื่อประกอบการตรวจสอบเบื้องต้นได้
4. **อธิบาย** หลักการทำงานของ SCADA และ IoT ที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา OCS ได้
5. **ประยุกต์ใช้** แนวคิด CMMS ในการวางแผนและบันทึกงานบำรุงรักษาได้
6. **วิเคราะห์** ข้อมูลพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ได้

ด้านที่ 5 เจตคติและความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน

ผู้เรียนสามารถ

1. **แสดงความตระหนัก** ถึงความสำคัญของความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS
2. **ปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบ** และไม่ละเลยขั้นตอนความปลอดภัย
3. **ปฏิบัติตาม SOP** แม้ในสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดด้านเวลา
4. **รับผิดชอบ** ต่อเครื่องมือ อุปกรณ์ และผลการปฏิบัติงาน

5. **ทำงานร่วมกับผู้อื่น** ตามบทบาทหน้าที่และระบบการสื่อสารที่กำหนด

6. **รายงาน** ความผิดปกติหรือสภาวะที่ไม่ปลอดภัยต่อผู้ควบคุมงานทันที

---

7. โครงสร้างเนื้อหาหลักสูตร

หน่วย	หัวข้อการอบรม	สาระสำคัญ
1	พื้นฐานระบบ OCS	โครงสร้าง หลักการทำงาน และองค์ประกอบ OCS
2	ความปลอดภัยในการทำงาน OCS	Hazard, Risk, PPE, Electrical Safety, Grounding
3	การวิเคราะห์ Layout OCS	แบบระบบ ตำแหน่งอุปกรณ์ และการตรวจสอบเบื้องต้น
4	Cantilever และ Mechanical Structure	Mast, Bracket, Cantilever และอุปกรณ์รองรับ
5	การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	Inspection, Maintenance Schedule และ Checklist
6	การตรวจวัด Tension, Sag และ Stagger	เครื่องมือ วิธีการวัด และการปรับแต่ง
7	การทำงานบนที่สูง	Fall Protection และขั้นตอนปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย
8	การวิเคราะห์ความผิดปกติ	Fault Identification และ Root Cause Analysis
9	การฝึกปฏิบัติและประเมินสมรรถนะ	ประกอบ ตรวจสอบ ปรับแต่ง และประเมิน Competency

---

8. เกณฑ์การผ่านหลักสูตร

ผู้เข้ารับการอบรมต้องมีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น

1. มีเวลาเข้าร่วมอบรมไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
2. ผ่านการทดสอบภาคความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนด
3. ผ่านการประเมินทักษะปฏิบัติ
4. ไม่ฝ่าฝืนข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในการฝึกปฏิบัติ
5. สามารถปฏิบัติงานตาม SOP และผ่าน Competency Checklist ในระดับที่กำหนด

---

9. ผลลัพธ์การเรียนรู้ของหลักสูตร (Learning Outcomes)

เมื่อสำเร็จหลักสูตร ผู้เรียนสามารถ

LO1: อธิบายหลักการทำงานและองค์ประกอบของระบบ OCS ได้

LO2: วิเคราะห์ความเสี่ยงและเลือกมาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมกับงาน OCS ได้

LO3: ตรวจสอบสภาพและวิเคราะห์ความผิดปกติของอุปกรณ์ OCS เบื้องต้นได้

LO4: ใช้เครื่องมือและดำเนินการตรวจวัดค่าที่เกี่ยวข้องกับงาน OCS ได้อย่างถูกต้อง

LO5: ประกอบ ปรับแต่ง และบำรุงรักษาอุปกรณ์ OCS ตาม SOP ได้

LO6: ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการตรวจสอบและบำรุงรักษา OCS ได้

LO7: แสดงสมรรถนะในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง OCS อย่างถูกต้อง ปลอดภัย

📘 หลักสูตรฝึกอบรมแบบมอดูล

ชื่อหลักสูตร: การซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

กลุ่มเป้าหมาย: ช่างเทคนิค, พนักงานใหม่ในระบบราง

ระยะเวลา: 40 ชั่วโมง (สามารถปรับได้ตามระดับพื้นฐานของผู้เรียน)

🔷 โครงสร้างหลักสูตรแบบมอดูล (Module-Based Training Structure)

มอดูล	ชื่อมอดูล	รายละเอียด	ระยะเวลา	วิธีการฝึกอบรม	สมรรถนะหลักที่พัฒนา
Module 1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบ OCS	- องค์ประกอบสายไฟเหนือหัว - หลักการทำงานของระบบจ่ายไฟฟ้า - ระบบไฟฟ้า AC/DC และการป้อนไฟ	4 ชม.	บรรยาย+สื่อภาพ	ความรู้ด้านระบบ OCS, ไฟฟ้ากำลัง
Module 2	มาตรฐานและความปลอดภัยในการทำงาน	- มาตรฐาน UIC/IEC - อันตรายจากระบบไฟฟ้าเหนือหัว - PPE, Lockout/Tagout	4 ชม.	บรรยาย+กิจกรรมจำลอง	เจตคติด้านความปลอดภัย, ความรู้ข้อกำหนด
Module 3	การอ่านแบบและแผนผังทางเทคนิค	- แบบ Layout, Wiring Diagram - การวิเคราะห์ตำแหน่งปัญหา	3 ชม.	ปฏิบัติ+วิเคราะห์แบบ	ทักษะการวิเคราะห์, ความเข้าใจระบบ

มอดูล	ชื่อมอดูล	รายละเอียด	ระยะเวลา	วิธีการฝึกอบรม	สมรรถนะหลักที่พัฒนา
Module 4	โครงสร้างและอุปกรณ์ยึดโยงสาย	- เสา, Cantilever, Dropper, Insulator - ความตึงสายและระยะต่าง ๆ	4 ชม.	สาธิต+ฝึกประกอบ	ความรู้และทักษะโครงสร้าง OCS
Module 5	การตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	- การตรวจสอบแรงดึงสาย - ตรวจสอบจุดสัมผัสร้อน, รอยแตกร้าว - ตารางการบำรุงรักษา	6 ชม.	ปฏิบัติภาคสนาม	ทักษะบำรุงรักษา, การอ่านค่าจากเครื่องมือ
Module 6	การใช้เครื่องมือเฉพาะทาง	- เครื่องวัดแรงดึง, เทอร์โมกราฟฟี	4 ชม.	ปฏิบัติจริง	ทักษะด้านเครื่องมือ
Module 7	การทำงานบนที่สูง	- ความปลอดภัยในการปีนเสา - การใช้รถบำรุงทาง (MEV)	4 ชม.	ปฏิบัติจริง+การประเมิน	เจตคติ+ทักษะภาคสนาม
Module 8	การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขเบื้องต้น	- วิเคราะห์สายหย่อน, จุดร้อน, จุดยึดโยงเสีย - ขั้นตอนการซ่อมฉุกเฉิน	4 ชม.	Case Study + จำลองสถานการณ์	ทักษะการวิเคราะห์, การวางแผน
Module 9	เทคโนโลยีดิจิทัลในงานซ่อมบำรุง	- SCADA, IoT, ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ - การใช้ Mobile ในการซ่อม	3 ชม.	Workshop + ดูงาน	ทักษะดิจิทัล, การเปิดรับเทคโนโลยี

มอดูล	ชื่อมอดูล	รายละเอียด	ระยะเวลา	วิธีการฝึกอบรม	สมรรถนะหลักที่พัฒนา
Module 10	การประเมินสมรรถนะและสรุปผล	- การประเมินภาคทฤษฎี/ภาคปฏิบัติ - สรุปข้อเสนอแนะการพัฒนา	4 ชม.	ทดสอบ + ประเมินรายบุคคล	ทบทวน/ประเมินผลรวมทุกด้าน

✅ **วิธีการประเมินผล**

- **ก่อนฝึกอบรม:**
  แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐาน + ประเมินเจตคติเริ่มต้น (Pre-test & Attitude Survey)
- **ระหว่างฝึกอบรม:**
  ประเมินระหว่างโมดูลด้วยแบบฝึกหัด, Checklists, การสังเกตปฏิบัติ
- **หลังฝึกอบรม:**
  ทดสอบความรู้ (Post-test), การประเมินภาคปฏิบัติ (Practical Assessment), ประเมินสมรรถนะรายบุคคล

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

แบบประเมินหลักสูตรฝึกอบรม

ชื่อหลักสูตร: การซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

สำหรับ: ผู้เชี่ยวชาญ

ผู้ประเมิน: _____

🔍 **คำชี้แจง**

โปรดพิจารณาและให้คะแนนในแต่ละหัวข้อ โดยใช้ระดับคะแนนดังนี้:

ระดับ	5	4	3	2	1
ความหมาย	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมพอใช้	ควรปรับปรุง	ไม่เหมาะสม

✅ **หมวดที่ 1: เนื้อหาหลักสูตร**

รายการประเมิน	1	2	3	4	5
ความสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมาย (ช่างเทคนิค)					
ความครอบคลุมของหัวข้อฝึกอบรม					
ความทันสมัยของเนื้อหา/เทคโนโลยี					
ความเหมาะสมของระดับความยาก					

✅ **หมวดที่ 2: โครงสร้างและการจัดการฝึกอบรม**

รายการประเมิน	1	2	3	4	5
การแบ่งหัวข้อออกเป็นโมดูล					
สัดส่วนเวลา ทฤษฎี–ปฏิบัติ เหมาะสม					
ความชัดเจนของวัตถุประสงค์รายโมดูล					
การออกแบบใบงานและกิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหา					

✅ **หมวดที่ 3: ทรัพยากรประกอบการเรียนรู้**

รายการประเมิน	1	2	3	4	5
ความเหมาะสมของใบงาน					
ความชัดเจนของใบงานและแบบฝึก					
ความครบถ้วนของคู่มือฝึกอบรม					
ความพร้อมของแผนฝึกภาคสนาม					

✅ **หมวดที่ 4: ประสิทธิภาพของหลักสูตรโดยรวม**

รายการประเมิน	1	2	3	4	5
ความคาดหวังในการพัฒนาทักษะผู้เรียน					
ความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริง					

รายการประเมิน	1	2	3	4	5
เหมาะสมกับงานซ่อมบำรุงระบบรางในอนาคต					
ความคุ้มค่าของการฝึกอบรม					

✍ ความเห็นเพิ่มเติมจากผู้ประเมิน

.....

.....

สรุปผลการประเมิน

คะแนนเฉลี่ยรวม: _____ / 5

ระดับความเหมาะสมโดยรวม:

☐ เหมาะสมมากที่สุด ☐ เหมาะสมมาก ☐ เหมาะสมพอใช้

☐ ควรปรับปรุง ☐ ไม่เหมาะสม

ลายมือชื่อผู้ประเมิน: _____

วันที่ประเมิน: ____ /____ /____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แบบประเมินความพึงพอใจในคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอนของผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมินคุณภาพของคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้น

ชื่อผู้ประเมิน: .....

คำชี้แจง : กรุณาให้คะแนนความเหมาะสมของแต่ละรายการ ตามระดับดังนี้:

ระดับ	5	4	3	2	1
ความหมาย	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมพอใช้	ควรปรับปรุง	ไม่เหมาะสม

ที่	ด้านการประเมิน	รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1	**ด้านเนื้อหา**	1.1 ความถูกต้องของเนื้อหาวิชาการ	☐	☐	☐	☐	☐
		1.2 ความครบถ้วน ครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้	☐	☐	☐	☐	☐
		1.3 ความเป็นปัจจุบันและสอดคล้องกับเทคโนโลยีระบบราง	☐	☐	☐	☐	☐
		1.4 ความสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยและข้อกำหนด	☐	☐	☐	☐	☐
2	**ด้านโครงสร้างและรูปแบบ**	2.1 ความเหมาะสมของการจัดลำดับหัวข้อ	☐	☐	☐	☐	☐
		2.2 ความชัดเจนของการนำเสนอ (หัวข้อ, ตาราง, แผนภาพ)	☐	☐	☐	☐	☐

ที่	ด้านการประเมิน	รายการประเมิน	5	4	3	2	1
		2.3 การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ถูกต้องทางวิชาการ	☐	☐	☐	☐	☐
3	**ด้านสื่อการสอน**	3.1 ความเหมาะสมของภาพประกอบ อุปกรณ์จริง และกราฟิก	☐	☐	☐	☐	☐
		3.2 ความทันสมัยและน่าสนใจของสื่อ (Presentation, Infographic, วิดีโอเสริม)	☐	☐	☐	☐	☐
		3.3 ความเหมาะสมของสื่อสำหรับการเรียนรู้	☐	☐	☐	☐	☐
4	**ด้านประโยชน์ใช้สอย**	4.1 การนำไปใช้พัฒนาผู้เรียนจริง	☐	☐	☐	☐	☐
		4.2 ความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	☐	☐	☐	☐	☐
		4.3 ความสอดคล้องกับสมรรถนะที่กำหนด	☐	☐	☐	☐	☐
5	**ความพึงพอใจโดยรวม**	5.1 ความพึงพอใจต่อคู่มือโดยรวม	☐	☐	☐	☐	☐
		5.2 ความพึงพอใจต่อสื่อการสอนโดยรวม	☐	☐	☐	☐	☐

ส่วนข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

แบบประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา

เรื่อง การประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษาในการบำรุงรักษาระบบ OCS

คำชี้แจงสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสอดคล้องของหัวข้อกับองค์ประกอบและตัวชี้วัดการประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็น

คะแนน	**ความหมาย**
+1	ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบ/ตัวชี้วัดอย่างชัดเจน
0	ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้อง
-1	ข้อคำถามไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบ/ตัวชี้วัด

ตอนที่ 1 ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของระบบ OCS

ข้อ	**องค์ประกอบ/ตัวชี้วัด**	**หัวข้อสำหรับประเมิน**	**+1**	**0**	**-1**
1	ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS	นักศึกษาสามารถระบุส่วนประกอบหลักของระบบ OCS ได้อย่างถูกต้อง	☐	☐	☐
2	ความเข้าใจในหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด	นักศึกษามีความเข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด	☐	☐	☐
3	การวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์	นักศึกษาสามารถอธิบายและเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ OCS ได้	☐	☐	☐
4	การตรวจสอบและประเมินสภาพเบื้องต้น	นักศึกษาสามารถตรวจสอบและประเมินสภาพเบื้องต้นของอุปกรณ์ OCS ได้อย่างเหมาะสม	☐	☐	☐

ตอนที่ 2 ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟฟ้า OCS

ข้อ	องค์ประกอบ/ตัวชี้วัด	หัวข้อสำหรับประเมิน	+1	0	-1
5	ความเข้าใจมาตรการความปลอดภัย	นักศึกษามีความเข้าใจมาตรการและข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS	☐	☐	☐
6	การวิเคราะห์ความเสี่ยง	นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองก่อนปฏิบัติงานได้	☐	☐	☐
7	การเลือกและใช้ PPE	นักศึกษาสามารถเลือกและใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ได้อย่างถูกต้อง	☐	☐	☐
8	การปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	นักศึกษาสามารถระบุและปฏิบัติตามขั้นตอน **ก่อน–ระหว่าง–หลัง** การทำงานได้อย่างถูกต้อง	☐	☐	☐
9	การป้องกันอันตรายจากระบบไฟฟ้า	นักศึกษาสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการตัดแยกวงจร การตรวจสอบ และการต่อลงดินก่อนปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง	☐	☐	☐
10	การตอบสนองต่อสถานการณ์ผิดปกติ	นักศึกษาสามารถปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสมเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติหรือภาวะฉุกเฉินในการทำงานระบบ OCS	☐	☐	☐

ชื่อ ผู้ประเมิน .....

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 1: ส่วนประกอบของระบบ OCS

กลุ่มเป้าหมาย: ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS), งานฝึกอบรมช่างเทคนิค

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาแต่ละข้อคำถามในใบงานที่ 1 แล้วประเมินว่า "จำเป็น" ต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
1	ระบบ OCS คืออะไร	☐	☐	☐
2	หน้าที่ของสาย Contact Wire	☐	☐	☐
3	ส่วนประกอบของ Messenger Wire	☐	☐	☐
4	การทำงานของ Dropper	☐	☐	☐
5	การทำงานของ Auto Tensioning Device	☐	☐	☐
6	บทบาทของสาย Earth Wire	☐	☐	☐
7	หน้าที่ของ Insulator ในระบบ OCS	☐	☐	☐
8	อุปกรณ์ยึดโยงที่ยึดสายเข้ากับเสา	☐	☐	☐
9	การรักษาระดับความสูงของสายไฟ	☐	☐	☐
10	ข้อดีของระบบ Auto Tension	☐	☐	☐
11	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและอุณหภูมิ	☐	☐	☐
12	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงดึงสาย	☐	☐	☐
13	โครงสร้าง Bracket Tube และ Cantilever	☐	☐	☐
14	หน้าที่ของ Section Insulator	☐	☐	☐
15	โครงสร้าง Supporting Pole	☐	☐	☐
16	ตำแหน่งของสาย Contact Wire บนแผนผัง	☐	☐	☐
17	ผลของการหย่อนหรือขาดของ Dropper	☐	☐	☐

18	การจัดเรียงสายในระบบ Single Track	☐	☐	☐
19	ผลของเสายึดไม่แน่นต่อระบบ OCS	☐	☐	☐
20	หน้าที่ของสาย Feeder ในระบบจ่ายไฟ	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: .....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน: .....

✎ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่อแบบประเมิน/คำถาม:

.....



แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 2:

ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ

กลุ่มเป้าหมาย: ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าแรงสูง, งานฝึกอบรมช่างเทคนิค, วิศวกร หรือครูฝึก

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาแต่ละข้อคำถามในใบงานที่ 2 แล้วประเมินว่า "จำเป็น"

ต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
1	ความสำคัญของการตัดระบบไฟก่อนปฏิบัติงาน	☐	☐	☐
2	บทบาทของระบบตัดไฟอัตโนมัติ (Auto Trip)	☐	☐	☐
3	ความหมายของระยะปลอดภัย	☐	☐	☐
4	อันตรายจากไฟฟ้าแรงสูง	☐	☐	☐
5	การประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น	☐	☐	☐
6	หน้าที่ของอุปกรณ์ Lockout/Tagout	☐	☐	☐
7	PPE ที่จำเป็นในการทำงานใกล้ระบบจ่ายไฟ	☐	☐	☐
8	ขั้นตอนการตรวจสอบก่อนขึ้นทำงานบนเสา	☐	☐	☐
9	บทบาทของผู้ควบคุมความปลอดภัย	☐	☐	☐
10	ข้อควรระวังในการซ่อมใกล้สายไฟแรงสูง	☐	☐	☐
11	การรายงานอุบัติเหตุหรือเหตุเฉียด	☐	☐	☐
12	การตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันก่อนใช้	☐	☐	☐
13	แนวทางการสื่อสารภาคสนามระหว่างทีม	☐	☐	☐
14	การใช้ป้ายเตือนในพื้นที่อันตราย	☐	☐	☐
15	ความถี่ในการฝึกซ้อมแผนฉุกเฉิน	☐	☐	☐
16	ขั้นตอนหลังพบการรั่วไหลของกระแสไฟ	☐	☐	☐
17	มาตรฐานความปลอดภัยของแรงดันไฟฟ้า	☐	☐	☐
18	การจำแนกพื้นที่เสี่ยงตามระบบ OCS	☐	☐	☐
19	บทบาทของแผนผังระบบจ่ายไฟในการทำงาน	☐	☐	☐

20	พฤติกรรมเสี่ยงที่ต้องหลีกเลี่ยงขณะทำงาน	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: .....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน: .....

ประสบการณ์ในสาขาที่เกี่ยวข้อง (ปี): ..... ปี

✎ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่อแบบประเมิน/คำถาม:

.....



แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 3: วิเคราะห์แบบ Layout ระบบ OCS

กลุ่มเป้าหมาย: ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS), งานฝึกอบรมช่างเทคนิค

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาแต่ละข้อคำถามในใบงานที่ 3 แล้วประเมินว่า "จำเป็นต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
1	โครงสร้างหลักของ Layout ระบบ OCS	☐	☐	☐
2	การแยกแยะตำแหน่งเสา Supporting Pole	☐	☐	☐
3	ตำแหน่งของ Dropper บนแผนผัง	☐	☐	☐
4	การระบุจุดติดตั้ง Auto Tensioning Device	☐	☐	☐
5	ตำแหน่งสาย Messenger Wire และ Contact Wire	☐	☐	☐
6	สัญลักษณ์ทางเทคนิคบนแบบแปลน	☐	☐	☐
7	แนวการเดินสายในระบบ Single และ Double Track	☐	☐	☐
8	การระบุอุปกรณ์ Section Insulator บนแผน	☐	☐	☐
9	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างเสากับแรงดึง	☐	☐	☐
10	การประเมินความเสี่ยงจากลักษณะ Layout	☐	☐	☐
11	จุดที่ควรติดตั้ง Earth Wire ตาม Layout	☐	☐	☐
12	การวางจุด Access สำหรับบำรุงรักษา	☐	☐	☐
13	การอ่านระดับความสูงจากแผน Layout	☐	☐	☐
14	การวิเคราะห์ความซับซ้อนของพื้นที่ Layout	☐	☐	☐
15	การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ LSP, Surge Arrester	☐	☐	☐

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
16	ทิศทางการเดินรถและผลต่อการจัดวางอุปกรณ์	☐	☐	☐
17	การจัดวางโครงสร้าง Bracket และ Cantilever	☐	☐	☐
18	การแปลสัญลักษณ์ระยะทางในแผนผัง	☐	☐	☐
19	การระบุแนวสายไฟจากสถานีจ่ายไฟ	☐	☐	☐
20	การใช้ Layout ประกอบการวางแผน PM	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: .....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน: .....

✎ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่อแบบประเมิน/คำถาม:

.....

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 4:

อุปกรณ์ยึดโยงและโครงสร้างทางกล

กลุ่มเป้าหมาย: ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS), งานฝึกอบรมช่างเทคนิค

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาแต่ละข้อคำถามในใบงานที่ 4 แล้วประเมินว่า “จำเป็น” ต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
1	หน้าที่ของ Bracket Tube	☐	☐	☐
2	โครงสร้างของ Cantilever Assembly	☐	☐	☐
3	การยึดโยงสายกับ Insulator	☐	☐	☐
4	โครงสร้าง Dropper Clip	☐	☐	☐
5	Anchor Clamp ใช้ทำอะไร	☐	☐	☐
6	Bracket Base อยู่ตำแหน่งใด	☐	☐	☐
7	ประเภทของสายดึง (Stay Wire)	☐	☐	☐
8	แรงดึงที่เหมาะสมกับสายยึด	☐	☐	☐
9	การตรวจสอบรอยร้าวในแขนค้ำ	☐	☐	☐
10	ผลกระทบจากการคลายตัวของ Bolt	☐	☐	☐
11	การจัดแนว Bracket Tube อย่างถูกต้อง	☐	☐	☐
12	ความสำคัญของ Spring Tension Device	☐	☐	☐
13	Clamp ตัวใดใช้ยึด Contact Wire	☐	☐	☐
14	การระบุรหัสชิ้นส่วนจากแบบแปลน	☐	☐	☐
15	ความทนทานของอุปกรณ์ในภาคสนาม	☐	☐	☐
16	โครงสร้าง Supporting Pole แบบต่าง ๆ	☐	☐	☐

17	ความต่างระหว่าง Mechanical กับ Electrical Bond	☐	☐	☐
ข้อที่	**หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)**	**ไม่จำเป็น (1)**	**อาจจำเป็น (2)**	**จำเป็นอย่างยิ่ง (3)**
18	แนวทางซ่อมแซมเมื่อพบจุดยึดเสียหาย	☐	☐	☐
19	วัสดุที่ใช้ในอุปกรณ์ยึดโยง OCS	☐	☐	☐
20	ผลของแรงลมต่อโครงสร้างทางกล	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: .....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน: .....

✎ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่อแบบประเมิน/คำถาม:

.....

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 5: ตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

กลุ่มเป้าหมาย: ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS), งานฝึกอบรมช่างเทคนิค

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาความจำเป็นของแต่ละข้อคำถามในใบงานนี้ว่าเหมาะสมต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยเลือกตัวเลือกที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	**หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)**	**ไม่จำเป็น (1)**	**อาจจำเป็น (2)**	**จำเป็นอย่างยิ่ง (3)**
1	ความหมายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)	☐	☐	☐
2	ประเภทของงานตรวจสอบตามรอบเวลา	☐	☐	☐
3	รายการตรวจสอบ Dropper และ Contact Wire	☐	☐	☐
4	การตรวจสอบความตึงของสายไฟ	☐	☐	☐
5	การตรวจสอบอุปกรณ์ยึดโยงบนเสา	☐	☐	☐
6	ระยะเวลาที่เหมาะสมของรอบการ PM	☐	☐	☐
7	การตรวจสอบสายดินและ Earth Bond	☐	☐	☐
8	บันทึกผลการตรวจสอบในตาราง PM	☐	☐	☐
9	การตั้งค่ามาตรฐานอ้างอิงในการตรวจ	☐	☐	☐
10	วิธีจัดลำดับความสำคัญในการตรวจสอบ	☐	☐	☐
11	สัญญาณเตือนล่วงหน้าที่ควรเฝ้าระวัง	☐	☐	☐

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
12	เครื่องมือวัดที่ใช้ในงาน PM	☐	☐	☐
13	การประเมินความเสื่อมสภาพของอุปกรณ์	☐	☐	☐
14	ผลกระทบจากการละเลย PM	☐	☐	☐
15	แนวทางปรับแผน PM ให้สอดคล้องกับสภาพจริง	☐	☐	☐
16	รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลการบำรุงรักษา	☐	☐	☐
17	บทบาทของ CMMS ในการสนับสนุน PM	☐	☐	☐
18	การเชื่อมโยงระหว่างงานตรวจสอบกับงานซ่อม	☐	☐	☐
19	การจัดทำรายงานหลังการ PM	☐	☐	☐
20	การวางแผนและจัดทีมสำหรับงาน PM	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: _____

ตำแหน่ง / หน่วยงาน: _____

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 6: การใช้เครื่องวัดแรงดึงสายไฟ

กลุ่มเป้าหมาย: ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS), งานฝึกอบรมช่างเทคนิค

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาความจำเป็นของแต่ละข้อคำถามในใบงานนี้ว่าเหมาะสมต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยเลือกตัวเลือกที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	**หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)**	**ไม่จำเป็น (1)**	**อาจจำเป็น (2)**	**จำเป็นอย่างยิ่ง (3)**
1	หลักการทำงานของเครื่องวัดแรงดึงสายไฟ	☐	☐	☐
2	วิธีการติดตั้งเครื่องวัดบนสาย Contact Wire	☐	☐	☐
3	การตั้งค่าศูนย์วัด (Zero Calibration) ก่อนใช้งาน	☐	☐	☐
4	ค่ามาตรฐานแรงดึงที่เหมาะสมในสภาพอากาศต่าง ๆ	☐	☐	☐
5	ผลของแรงดึงต่ำหรือสูงเกินไปต่อระบบ OCS	☐	☐	☐
6	การอ่านค่าบนหน้าจอของเครื่องมือ	☐	☐	☐
7	วิธีบันทึกค่าแรงดึงจากหลายตำแหน่งในตารางวัด	☐	☐	☐
8	การเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่ามาตรฐาน	☐	☐	☐
9	ปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการวัด	☐	☐	☐
10	การประเมินความเสี่ยงจากค่าแรงดึงที่ผิดปกติ	☐	☐	☐

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
11	การปฏิบัติงานกับเครื่องวัดในสภาวะอากาศร้อนหรือเย็นจัด	☐	☐	☐
12	วิธีตรวจสอบความพร้อมใช้งานของเครื่องวัดก่อนใช้งาน	☐	☐	☐
13	การระบุสายที่ต้องวัดแรงดึงในระบบสายคู่ (Messenger/Contact)	☐	☐	☐
14	การวิเคราะห์ข้อมูลแรงดึงเพื่อวางแผนการปรับตั้งใหม่	☐	☐	☐
15	ขั้นตอนความปลอดภัยในการวัดแรงดึงสายไฟ	☐	☐	☐
16	การดูแลรักษาเครื่องวัดแรงดึงหลังใช้งาน	☐	☐	☐
17	การจัดเก็บบันทึกผลการวัดแบบดิจิทัลหรือกระดาษ	☐	☐	☐
18	การใช้ผลการวัดแรงดึงประกอบกับการตรวจสอบเชิงป้องกัน (PM)	☐	☐	☐
19	การฝึกอบรมหรือเรียนรู้การใช้เครื่องวัดแรงดึงเบื้องต้น	☐	☐	☐
20	ความเชื่อมโยงของข้อมูลแรงดึงกับการออกแบบโครงสร้าง OCS	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: _____

ตำแหน่ง / หน่วยงาน: _____

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 7: ปฏิบัติงานบนที่สูงอย่างปลอดภัย**กลุ่มเป้าหมาย:** ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS), งานฝึกอบรมช่างเทคนิค

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาความจำเป็นของแต่ละข้อคำถามในใบงานนี้ว่าเหมาะสมต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยเลือกตัวเลือกที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	**หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)**	**ไม่จำเป็น (1)**	**อาจจำเป็น (2)**	**จำเป็นอย่างยิ่ง (3)**
1	อุปกรณ์ PPE ที่จำเป็นก่อนปฏิบัติงานบนที่สูง	☐	☐	☐
2	ขั้นตอนการตรวจสอบอุปกรณ์กันตกก่อนใช้งาน	☐	☐	☐
3	การประเมินความเสี่ยงของสภาพแวดล้อมก่อนเริ่มงาน	☐	☐	☐
4	ความสำคัญของการใช้งาน Full Body Harness อย่างถูกต้อง	☐	☐	☐
5	ระยะปลอดภัยจากสายไฟฟ้าแรงสูงขณะปฏิบัติงาน	☐	☐	☐
6	การตรวจสอบความแข็งแรงของจุดยึด (Anchor Point)	☐	☐	☐
7	สัญญาณเตือนอันตรายที่ต้องระบุในพื้นที่ทำงาน	☐	☐	☐
8	ขั้นตอนการทำ Permit to Work สำหรับงานบนที่สูง	☐	☐	☐
9	วิธีการประเมินสภาพอากาศก่อนเริ่มงานที่สูง	☐	☐	☐

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
10	ความรับผิดชอบของผู้ควบคุมงานขณะมีผู้ปฏิบัติการบนที่สูง	☐	☐	☐
11	การใช้อุปกรณ์สื่อสารในกรณีฉุกเฉิน	☐	☐	☐
12	การวางแผนเส้นทางหลบหนีและการช่วยเหลือฉุกเฉิน	☐	☐	☐
13	อาการบ่งชี้ของภาวะเป็นลมจากการแขวนตัว (Suspension Trauma)	☐	☐	☐
14	ข้อกำหนดตามมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูง (เช่น ISO, OSHA, กรมแรงงาน)	☐	☐	☐
15	การใช้ Check Sheet สำหรับตรวจสอบความพร้อมก่อนขึ้นที่สูง	☐	☐	☐
16	ลักษณะพื้นที่เสี่ยงที่ควรหลีกเลี่ยงในงานที่สูง	☐	☐	☐
17	การใช้ Fall Arrest กับ Fall Restraint แตกต่างกันอย่างไร	☐	☐	☐
18	การบำรุงรักษาอุปกรณ์ป้องกันการตก	☐	☐	☐
19	การฝึกอบรมก่อนเริ่มงานในที่สูงมีความจำเป็นเพียงใด	☐	☐	☐
20	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นหากไม่ปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยบนที่สูง	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: _____

ตำแหน่ง / หน่วยงาน: _____

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....



แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 8: วิเคราะห์ปัญหาจากเหตุการณ์จำลอง**กลุ่มเป้าหมาย:** ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS), งานฝึกอบรมช่างเทคนิค

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาความจำเป็นของแต่ละข้อคำถามในใบงานนี้ว่าเหมาะสมต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยเลือกตัวเลือกที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	**หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)**	**ไม่จำเป็น (1)**	**อาจจำเป็น (2)**	**จำเป็นอย่างยิ่ง (3)**
1	การระบุสาเหตุเบื้องต้นจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง	☐	☐	☐
2	วิเคราะห์ Root Cause ของสาย Contact Wire หลุด	☐	☐	☐
3	การพิจารณาข้อมูลที่สำคัญในเหตุการณ์จำลอง	☐	☐	☐
4	การใช้ผัง Layout และตำแหน่งติดตั้งประกอบการวิเคราะห์	☐	☐	☐
5	การพิจารณาสภาพอุปกรณ์ก่อนเกิดเหตุ	☐	☐	☐
6	การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระบบไฟฟ้าและการเดินรถ	☐	☐	☐
7	การประเมินความเสียหายของอุปกรณ์ภายหลังเหตุการณ์	☐	☐	☐

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
8	การตั้งสมมติฐานปัจจัยที่เป็นไปได้จากข้อมูลจำกัด	☐	☐	☐
9	การสืบย้อนเหตุการณ์จากข้อมูลการตัดไฟอัตโนมัติ	☐	☐	☐
10	การกำหนดลำดับขั้นตอนการตรวจสอบหลังเกิดเหตุ	☐	☐	☐
11	การเชื่อมโยงเหตุการณ์กับข้อมูลแรงดึงสายไฟ	☐	☐	☐
12	การวิเคราะห์บทบาทของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในเหตุขัดข้อง	☐	☐	☐
13	การจัดลำดับความสำคัญของการแก้ไข	☐	☐	☐
14	การประเมินความปลอดภัยในพื้นที่ก่อนการแก้ไข	☐	☐	☐
15	วิธีป้องกันไม่ให้เหตุการณ์ลักษณะเดียวกันเกิดขึ้นอีก	☐	☐	☐
16	การจัดทำรายงานสรุปเหตุการณ์เพื่อใช้ในการเรียนรู้	☐	☐	☐
17	การสื่อสารเหตุการณ์ต่อทีมงานและฝ่ายที่เกี่ยวข้อง	☐	☐	☐
18	การนำเสนอข้อเสนอแนะแนวทางปรับปรุง	☐	☐	☐

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
19	การประยุกต์ใช้แนวคิด RCA (Root Cause Analysis)	☐	☐	☐
20	การวางแผน PM หลังเกิดเหตุการณ์เพื่อป้องกันความเสี่ยงซ้ำ	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: _____

ตำแหน่ง / หน่วยงาน: _____

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Ratio: CVR)

ชื่อแบบประเมิน: แบบประเมินความจำเป็นของข้อคำถามในใบงานที่ 9: การใช้ระบบดิจิทัลสนับสนุนงานซ่อม**กลุ่มเป้าหมาย:** ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS), งานฝึกอบรมช่างเทคนิค

คำชี้แจง: โปรดพิจารณาความจำเป็นของแต่ละข้อคำถามในใบงานนี้ว่าเหมาะสมต่อการวัดสมรรถนะของผู้เรียนหรือไม่ โดยเลือกตัวเลือกที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด:

1 = ไม่จำเป็นเลย 2 = อาจจำเป็น 3 = จำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อที่	**หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)**	**ไม่จำเป็น (1)**	**อาจจำเป็น (2)**	**จำเป็นอย่างยิ่ง (3)**
1	ประโยชน์ของระบบดิจิทัลในงานซ่อมบำรุง OCS	☐	☐	☐
2	ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ CMMS (Computerized Maintenance Management System)	☐	☐	☐
3	ฟังก์ชันการใช้งานของ Mobile App สำหรับงานภาคสนาม	☐	☐	☐
4	ขั้นตอนการบันทึกงานซ่อมผ่านแท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟน	☐	☐	☐
5	ความถูกต้องของการบันทึกข้อมูลตามจุดตรวจ	☐	☐	☐
6	การอ่านค่าตรวจสอบหรือผลวิเคราะห์ผ่าน Dashboard	☐	☐	☐
7	การอัปโหลดภาพถ่ายประกอบในระหว่างซ่อม	☐	☐	☐
8	การใช้ QR Code หรือ RFID ระบุจุดตรวจ	☐	☐	☐
9	การวิเคราะห์แนวโน้มการชำรุดด้วยซอฟต์แวร์	☐	☐	☐
10	การตรวจสอบประวัติงานซ่อมย้อนหลังในระบบ	☐	☐	☐
11	การแจ้งเตือนงานซ่อมผ่านระบบอัตโนมัติ	☐	☐	☐
12	ความปลอดภัยของข้อมูลที่บันทึกในระบบ	☐	☐	☐

ข้อที่	หัวข้อคำถาม (สรุปย่อ)	ไม่จำเป็น (1)	อาจจำเป็น (2)	จำเป็นอย่างยิ่ง (3)
13	การประเมินประสิทธิภาพของการใช้งานจริง	☐	☐	☐
14	การบันทึกเวลาและสถานที่ผ่านระบบ GPS	☐	☐	☐
15	ความสะดวกในการสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานและหัวหน้างานผ่านระบบดิจิทัล	☐	☐	☐
16	ความสามารถในการจัดทำรายงานอัตโนมัติ	☐	☐	☐
17	การเปรียบเทียบงานซ่อมแบบใช้ระบบดิจิทัลกับแบบเอกสาร	☐	☐	☐
18	ปัญหา/อุปสรรคที่พบจากการใช้งานระบบ	☐	☐	☐
19	ข้อเสนอแนะแนวทางปรับปรุงการใช้งานระบบดิจิทัลในงานภาคสนาม	☐	☐	☐
20	ความพร้อมในการใช้งานระบบดิจิทัลในหน่วยงานปฏิบัติจริง	☐	☐	☐

ข้อมูลผู้ประเมิน

ชื่อผู้ประเมิน: _____

ตำแหน่ง / หน่วยงาน: _____

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

📋 แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

สมรรถนะที่ 1: การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast & Support Structure)

ผู้ประเมิน: .....

วันที่ประเมิน: ...../...../.....

วิธีการให้คะแนน:

+1 = สอดคล้องอย่างเหมาะสม, **0** = ไม่แน่ใจ / ไม่ชัดเจน, **-1** = ไม่สอดคล้อง

ส่วนที่ 1 : แบบทดสอบความรู้ (20 ข้อ)

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	ส่วนประกอบของเสา Mast	บอกชื่อและหน้าที่ของส่วนประกอบ Mast ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	ชนิดของเสาและการใช้งาน	อธิบายชนิดและลักษณะการใช้เสาได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	วัสดุที่ใช้ทำ Mast	อธิบายคุณสมบัติของวัสดุและความเหมาะสมได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	หน้าที่ของโครงสร้างรองรับ	อธิบายหน้าที่ของ Crossarm, Bracket, Stay Wire ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	การกัดกร่อนของเหล็ก	ระบุสาเหตุและการป้องกันได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	ความสูงและระยะติดตั้ง	อธิบายเกณฑ์การติดตั้งที่ถูกต้องได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	Bolt และ Clamp	อธิบายหน้าที่และวิธีตรวจสอบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	การตรวจสอบการบิดเอียง	บอกวิธีและเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
9	พื้นฐานความปลอดภัยในการทำงานใกล้ OCS	ระบุข้อควรระวังได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	Foundation ของเสา	อธิบายองค์ประกอบฐานรากและการตรวจสอบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
11	เครื่องมือวัดระยะและระดับ	อธิบายวิธีใช้และหลักการทำงานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
12	การบันทึกค่าที่ตรวจวัด	ระบุวิธีการบันทึกและหน่วยวัดได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
13	หลักการประเมินความเสี่ยง	อธิบายหลักการวิเคราะห์ความเสี่ยงได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
14	การรายงานผลการตรวจสอบ	ระบุองค์ประกอบรายงานที่ถูกต้องได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
15	ขั้นตอนการตรวจสอบ Mast	อธิบายลำดับขั้นตอนการตรวจสอบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
16	ขั้นตอนการตรวจสอบโครงสร้างรองรับ	อธิบายวิธีการตรวจสอบ Crossarm, Bracket ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
17	ข้อบกพร่องที่พบบ่อย	ระบุและอธิบายได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
18	การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	อธิบายแนวคิดและวิธีปฏิบัติได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
19	การเลือก PPE ที่เหมาะสม	ระบุ PPE ตามประเภทงานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
20	การปฏิบัติงานในพื้นที่จำกัด	อธิบายข้อควรระวังและขั้นตอนปฏิบัติได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ส่วนที่ 2 : แบบทดสอบทักษะ (ภาคปฏิบัติ) 10 ข้อ

ข้อสอบ	รายการประเมิน (จาก Check Sheet)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบ	เลือกและเตรียมเครื่องมือถูกต้องครบถ้วน พร้อมใช้งาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	การสวมใส่ PPE	สวมใส่อุปกรณ์ครบถ้วนตามมาตรฐานความปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	ตรวจสอบสภาพเสา Mast	ตรวจสอบความตรง, การบิด, การกัดกร่อน, รอยแตกร้าว	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	ตรวจสอบโครงสร้างรองรับ	ตรวจสอบ Crossarm, Bracket, Stay Wire, Bolt, Clamp	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	ตรวจสอบจุดยึดและฐานราก	ตรวจสอบ Anchor, Base Plate, Foundation	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	ใช้เครื่องมือวัดอย่างถูกต้อง	ใช้เครื่องมือวัดระยะ/ระดับได้แม่นยำและปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	บันทึกค่าที่ตรวจวัด	บันทึกข้อมูลครบถ้วน ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	วิเคราะห์ผลจากการตรวจสอบ	วิเคราะห์สภาพและประเมินความเสี่ยงได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	รายงานผลการตรวจสอบ	รายงานผลชัดเจน ครบทุกหัวข้อ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	ปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัย	ปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยในทุกขั้นตอน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

สมรรถนะที่ 2: การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)

ผู้ประเมิน: .....

วันที่ประเมิน: ...../...../.....

วิธีการให้คะแนน:

+1 = สอดคล้องอย่างเหมาะสม, **0** = ไม่แน่ใจ / ไม่ชัดเจน, **-1** = ไม่สอดคล้อง

---

1. แบบประเมิน IOC – ข้อสอบความรู้ (20 ข้อ)

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	ส่วนประกอบหลักของ Cantilever System	ระบุและอธิบายส่วนประกอบหลักได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	หน้าที่ของ Crossarm	อธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	การตรวจสอบจุดยึด Clamp	อธิบายขั้นตอนตรวจสอบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	สัญญาณบ่งชี้การเสื่อมสภาพของ Insulator	ระบุอาการเสื่อมสภาพได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	การเลือกเครื่องมือสำหรับบำรุงรักษา	เลือกใช้เครื่องมือได้เหมาะสม	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	หลักการกระจายน้ำหนักใน Cantilever	อธิบายหลักการกระจายน้ำหนักได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
7	มาตรฐานการขัน Bolt และ Nut	ระบุค่า Torque ตามมาตรฐานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	การตรวจสอบระยะเอียง (Tilt)	อธิบายขั้นตอนการวัดและเกณฑ์ยอมรับได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	การตรวจสอบสาย Stay Tube	ระบุวิธีตรวจสอบและการบำรุงรักษาได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	ความปลอดภัยในการทำงานใกล้สายไฟฟ้า	อธิบายข้อควรระวังด้านความปลอดภัยได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
11	การบันทึกค่าการตรวจสอบ	ระบุรูปแบบและหน่วยวัดได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
12	การใช้เครื่องมือวัดระยะเอียง	ใช้งานเครื่องมือได้อย่างถูกวิธี	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
13	ความสำคัญของการตรวจสอบตามรอบเวลา	อธิบายเหตุผลการตรวจสอบตามรอบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
14	อันตรายจากการยึดอุปกรณ์ไม่แน่น	อธิบายผลกระทบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
15	วิธีการทำความสะอาดอุปกรณ์	อธิบายขั้นตอนการทำความสะอาดได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
16	การเลือกใช้ PPE ที่เหมาะสม	ระบุ PPE ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
17	การวิเคราะห์ปัญหาจากค่าที่วัดได้	วิเคราะห์และสรุปผลได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
18	สาเหตุการคลายตัวของ Bolt/Nut	อธิบายสาเหตุได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
19	ขั้นตอนการรายงานผลตรวจสอบ	ระบุขั้นตอนรายงานผลได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
20	การจัดเก็บเครื่องมือหลังใช้งาน	อธิบายขั้นตอนจัดเก็บได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

2. แบบประเมิน IOC – ข้อสอบทักษะ (ภาคปฏิบัติ 10 ข้อ ตาม Check Sheet)

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบ	เลือกและเตรียมเครื่องมือได้เหมาะสม	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	สวมใส่อุปกรณ์ PPE ครบถ้วน	ปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	ตรวจสอบ Crossarm	ตรวจสอบความมั่นคงและสภาพทั่วไปได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	ตรวจสอบ Clamp และ Bolt	ตรวจสอบและระบุความผิดปกติได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	ตรวจสอบ Insulator	ประเมินสภาพการใช้งานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	ตรวจสอบ Stay Tube และการยึด	ตรวจสอบและวัดระยะได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	ใช้เครื่องมือวัดระยะเอียง	ใช้เครื่องมือได้ถูกต้องและแม่นยำ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
8	บันทึกค่าที่ตรวจวัด	จดบันทึกข้อมูลครบถ้วน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	วิเคราะห์ผลจากค่าที่วัดได้	วิเคราะห์และตัดสินใจได้เหมาะสม	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	รายงานผลการตรวจสอบ	รายงานผลครบถ้วนและชัดเจน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1



แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

สมรรถนะที่ 3: การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส (Contact & Messenger Wire)

ผู้ประเมิน: .....

วันที่ประเมิน: ...../...../.....

คำชี้แจงสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

โปรดประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของสมรรถนะนี้ โดยให้คะแนนดังนี้

+1 = สอดคล้องอย่างชัดเจน, **0** = ไม่แน่ใจ, **−1** = ไม่สอดคล้อง

---

1. แบบประเมิน IOC – แบบทดสอบความรู้ (20 ข้อ)

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	หน้าที่ของ Contact Wire ในระบบ OCS คืออะไร	อธิบายการทำงานและบทบาทของ Contact Wire ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	Messenger Wire มีหน้าที่หลักอะไร	อธิบายบทบาท Messenger Wire ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	ค่าความสูงติดตั้งมาตรฐานของ Contact Wire คือเท่าใด	ระบุค่ามาตรฐานได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	ปัจจัยที่มีผลต่อการสึกหรอของ Contact Wire คืออะไร	วิเคราะห์สาเหตุการสึกหรอได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	วัสดุที่นิยมใช้ทำ Contact Wire คืออะไร	ระบุวัสดุและคุณสมบัติได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
6	วิธีตรวจสอบการสึกหรอของลวดนำกระแส	อธิบายขั้นตอนการตรวจสอบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	ค่าแรงตึงมาตรฐานของ Messenger Wire	ระบุค่ามาตรฐานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	สัญญาณบ่งชี้ลวดนำกระแสใกล้ขาด	ตรวจจับอาการผิดปกติได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	อันตรายจากการสัมผัสลวดนำกระแส	อธิบายความเสี่ยงด้านความปลอดภัยได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	เครื่องมือที่ใช้วัดความสูงและระยะ Stagger	ระบุเครื่องมือได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
11	หลักการวัดระยะ Stagger	อธิบายขั้นตอนการวัดได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
12	การเปลี่ยนลวดนำกระแสต้องทำในเงื่อนไขใด	ระบุเงื่อนไขการบำรุงรักษาได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
13	ข้อควรระวังเมื่อทำงานใกล้สายไฟแรงสูง	ระบุข้อควรระวังได้ครบถ้วน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
14	ความต่างของ Contact Wire และ Catenary Wire	อธิบายความแตกต่างได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
15	สาเหตุ Messenger Wire หย่อนผิดปกติ	วิเคราะห์สาเหตุได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
16	การตรวจสอบลวดในสภาพฝนตกหรือความชื้นสูง	ระบุวิธีตรวจสอบอย่างปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
17	มาตรการป้องกันการเกิด Arc บริเวณจุดสัมผัส	อธิบายมาตรการได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
18	ขั้นตอนการหยุดระบบจ่ายไฟก่อนบำรุงรักษา	ระบุขั้นตอน Safety Lockout/Tagout ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
19	วิธีอ่านค่าจาก Vernier Caliper สำหรับวัดความหนาลวด	ใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
20	ข้อกำหนดความหนาขั้นต่ำของ Contact Wire ก่อนเปลี่ยน	ระบุเกณฑ์มาตรฐานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

---

2. แบบประเมิน IOC – แบบทดสอบทักษะ (10 ข้อ)

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	ใช้ Vernier Caliper วัดความหนาลวดนำกระแสได้ถูกต้อง	ใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	วัดความสูงของ Contact Wire ได้ในค่าที่ถูกต้อง	ปฏิบัติงานวัดค่าตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	วัดระยะ Stagger ได้ถูกต้องและบันทึกได้	ปฏิบัติงานวัดค่าตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	ตรวจสอบร่องรอยการสึกหรอของลวดด้วยสายตา	ตรวจจับความผิดปกติได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	ตรวจสอบ Messenger Wire ว่ามีการหย่อนหรือไม่	วิเคราะห์ความตึงของลวดได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
6	ใช้ Tension Meter ตรวจวัดแรงตึงลวด	ใช้เครื่องมือเฉพาะทางได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้องในแบบฟอร์ม	ทำเอกสารบันทึกข้อมูลได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	ปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยขณะวัดและตรวจสอบ	ปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	แปลผลค่าที่วัดได้เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน	วิเคราะห์ข้อมูลและตัดสินใจได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	สื่อสารผลการตรวจสอบกับหัวหน้างานได้ชัดเจน	สื่อสารทางเทคนิคได้อย่างมีประสิทธิภาพ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

สมรรถนะที่ 4: การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding)

ผู้ประเมิน: .....

วันที่ประเมิน: ...../...../.....

วิธีการให้คะแนน:

+1 = สอดคล้องอย่างเหมาะสม, **0** = ไม่แน่ใจ / ไม่ชัดเจน, **-1** = ไม่สอดคล้อง

ส่วนที่ 1 : แบบทดสอบความรู้ (20 ข้อ)

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	อธิบายหน้าที่หลักของ Feeder ในระบบ OCS	ผู้เข้าสอบสามารถบอกหน้าที่และความสำคัญของ Feeder ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	อธิบายประเภทของ Jumper และการใช้งาน	ผู้เข้าสอบจำแนกประเภทของ Jumper และการใช้งานได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	อธิบายบทบาทของ Bonding ต่อความปลอดภัยของระบบ	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายหลักการ Bonding และความสำคัญได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	ระบุอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ใน Feeder Connection	ผู้เข้าสอบสามารถระบุอุปกรณ์ประกอบ Feeder ได้ครบถ้วน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	อธิบายขั้นตอนการติดตั้ง Jumper ที่ถูกต้อง	ผู้เข้าสอบสามารถลำดับขั้นตอนการติดตั้ง Jumper ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
6	ระบุค่ามาตรฐานความต้านทานของจุดต่อ Bonding	ผู้เข้าสอบสามารถบอกค่ามาตรฐานตามคู่มือได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	อธิบายวิธีการตรวจสอบสภาพสาย Feeder	ผู้เข้าสอบสามารถบรรยายขั้นตอนการตรวจสอบได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	ระบุสาเหตุการชำรุดที่พบบ่อยใน Jumper	ผู้เข้าสอบสามารถระบุสาเหตุการชำรุดและผลกระทบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	อธิบายการใช้เครื่องมือวัดความต้านทานต่อของ Bonding	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายการใช้งานเครื่องมือได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	อธิบายความแตกต่างระหว่าง Feeder และ Messenger Wire	ผู้เข้าสอบสามารถเปรียบเทียบและบอกความแตกต่างได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
11	ระบุจุดเชื่อมต่อ Feeder กับระบบหลัก	ผู้เข้าสอบสามารถชี้ตำแหน่งและอธิบายการเชื่อมต่อได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
12	อธิบายหลักการทำงานของ Jumper ในการต่อสาย	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายการทำงานของ Jumper ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
13	ระบุสัญญาณของการหลวมในข้อต่อ Bonding	ผู้เข้าสอบสามารถตรวจจับอาการผิดปกติได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
14	อธิบายผลกระทบหาก Feeder ขาดหรือเสียหาย	ผู้เข้าสอบสามารถวิเคราะห์ผลกระทบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
15	ระบุขั้นตอนความปลอดภัยก่อนบำรุงรักษา Feeder	ผู้เข้าสอบสามารถลำดับขั้นตอนด้านความปลอดภัยได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
16	อธิบายการป้องกันการกัดกร่อนของข้อต่อ Bonding	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายวิธีป้องกันได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
17	ระบุเครื่องมือเฉพาะที่ใช้ในการติดตั้ง Jumper	ผู้เข้าสอบสามารถเลือกใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
18	อธิบายการทดสอบความต่อเนื่องทางไฟฟ้าหลังติดตั้ง	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายขั้นตอนการทดสอบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
19	ระบุข้อกำหนดมาตรฐานการยึดจับสาย Feeder	ผู้เข้าสอบสามารถบอกข้อกำหนดตามคู่มือได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
20	อธิบายความสัมพันธ์ของ Feeder, Jumper, Bonding ในระบบ OCS	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายความเชื่อมโยงได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ส่วนที่ 2 : แบบทดสอบทักษะ (ภาคปฏิบัติ) 10 ข้อ ตาม Check Sheet

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	ตรวจสอบสภาพสาย Feeder ด้วยสายตา	ผู้เข้าสอบสามารถสังเกตและประเมินสภาพสาย Feeder ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	วัดความต้านทานต่อของจุดต่อ Bonding	ผู้เข้าสอบสามารถใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
3	ตรวจสอบความแน่นของข้อต่อ Jumper	ผู้เข้าสอบสามารถตรวจสอบและประเมินความแน่นได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	ระบุและแท็กจุดเชื่อมต่อ Feeder บนเสา	ผู้เข้าสอบสามารถหาตำแหน่งและติดป้ายได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	ใช้เครื่องมือ Crimping ในการย้ำข้อต่อ Jumper	ผู้เข้าสอบสามารถใช้งานเครื่องมือได้ปลอดภัยและถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	ตรวจสอบสภาพฉนวนและการป้องกันการกัดกร่อน	ผู้เข้าสอบสามารถประเมินสภาพและรายงานผลได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	ทดสอบความต่อเนื่องไฟฟ้าหลังติดตั้ง Jumper	ผู้เข้าสอบสามารถดำเนินการทดสอบและแปลผลได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	ปฏิบัติตามขั้นตอน Lock-out/Tag-out ก่อนบำรุงรักษา	ผู้เข้าสอบสามารถทำขั้นตอนความปลอดภัยได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	จัดเก็บและบันทึกข้อมูลผลตรวจสอบ	ผู้เข้าสอบสามารถจัดทำบันทึกตามมาตรฐานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	รายงานสภาพผิดปกติที่ตรวจพบต่อหัวหน้างาน	ผู้เข้าสอบสามารถรายงานได้ครบถ้วนและตรงประเด็น	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

สมรรถนะที่ 5: การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator

ผู้ประเมิน: .....

วันที่ประเมิน: ...../...../.....

วิธีการให้คะแนน:

+1 = สอดคล้องอย่างเหมาะสม, **0** = ไม่แน่ใจ / ไม่ชัดเจน, **-1** = ไม่สอดคล้อง

ส่วนที่ 1: แบบทดสอบความรู้ (Knowledge Test) — 20 ข้อ

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	หน้าที่หลักของ Isolator ในระบบ OCS	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายหน้าที่และหลักการทำงานของ Isolator ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	Section Insulator ใช้เพื่อแยกเขตการจ่ายไฟฟ้า	ผู้เข้าสอบสามารถระบุหน้าที่ของ Section Insulator ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	การปิด-เปิด Isolator ควรทำในสภาพไม่มีโหลด	ผู้เข้าสอบสามารถบอกขั้นตอนการปฏิบัติที่ปลอดภัยได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	ส่วน Insulator Post ทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า	ผู้เข้าสอบสามารถระบุส่วนประกอบและหน้าที่ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	แรงดันใช้งานของ Section Insulator	ผู้เข้าสอบสามารถระบุแรงดันตามมาตรฐานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
6	วัตถุประสงค์ของการทดสอบค่าความต้านทานสัมผัสของ Isolator	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายการตรวจสอบค่าตามมาตรฐานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	สาเหตุความเสียหายของ Section Insulator	ผู้เข้าสอบสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	เครื่องมือวัดค่าความต้านทานสัมผัส (Micro-ohmmeter)	ผู้เข้าสอบสามารถระบุเครื่องมือและวิธีใช้งานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	การทำความสะอาด Isolator ก่อนใช้งาน	ผู้เข้าสอบสามารถปฏิบัติงานได้ตามมาตรฐานความปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	ความร้อนสูงผิดปกติของ Section Insulator	ผู้เข้าสอบสามารถวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
11	ตรวจสอบการจัดศูนย์ (Alignment) ของ Section Insulator	ผู้เข้าสอบสามารถปฏิบัติและวัดค่าการจัดศูนย์ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
12	การทดสอบแรงดันสูง (High Voltage Test) ของ Isolator	ผู้เข้าสอบสามารถอธิบายขั้นตอนและวัตถุประสงค์ได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
13	ขั้นตอน Lockout/Tagout ก่อนปฏิบัติงาน	ผู้เข้าสอบสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
14	ค่าความต้านทานสัมผัสของ Isolator ปกติ < 10 mΩ	ผู้เข้าสอบสามารถเปรียบเทียบค่าและประเมินสภาพได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
15	ตำแหน่งติดตั้ง Section Insulator	ผู้เข้าสอบสามารถระบุจุดติดตั้งและเหตุผลได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
16	วัสดุส่วนสัมผัสของ Section Insulator	ผู้เข้าสอบสามารถระบุวัสดุและคุณสมบัติได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
17	การขันแน่นข้อต่อ Isolator	ผู้เข้าสอบสามารถปฏิบัติการขันแน่นและป้องกันความร้อนสูงได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
18	พารามิเตอร์ที่สำคัญของ Section Insulator	ผู้เข้าสอบสามารถตรวจสอบและบันทึกค่าได้ครบ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
19	ขั้นตอนตรวจสอบ Isolator ตามมาตรฐาน	ผู้เข้าสอบสามารถบอกขั้นตอนการตรวจสอบได้ครบ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
20	การเลือกเครื่องมือ High Voltage Tester	ผู้เข้าสอบสามารถเลือกเครื่องมือและระบุมาตรฐานความปลอดภัยได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ส่วนที่ 2: แบบทดสอบทักษะ (Skill Test) — 10 ข้อ

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือครบถ้วน	ผู้เข้าสอบสามารถจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	ปฏิบัติ Lockout/Tagout ก่อนเริ่มงาน	ผู้เข้าสอบสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
3	ตรวจสอบสภาพทั่วไปของ Isolator	ผู้เข้าสอบสามารถตรวจสภาพและระบุข้อบกพร่องได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	วัดค่าความต้านทานสัมผัสของ Isolator ด้วย Micro-ohmmeter	ผู้เข้าสอบสามารถใช้งานเครื่องมือและบันทึกค่าได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	ตรวจสอบการจัดศูนย์ (Alignment) ของ Section Insulator	ผู้เข้าสอบสามารถตรวจสอบและปรับให้ตรงตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	ทดสอบการหมุน Blade และการล็อกตำแหน่ง	ผู้เข้าสอบสามารถปฏิบัติได้ครบขั้นตอน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	บันทึกค่าพารามิเตอร์สำคัญหลังทดสอบ	ผู้เข้าสอบสามารถจัดทำเอกสารได้ครบถ้วน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	วิเคราะห์ค่าผิดปกติและเสนอแนวทางแก้ไข	ผู้เข้าสอบสามารถวิเคราะห์ปัญหาและวางแนวทางแก้ไขได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	ปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยระหว่างทำงาน	ผู้เข้าสอบสามารถรักษาความปลอดภัยในการทำงานได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	จัดเก็บเครื่องมือและทำความสะอาดพื้นที่ทำงาน	ผู้เข้าสอบสามารถจัดเก็บและทำความสะอาดได้อย่างถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

สมรรถนะที่ 6: การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device

ผู้ประเมิน: .....

วันที่ประเมิน: ...../...../.....

วิธีการให้คะแนน:

+1 = สอดคล้องอย่างเหมาะสม, **0** = ไม่แน่ใจ / ไม่ชัดเจน, **-1** = ไม่สอดคล้อง

ส่วนที่ 1: แบบทดสอบความรู้ (Knowledge Test) — 20 ข้อ

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	หน้าที่หลักของ Tension Device	อธิบายหลักการทำงานของ Tension Device	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	ส่วน Pulley / Counterweight ทำหน้าที่อะไร	ระบุส่วนประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	ความถี่ในการตรวจสอบ Tension Device	อธิบายขั้นตอนการตรวจสอบตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	สาเหตุที่ทำให้ Tension Device ทำงานผิดปกติ	วิเคราะห์ปัญหาที่พบ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	วิธีปรับแรงดึง Tension Device แบบ Counterweight	ปฏิบัติการปรับแรงดึงตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	มาตรการความปลอดภัยก่อนตรวจสอบ	ปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
7	การหล่อลื่น Pulley / Shaft	บำรุงรักษาอุปกรณ์เชิงกลได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	สัญญาณเตือนว่า Tension Device ต้องซ่อมบำรุง	วิเคราะห์ปัญหาและสภาพอุปกรณ์	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	วิธีวัดแรงดึงสาย Contact Wire	ใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	ส่วน Locking Pin ทำหน้าที่อะไร	ระบุส่วนประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
11	การตรวจสอบ Pulley ว่าหมุนสะดวก	ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
12	วิธีแก้ไขสปริงหมดแรง	วิเคราะห์ปัญหาและเสนอวิธีแก้ไข	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
13	การปรับแรงดึงสายตามคู่มือ	ปฏิบัติการปรับแรงดึงตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
14	การตรวจสอบสาย Contact Wire	ตรวจสอบและวิเคราะห์ความตึงสาย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
15	เครื่องมือวัดแรงดึงสาย	ระบุเครื่องมือและวิธีใช้งานได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
16	การบำรุงรักษา Tension Device	ปฏิบัติงานตรวจสอบและบำรุงรักษาได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
17	การบันทึกผลตรวจสอบ	วิเคราะห์และวางแผนบำรุงรักษา	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
18	การติดตั้ง Counterweight	ปฏิบัติการปรับแรงดึงและติดตั้งถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
19	การปฏิบัติผิดพลาดที่อาจทำให้เสียหาย	วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุอุปกรณ์เสีย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
20	ประโยชน์ของการบำรุงรักษาตามรอบเวลา	วิเคราะห์และระบุความสำคัญของการบำรุงรักษา	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ส่วนที่ 2: แบบทดสอบทักษะ (Skill Test) — 10 ข้อ

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือครบถ้วน	จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	ปฏิบัติ Lockout/Tagout ก่อนเริ่มงาน	รักษาความปลอดภัยก่อนปฏิบัติงาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	ตรวจสอบสภาพทั่วไปของ Tension Device	ประเมินสภาพอุปกรณ์และระบุปัญหา	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	ตรวจสอบและปรับ Counterweight / Spring	ปฏิบัติการปรับแรงดึงตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	ตรวจสอบและหล่อลื่น Pulley / Shaft	บำรุงรักษาอุปกรณ์เชิงกลได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	วัดแรงดึงสาย Contact Wire	ใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
7	ตรวจสอบความแน่นของ Locking Pin และข้อต่อ	ปฏิบัติการล็อกอุปกรณ์ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
8	วิเคราะห์สภาพผิดปกติและเสนอแนวทางแก้ไข	วิเคราะห์และเสนอวิธีแก้ไขปัญหา	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	ปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยระหว่างทำงาน	รักษาความปลอดภัยในการทำงาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	จัดเก็บเครื่องมือและทำความสะอาดพื้นที่ทำงาน	จัดเก็บและทำความสะอาดได้อย่างถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

สมรรถนะที่ 7: การตรวจสอบระยะ Sag และ Stagger ของสาย Contact Wire

ผู้ประเมิน: .....

วันที่ประเมิน: ...../...../.....

วิธีการให้คะแนน:

+1 = สอดคล้องอย่างเหมาะสม, **0** = ไม่แน่ใจ / ไม่ชัดเจน, **-1** = ไม่สอดคล้อง

ส่วนที่ 1: แบบทดสอบความรู้ (Knowledge Test) — 20 ข้อ

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	ความหมายของ Sag	อธิบายความหมายของ Sag ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	ความหมายของ Stagger	อธิบายความหมายของ Stagger ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ามาตรฐาน Sag	ระบุค่ามาตรฐาน Sag และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	เครื่องมือวัด Sag	ใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	เครื่องมือวัด Stagger	ใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	ผลกระทบของ Sag ผิดมาตรฐาน	วิเคราะห์ผลกระทบของ Sag ต่อระบบ OCS	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	สาเหตุ Sag สูงเกิน	วิเคราะห์สาเหตุความผิดปกติ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
8	สาเหตุ Stagger ผิดตำแหน่ง	วิเคราะห์สาเหตุความผิดปกติ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	ระยะเวลาหรือช่วงเวลาที่ควรวัด Sag	ปฏิบัติตามคู่มือและรอบการตรวจสอบ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	การตรวจสอบตำแหน่ง Stagger	ปฏิบัติการตรวจสอบตำแหน่งแนวนอน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
11	ผลกระทบของ Sag/Stagger ผิดมาตรฐาน	วิเคราะห์ผลกระทบและความเสี่ยง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
12	ปัจจัยที่กำหนดค่ามาตรฐาน Stagger	ระบุค่ามาตรฐาน Stagger ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
13	ขั้นตอนสำคัญก่อนวัด Sag/Stagger	ปฏิบัติการเตรียมงานและความปลอดภัย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
14	การปรับค่า Sag	ปฏิบัติการปรับ Sag ให้ตรงมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
15	การปรับค่า Stagger	ปฏิบัติการปรับ Stagger ให้ตรงมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
16	ผลกระทบ Sag/Stagger ต่อ Pantograph	วิเคราะห์ผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
17	การบันทึกผลการวัด	บันทึกและวิเคราะห์ผลการวัดได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
18	ผลกระทบ Sag ต่ำเกินไป	วิเคราะห์ผลกระทบและความเสี่ยง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
19	จำนวนครั้งที่ควรวัด Sag/Stagger	ปฏิบัติตามคู่มือและรอบการตรวจสอบ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
20	เครื่องมือช่วยปรับ Stagger	ใช้เครื่องมือช่วยปรับได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ส่วนที่ 2: แบบทดสอบทักษะ (Skill Test) — 10 ข้อ

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
1	เตรียมเครื่องมือวัด Sag/Stagger	ใช้เครื่องมือและจัดเตรียมอุปกรณ์ได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
2	ปฏิบัติ Lockout/Tagout ก่อนวัด	รักษาความปลอดภัยในการทำงาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
3	ตรวจสอบตำแหน่ง Span และแนวสาย	ประเมินการจัดแนว Mast และสาย	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
4	วัดค่า Sag ของ Contact Wire	ใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
5	วัดค่า Stagger ของ Contact Wire	ใช้ Jig/Template วัดตำแหน่งแนวนอนได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
6	เปรียบเทียบค่าที่วัดกับมาตรฐาน	วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
7	ปรับ Sag/Stagger ให้ตรงมาตรฐาน	ปฏิบัติการปรับได้ตามคู่มือ	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

ข้อสอบ	เนื้อหาสำคัญ / หัวข้อ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	คะแนน
8	วิเคราะห์ความผิดปกติและรายงาน	เสนอแนวทางแก้ไขปัญหาได้	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
9	รักษาความปลอดภัยระหว่างปฏิบัติงาน	ปฏิบัติอย่างปลอดภัยตามมาตรฐาน	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1
10	จัดเก็บเครื่องมือและทำความสะอาดพื้นที่	จัดเก็บและทำความสะอาดได้ถูกต้อง	☐ +1 ☐ 0 ☐ -1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาคผนวก ข

เอกสารประกอบการวิจัย

ระยะที่ 1.สังเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

7. **ตารางที่ ข-1** ผลการประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะที่จำเป็นฯ หน้า 187
8. **ตารางที่ ข-2** ผลประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ หน้า 188
9. **ตารางที่ ข-3** ผลประเมินความสอดคล้องใน ความรู้ (Knowledges), ทักษะ (Skills), และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behaviors) ของแต่ละสมรรถนะฯ หน้า 189
10. **ตารางที่ ข-4** ผลประเมินความเหมาะสมของหลักสูตร ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลฯ หน้า 192
11. **ตารางที่ ข-5** ผลประเมินความเหมาะสมของคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอนฯ หน้า 193

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

5. **ภาพที่ ข-1 ถึง ข-7** หน้าจอรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่ หน้า 194

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

4. **ตารางที่ ข-6 ถึง ข-7** การประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (CVR) ของแบบทดสอบชุดที่ 1และการประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของแบบทดสอบชุดที่ 2 หน้า 197
5. **ตารางที่ ข-8 ถึงข-12** การวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 1-5 หน้า 198
6. **ตารางที่ ข-13** การวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ หน้า 203
7. **ภาพที่ ข-8 ถึง ข9** การเรียนรู้แบบปกติในห้องเรียนของกลุ่มควบคุม หน้า 204
8. **ตารางที่ ข-14** แบบประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา หน้า 205

ตารางที่ ข-1 ผลประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงฯ

แบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงฯ			
รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**		
	Likert	**CVR**	**ความหมาย**
ด้านความรู้ (Knowledges)			
1.1) เข้าใจโครงสร้างและหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบ OCS	5	1	มีความจำเป็น
1.2) รู้จักมาตรฐานและข้อกำหนดด้านความปลอดภัย	4.63	1	มีความจำเป็น
1.3) วิเคราะห์แบบแปลน Layout ระบบ OCS ได้	4.63	1	มีความจำเป็น
1.4) รู้วิธีการและช่วงเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	4.88	1	มีความจำเป็น
1.5) เข้าใจเทคโนโลยีและแนวโน้มใหม่ด้าน OCS	4.38	1	มีความจำเป็น
รวมโดยเฉลี่ย	**4.70**	**1**	**มีความจำเป็น**
ด้านทักษะ (Skills)			
2.1) ปฏิบัติงานตรวจสอบและบำรุงรักษา OCS ได้	5	1	มีความจำเป็น
2.2) ใช้เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้าและกลได้ถูกต้อง	4.88	1	มีความจำเป็น
2.3) ปฏิบัติงานบนที่สูงอย่างปลอดภัยและมั่นใจ	4.88	1	มีความจำเป็น
2.4) อ่านและติดตามแบบแปลนและตำแหน่งติดตั้ง	4.75	1	มีความจำเป็น
2.5) วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาเชิงระบบเบื้องต้น	4.63	1	มีความจำเป็น
รวมโดยเฉลี่ย	**4.83**	**1**	**มีความจำเป็น**
ด้านเจตคติ (Attitudes)			
3.1) ใส่ใจในความปลอดภัยและปฏิบัติตามมาตรฐาน	4.88	1	มีความจำเป็น
3.2) มีความรับผิดชอบต่องานซ่อมบำรุง	4.88	1	มีความจำเป็น
3.3) มีความตั้งใจและความละเอียดรอบคอบในการทำงาน	4.75	1	มีความจำเป็น
3.4) เปิดรับเทคโนโลยีและแนวทางใหม่ในการบำรุงรักษา	4.75	1	มีความจำเป็น
3.5) สามารถทำงานร่วมกับทีมได้ในสถานการณ์จริง	4.63	1	มีความจำเป็น
รวมโดยเฉลี่ย	**4.78**	**1**	**มีความจำเป็น**
ประเมินความเหมาะสมโดยรวมเฉลี่ย	**4.77**	**1**	**มีความจำเป็น**

ตารางที่ ข-2 ผลประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

แบบประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ฯ		
รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**	
	IOC	**ความหมาย**
1) การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast & Support Structure)	1	เหมาะสม
2) การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)	1	เหมาะสม
3) การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire)	1	เหมาะสม
4) การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding)	0.88	เหมาะสม
5) การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator	0.88	เหมาะสม
6) การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device	0.88	เหมาะสม
7) การตรวจสอบระยะ Sag และระยะ Stagger ของสาย Contact Wire	1	เหมาะสม
ประเมินความเหมาะสมโดยรวมเฉลี่ย	**0.95**	**เหมาะสม**

ตารางที่ ข-3 ผลประเมินความสอดคล้องใน ความรู้ (Knowledges), ทักษะ (Skills), และ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behaviors) ของแต่ละสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

แบบประเมินความคล้องใน ความรู้ (Knowledges), ทักษะ (Skills), และ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behaviors) แต่ละสมรรถนะในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์		
รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**	
	IOC	**ความหมาย**
1) การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast & Support Structure)		
K1 ความรู้เรื่องชนิดของเสาในระบบ OCS สอดคล้องกับสมรรถนะ	1	เหมาะสม
K2 ความรู้เรื่องข้อกำหนดด้านแรงดึงและน้ำหนักโครงสร้าง	0.88	เหมาะสม
K3 ความรู้เรื่องสัญญาณการเสื่อมสภาพของโลหะ	1	เหมาะสม
S1 ทักษะการอ่านแบบโครงสร้าง OCS	1	เหมาะสม
S2 ทักษะการใช้เครื่องมือวัดความเอียง/ทรุดตัวของเสา	1	เหมาะสม
S3 ทักษะการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลตรวจสอบ	0.88	เหมาะสม
B1 ความสามารถระบุและอธิบายชนิดของเสาได้ถูกต้อง	0.88	เหมาะสม
B2 ความสามารถตรวจสอบสภาพเสาและโครงสร้างได้ครบถ้วน	1	เหมาะสม
B3 ความสามารถประเมินความเสียหาย/เสื่อมสภาพเบื้องต้น	1	เหมาะสม
รวมโดยเฉลี่ย	**0.96**	**เหมาะสม**
2) การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)		
K1 ความรู้เรื่องส่วนประกอบของแขนค้ำยันและหน้าที่	1	เหมาะสม
K2 ความรู้เรื่องระยะ Stagger และความสูงลวด	1	เหมาะสม
S1 ทักษะการใช้เครื่องมือวัดความสูง/Stagger	1	เหมาะสม
S2 ทักษะการปรับแต่งแขนค้ำยัน	1	เหมาะสม

B1 ความสามารถตรวจวัดค่าความสูง/Stagger ได้ถูกต้อง	0.88	เหมาะสม
B2 ความสามารถปรับแนวแขนค้ำยันให้อยู่ในเกณฑ์	0.88	เหมาะสม
B3 ความสามารถรายงานผลตรวจสอบและเสนอแผนซ่อม	0.75	เหมาะสม
รวมโดยเฉลี่ย	**0.93**	**เหมาะสม**
3) การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire)		
K1 ความรู้เรื่องวัสดุและคุณสมบัติของลวด	1	เหมาะสม
K2 ความรู้เรื่อง Tension และ Thermal Compensation	0.88	เหมาะสม
S1 ทักษะการใช้ Tension Meter/Dynamometer	0.88	เหมาะสม
S2 ทักษะการตรวจจุดสึกหรือรอยไหม้	1	เหมาะสม
B1 ความสามารถประเมินสภาพลวดได้แม่นยำ	0.75	เหมาะสม
B2 ความสามารถปรับความตึงลวดให้เหมาะสม	0.88	เหมาะสม
B3 ความสามารถบันทึกและวิเคราะห์แนวโน้มสึกหรอ	0.88	เหมาะสม
รวมโดยเฉลี่ย	**0.89**	**เหมาะสม**
4) การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding)		
K1 ความรู้เรื่องระบบไฟฟ้าและการต่อลงดิน	1	เหมาะสม
K2 ความรู้เรื่องปัญหา Arc และความร้อนสูง	0.88	เหมาะสม
S1 ทักษะการใช้ Earth Tester/Micro-ohmmeter	0.88	เหมาะสม
S2 ทักษะการซ่อมและขันจุดต่อให้แน่น	1	เหมาะสม
B1 ความสามารถวัดค่าความต้านทานจุดต่อได้ถูกต้อง	0.88	เหมาะสม
B2 ความสามารถตรวจสอบ Bonding ได้ครบถ้วน	0.88	เหมาะสม
B3 ความสามารถซ่อม/เปลี่ยนอุปกรณ์เชื่อมต่อได้ปลอดภัย	1	เหมาะสม
รวมโดยเฉลี่ย	**0.93**	**เหมาะสม**
5) การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator		

K1 ความรู้ประเภทและหลักการทำงานของ Isolator	1	เหมาะสม
K2 ความรู้เรื่องค่าความต้านทานฉนวน	0.88	เหมาะสม
S1 ทักษะการใช้ Megger/Insulation Tester	0.88	เหมาะสม
S2 ทักษะการใช้ Lockout-Tagout	0.88	เหมาะสม
B1 ความสามารถทดสอบค่าฉนวนได้ปลอดภัย	1	เหมาะสม
B2 ความสามารถแยกอุปกรณ์ออกจากระบบได้ถูกต้อง	1	เหมาะสม
B3 ความสามารถวิเคราะห์ความผิดปกติของ Section Insulator	0.88	เหมาะสม
รวมโดยเฉลี่ย	**0.93**	**เหมาะสม**
6) การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device		
K1 ความรู้หลักการทำงานของ Tension Device	1	เหมาะสม
K2 ความรู้ค่ามาตรฐานแรงตึงและอุณหภูมิ	0.88	เหมาะสม
S1 ทักษะตรวจสอบการเคลื่อนที่ของรอก/สลิง	1	เหมาะสม
S2 ทักษะใช้เครื่องมือวัดความตึงลวด	1	เหมาะสม
B1 ความสามารถตรวจสอบสภาพและการทำงานของ Tension Device	1	เหมาะสม
B2 ความสามารถปรับตั้งแรงตึงได้ตามมาตรฐาน	1	เหมาะสม
B3 ความสามารถบันทึกผลและเสนอแนะซ่อมบำรุง	0.88	เหมาะสม
รวมโดยเฉลี่ย	**0.96**	**เหมาะสม**
7) การตรวจสอบระยะ Sag และระยะ Stagger ของสาย Contact Wire		
K1 ความรู้เรื่องความหมายและผลกระทบของ Sag/Stagger	1	เหมาะสม
K2 ความรู้มาตรฐานค่า Sag และ Stagger	0.88	เหมาะสม
S1 ทักษะใช้เครื่องมือวัด Sag	0.88	เหมาะสม
S2 ทักษะใช้เครื่องมือวัด Stagger	0.88	เหมาะสม
B1 ความสามารถวัดค่า Sag/Stagger ได้ถูกต้อง	0.88	เหมาะสม
B2 ความสามารถเปรียบเทียบค่ากับมาตรฐานและวิเคราะห์	0.75	เหมาะสม

B3 ความสามารถรายงานผลพร้อมข้อเสนอแนะซ่อมบำรุง	0.88	เหมาะสม
รวมโดยเฉลี่ย	**0.88**	**เหมาะสม**
ประเมินความเหมาะสมโดยรวม	**0.93**	**เหมาะสม**

ตารางที่ ข-4 ผลประเมินความเหมาะสมของหลักสูตร ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลฯ

แบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรในการพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัลฯ			
รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**		
	Likert	**CVR**	**ความหมาย**
1. เนื้อหาหลักสูตร			
1.1) ความสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมาย (ช่างเทคนิค)	5	1	เหมาะสมมาก
1.2) ความครอบคลุมของหัวข้อฝึกอบรม	5	1	เหมาะสมมาก
1.3) ความทันสมัยของเนื้อหา/เทคโนโลยี	4.75	1	เหมาะสมมาก
1.4) ความเหมาะสมของระดับความยาก	4.5	1	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.81**	**1**	**เหมาะสมมาก**
2. โครงสร้างและการจัดการฝึกอบรม			
2.1) การแบ่งหัวข้อออกเป็นมอดูล	4.88	1	เหมาะสมมาก
2.2) สัดส่วนเวลา ทฤษฎี–ปฏิบัติ เหมาะสม	4.38	1	เหมาะสมมาก
2.3) ความชัดเจนของวัตถุประสงค์รายโมดูล	5	1	เหมาะสมมาก
2.4) การออกแบบใบงานและกิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหา	4.75	1	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.75**	**1**	**เหมาะสมมาก**
3. ทรัพยากรประกอบการเรียนรู้			
3.1) ความเหมาะสมของใบงาน	5	1	เหมาะสมมาก
3.2) ความชัดเจนของใบงานและแบบฝึก	4.63	1	เหมาะสมมาก
3.3) ความครบถ้วนของคู่มือฝึกอบรม	4.88	1	เหมาะสมมาก
3.4) ความพร้อมของแผนฝึกภาคสนาม	4.88	1	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.84**	**1**	**เหมาะสมมาก**

4. ประสิทธิภาพของหลักสูตรโดยรวม			
4.1) ความคาดหวังในการพัฒนาทักษะผู้เรียน	4.88	**1**	เหมาะสมมาก
4.2) ความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริง	4.63	**1**	เหมาะสมมาก
4.3) เหมาะสมกับงานซ่อมบำรุงระบบรางในอนาคต	4.88	**1**	เหมาะสมมาก
4.4) ความคุ้มค่าของการฝึกอบรม	5	**1**	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.84**	**1**	**เหมาะสมมาก**
ประเมินความเหมาะสมโดยรวมเฉลี่ย	**4.81**	**1**	**เหมาะสมมาก**

ตารางที่ ข-5 ผลประเมินความเหมาะสมของคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอนฯ

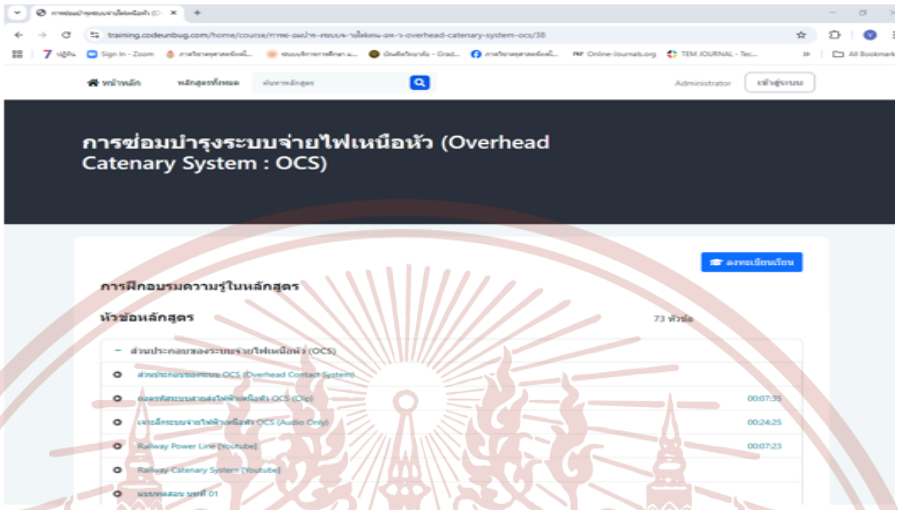
แบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการเรียนรู้และสื่อการสอน ในการพัฒนามอดูลการเรียนรู้ดิจิทัลฯ			
รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**		
	Likert	**CVR**	**ความหมาย**
1. ด้านเนื้อหา			
1.1) ความถูกต้องของเนื้อหาวิชาการ	4.86	1	เหมาะสมมาก
1.2) ความครบถ้วน ครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.71	1	เหมาะสมมาก
1.3) ความเป็นปัจจุบันและสอดคล้องกับเทคโนโลยีระบบราง	4.86	1	เหมาะสมมาก
1.4) ความสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยและข้อกำหนด	4.86	1	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.82**	**1**	**เหมาะสมมาก**
2. ด้านโครงสร้างและรูปแบบ			
2.1) ความเหมาะสมของการจัดลำดับหัวข้อ	4.57	1	เหมาะสมมาก
2.2) ความชัดเจนของการนำเสนอ (หัวข้อ, ตาราง, แผนภาพ)	4.86	1	เหมาะสมมาก
2.3) การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ถูกต้องทางวิชาการ	4.71	1	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.71**	**1**	**เหมาะสมมาก**
3. ด้านสื่อการสอน			

3.1) ความเหมาะสมของภาพประกอบ อุปกรณ์จริง และกราฟิก	4.86	1	เหมาะสมมาก
3.2) ความทันสมัยและน่าสนใจของสื่อ (Presentation, Infographic, วิดีโอเสริม)	4.57	1	เหมาะสมมาก
3.3) ความเหมาะสมของสื่อสำหรับการเรียนรู้	5	1	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.81**	**1**	**เหมาะสมมาก**
4. ด้านประโยชน์ใช้สอย			
4.1) การนำไปใช้พัฒนาผู้เรียนได้จริง	4.86	1	เหมาะสมมาก
4.2) ความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	4.86	1	เหมาะสมมาก
4.3) ความสอดคล้องกับสมรรถนะที่กำหนด	4.86	1	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.86**	**1**	**เหมาะสมมาก**
5. ด้านความพึงพอใจโดยรวม			
5.1) ความพึงพอใจต่อคู่มือโดยรวม	4.71	1	เหมาะสมมาก
5.2) ความพึงพอใจต่อสื่อการสอนโดยรวม	5	1	เหมาะสมมาก
รวมโดยเฉลี่ย	**4.86**	**1**	**เหมาะสมมาก**
ประเมินความเหมาะสมโดยรวมเฉลี่ย	**4.81**	**1**	**เหมาะสมมาก**

ภาพที่ ข-1 หน้าจอรูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่



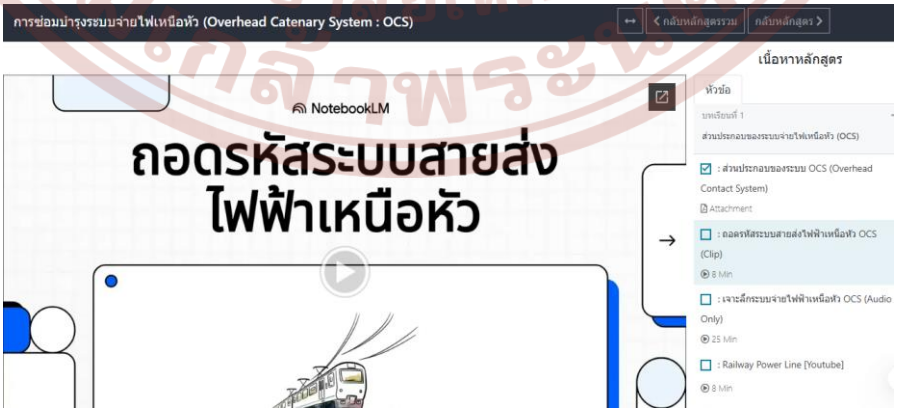
ภาพที่ ข-2 หน้าจอหลักสูตรการอบรมในการเรียนรู้ด้วยตนเอง



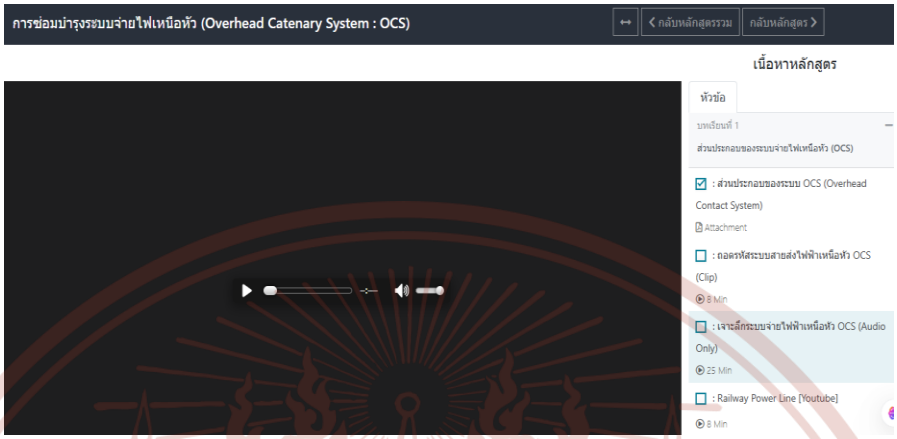
ภาพที่ ข-3 หน้าจอการเรียนรู้ผ่านไฟล์เอกสาร



ภาพที่ ข-4 หน้าจอการเรียนรู้ผ่านไฟล์คลิปวิดีโอ หรือ YouTube



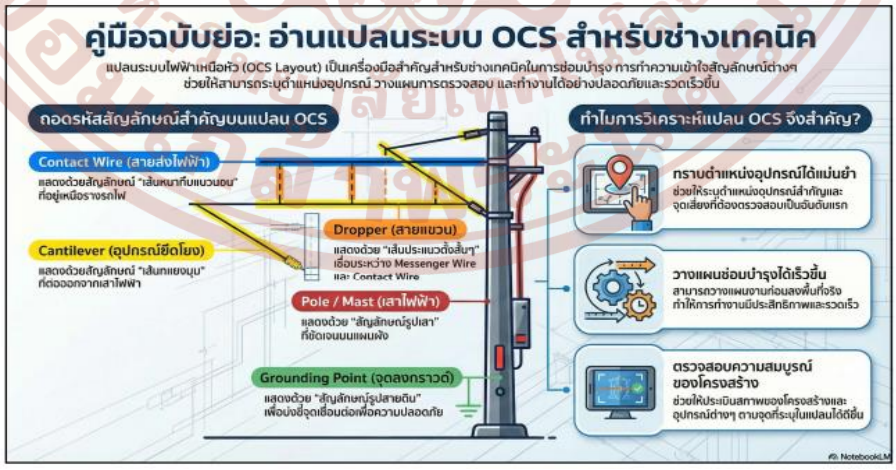
ภาพที่ ข-5 หน้าจอการเรียนรู้ผ่านไฟล์เสียง (Audio)



ภาพที่ ข-6 หน้าจอการเรียนรู้ผ่าน Mind map



ภาพที่ ข-7 หน้าจอการเรียนรู้ผ่าน Infographic



ตารางที่ ข-6 การประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (CVR) ของแบบทดสอบชุดที่ 1

แบบทดสอบชุดที่ 1	จำนวน	CVR เฉลี่ย	เกณฑ์ตัดสิน	IOC เฉลี่ย	เกณฑ์ตัดสิน
ใบงานที่ 01	20	0.76	ผ่าน	0.88	ผ่าน
ตัดข้อ CVR <0.75	15	0.88	ผ่าน	0.94	ผ่าน
ใบงานที่ 02	20	0.76	ผ่าน	0.88	ผ่าน
ตัดข้อ CVR <0.75	13	0.92	ผ่าน	0.96	ผ่าน
ใบงานที่ 03	20	0.75	ผ่าน	0.88	ผ่าน
ตัดข้อที่ CVR <0.75	17	0.82	ผ่าน	0.91	ผ่าน
ใบงานที่ 04	20	0.69	ไม่ผ่าน	0.84	ผ่าน
ตัดข้อที่ CVR <0.75	14	0.80	ผ่าน	0.90	ผ่าน
ใบงานที่ 05	20	0.66	ไม่ผ่าน	0.83	ผ่าน
ตัดข้อที่ CVR <0.75	13	0.83	ผ่าน	0.91	ผ่าน
ใบงานที่ 06	20	0.73	ไม่ผ่าน	0.86	ผ่าน
ตัดข้อที่ CVR <0.75	15	0.83	ผ่าน	0.92	ผ่าน
ใบงานที่ 07	20	0.90	ผ่าน	0.95	ผ่าน
ตัดข้อที่ CVR <0.75	19	0.92	ผ่าน	0.96	ผ่าน
ใบงานที่ 08	20	0.66	ไม่ผ่าน	0.83	ผ่าน
ตัดข้อที่ CVR <0.75	15	0.79	ผ่าน	0.89	ผ่าน
ใบงานที่ 09	20	0.55	ไม่ผ่าน	0.78	ผ่าน
ตัดข้อที่ CVR <0.75	7	0.82	ผ่าน	0.91	ผ่าน

ตารางที่ ข-7 การประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของแบบทดสอบชุดที่ 2

แบบทดสอบชุดที่ 2	การวัด	จำนวน	IOC เฉลี่ย	เกณฑ์ตัดสิน
สมรรถนะที 1	ความรู้	20	0.97	ผ่าน
	ทักษะ	10	0.95	ผ่าน
สมรรถนะที 2	ความรู้	20	0.95	ผ่าน
	ทักษะ	10	0.94	ผ่าน
สมรรถนะที 3	ความรู้	20	0.96	ผ่าน
	ทักษะ	10	0.96	ผ่าน

สมรรถนะที่ 4	ความรู้	20	0.95	ผ่าน
	ทักษะ	10	0.98	ผ่าน
สมรรถนะที่ 5	ความรู้	20	0.97	ผ่าน
	ทักษะ	10	0.99	ผ่าน
สมรรถนะที่ 6	ความรู้	20	0.96	ผ่าน
	ทักษะ	10	0.95	ผ่าน
สมรรถนะที่ 7	ความรู้	20	0.96	ผ่าน
	ทักษะ	10	0.98	ผ่าน
แบบทดสอบชุดที่ 2 มีค่า IOC เฉลี่ย			0.96	ผ่าน

ตารางที่ ข-8 การวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 1

ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 1				
กิจกรรมที่ 1				
ข้อ	**ถูก**	**N**	**p**	**ระดับ**
รวม	19	45	0.42	ปานกลาง
กิจกรรมที่ 2				
1	37	45	0.82	ง่าย
2	38	45	0.84	ง่าย
3	38	45	0.84	ง่าย
4	21	45	0.47	ปานกลาง
5	38	45	0.84	ง่าย
6	34	45	0.76	ค่อนข้างง่าย
7	35	45	0.78	ค่อนข้างง่าย
8	37	45	0.82	ง่าย
9	34	45	0.76	ค่อนข้างง่าย
10	39	45	0.87	ง่าย

11	41	45	0.91	ง่ายมาก
12	42	45	0.93	ง่ายมาก
13	37	45	0.82	ง่าย
14	37	45	0.82	ง่าย
15	35	45	0.78	ค่อนข้างง่าย
16	40	45	0.89	ง่าย
17	43	45	0.96	ง่ายมาก
18	20	45	0.44	ปานกลาง
19	37	45	0.82	ง่าย
20	41	45	0.91	ง่ายมาก

ตารางที่ ข-9 การวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 2

ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 2				
กิจกรรมที่ 1				
ข้อ	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**
1	31	38	0.82	ง่าย
2	34	38	0.89	ง่าย
3	32	38	0.84	ง่าย
4	34	38	0.89	ง่าย
5	34	38	0.89	ง่าย
6	26	38	0.68	ค่อนข้างง่าย
7	33	38	0.87	ง่าย
8	32	38	0.84	ง่าย
9	34	38	0.89	ง่าย
10	25	38	0.66	ค่อนข้างง่าย

กิจกรรมที่ 2				
1	33	38	0.87	ง่าย
2	34	38	0.89	ง่าย
3	29	38	0.76	ค่อนข้างง่าย
4	35	38	0.92	ง่ายมาก
5	31	38	0.82	ง่าย
6	30	38	0.79	ค่อนข้างง่าย
7	12	38	0.32	ค่อนข้างยาก
8	33	38	0.87	ง่าย
9	27	38	0.71	ค่อนข้างง่าย
10	34	38	0.89	ง่าย
11	34	39	0.87	ง่าย
12	34	40	0.85	ง่าย
13	33	41	0.8	ง่าย
14	28	42	0.67	ค่อนข้างง่าย
15	35	43	0.81	ง่าย
16	24	44	0.55	ปานกลาง
17	34	45	0.76	ค่อนข้างง่าย
18	35	46	0.76	ค่อนข้างง่าย
19	35	47	0.74	ค่อนข้างง่าย
20	33	48	0.69	ค่อนข้างง่าย

ตารางที่ ข-10 การวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 3

ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 3				
ข้อ	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**
1	8	9	0.89	ง่าย

2	8	9	0.89	ง่าย
3	6	9	0.67	ค่อนข้างง่าย
4	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
5	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
6	6	9	0.67	ค่อนข้างง่าย
7	8	9	0.89	ง่าย
8	8	9	0.89	ง่าย
9	5	9	0.56	ปานกลาง
10	6	9	0.67	ค่อนข้างง่าย
11	9	9	1.00*	ง่ายมาก
12	9	9	1.00*	ง่ายมาก
13	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
14	9	9	1.00*	ง่ายมาก
15	8	9	0.89	ง่าย
16	9	9	1.00*	ง่ายมาก
17	8	9	0.89	ง่าย
18	8	9	0.89	ง่าย
19	8	9	0.89	ง่าย
20	8	9	0.89	ง่าย

ตารางที่ ข-11 การวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 4

ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 4				
ข้อ	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**
1	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
2	8	9	0.89	ง่าย
3	8	9	0.89	ง่าย

4	8	9	0.89	ง่าย
5	8	9	0.89	ง่าย
6	8	9	0.89	ง่าย
7	8	9	0.89	ง่าย
8	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
9	9	9	1.00*	ง่ายมาก
10	8	9	0.89	ง่าย
11	9	9	1.00*	ง่ายมาก
12	5	9	0.56	ปานกลาง
13	8	9	0.89	ง่าย
14	8	9	0.89	ง่าย
15	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
16	9	9	1.00*	ง่ายมาก
17	8	9	0.89	ง่าย
18	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
19	9	9	1.00*	ง่ายมาก
20	9		1.00*	ง่ายมาก

ตารางที่ ข-12 การวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 5

ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 5				
ข้อ	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**
1	8	8	1.00*	ง่ายมาก
2	7	8	0.88	ง่าย
3	7	8	0.88	ง่าย
4	7	8	0.88	ง่าย
5	8	8	1.00*	ง่ายมาก
6	7	8	0.88	ง่าย
7	7	8	0.88	ง่าย
8	7	8	0.88	ง่าย

9	8	8	1.00*	ง่ายมาก
10	8	8	1.00*	ง่ายมาก
11	8	8	1.00*	ง่ายมาก
12	7	8	0.88	ง่าย
13	7	8	0.88	ง่าย
14	8	8	1.00*	ง่ายมาก
15	7	8	0.88	ง่าย
16	7	8	0.88	ง่าย
17	8	8	1.00*	ง่ายมาก
18	7	8	0.88	ง่าย
19	7	8	0.88	ง่าย
20	8	8	1.00*	ง่ายมาก

ตารางที่ ข-13 การวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ

Try out (คน)	จำนวนแบบทดสอบ	คุณภาพข้อสอบ		ค่าความยาก (p)
45	แบบทดสอบที่ 1	KR-21 =	0.94	0.79
38	แบบทดสอบที่ 2	KR-21 =	0.89	0.79
9	แบบทดสอบที่ 3	KR-21 =	0.91	0.85
9	แบบทดสอบที่ 4	KR-21 =	0.89	0.88
8	แบบทดสอบที่ 5	KR-21 =	0.84	0.93
รวม 109 คน	**รวม 5 ชุด**	**KR-21 =**	**0.90**	**p = 0.85**

ภาพที่ ข-8 และ ข9 การเรียนรู้แบบปกติในห้องเรียนของกลุ่มควบคุม





ตารางที่ ข-14 แบบประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา

แบบประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ต่อภาคปฏิบัติของนักศึกษา		
หัวข้อรายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**	
	IOC	**ความหมาย**
1.นักศึกษาสามารถระบุส่วนประกอบหลักของระบบ OCS ได้อย่างถูกต้อง	1	เหมาะสม
2.นักศึกษามีความเข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด	1	เหมาะสม
3.นักศึกษาสามารถอธิบายและเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ OCS ได้	1	เหมาะสม
4.นักศึกษาสามารถตรวจสอบและประเมินสภาพเบื้องต้นของอุปกรณ์ OCS และถอดรื้อประกอบได้อย่างถูกต้อง	1	เหมาะสม
5.นักศึกษามีความเข้าใจมาตรการและข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS	1	เหมาะสม
6.นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองก่อนปฏิบัติงานได้	1	เหมาะสม
7.นักศึกษาสามารถเลือกและใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ได้อย่างถูกต้อง	1	เหมาะสม
8.นักศึกษาสามารถระบุและปฏิบัติตามขั้นตอน **ก่อน–ระหว่าง–หลัง** การทำงานได้อย่างถูกต้อง	1	เหมาะสม
9.นักศึกษาสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการตัดแยกวงจร การตรวจสอบ และการต่อลงดินก่อนปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง	1	เหมาะสม
10.นักศึกษาสามารถปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสมเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติหรือภาวะฉุกเฉินในการทำงานระบบ OCS	1	เหมาะสม
ประเมินความเหมาะสมโดยรวมเฉลี่ย	**1.0**	**เหมาะสม**

ภาคผนวก ค

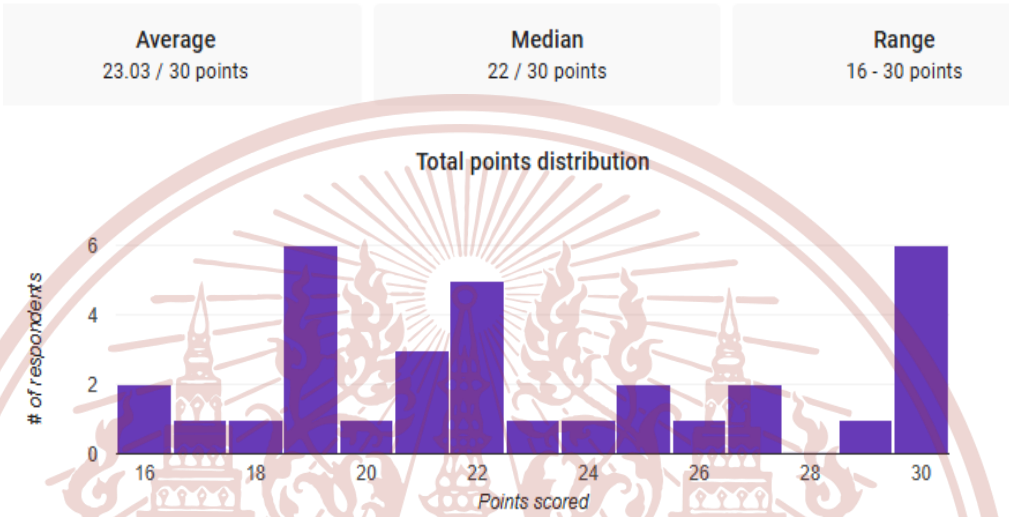
เอกสารประกอบการวิจัย

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

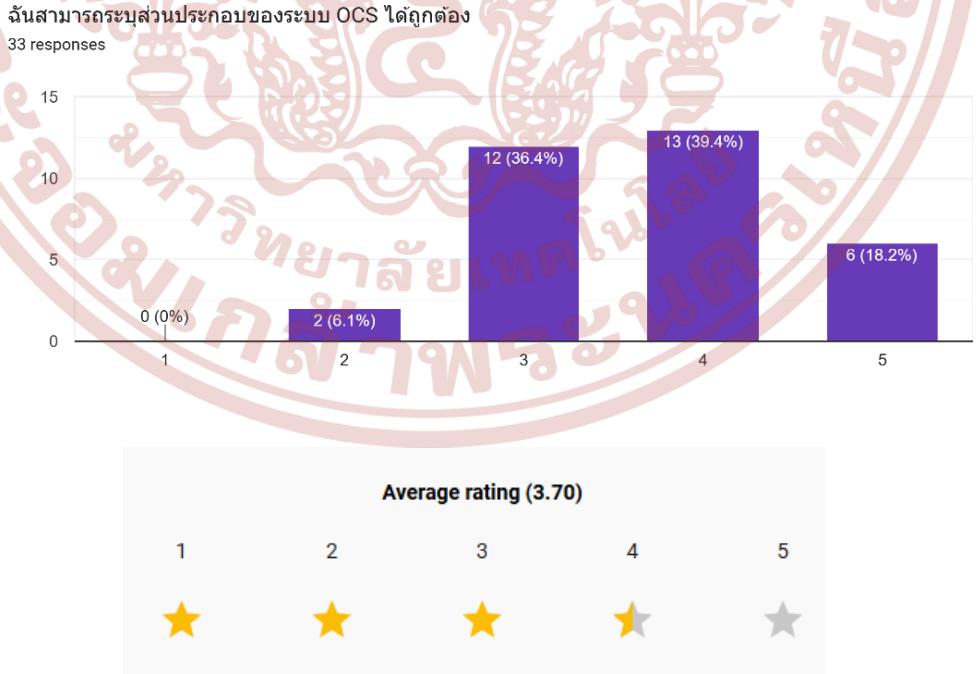
1. **ภาพที่ ค-1 ถึง ค-5** ข้อมูลผลทดสอบของกลุ่มควบคุม (โรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ) หน้า 207
2. **ตารางที่ ค-1** ข้อมูลผลการทดสอบของกลุ่มควบคุม หน้า 213
3. **ภาพที่ ค-6 ถึง ค-10** ข้อมูลผลทดสอบของกลุ่มทดลอง (วิทยาลัยเทคนิค ปวส.) หน้า 214
4. **ตารางที่ ค-2** ข้อมูลผลการทดสอบของกลุ่มทดลอง หน้า 220
5. **ตารางที่ ค-3** ผลประเมินด้วยตนเอง เรื่องส่วนประกอบของระบบ OCS หน้า 221
6. **ตารางที่ ค-4** ผลประเมินด้วยตนเอง เรื่องความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ OCS หน้า 222
7. **ตารางที่ ค-5** สรุปเปรียบเทียบสมรรถนะการประเมินตนเองของทั้งสองกลุ่ม หน้า 223
8. **ภาพที่ ค-11 ถึง ค-13** นักศึกษาลงมือปฏิบัติในการรื้อประกอบอุปกรณ์ OCS หน้า 224
9. **ตารางที่ ค-6** การประเมินภาคปฏิบัติเกี่ยวกับส่วนประกอบ OCS หน้า 225
10. **ตารางที่ ค-7** การประเมินภาคปฏิบัติความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS หน้า 225

ข้อมูลผลทดสอบของกลุ่มควบคุม (โรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ)

ภาพที่ ค-1 แบบทดสอบที่ 1 ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Catenary System)

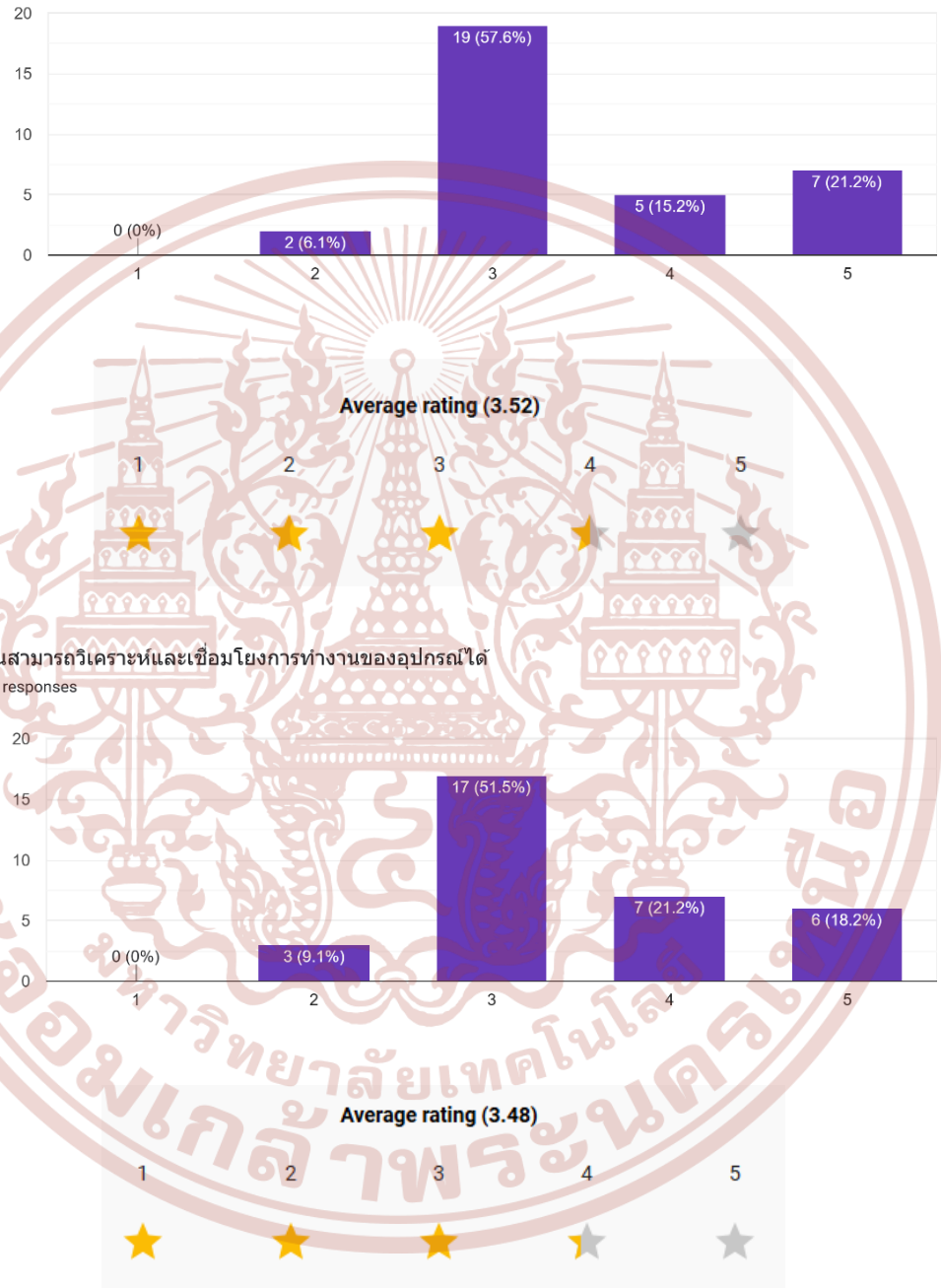


ภาพที่ ค-1.1 แบบประเมินตนเอง



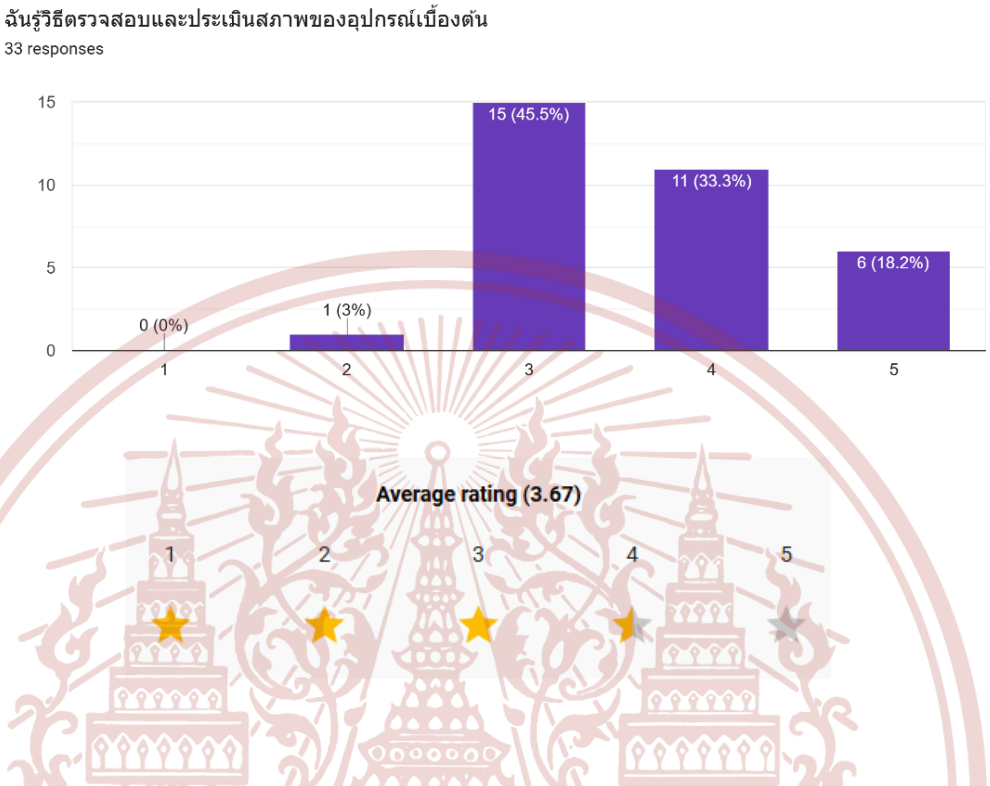
ฉันเข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชนิด

33 responses

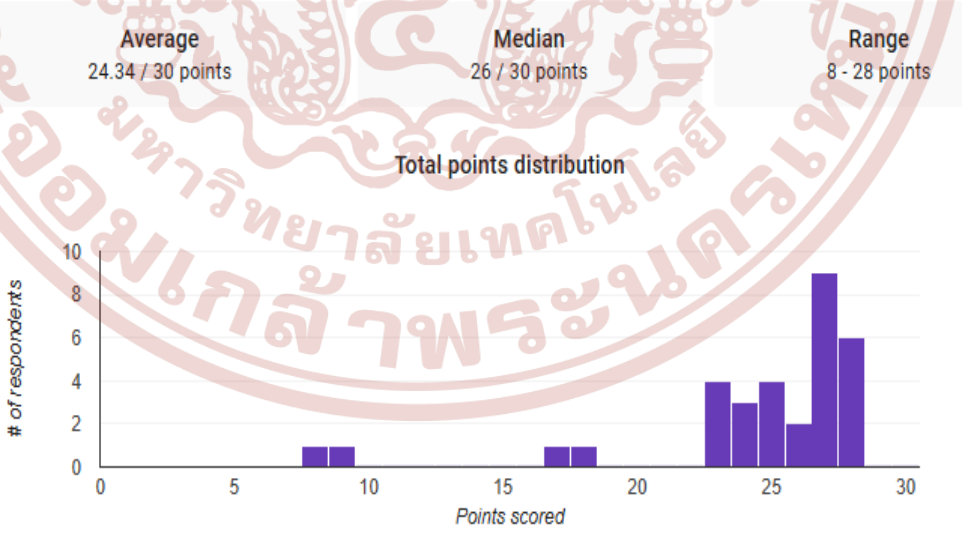


ฉันสามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ได้

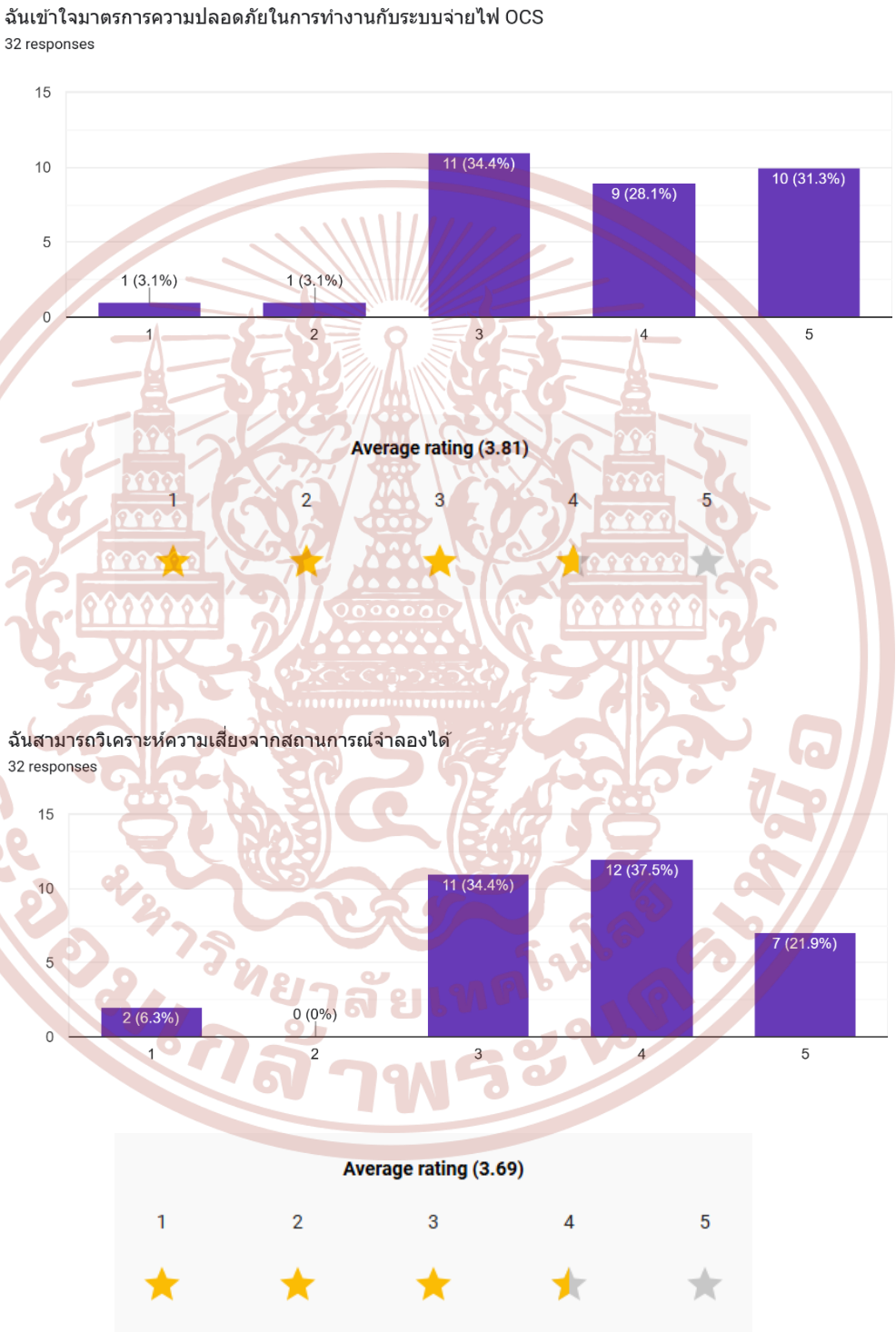
33 responses



ภาพที่ ค-2 แบบทดสอบที่ 2 ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS (Overhead Contact System)

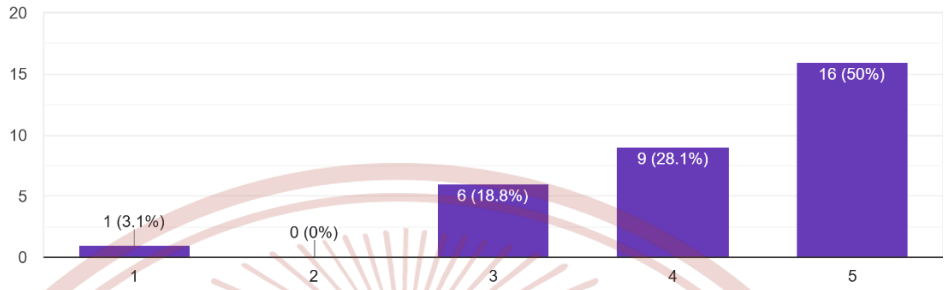


ภาพที่ ค-2.1 แบบประเมินตนเอง



ฉันรู้จักเลือก PPE และใช้อย่างถูกต้อง

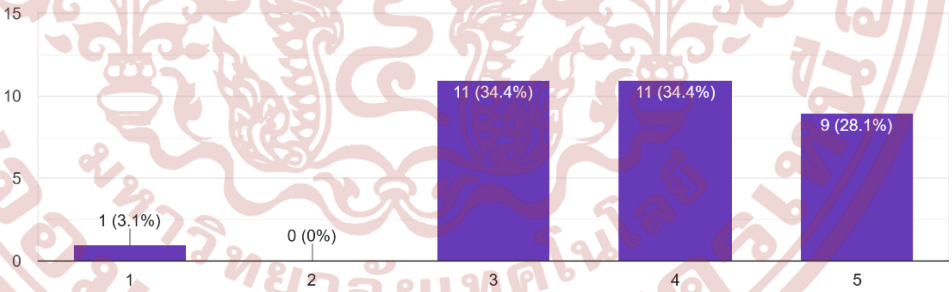
32 responses

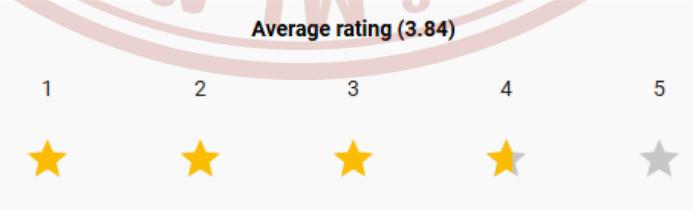




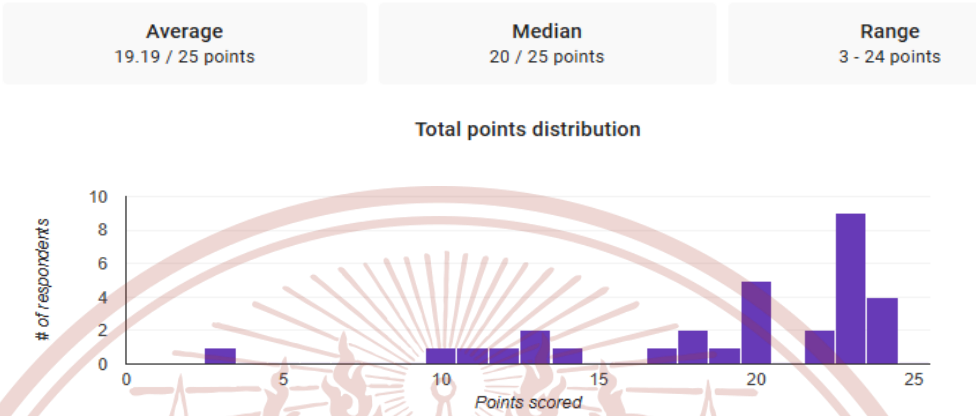
ฉันสามารถระบุขั้นตอนก่อน-ระหว่าง-หลังการทางานได้ครบถ้วน

32 responses

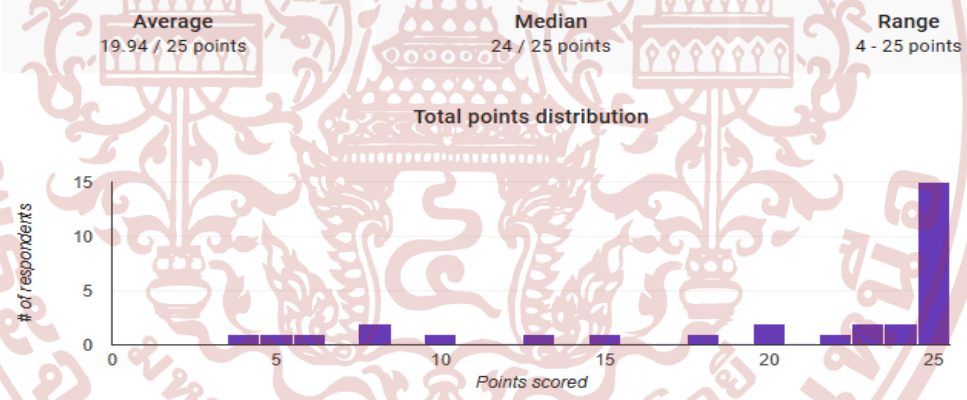




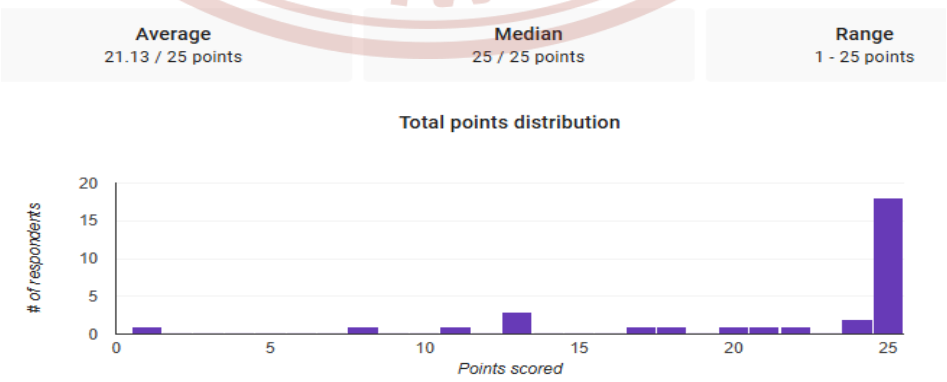
ภาพที่ ค-3 แบบทดสอบที่ 3 การตรวจสอบเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast)



ภาพที่ ค-4 แบบทดสอบที่ 4 การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever)



ภาพที่ ค-5 แบบทดสอบที่ 5 การตรวจสอบอุปกรณ์ปรับแรงดึง (Tension Device)

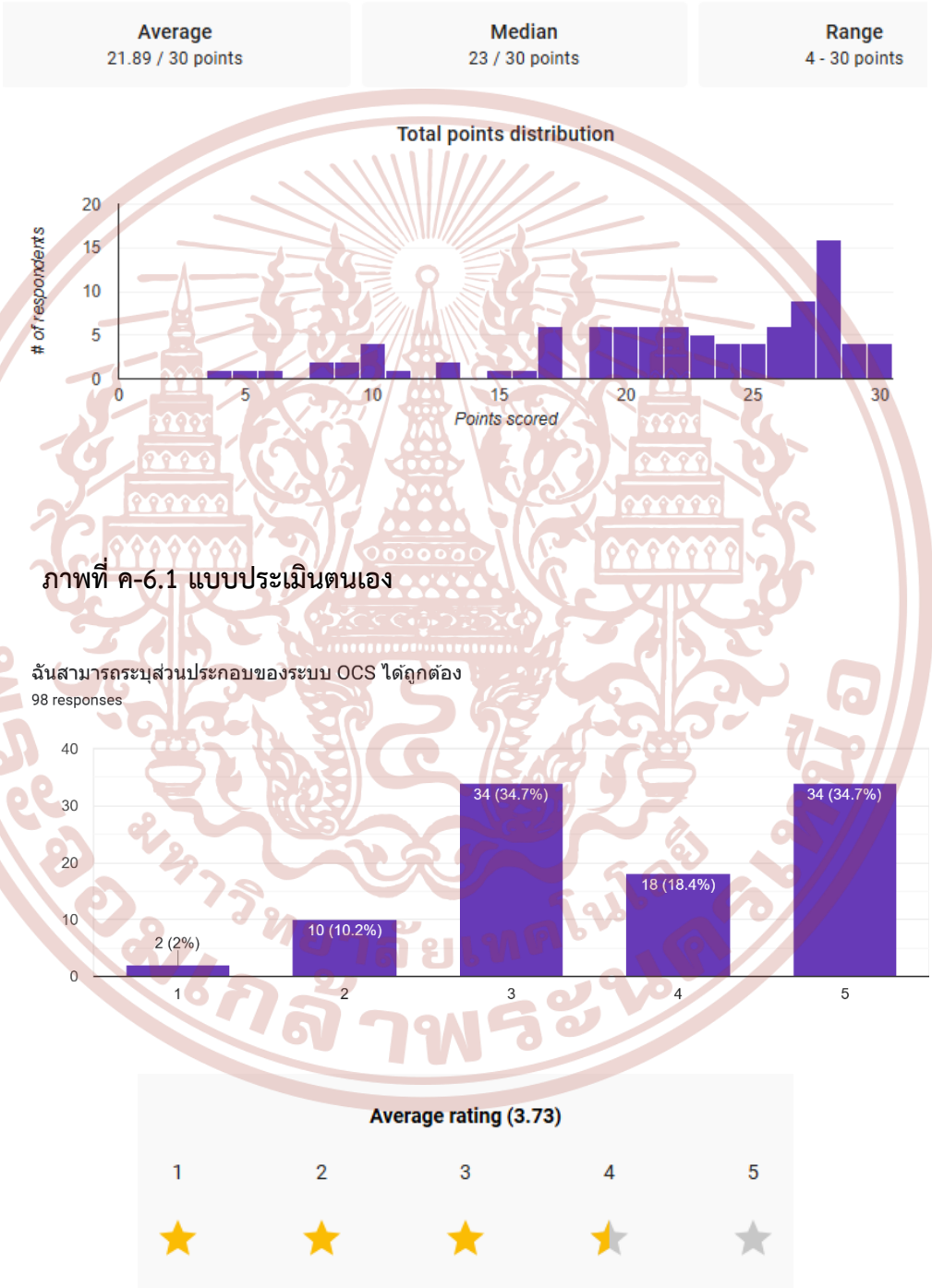


ตารางที่ ค-1 ข้อมูลผลการทดสอบของกลุ่มควบคุม

กลุ่มควบคุม	โรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ สาขาช่างอาณัติสัญญาณและช่างโยธา							
คะแนน	30	30	25	25	25	135	100	Pass 80%
แบบทดสอบ / ผู้ร่วมวิจัยที่	1	2	3	4	5	รวม	แปลงค่า	
1	30	28	24	24	25	131	97	1
2	21	27	19	23	25	115	85	1
3	25	26	23	25	25	124	92	1
4	30	27	24	25	25	131	97	1
5	30	28	24	25	25	132	98	1
6	30	27	24	25	25	131	97	1
7	25	27	20	25	25	122	90	1
8	27	27	20	25	25	124	92	1
9	29	27	23	25	24	128	95	1
10	26	28	20	25	25	124	92	1
11	21	27	20	23	25	116	86	1
12	23	24	22	23	24	116	86	1
13	24	25	22	20	25	116	86	1
14	22	25	23	25	25	120	89	1
15	22	28	23	25	25	123	91	1
16	21	28	23	25	25	122	90	1
17	22	25	23	25	25	120	89	1
18	22	27	23	25	25	122	90	1
19	27	26	20	25	20	118	87	1
20	20	24	23	25	25	117	87	1
21	19	23	13	20	13	88	65	0
22	16	23	13	4	13	69	51	0
23	19	23	14	8	13	77	57	0
24	19	17	11	8	1	56	41	0
25	17	18	18	15	22	90	67	0
26	18	23	17	18	18	94	70	0
27	19	24	15	11	17	86	64	0
28	16	25	10	10	17	78	58	0
29	30	27	23	24	25	129	96	1
30	19	8	3	6	8	44	33	0
31	19	9	12	5	11	56	41	0

ข้อมูลผลทดสอบของกลุ่มทดลอง (วิทยาลัยเทคนิค ระดับ ปวส.)

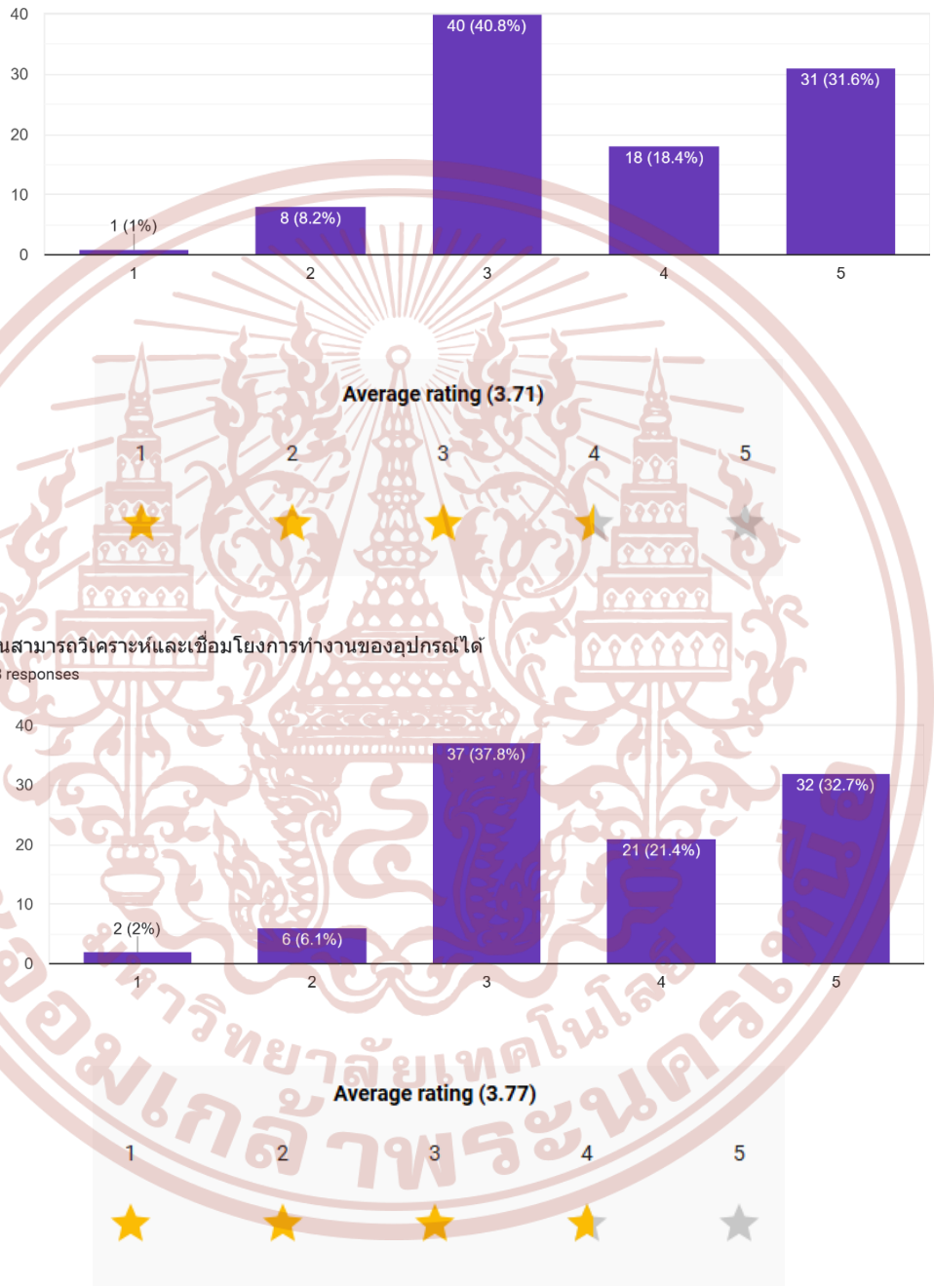
ภาพที่ ค-6 แบบทดสอบที่ 1 ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Catenary System)



ภาพที่ ค-6.1 แบบประเมินตนเอง

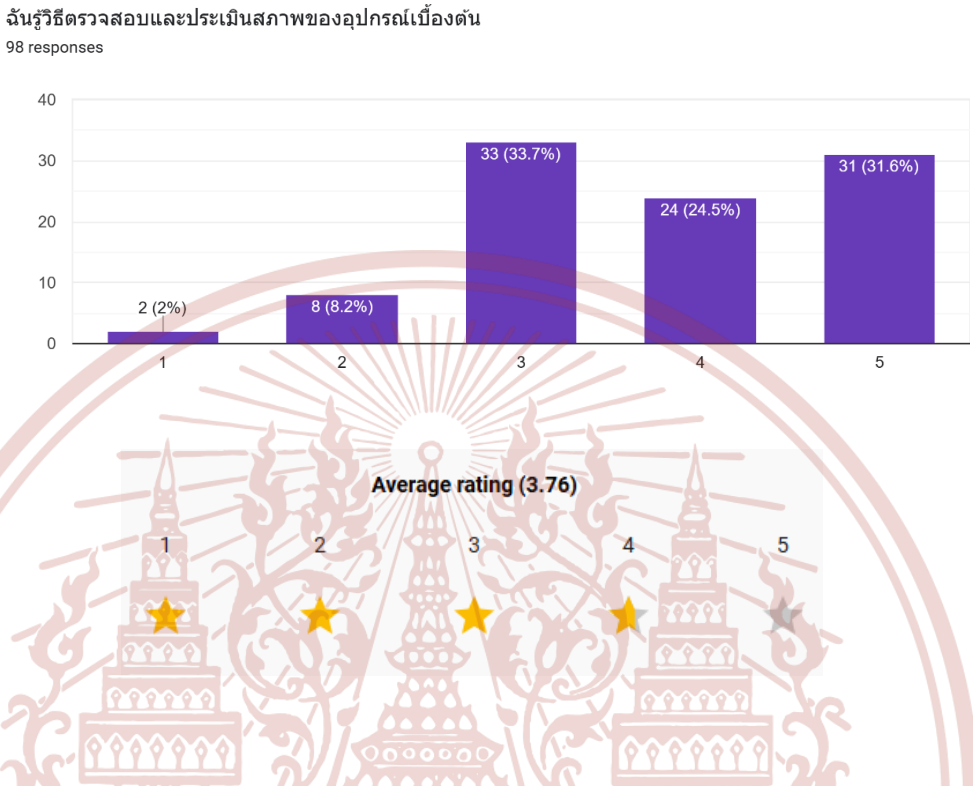
ฉันเข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชนิด

98 responses

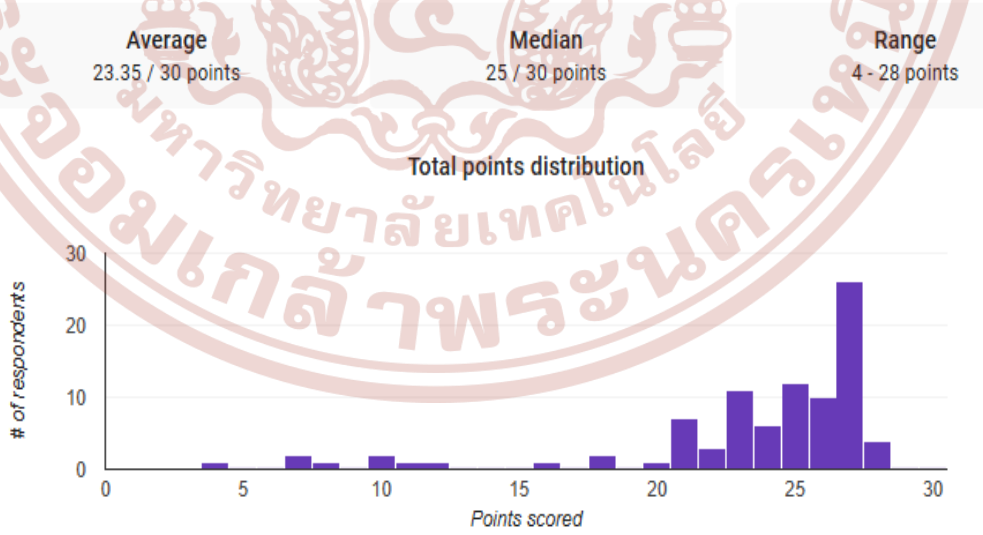


ฉันสามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ได้

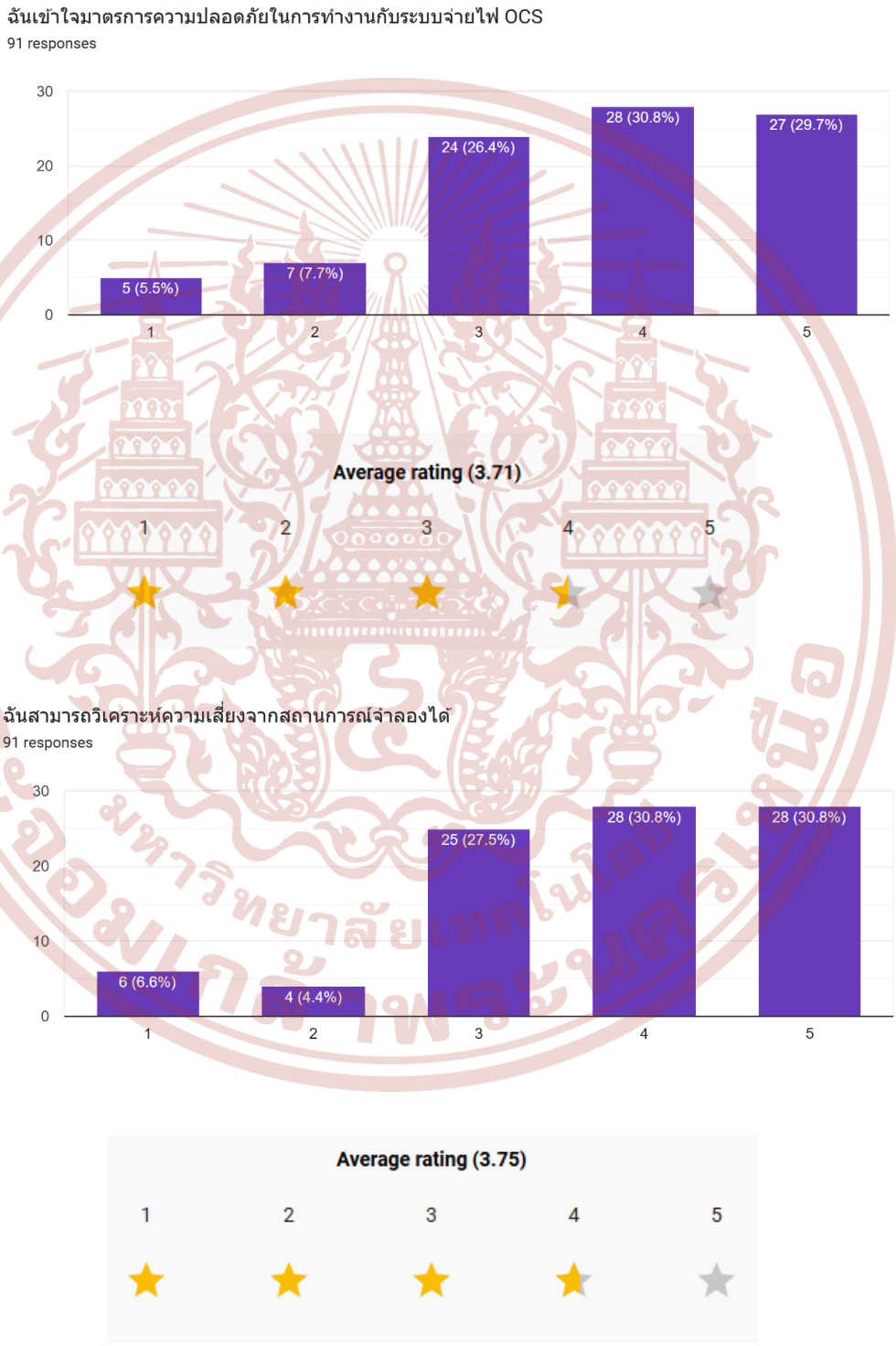
98 responses



ภาพที่ ค-7 แบบทดสอบที่ 2 ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS (Overhead Contact System)

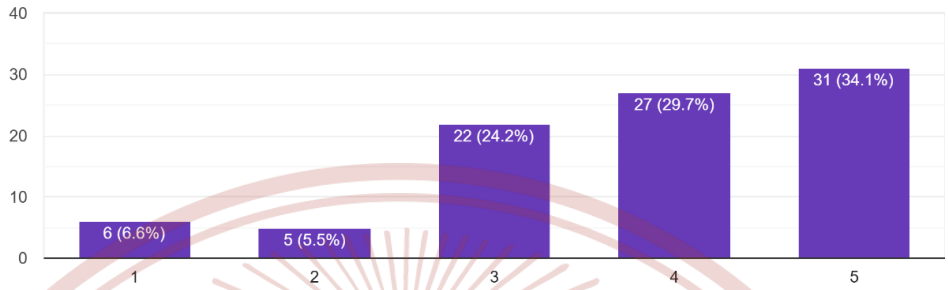


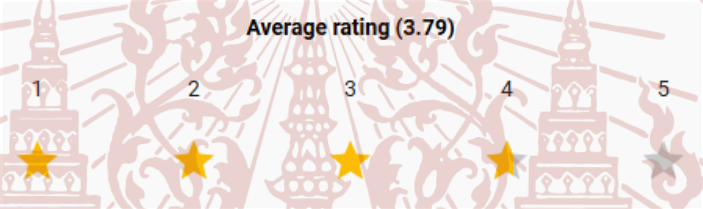
ภาพที่ ค-7.1 แบบประเมินตนเอง



ฉันรู้จักเลือก PPE และใช้อย่างถูกต้อง

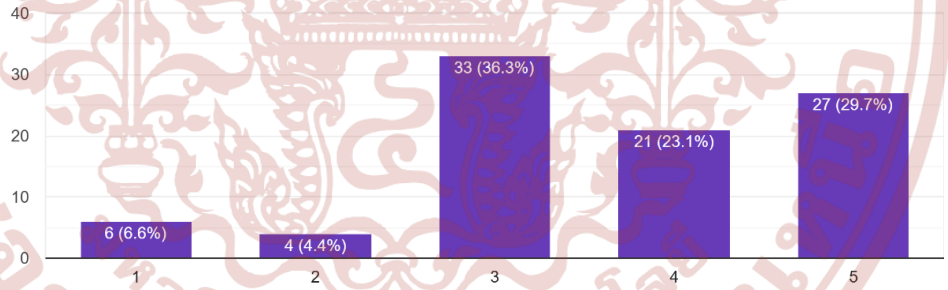
91 responses





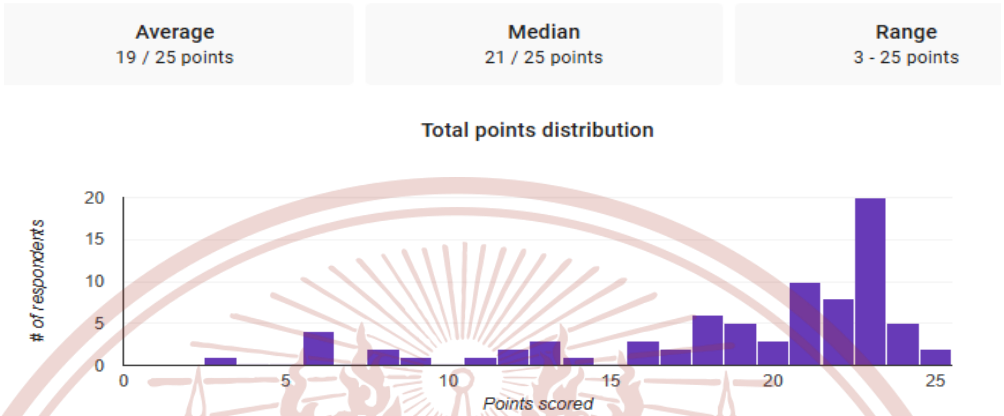
ฉันสามารถระบุขั้นตอนก่อน-ระหว่าง-หลังการทางานได้ครบถ้วน

91 responses

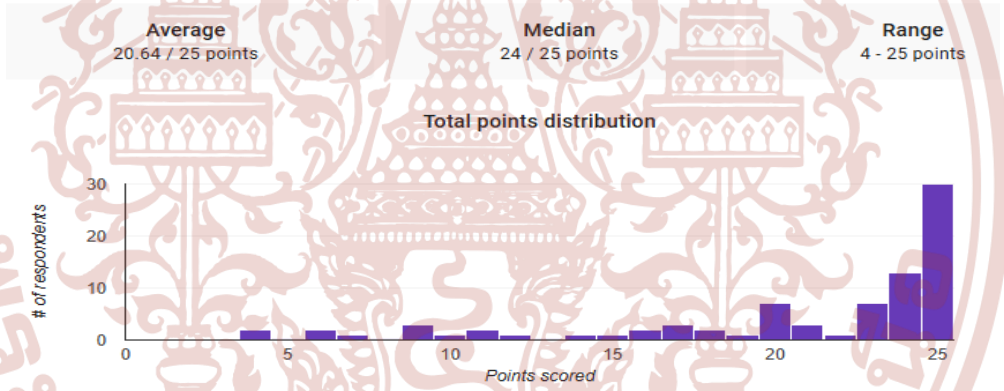




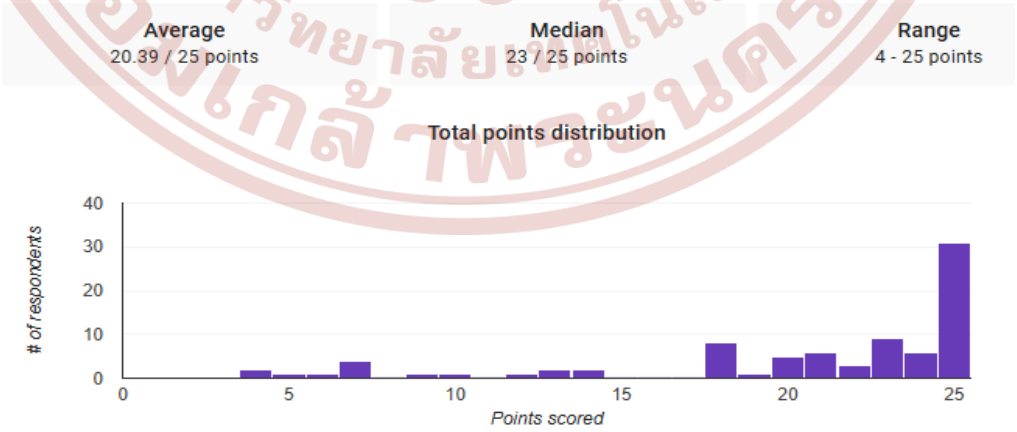
ภาพที่ ค-8 แบบทดสอบที่ 3 การตรวจสอบเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast)



ภาพที่ ค-9 แบบทดสอบที่ 4 การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever)



ภาพที่ ค-10 แบบทดสอบที่ 5 การตรวจสอบอุปกรณ์ปรับแรงดึง (Tension Device)



ตารางที่ ค-2 ข้อมูลผลการทดสอบของกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง		วิทยาลัยเทคนิค ระดับ ปวส. สาขาระบบราง						
คะแนน	30	30	25	25	25	135	100	Pass 80%
แบบทดสอบ / ผู้ร่วมวิจัยที่	1	2	3	4	5	รวม	แปลงค่า	
1	27	25	22	25	25	124	92	1
2	28	24	21	25	25	123	91	1
3	28	25	21	24	25	123	91	1
4	6	16	8	6	6	42	31	0
5	20	26	23	25	25	119	88	1
6	30	24	23	24	25	126	93	1
7	28	28	22	24	25	127	94	1
8	24	21	21	23	25	114	84	1
9	15	23	16	14	13	81	60	0
10	26	23	12	21	18	100	74	0
11	26	23	23	25	25	122	90	1
12	26	21	18	18	23	106	79	0
13	21	25	22	24	25	117	87	1
14	27	23	23	23	24	120	89	1
15	28	25	21	23	24	121	90	1
16	27	25	20	23	23	118	87	1
17	28	27	22	25	23	125	93	1
18	28	27	17	19	18	109	81	1
19	24	21	20	11	18	94	70	0
20	28	26	22	20	21	117	87	1
21	26	27	22	21	20	116	86	1
22	27	21	21	25	25	119	88	1
23	19	27	21	25	23	115	85	1
24	27	28	23	25	18	121	90	1
25	27	28	23	25	22	125	93	1
26	30	25	18	22	21	116	86	1
27	24	25	19	23	22	113	84	1
28	29	27	23	25	25	129	96	1
29	20	26	19	24	7	96	71	0
30	20	27	21	25	25	118	87	1
31	17	25	19	21	21	103	76	0
32	21	25	19	25	24	114	84	1
33	28	27	20	24	22	121	90	1
34	24	23	19	17	24	107	79	0
35	28	25	21	25	21	120	89	1
36	23	23	18	18	21	103	76	0
37	19	24	23	25	23	114	84	1
38	19	24	23	25	24	115	85	1

กลุ่มทดลอง		วิทยาลัยเทคนิค ระดับ ปวส. สาขาระบบราง						
คะแนน	30	30	25	25	25	135	100	Pass 80%
แบบทดสอบ ผู้ร่วมวิจัยที่	1	2	3	4	5	รวม	แปลงค่า	
39	22	27	23	25	25	122	90	1
40	22	27	23	25	25	122	90	1
41	22	27	23	25	19	116	86	1
42	28	27	23	25	25	128	95	1
43	11	24	13	17	12	77	57	0
44	26	26	25	25	25	127	94	1
45	17	27	23	25	25	117	87	1
46	17	23	16	20	18	94	70	0
47	20	20	18	11	21	90	67	0
48	10	8	7	12	18	55	41	0
49	17	23	21	17	18	96	71	0
50	19	26	22	24	25	116	86	1
51	27	22	23	20	21	113	84	1
52	10	4	8	9	7	38	28	0
53	26	27	21	24	24	122	90	1
54	23	27	24	25	25	124	92	1
55	25	27	24	25	25	126	93	1
56	20	18	11	23	25	97	72	0
57	23	27	24	24	25	123	91	1
58	25	27	24	25	25	126	93	1
59	20	26	23	25	25	119	88	1
60	23	27	25	25	25	125	93	1
61	19	27	23	25	25	119	88	1
62	21	21	12	15	14	83	61	0
63	22	26	23	25	23	119	88	1
64	17	22	22	23	23	107	79	0
65	23	27	24	25	25	124	92	1
66	22	26	13	20	20	101	75	0
67	10	21	14	7	7	59	44	0
68	29	27	18	20	20	114	84	1
69	4	12	6	10	9	41	30	0
70	23	27	23	25	25	123	91	1

ตารางที่ ค-3 ผลประเมินด้วยตนเอง เรื่องส่วนประกอบของระบบ OCS

การประเมินด้วยตัวเองของกลุ่มควบคุม	
ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Catenary System)	คะแนน
1) ฉันสามารถระบุส่วนประกอบของระบบ OCS ได้ถูกต้อง*	3.70
2) ฉันเข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชนิด*	3.52

3) ฉันสามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ได้*	3.48
4) ฉันรู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น*	3.67
ความเข้าใจในส่วนประกอบของระบบ OCS โดยรวม	**3.59**
การประเมินด้วยตัวเองของกลุ่มทดลอง	
ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Catenary System)	คะแนน
1) ฉันสามารถระบุส่วนประกอบของระบบ OCS ได้ถูกต้อง*	3.73
2) ฉันเข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชนิด*	3.71
3) ฉันสามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ได้*	3.77
4) ฉันรู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น*	3.76
ความเข้าใจในส่วนประกอบของระบบ OCS โดยรวม	**3.74**

ตารางที่ ค-4 ผลประเมินด้วยตนเอง เรื่องความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ OCS

การประเมินด้วยตัวเองของกลุ่มควบคุม	
ความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ OCS	คะแนน
1) ฉันเข้าใจมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ OCS	3.81
2) ฉันสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้	3.69
3) ฉันรู้จักเลือก PPE และใช้อย่างถูกต้อง	4.22
4) ฉันสามารถระบุขั้นตอนก่อน-ระหว่าง-หลังการทำงานได้ครบถ้วน	3.84
ความเข้าใจความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS โดยรวม	**3.89**
การประเมินด้วยตัวเองของกลุ่มทดลอง	
ความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ OCS	คะแนน
1) ฉันเข้าใจมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ OCS	3.71
2) ฉันสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้	3.75
3) ฉันรู้จักเลือก PPE และใช้อย่างถูกต้อง	3.79
4) ฉันสามารถระบุขั้นตอนก่อน-ระหว่าง-หลังการทำงานได้ครบถ้วน	3.65
ความเข้าใจความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS โดยรวม	**3.73**

ตารางที่ ค-5 สรุปเปรียบเทียบสมรรถนะการประเมินตนเองของทั้งสองกลุ่ม

ตารางสรุปเปรียบเทียบสมรรถนะการประเมินตนเองของทั้งสองกลุ่ม			
มิติการประเมิน	**กลุ่มควบคุม**	**กลุ่มทดลอง**	**การตีความเชิงวิชาการ**
ความเข้าใจส่วนประกอบ OCS (รวม)	3.59	3.74	กลุ่มทดลองมีแนวโน้มเข้าใจโครงสร้างระบบและความเชื่อมโยงดีกว่า
การระบุส่วนประกอบ	สูง	สูงกว่าเล็กน้อย	ความรู้เชิงโครงสร้างใกล้เคียงกัน
ความเข้าใจหน้าที่อุปกรณ์	ปานกลางค่อนข้างสูง	สูง	กลุ่มทดลองมี Functional Understanding ชัดเจนกว่า
การวิเคราะห์/เชื่อมโยงการทำงาน	ต่ำสุดในกลุ่ม	สูงสุดในกลุ่ม	กลุ่มทดลองเด่นด้าน Higher-order Thinking
การตรวจสอบสภาพเบื้องต้น	สูง	สูง	สมรรถนะพื้นฐานใกล้เคียงกัน
ความปลอดภัยในการทำงาน OCS (รวม)	3.89	3.73	กลุ่มควบคุมมีความมั่นใจเชิงปฏิบัติสูงกว่า
เข้าใจมาตรการความปลอดภัย	สูง	สูง	ใกล้เคียงกัน
วิเคราะห์ความเสี่ยง	ปานกลางค่อนข้างสูง	สูง	กลุ่มทดลองมีแนวโน้มคิดเชิงความเสี่ยงมากกว่า
การใช้ PPE	สูงมาก	สูง	กลุ่มควบคุมเด่นชัดด้าน Procedural Compliance
ขั้นตอนก่อน–ระหว่าง–หลังงาน	สูง	สูง	ใกล้เคียงกัน



ภาพ ค-11 แสดงการรื้อส่วนประกอบอุปกรณ์ OCS





ภาพ ค-12 และ ค-13 แสดงการฝึกประกอบ Cantilever

ตารางที่ ค-6 การประเมินภาคปฏิบัติเกี่ยวกับส่วนประกอบ OCS

1) ส่วนประกอบของระบบ OCS	ผลประเมิน
ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS	4.33
ความเข้าใจในหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด	4.00
การวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์	3.67
รู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น	4.00
คะแนนประเมินโดยรวม	4.00

ตารางที่ ค-7 การประเมินภาคปฏิบัติความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS

2) ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS	ผลประเมิน
ความเข้าใจในมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS	4.33
ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้	3.67
รู้จักเลือก PPE และใช้ได้อย่างถูกต้อง	4.67
สามารถระบุขั้นตอน ก่อน-ระหว่าง-หลัง การทำงาน ได้อย่างถูกต้อง	4.00
คะแนนประเมินโดยรวม	4.17

ภาคผนวก ง

เอกสารประกอบการวิจัย

โปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบารุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่

หน้าจอการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน

รายละเอียดในการเรียนรู้สำหรับนักศึกษา บทที่ 1-9

รายละเอียดในการเรียนรู้ตามสมรรถนะงานซ่อมบำรุงระบบ OCS จำนวน 7 สมรรถนะ

การเตรียมความพร้อมในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (Standard Operating Procedure : SOP) ตามสมรรถนะ

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) การบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) ความปลอดภัยสำหหรับการทำงานบนที่สูง

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) การวัดแรงดึงสายไฟฟ้าสัมผัส ในระบบไฟฟ้าเหนือหัว

คู่มือภาคสนามสำหรับช่างเทคนิค

สถานการณ์จำลอง การวิเคราะห์เหตุการณ์จำลอง และ

คู่มือการวินิจฉัยและแก้ไขปัญหาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

การเรียนรู้ในรูปแบบ Infographic

การเรียนรู้ในรูปแบบ VDO Clip และ Youtube

การเรียนรู้ในรูปแบบ Audio

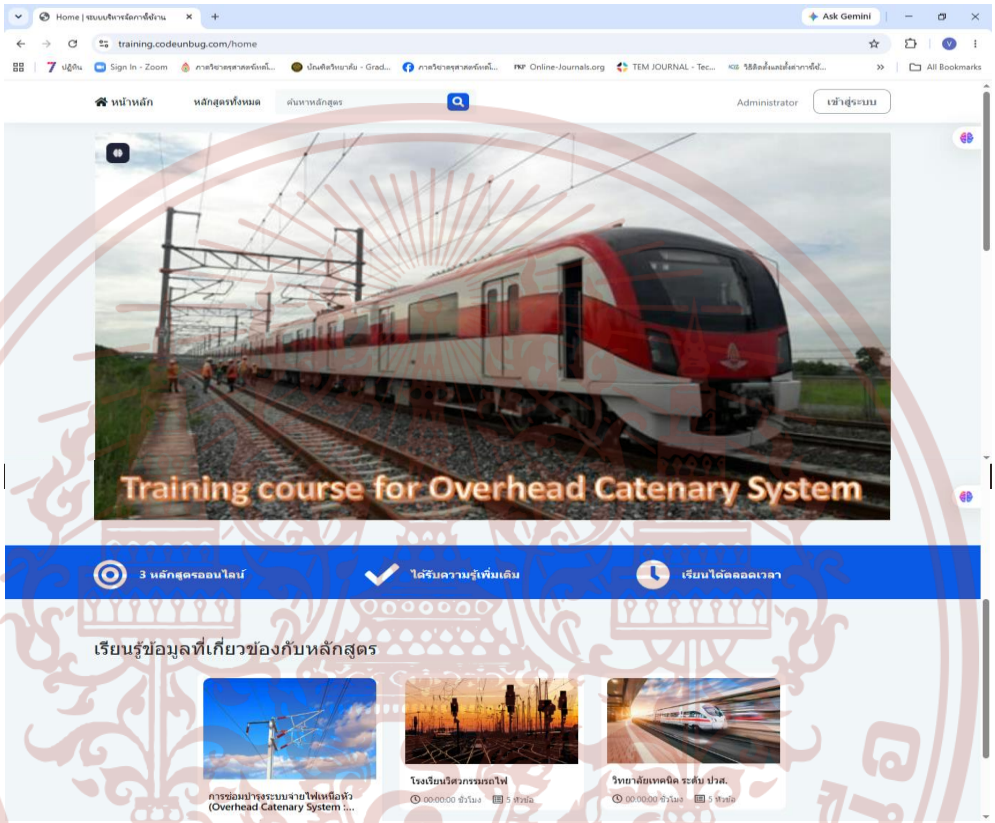
การเรียนรู้ในรูปแบบ Mind map

การประเมินผลโดยแบบทดสอบ

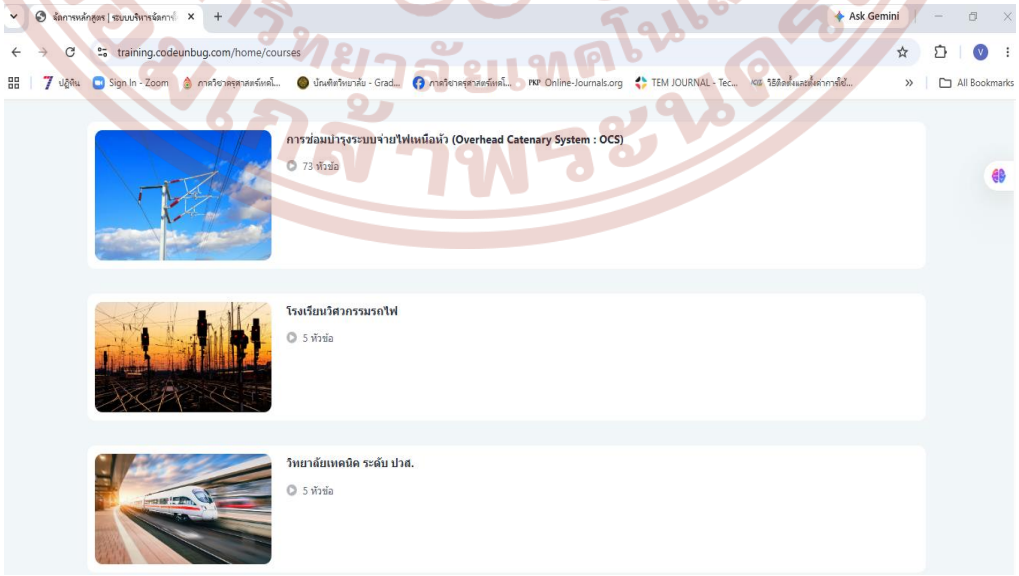
3D Model for OCS & Power Supply Equipment

โปรแกรมการเรียนรู้ดิจิทัลที่พัฒนาขึ้น https://training.codeunbug.com/home

หน้าจอหลัก

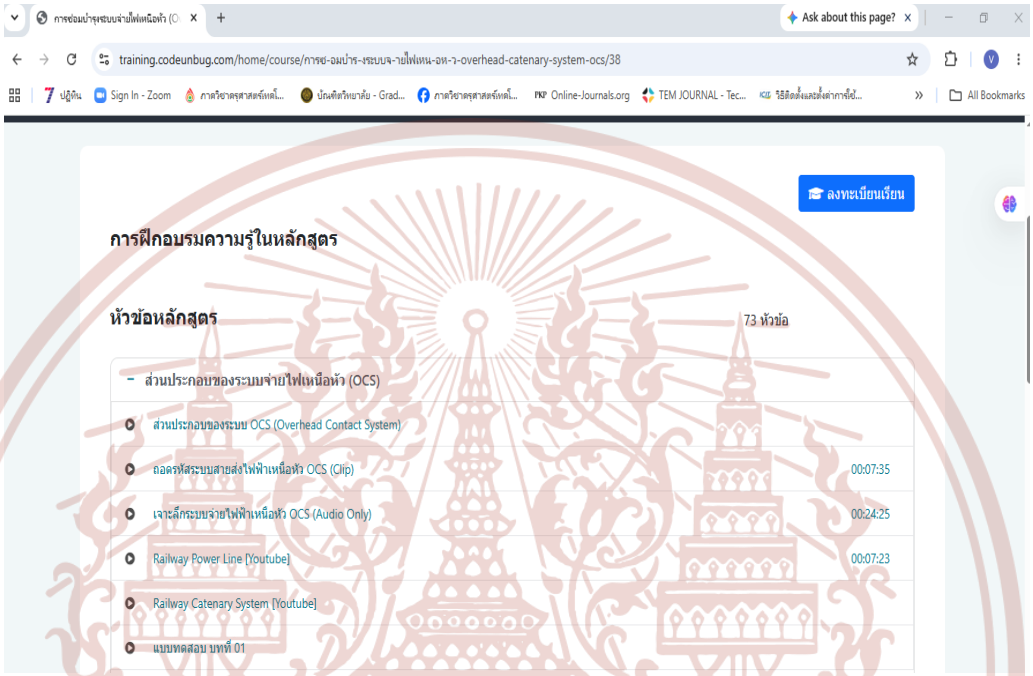


หน้าจอแสดงหลักสูตรทั้งหมด



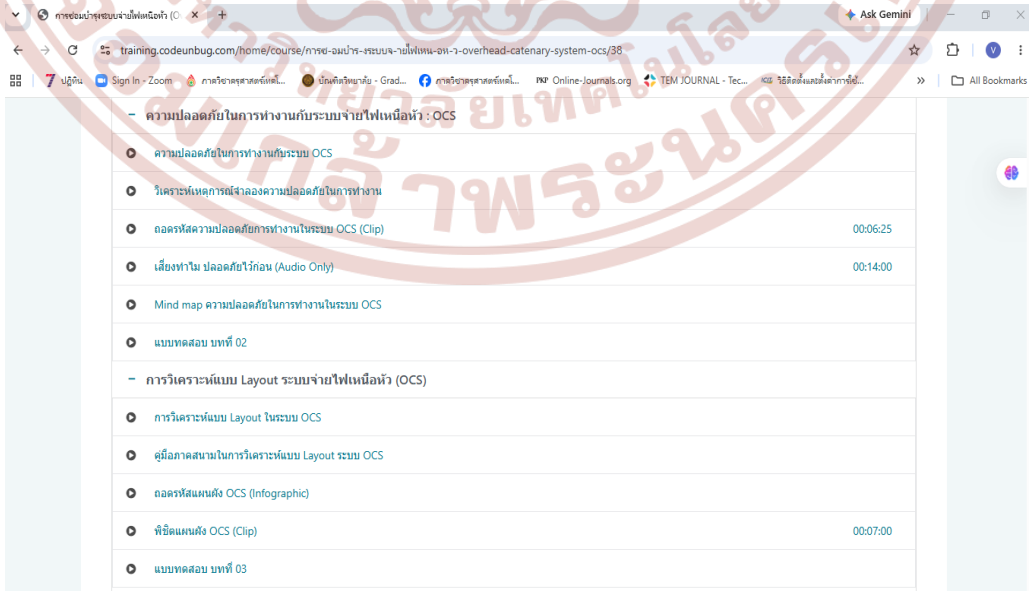
หัวข้อหลักสูตร

บทที่ 1 ส่วนประกอบของระบบจ่ายไฟเหนือหัว (OCS)



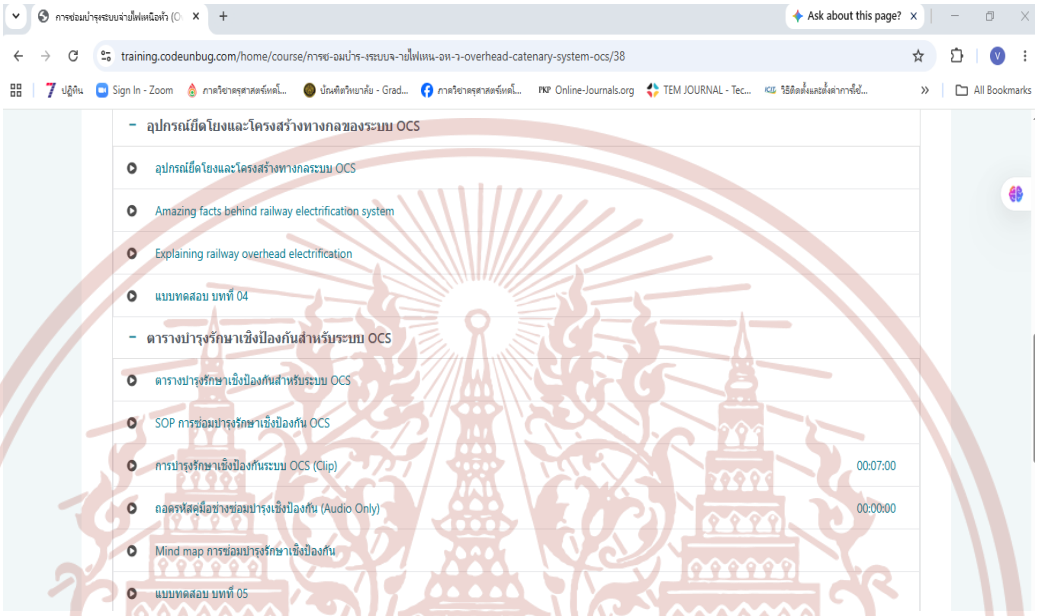
บทที่ 2 ความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟเหนือหัว OCS และ

บทที่ 3 การวิเคราะห์แบบ Layout ระบบจ่ายไฟเหนือหัว (OCS)



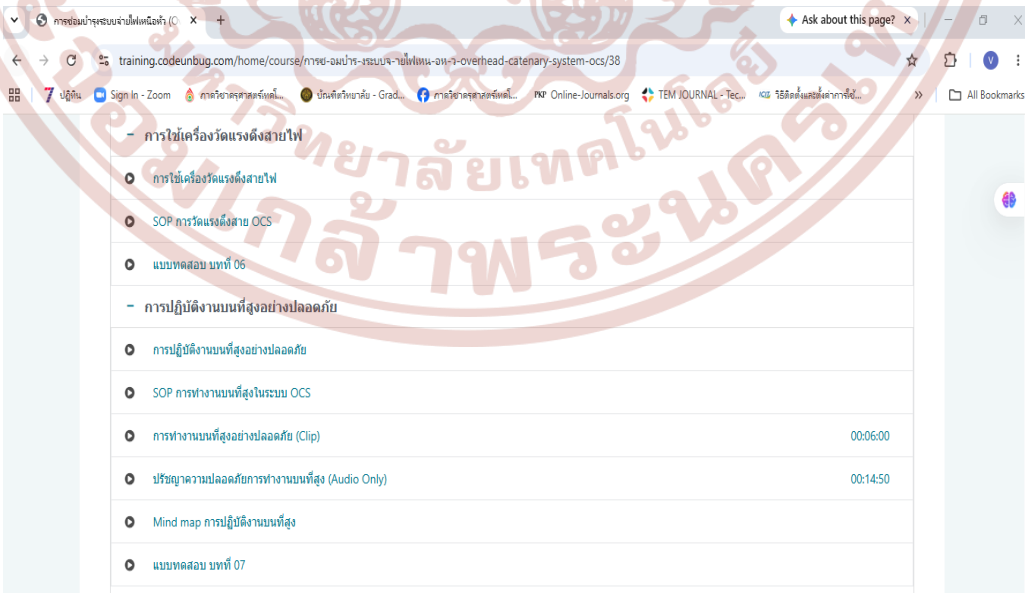
บทที่ 4 อุปกรณ์ยึดโยงและโครงสร้างทางกลของระบบ OCS และ

บทที่ 5 ตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สำหรับระบบ OCS



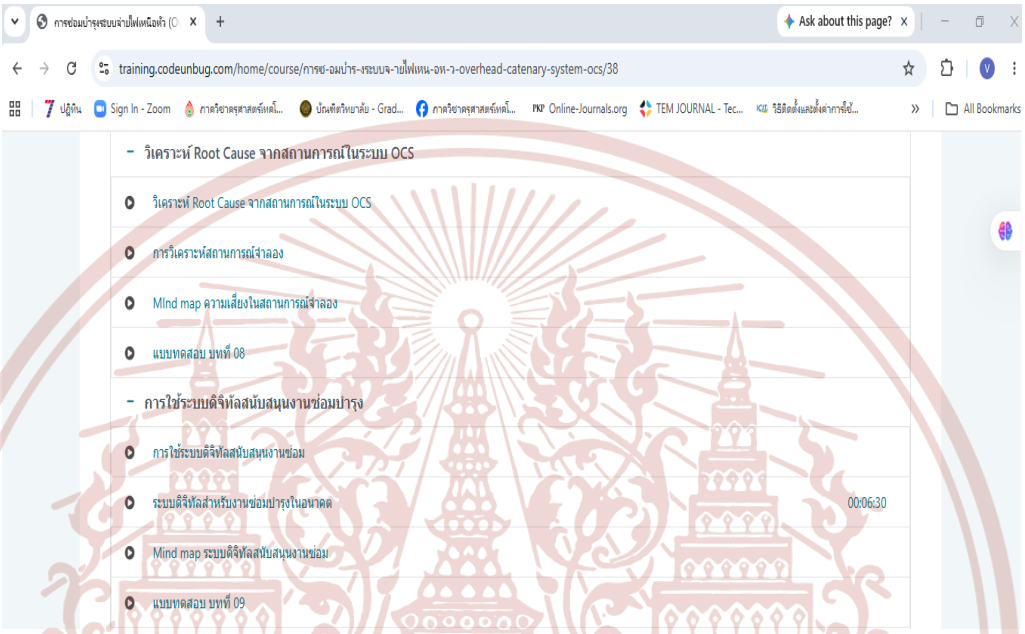
บทที่ 6 การใช้เครื่องวัดแรงดึงสายไฟ และ

บทที่ 7 การปฏิบัติงานบนที่สูงอย่างปลอดภัย

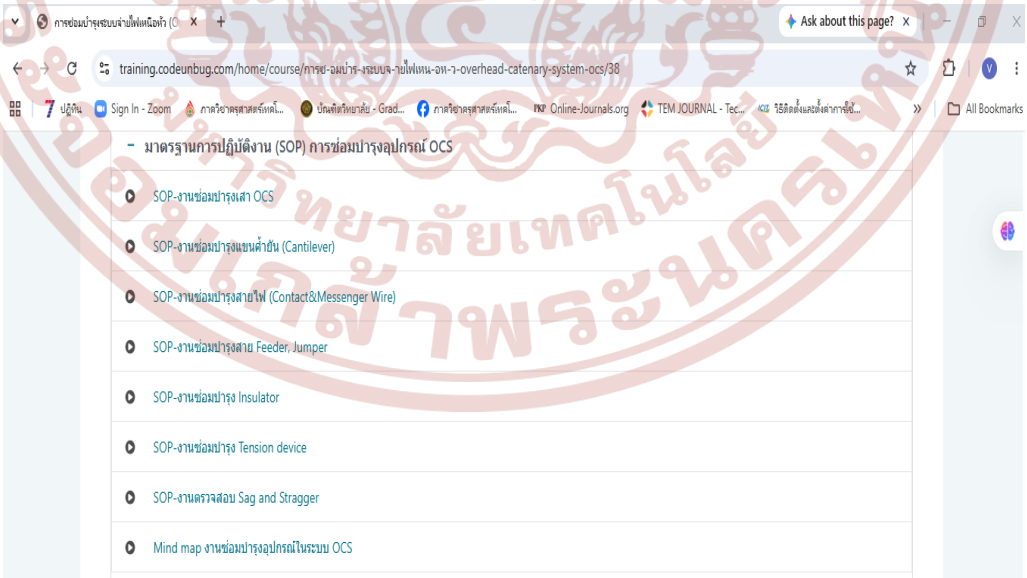


บทที่ 8 การวิเคราะห์ Root Cause จากสถานการณ์ในระบบ OCS และ

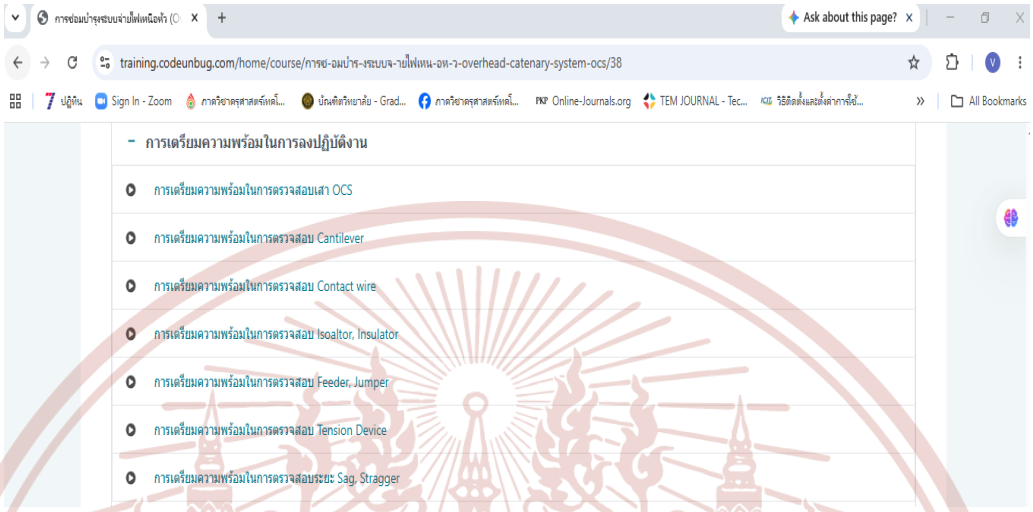
บทที่ 9 การใช้ระบบดิจิทัลสนับสนุนงานซ่อมบำรุง



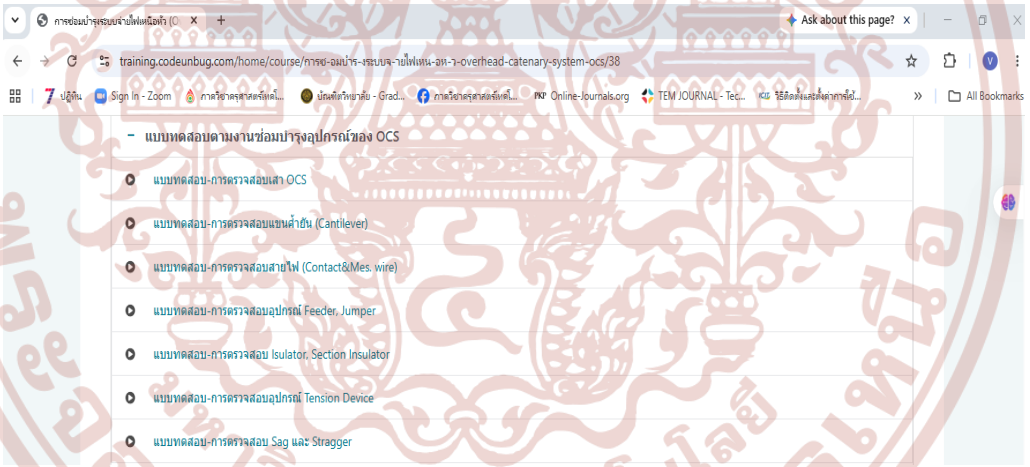
มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOP) การซ่อมบำรุงอุปกรณ์ OCS



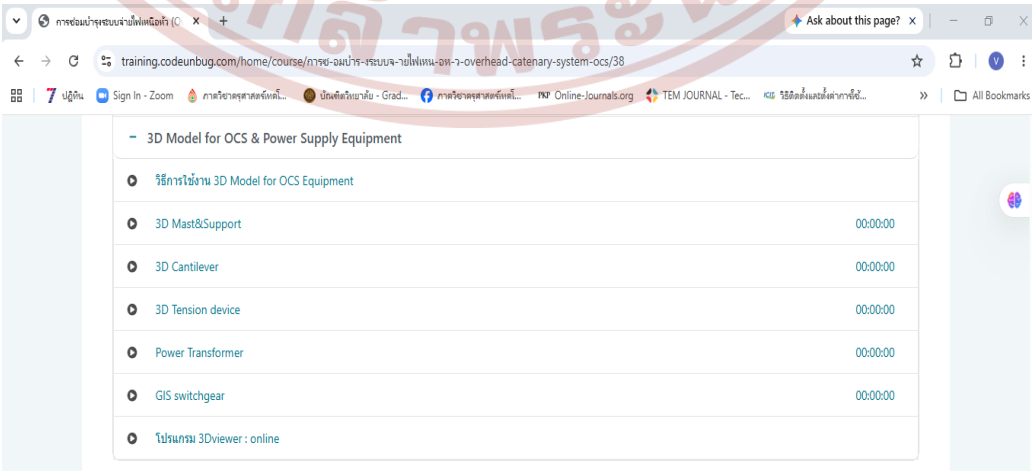
การเตรียมความพร้อมในการลงปฏิบัติงาน



แบบทดสอบตามงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ของ OCS



3D Model for OCS & Power Supply Equipment



รายละเอียดในการเรียนรู้สำหรับนักศึกษา

คู่มือฝึกอบรม

บทเรียนที่ 1 – ส่วนประกอบของระบบ Overhead Contact System : OCS

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบการเรียนรู้และปฏิบัติตามใบงานนี้ ผู้เรียนจะสามารถ:

1. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบหลักในระบบ OCS ได้
2. จำแนกองค์ประกอบสายไฟฟ้าเหนือหัวแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้อง
3. แสดงความเข้าใจในการเชื่อมโยงการทำงานขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบ
4. เตรียมความพร้อมในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบ OCS ได้อย่างปลอดภัย

---

2. ความรู้พื้นฐานที่ควรมี

- ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้ากำลังและระบบรางไฟฟ้า
- การอ่านแบบโครงสร้างไฟฟ้าเบื้องต้น
- ความเข้าใจเรื่องความปลอดภัยในการทำงานกับระบบไฟฟ้าแรงสูง

---

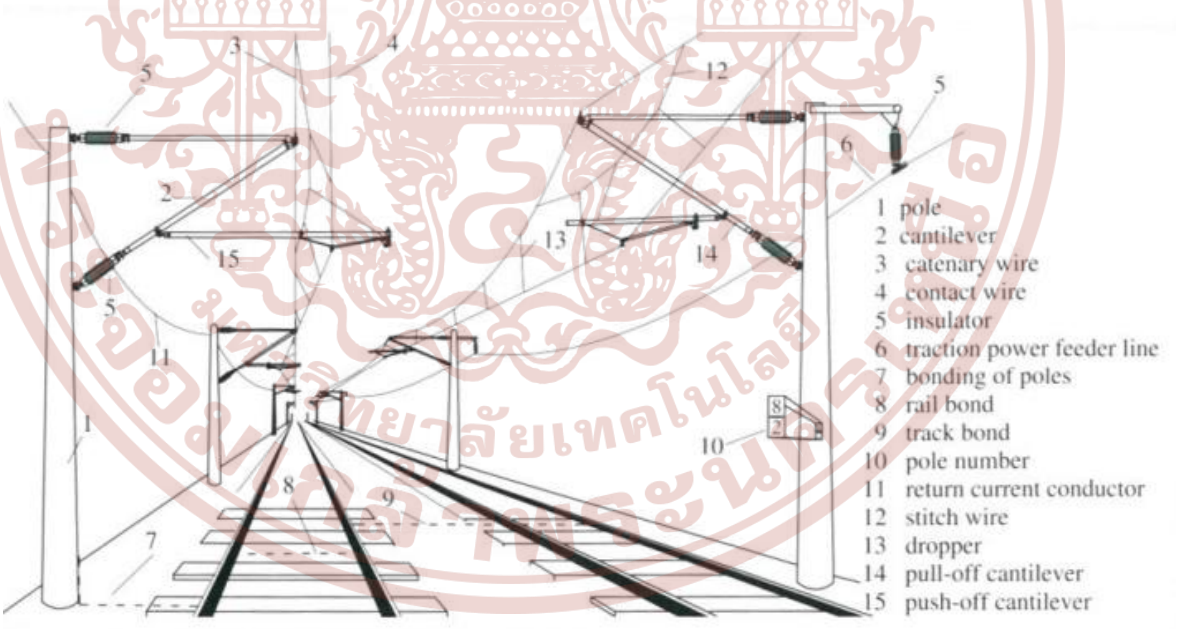
3. เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟ เป็นระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้รถไฟเพื่อให้ขับเคลื่อนได้ โดยหลักๆ มี 2 ประเภท คือ ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System - OCS) ซึ่งจ่ายไฟฟ้าจากด้านบนตัวรถ และ ระบบจ่ายไฟฟ้ารางที่สาม (Third Rail System) ที่ทำเป็นแบบรางจ่ายไฟ (Conductor rail) ข้างรางวิ่งเพื่อจ่ายไฟฟ้า รถไฟฟ้าในประเทศไทย เช่น Airport Rail Link (ARL)

และสายสีแดง ใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ส่วน BTS และ MRT ใช้ระบบจ่ายไฟฟ้ารางที่สาม สำหรับ Monorail เรียก Conductor rail หรือ Power rail

รถไฟฟ้า	ระบบจ่ายไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า
ARL, สายสีแดง	OCS	25,000 โวลต์ กระแสสลับ 50 เฮิรตซ์
BTS, MRT	Third rail	750 โวลต์ กระแสตรง
Monorail	Conductor rail	750 โวลต์ กระแสตรง

รูปด้านล่าง แสดงตัวอย่างการออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

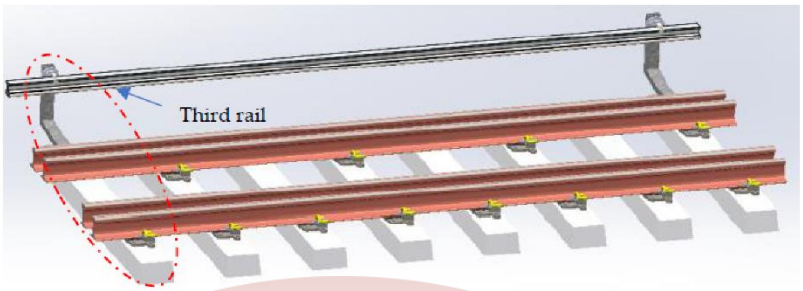




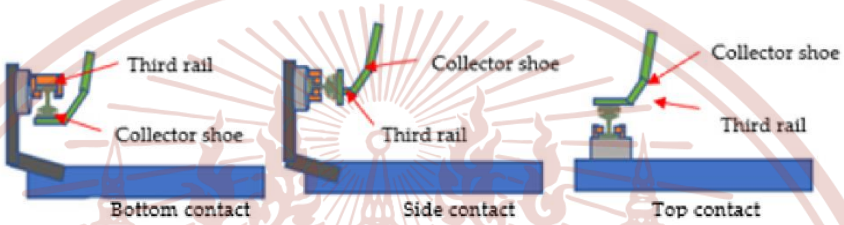
รูปบน รถไฟฟ้าสายสีแดง ใช้ Pantograph ในการรับไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

และรูปล่าง รถไฟฟ้า BTS ใช้ รางที่สาม ในการรับไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง





(a)



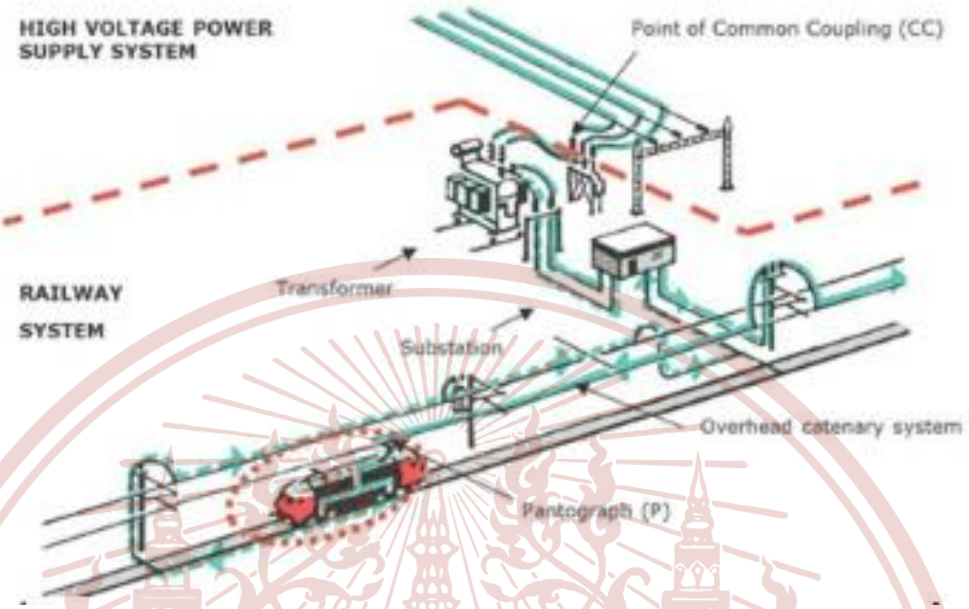
(b)

รูปบน แสดงตัวอย่างการออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้ารางที่สาม

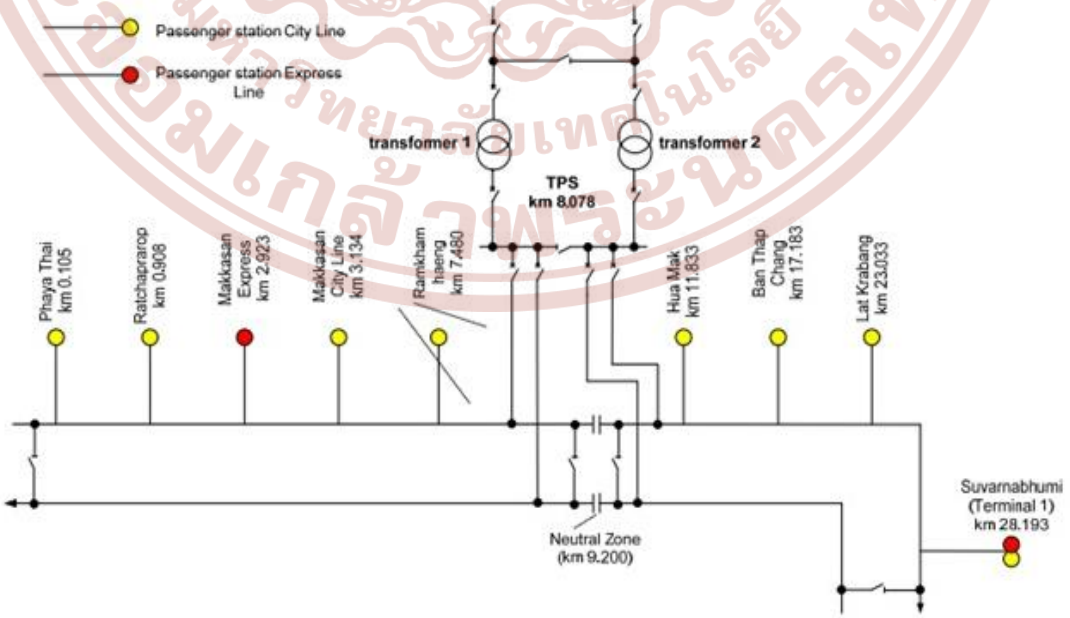
และ รูปล่าง แสดงระบบจ่ายไฟฟ้าแบบ Conductor rail สำหรับ Monorail



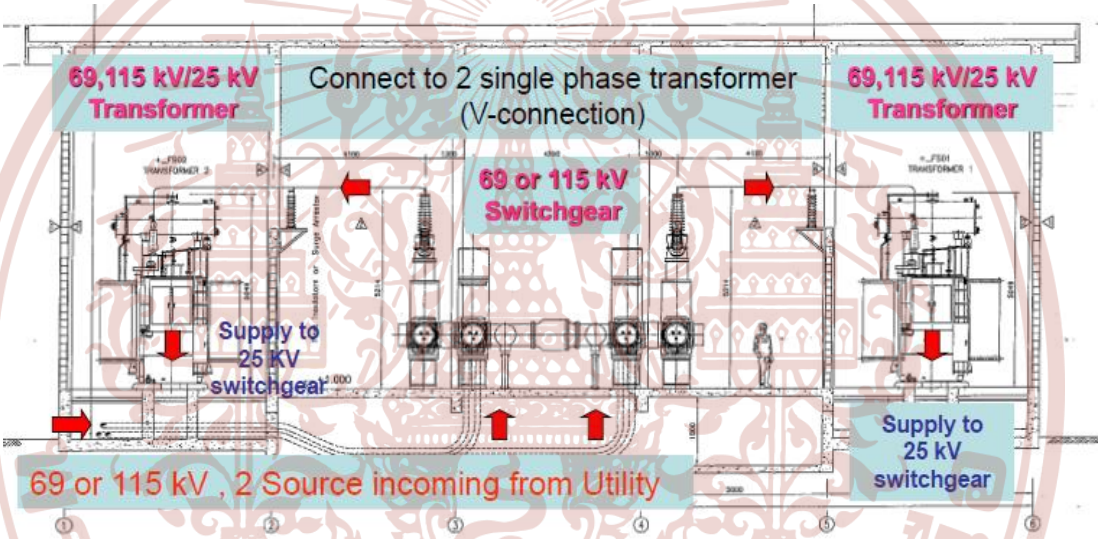
ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System : OCS) เป็นหัวใจของการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่รถไฟฟ้า การเข้าใจองค์ประกอบและหน้าที่ของแต่ละส่วนเป็นทักษะพื้นฐานที่ช่างซ่อมบำรุงต้องมี เพื่อให้สามารถตรวจสอบ วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย



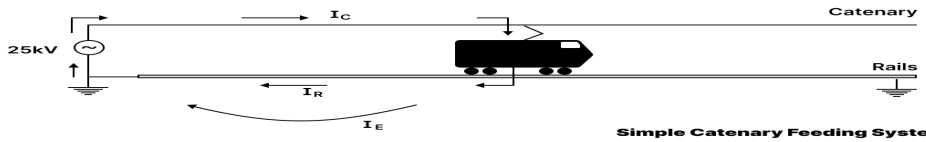
จากรูปด้านบน ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงสูงจากแหล่งจ่ายภายนอก ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 69 kV 3 เฟส หรือมากกว่า ส่งจ่ายให้กับสถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน (Traction Substation) โดยแปลงแรงดันผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูง (Power Transformer) ลงเหลือ 25 kV. 1 เฟส และป้อนกระแสไฟไปยังระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System, OCS) เพื่อจ่ายให้ผ่านแพนโตกราฟ (Pantograph) บนหลังคารถไฟ เพื่อใช้ในการขับเคลื่อน



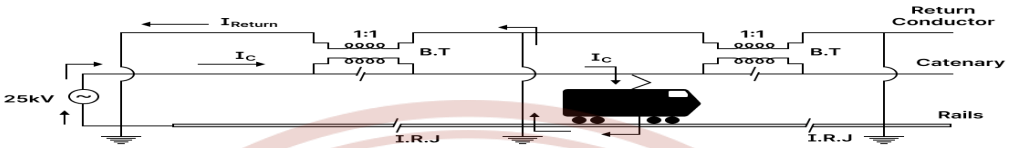
ผังแสดงระบบจ่ายไฟฟ้าของโครงการ ARL ประกอบไปด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 2 ลูก และแสดงการรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 2 ทาง โดยเป็นแหล่งจ่ายปกติ (Normal Source) และแหล่งจ่ายสำรองที่สามารถจ่ายไฟได้ทันที แบบ (Hot Standby) เป็นการจ่ายไฟฟ้าในรูปแบบ V-connection ผ่าน 69 kV Switchgear และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อปรับลดแรงดันไฟฟ้าให้ได้ 25kV 1 เฟส ป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านสวิทช์เกียร์ (25 kV Switchgear) ขึ้นไปยังระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS) ที่ติดตั้งระหว่างสถานีพญาไทไปยังสถานีสุวรรณภูมิ ระยะทาง 28 กิโลเมตร จำนวน 2 เส้นทาง (ไป-กลับ) โดยมี Neutral Zone เป็นจุดแยกเฟสของระบบไฟฟ้าเหนือหัว



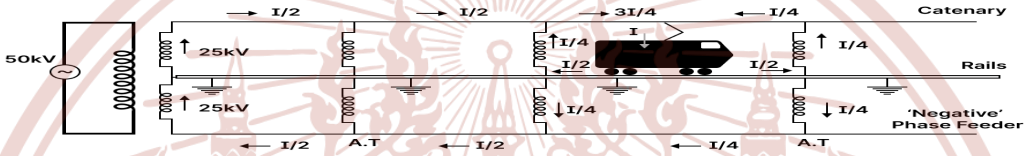
สำหรับการจ่ายไฟในระบบ OCS มี 3 รูปแบบ ได้แก่ Simple Feeding, Booster Transformer และ Auto Transformer ตามรูปวงจรด้านล่างตามลำดับ ทั้งนี้ ในประเทศไทย ใช้รูปแบบ Simple Feeding with return conductor ในโครงการ ARL และแบบ Auto Transformer ในโครงการสายสีแดง



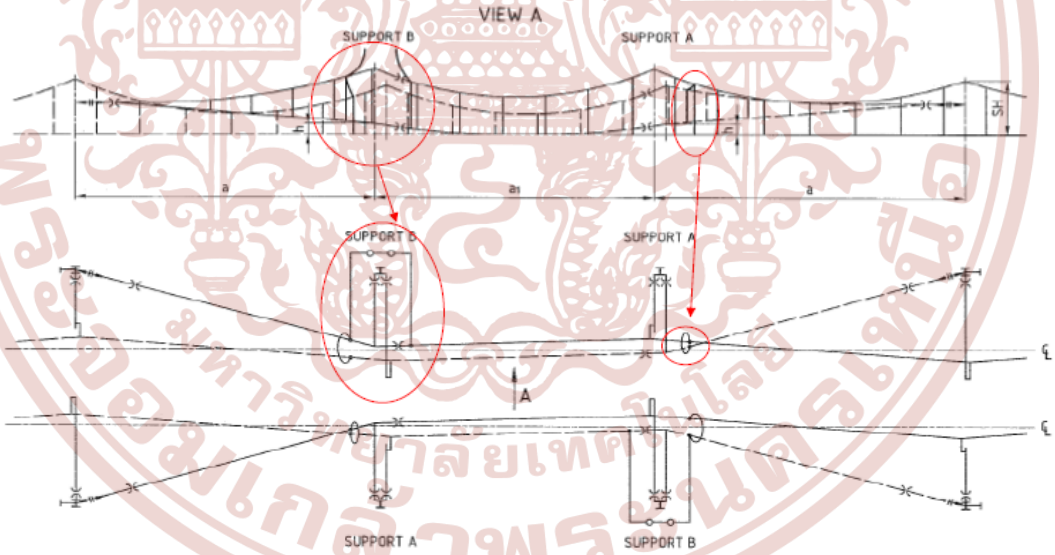
Simple Catenary Feeding System

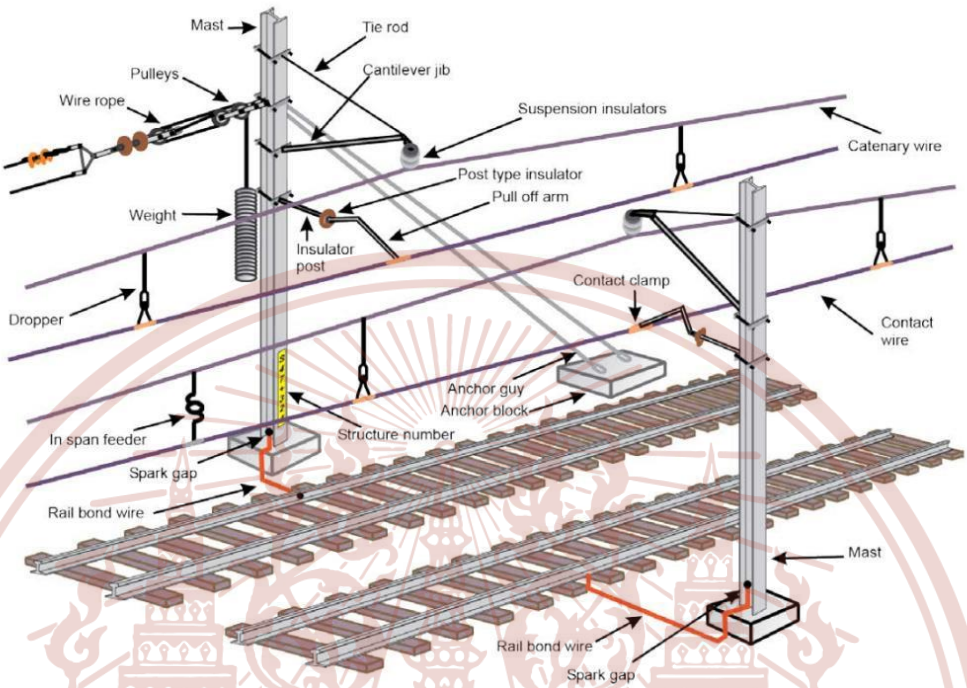


Booster Transformer Feeding System with Return Conductor & Insulated Rail Joints



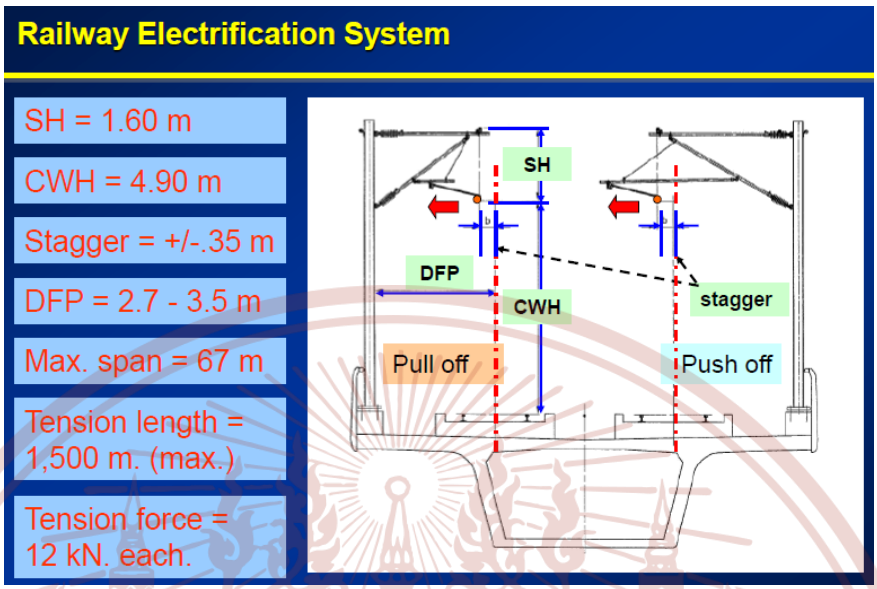
Autotransformer Feeding System (2*25kV)





ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS) ของทางรถไฟประกอบด้วย สายสัมผัส สายส่งไฟฟ้า ดรอปเปอร์ แขนยึดสาย และขายึด สายส่งไฟฟ้าจะลำเลียงสายสัมผัสผ่านตัวรับสาย เพื่อให้ได้รูปทรง ความแข็ง และความยืดหยุ่นตามที่ต้องการ สายส่งไฟฟ้าจะถูกยึดโดยขายึดซึ่งติดอยู่กับเสา หน้าที่หลักของแขนยึดสายซึ่งติดอยู่กับสายสัมผัส คือการทำให้สายสัมผัสมีรูปทรงแนวนอนที่ถูกต้อง

สายสัมผัสเป็นส่วนประกอบที่นำไฟฟ้าไปยังขบวนรถไฟผ่านแพนโทกราฟ สายส่งไฟฟ้าเหนือหัวถูกติดตั้งด้วยวิธีการที่หลากหลาย รวมถึงคานยื่นแบบง่ายบนเสาเหล็กสำหรับพื้นที่รางเดี่ยวและรางคู่ และโครงสร้างแบบพอร์ทัลหรือช่วงหัวเสาสำหรับพื้นที่รางหลายรางหรือซับซ้อน ในรูปแบบพื้นฐานที่สุด เสาจะรองรับคานยื่นซึ่งจะรองรับสายสัมผัสและสายส่งไฟฟ้า รวมถึงสายส่งไฟฟ้ากลับ ที่ติดตั้งอยู่กับเสาบนฉนวนเซรามิกหรือไฟเบอร์กลาส จะทำหน้าที่แยกส่วนการนำไฟฟ้าออกจากเสา



4. ส่วนประกอบหลักของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

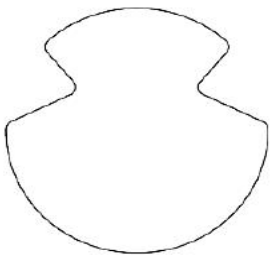
4.1 Contact Wire (สายสัมผัส)

- สายไฟที่อยู่ต่ำสุด รถไฟฟ้าจะใช้ Pantograph สัมผัสเพื่อรับไฟฟ้า
- วัสดุ: ทองแดงผสม หรือทองแดงเคลือบเงิน
- คุณสมบัติ: ทนการสึกหรอสูง นำไฟฟ้าได้ดี





MARKING OF Cu-ETP

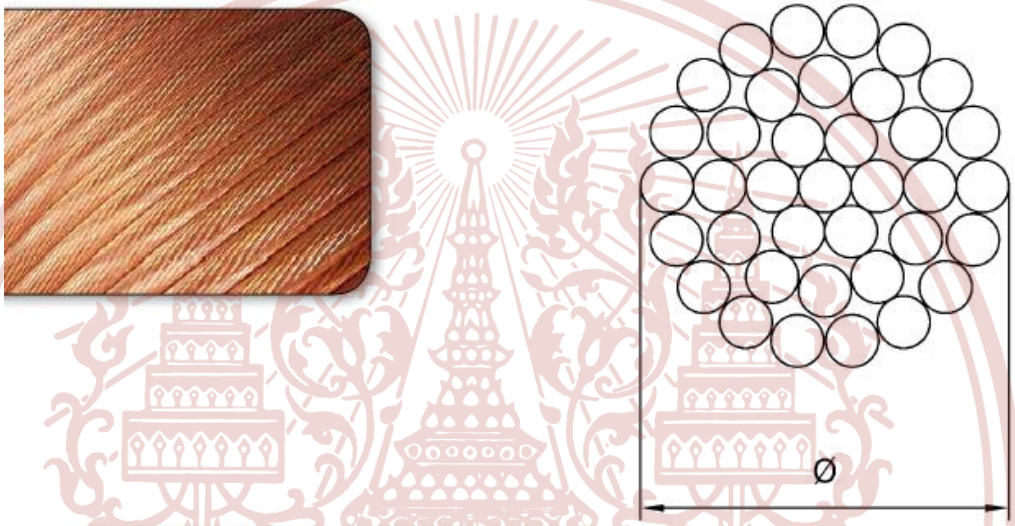


MATERIAL PROPERTY

E- module	kN/mm²	120
Specific conductivity at 20°C	m/(Ohm*mm²)	≥56,3
Electric conductivity	% IACS	≥97
Linear expansion coefficient	10-5/K	1,7
Density	10³ kg/m³	8,89

4.2 Messenger Wire (สายยึดโยง)

- สายรับน้ำหนักของ Contact Wire
- ช่วยรักษาระดับและรูปทรงของ Contact Wire ให้อยู่ในแนวที่เหมาะสม
- มักทำจากทองแดงผสมที่มีความแข็งแรง

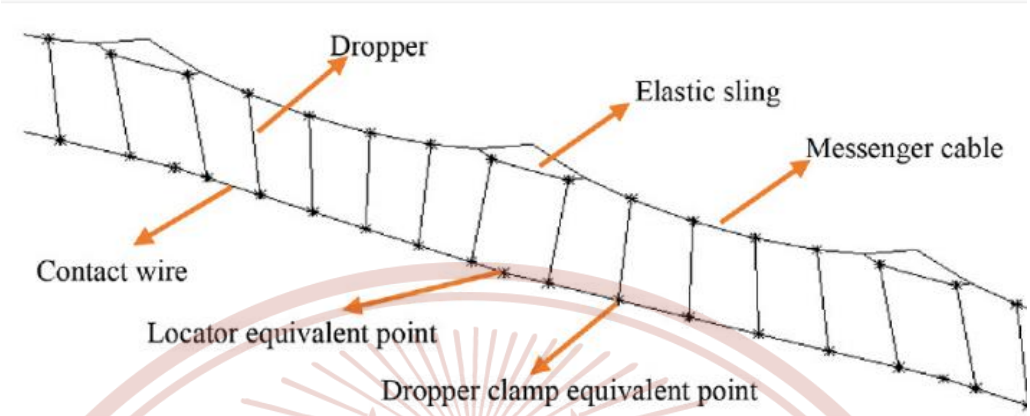


STRANDED CONDUCTORS
CuETP[1)] ACCORDING TO DIN 48201 PART 1

NOMINAL SECTION mm²	REAL CROSS SECTION mm²	NUMBER OF WIRES	WIRE Ø mm	STRAND Ø mm	WEIGHT kg/km	CALC. BREAK UP LOAD kN	PERMANENT CROSS CURRENT CAPACITY A
10	10,02	7	1,35	4,1	90	4,02	90
16	15,89	7	1,70	5,1	143	6,37	125
25	24,25	7	2,10	6,3	218	9,72	160
35	34,36	7	2,50	7,5	310	13,77	200
50	49,48	7	3,00	9,0	446	19,84	250
50	48,35	19	1,80	9,0	437	19,38	250
70	65,81	19	2,10	10,5	596	26,38	310

4.3 Droppers (สายแขวน)

- สายแขวนที่เชื่อม Messenger Wire เข้ากับ Contact Wire
- ติดตั้งเป็นช่วง ๆ เช่น ทุก 10 เมตร
- ทำหน้าที่ป้องกันการหย่อนและกระจายแรงสม่ำเสมอ



4.4 Cantilever (แขนยึดโยงสาย)



- ส่วนประกอบที่ยึดสายเข้ากับเสา OCS
- ทำหน้าที่ควบคุมการเยื้องศูนย์ (Stagger) ของสาย

4.5 Insulators (ฉนวนไฟฟ้า)

- ใช้แยกไฟฟ้าระหว่างสายและโครงสร้าง
    - **Post Insulator**



- Tension Insulator

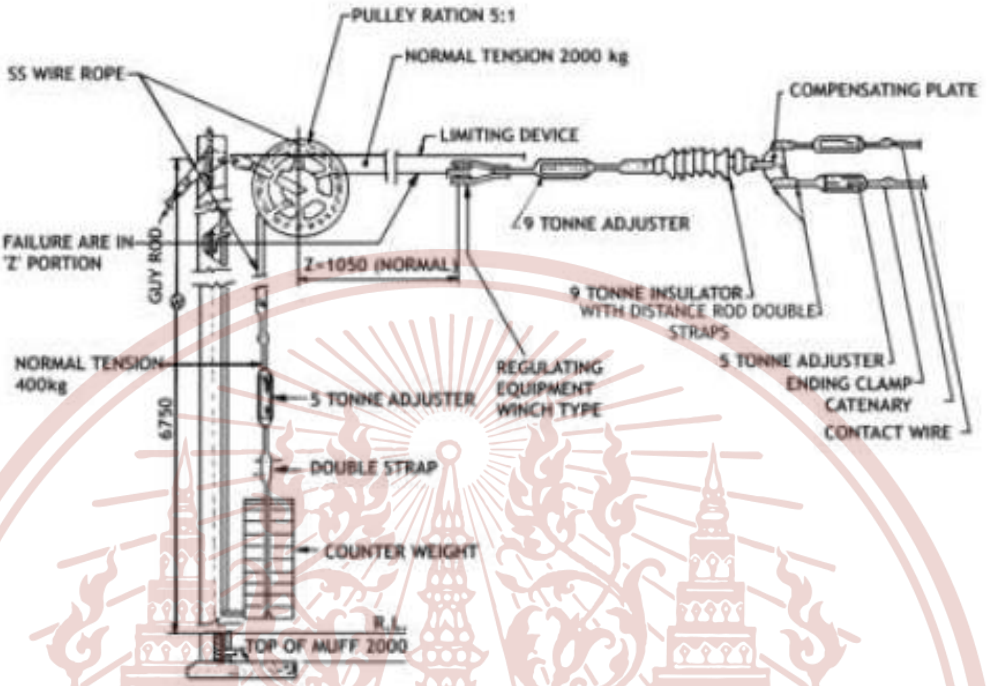


- Section Insulator



4.6 Tensioning Device (อุปกรณ์ปรับแรงดึงสาย)

- ใช้ถ่วงน้ำหนักให้แรงดึงสายคงที่แม้สภาพอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง



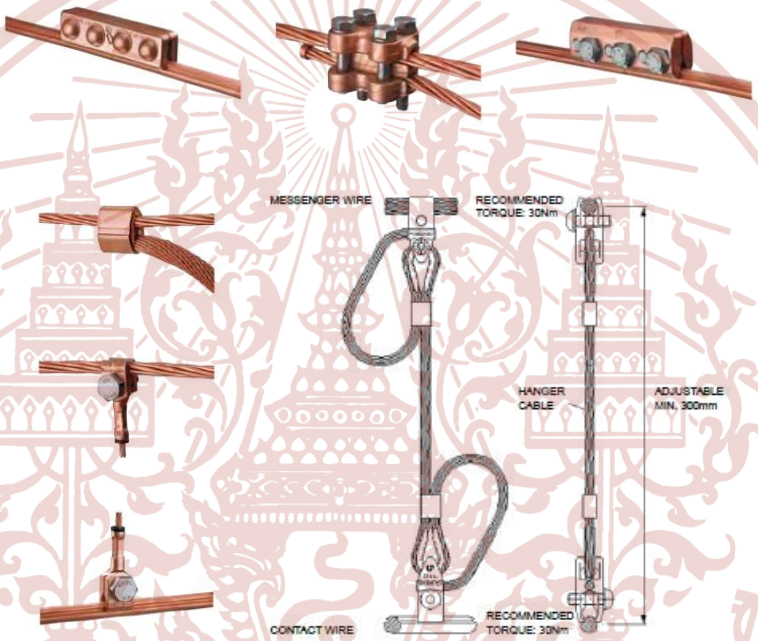
4.7 Masts & Portals (เสาและโครงสร้างพาดสาย)

- เสารับแรงและโครงสร้างเหล็กที่รองรับสาย OCS
- วัสดุ: เหล็กกล้าชุบสังกะสีป้องกันสนิม
- ต้องทนแรงลมและแรงดึงจากสายไฟ



4.8 Clamps and Connectors (อุปกรณ์เชื่อมต่อสาย)

- ใช้ยึดและเชื่อมต่อสายไฟฟ้า
- ประเภท: Compression clamp, Bolted connector
- ต้องตรวจสอบความแน่นและการสึกหรอเป็นประจำ



---

5. ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ (ในใบงาน)

1. **ศึกษาภาพประกอบระบบ OCS** ที่ให้มาในเอกสาร
2. **ระบุชื่อส่วนประกอบ** ในภาพ พร้อมบอกหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วน
3. **จับคู่ชิ้นส่วนจริงกับภาพถ่าย** ที่จัดเตรียมไว้
4. **อภิปรายในกลุ่ม** เกี่ยวกับความสำคัญและการทำงานร่วมกันของแต่ละองค์ประกอบ
5. **เขียนสรุปลงในใบงาน** ว่าองค์ประกอบใดสำคัญที่สุด และเพราะเหตุใด

---

6. แบบฝึกหัดท้ายบท

1. Contact Wire ทำหน้าที่อะไรในระบบ OCS?
2. ทำไมต้องใช้ Messenger Wire คู่กับ Contact Wire?
3. Droppers มีผลอย่างไรต่อการทรงตัวของ Contact Wire?
4. การใช้ Cantilever มีจุดประสงค์เพื่ออะไร?
5. ถ้า Tensioning Device ชำรุด จะเกิดผลกระทบต่อการเดินรถอย่างไร?

---

7. แบบประเมินตนเอง

- ฉันสามารถจำแนก Contact Wire, Messenger Wire และ Droppers ได้หรือไม่?
- ฉันสามารถบอกหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชนิดได้ถูกต้องหรือไม่?
- ฉันเข้าใจความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหมดในระบบ OCS หรือไม่?

(✓ ใช่ / ✗ ไม่ใช่)

---

8. สรุป

การจำแนกองค์ประกอบของระบบ OCS เป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่างเทคนิคต้องเข้าใจ เพื่อปฏิบัติงานตรวจสอบ บำรุงรักษา และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความรู้ในบทเรียนนี้จะถูกนำไปใช้ต่อยอดในใบงานถัดไป เช่น Layout การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการแก้ไขปัญหา

📘 **คู่มือฝึกอบรม**

บทเรียนที่ 2 : ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในระบบ OCS ได้
2. ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยก่อน ระหว่าง และหลังปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง
3. ผู้เรียนตระหนักถึงความเสี่ยงจากการทำงานใกล้ระบบไฟฟ้าแรงสูงและสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ได้เหมาะสม
4. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์เสี่ยงและตอบสนองได้อย่างปลอดภัย

---

2. เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานด้านความปลอดภัย



- ระบบ OCS ใช้ไฟฟ้าแรงสูง **25 kV AC** (หรือแรงดันตามมาตรฐานโครงการ)
- การสัมผัสทางตรงและทางอ้อมอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิต
- ความเสี่ยงหลัก: ไฟฟ้าช็อต, การตกจากที่สูง, อุบัติเหตุจากเครื่องมือและยานพาหนะ

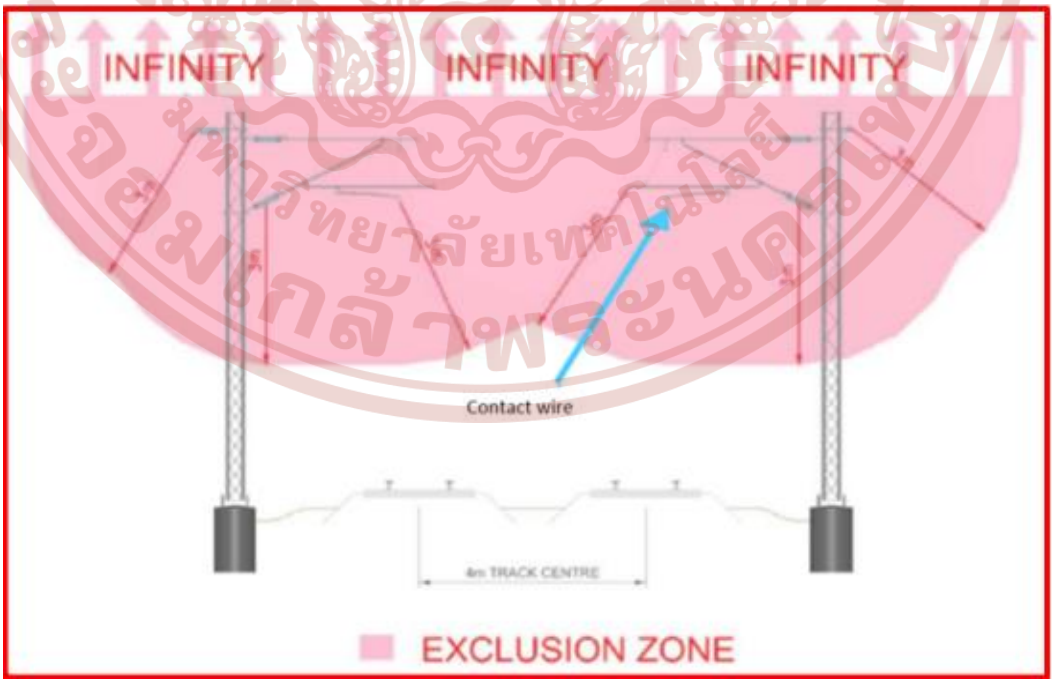
2.2 อันตรายหลักในการทำงานกับระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว OCS

1. **ไฟฟ้าแรงสูง**
    - การสัมผัสโดยตรงกับสายไฟ
    - การเกิด Arc Flash / Arc Blast

“ไฟฟ้า” หนึ่งในสาเหตุที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บและเสียชีวิตต่อผู้ปฏิบัติงาน ไม่ว่าจะเป็นการโดนไฟฟ้าช็อคหรือไฟฟ้าดูด เป็นต้น เนื่องจากไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งซึ่งเราไม่สามารถสัมผัส ได้กลิ่น หรือมองเห็นได้ ดังนั้นกว่าจะรู้ว่ามีกระแสไฟฟ้ารั่วออกมา ผู้ปฏิบัติงานก็อาจจะสัมผัสและไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ทัน จนนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ จากข้อมูลของ Electrical Safety Foundation International (ESFI) ระหว่างปี 2554-2561 พบว่า 38% ของการเสียชีวิตจากการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าเกิดจากสายไฟฟ้าแรงสูง โดยจากข้อมูลนี้สะท้อนให้เห็นว่า ผู้ที่ปฏิบัติงานมีการฝึกอบรมที่เกี่ยวข้องทางด้านไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยหรือไม่เคยฝึกอบรม จึงทำให้ขาดความรู้ ความสามารถและทักษะในการปฏิบัติงานดังกล่าว และไม่ได้ตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ทั้งนี้ สายไฟฟ้าแรงสูงแบบไร้ฉนวน เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวบนรางรถไฟ เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีแรงดันไฟฟ้าสูงถึง 25 kV. AC โดยระบบจ่ายไฟเหนือหัว (OCS) ถือเป็นปัจจัยเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ เนื่องจากใช้ไฟฟ้าแรงดันสูง จึงสามารถที่จะกระโดดข้ามผ่านอากาศเข้าหาวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตได้โดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัสหรือแตะสายไฟ ด้วยเหตุนี้การปฏิบัติงานที่จะต้องเกี่ยวข้อง ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ระยะห่างในการทำงานที่ปลอดภัยกับสายไฟฟ้าแรงสูงหรือรู้ระยะปลอดภัยของระบบเพื่อป้องกันการสัมผัสกับไฟฟ้าแรงสูง ทั้งนี้ ผู้ที่ถูกไฟฟ้าแรงสูงมักจะบาดเจ็บสาหัสจนถึงขั้นเสียชีวิตหรืออาจจะทุพพลภาพได้



เขตความปลอดภัยหลักสำหรับระบบไฟฟ้ารถไฟ 25 kV. AC กำหนดให้มีระยะห่าง 3.5 เมตร สำหรับการเข้าถึงสาธารณะ เว้นแต่สาย OCS จะถูกทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าและต่อลงดินอย่างถูกต้อง ระยะห่างนี้สามารถขยายได้ถึง 3.5 เมตรสำหรับพื้นผิวที่ยืน และระยะห่างจากอุปกรณ์ที่มีไฟฟ้าไม่ควรน้อยกว่า 3 เมตร



2. **การทำงานบนที่สูง**
    - ตกจากบันได, รถกระเช้า, หรือโครงสร้าง
3. **เครื่องมือและอุปกรณ์**
    - เครื่องมือไม่เหมาะสมหรือชำรุดอาจก่ออุบัติเหตุ
4. **สภาพแวดล้อม**
    - พื้นที่แคบ, อากาศเลวร้าย, การทำงานในเวลากลางคืน

2.3 มาตรการความปลอดภัยก่อนปฏิบัติงาน

- **Work Permit**: ต้องได้รับอนุญาตทำงาน (Permit to Work)
- **Lockout/Tagout (LOTO):** ตัดแหล่งจ่ายไฟ และติดป้ายเตือน
- **ตรวจสอบแรงดัน (Voltage Testing):** ยืนยันว่าไม่มีไฟค้าง
- **ประชุมชี้แจงความปลอดภัย (Toolbox Meeting):** กำหนดหน้าที่และแผนงาน

2.4 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)

- หมวกนิรภัย (Helmet with chin strap)
- ถุงมือยางกันไฟฟ้า (Insulating Gloves)
- รองเท้าเซฟตี้หุ้มข้อ (Safety Shoes)
- เข็มขัดนิรภัย/สายกันตก (Full Body Harness)
- เสื้อสะท้อนแสง (Reflective Vest)
- แว่นตาและอุปกรณ์ป้องกันใบหน้า



2.5 ขั้นตอนการทำงานปลอดภัย

1. **เตรียมงาน**
    - ตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์
    - กั้นเขตพื้นที่ทำงานด้วยป้ายและแถบกั้น
2. **ระหว่างปฏิบัติงาน**
    - รักษาระยะปลอดภัยจากสายไฟฟ้าอย่างน้อย 2.5 เมตร (ตามมาตรฐานแรงดัน)
    - ใช้เครื่องมือที่เป็นฉนวนและได้มาตรฐาน
    - มีผู้ควบคุมงานความปลอดภัยประจำจุด
3. **หลังปฏิบัติงาน**
    - ตรวจนับอุปกรณ์และเครื่องมือ
    - เก็บอุปกรณ์อย่างถูกต้อง
    - รายงานผลการทำงานและอุบัติเหตุ (ถ้ามี)

2.6 กรณีฉุกเฉิน

- **ไฟฟ้าช็อต:** ห้ามสัมผัสร่างผู้ประสบเหตุโดยตรง ต้องใช้วัสดุเป็นฉนวนช่วยดึงออก
- **การตกจากที่สูง:** แจ้งทีมกู้ภัยทันที และห้ามเคลื่อนย้ายผู้บาดเจ็บถ้าไม่จำเป็น
- **ไฟไหม้/Arc Flash:** ใช้ถังดับเพลิงชนิด CO_2 หรือ Dry Chemical เท่านั้น

---

3. กิจกรรมการเรียนรู้

- **การอภิปรายกลุ่ม:** วิเคราะห์กรณีศึกษาการเกิดอุบัติเหตุในงาน OCS
- **Workshop:** การสวมใส่ PPE ที่ถูกต้อง และการตรวจสอบสภาพก่อนใช้งาน
- **Simulation:** ทดลองกระบวนการ Lockout/Tagout และการทดสอบแรงดันไฟฟ้า

---

4. แบบฝึกหัดท้ายบท

1. อธิบายขั้นตอนความปลอดภัยก่อนปฏิบัติงาน OCS
2. PPE ที่จำเป็นสำหรับการทำงานบนที่สูงในระบบ OCS มีอะไรบ้าง
3. อธิบายวิธีปฏิบัติหากพบผู้ถูกไฟฟ้าช็อตในพื้นที่ทำงาน

---

5. สรุป

การทำงานในระบบ OCS มีความเสี่ยงสูง ผู้ปฏิบัติงานต้องตระหนักถึงอันตรายและปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันการสูญเสียทั้งชีวิต ทรัพย์สิน และความมั่นคงของระบบราง

📘 **คู่มือฝึกอบรม**

บทเรียนที่ 3 : การวิเคราะห์แบบ Layout ระบบ Overhead Contact System (OCS)

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจ **แบบ Layout ของระบบ OCS** ได้
2. ผู้เรียนสามารถ **แยกแยะสัญลักษณ์และองค์ประกอบหลัก** ในแบบแผนได้ถูกต้อง
3. ผู้เรียนสามารถ **ระบุจุดสำคัญ** เช่น Section Insulator, Isolator, Tensioning Device และโครงสร้างรองรับ ได้จากแบบ Layout
4. ผู้เรียนสามารถ **วิเคราะห์การจัดวางอุปกรณ์** และความสัมพันธ์กับเส้นทางราง เพื่อใช้ในการตรวจสอบหรือซ่อมบำรุง

---

2. เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของแบบ Layout OCS

- เป็น **เอกสารหลัก** สำหรับการออกแบบ ก่อสร้าง และซ่อมบำรุงระบบ
- ใช้เป็น **คู่มือภาคสนาม** สำหรับการตรวจสอบและแก้ไขปัญหา
- ช่วยให้ทีมงานเข้าใจ **ตำแหน่งและหน้าที่ของอุปกรณ์** แต่ละจุด

2.2 ส่วนประกอบของแบบ Layout OCS

1. **เส้นทางราง (Track Alignment)** – เส้นกลางราง, ความโค้ง, ความชัน
2. **สายไฟฟ้าเหนือหัว (Contact Wire, Messenger Wire)** – ระยะ Stagger และ Sag
3. **จุดยึดโยง (Support & Bracket Assembly)** – เสา, Cantilever, Bracket Tube
4. **อุปกรณ์พิเศษ (Special Equipment)**

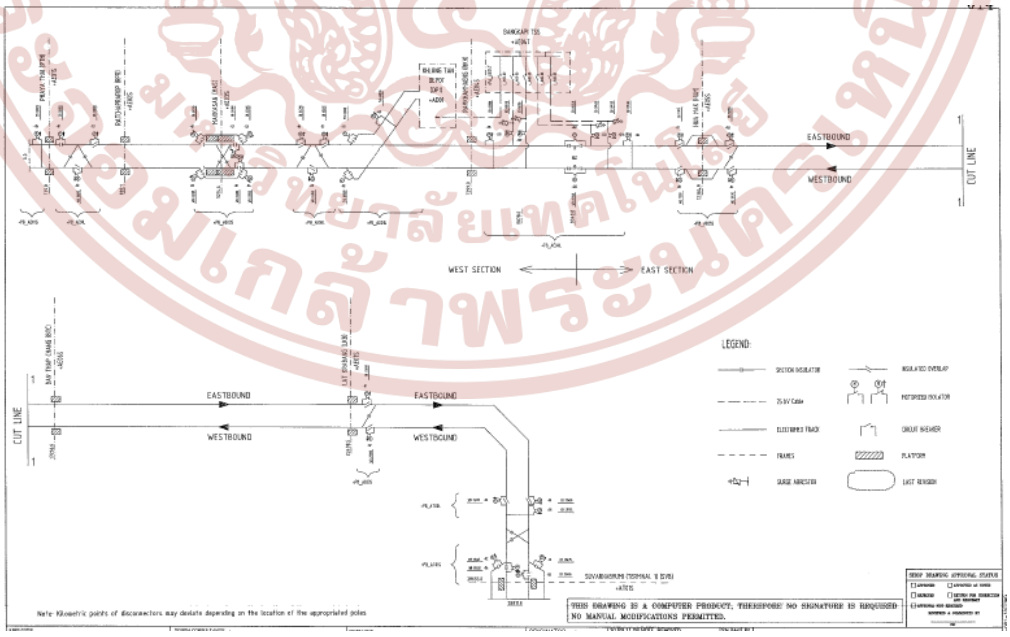
- **Section Insulator** : จุดแบ่งวงจรไฟฟ้า
- **Isolator/Disconnect Switch** : อุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้า
- **Tensioning Device** : อุปกรณ์รักษาความตึงสาย

5. **ระยะทาง (Chainage / Kilometer Mark)** – บอกพิกัดการติดตั้ง
6. **สัญลักษณ์มาตรฐาน** – เช่น สัญลักษณ์สายไฟ, จุดแยกวงจร, เสา Mast, Portal Frame

---

2.3 วิธีการอ่านแบบ Layout OCS

- เริ่มจาก **แนวรางรถไฟ** ⟶ ตรวจสอบระยะ Chainage
- ระบุ **ตำแหน่งเสาและโครงสร้างรองรับ**
- ตรวจหาจุด **เปลี่ยนวงจรไฟฟ้า (Sectioning Point)**
- วิเคราะห์ **ตำแหน่งสาย Contact Wire/Stagger/Sag**
- ตรวจสอบ **ความสัมพันธ์ระหว่างราง–สายไฟ–อุปกรณ์ยึดโยง**



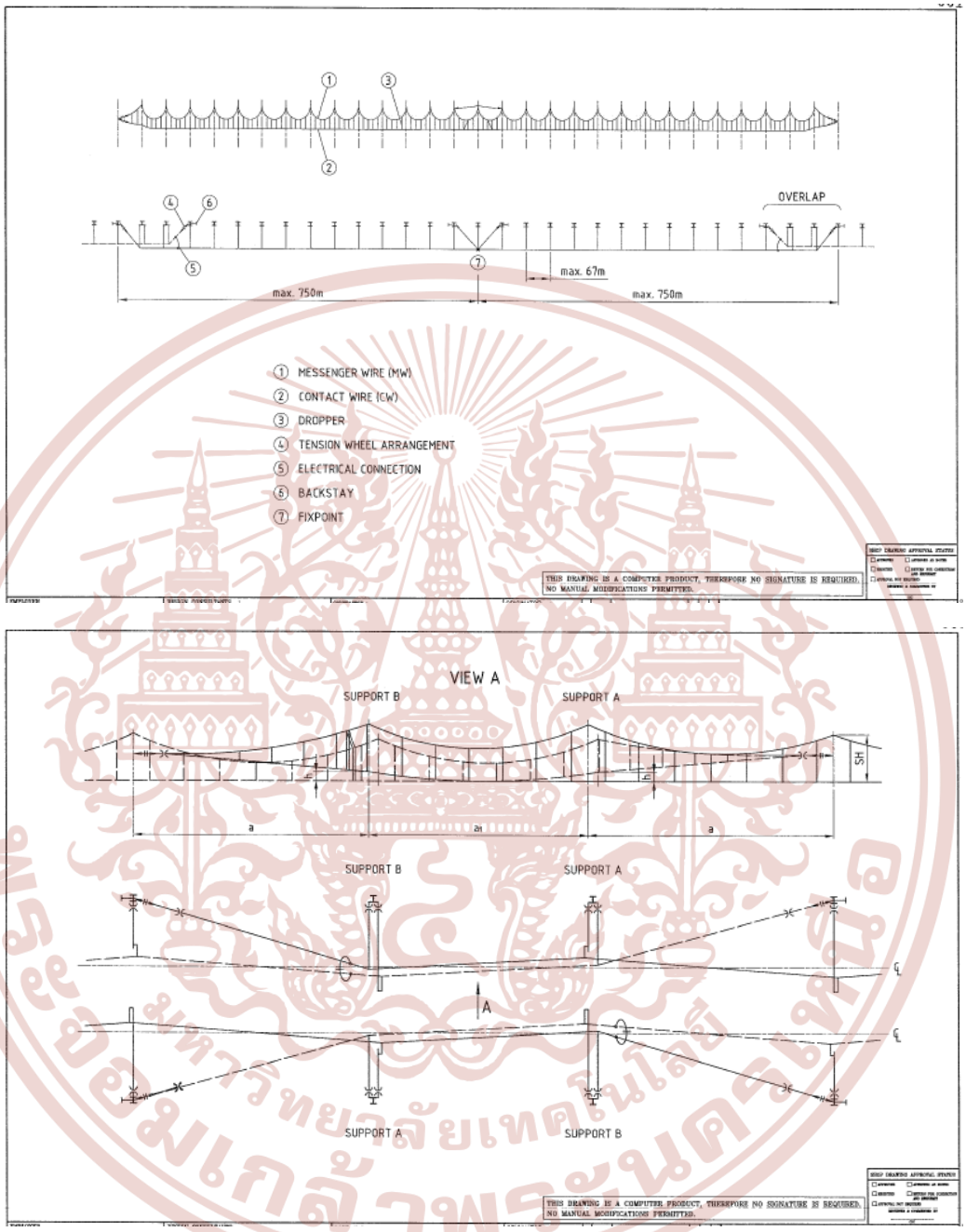
Symbol	Description, Poles, Catenary
	OCS pole
	pole with one cantilever
	pole with two cantilevers
	drop bracket
	fixing at structure
	pole with backstay
	fixed termination for contact wire and messenger wire (without tensioning device)
	tensioning device for contact wire and messenger wire
	fixed termination for contact wire in depot
	tensioning device for contact wire in depot
	fixpoint for catenary
0.35	cantilever pull off type, stagger = 35 cm
0.35	cantilever push off type, stagger = 35 cm

Symbol	Description, Switching
	section insulator
	insulator
	earthing connection pole – rail
	earthing connection pole – pole
	aerial earth wire
	jumper CW – MW CU120 flex
	jumper for catenary CU120 flex
	jumper for catenary 2x CU120 flex
	electrical connection
-Q1	OCS-Switch remote controlled
	termination for aerial earth wire
	intermediate termination for aerial earth wire

รูปแสดง OCS Layout , สัญลักษณ์และความหมาย

2.4 จุดสำคัญที่ต้องวิเคราะห์ในแบบ

1. **จุดเริ่มต้น/สิ้นสุดระบบ OCS** – จุดจ่ายไฟเข้าสู่ระบบ
2. **ตำแหน่ง Isolator และ Section Insulator** – ใช้แยกวงจรและบำรุงรักษา
3. **ตำแหน่ง Tension Device** – ควบคุมแรงดึงและความตึงของสาย
4. **ตำแหน่ง Portal Frame หรือเสาคู่** – ใช้ในพื้นที่สับราง (Turnout)
5. **ตำแหน่งสาย Overlap หรือ Cross Span** – การเปลี่ยนสายไฟเหนือหัวระหว่าง Track
6. **จุดอ้างอิงทางระยะทาง (Chainage/Km.)** – สำหรับการซ่อมบำรุงภาคสนาม



รูปแสดง Typical Tension Length and 3 span overlap Layout

2.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ (Case Study)

- **โจทย์:** ในแบบ Layout พบ Section Insulator ที่ Chainage 5+250 ⟶ แสดงถึงอะไร?
- **คำตอบ:** เป็นจุดแบ่งวงจรไฟฟ้า เพื่อให้สามารถปิด-เปิดระบบไฟฟ้าบางช่วงได้

3. กิจกรรมการเรียนรู้

- **กิจกรรมที่ 1:** ให้ผู้เรียนฝึกอ่านแบบ Layout จริง และระบุจุดสำคัญ (Isolator, Section Insulator, Tension Device)
- **กิจกรรมที่ 2:** วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตำแหน่งโครงสร้างรองรับกับแนวรางรถไฟในโค้ง
- **กิจกรรมที่ 3:** ฝึกทำเครื่องหมายจุดตรวจสอบประจำรอบซ่อมบำรุงบน Layout

---

4. แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอธิบายความหมายของสัญลักษณ์ Section Insulator และหน้าที่หลัก
2. ถ้าพบ Tensioning Device ที่ Chainage 10+000 จะบอกอะไรเกี่ยวกับสายไฟฟ้าเหนือหัว?
3. ในพื้นที่สับราง เหตุใดจึงนิยมใช้ Portal Frame แทนเสาเดี่ยว?

---

5. สรุป

การวิเคราะห์แบบ Layout ระบบ OCS เป็นทักษะพื้นฐานที่ช่างเทคนิคต้องมี เพราะช่วยให้การตรวจสอบ แก้ไข และบำรุงรักษาระบบทำได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และรวดเร็ว

📘 **คู่มือฝึกอบรม**

บทเรียนที่ 4 : อุปกรณ์ยึดโยงและโครงสร้างทางกลของระบบ OCS

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายหน้าที่และประเภทของอุปกรณ์ยึดโยงในระบบ OCS ได้
2. ผู้เรียนสามารถจำแนกโครงสร้างทางกลที่ใช้ในการรองรับสายไฟฟ้าเหนือหัวได้ถูกต้อง
3. ผู้เรียนสามารถระบุจุดติดตั้งและความสำคัญของแต่ละอุปกรณ์บนแบบ Layout ได้
4. ผู้เรียนสามารถตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ยึดโยงและโครงสร้างรองรับได้อย่างเหมาะสม

---

2. เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของอุปกรณ์ยึดโยงและโครงสร้างทางกล

- ทำหน้าที่ **รองรับและจัดตำแหน่งสายไฟฟ้าเหนือหัว** ให้อยู่ในแนวที่เหมาะสม
- ช่วยรักษา **ความตึง (Tension)** และ **ระยะ Stagger** ของสาย Contact Wire
- ป้องกันการ **สั่นสะเทือนและการสึกหรอ** ของสายไฟ
- ส่งผลโดยตรงต่อ **ความปลอดภัย** และ **ความต่อเนื่องในการจ่ายไฟฟ้า**

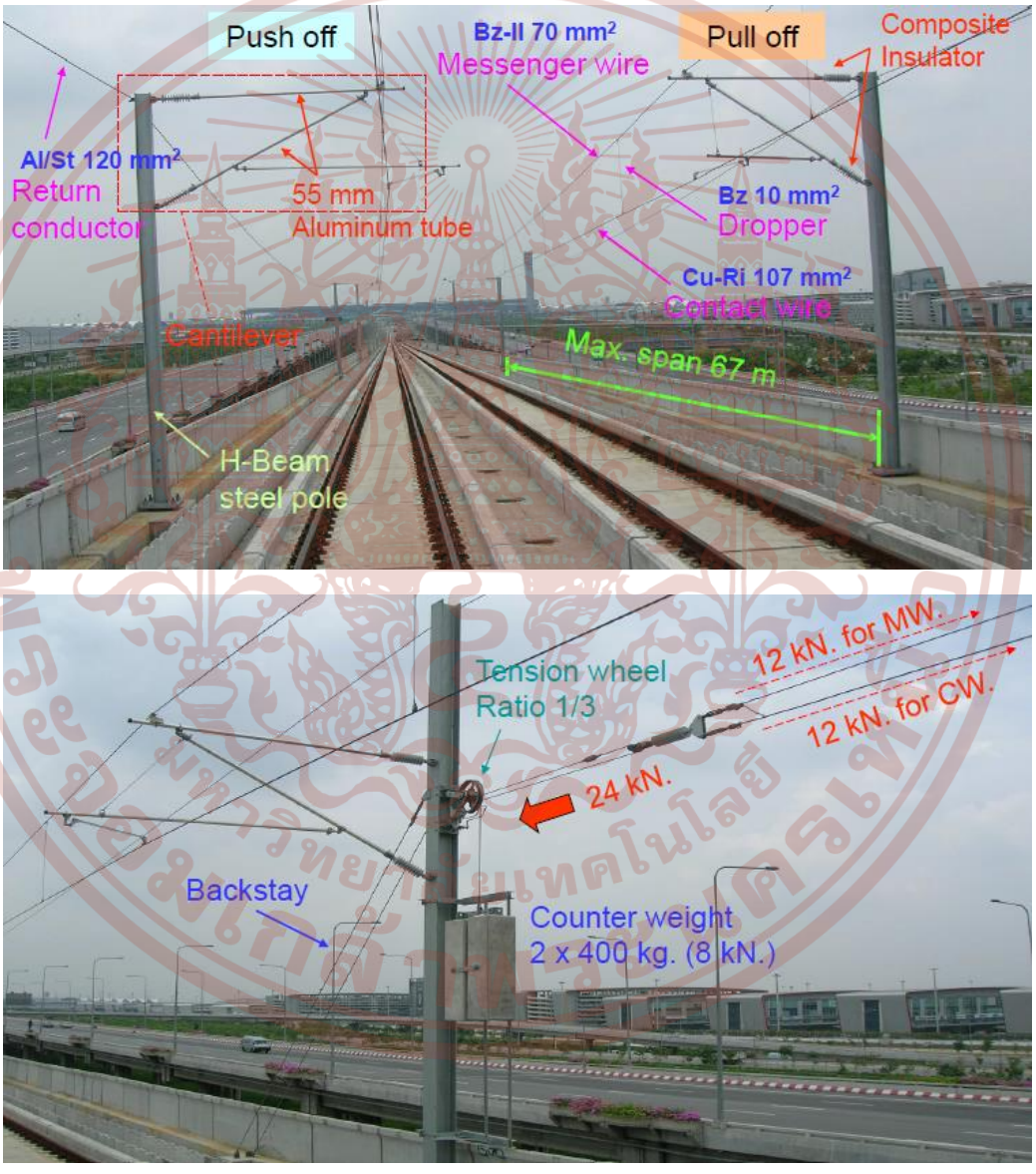
2.2 ประเภทอุปกรณ์ยึดโยง (Fittings & Support Assemblies)

1. **Cantilever Assembly** – ชุดคานยึดสายไฟฟ้าเหนือหัวกับเสา
2. **Bracket Tube** – ท่อหรือคานที่ยื่นออกจากเสาเพื่อรองรับสาย
3. **Dropper/ Hanger** – ลวดแขวนที่เชื่อมระหว่าง Messenger Wire กับ Contact Wire
4. **Insulator (สายอากาศ/หุ้มฉนวน)** – ป้องกันการลัดวงจรและการรั่วไหลของกระแสไฟ

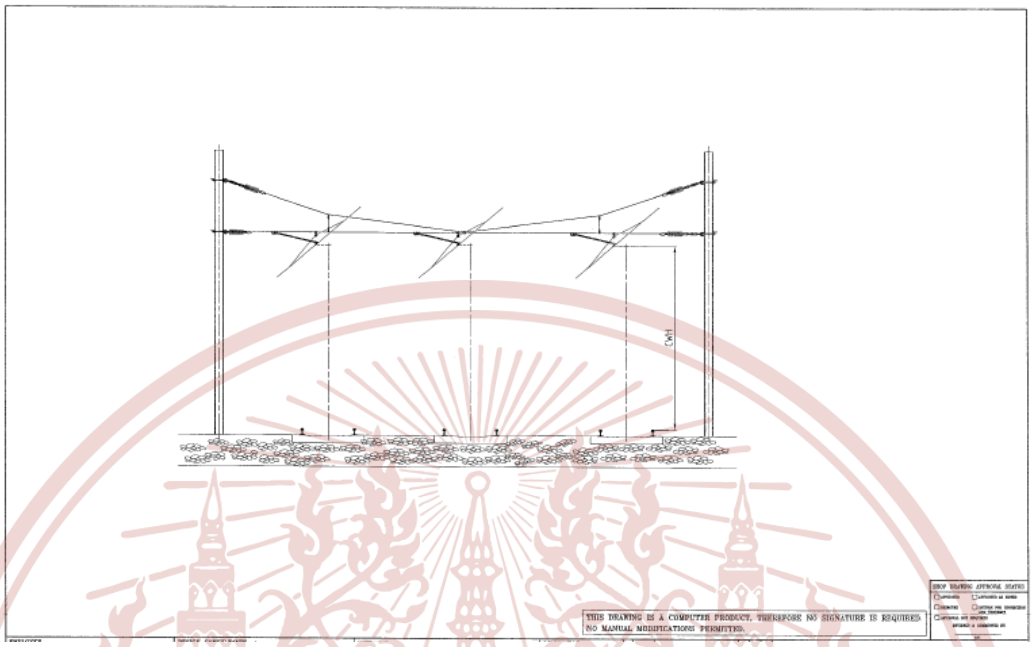
5. **Clamp และ Fastener** – อุปกรณ์จับยึดสายไฟและสายดึง

6. **Pulley/Sheave** – ใช้ในระบบ Tension Device สำหรับปรับความตึงสาย

7. **Cross Span Assembly** – สายยึดโยงข้ามราง ใช้ในเขต Track หลายเส้น



รูปแสดงอุปกรณ์ยึดโยงต่างๆ ในระบบ OCS



รูปแสดง OCS cross span ในย่านจอดรถไฟฟ้า

2.3 โครงสร้างทางกล (Mechanical Structures)

1. **Mast (เสาเดี่ยว)**
    - ใช้ทั่วไปตามแนวรางตรง
    - ทำจากเหล็กหรือคอนกรีตเสริมเหล็ก



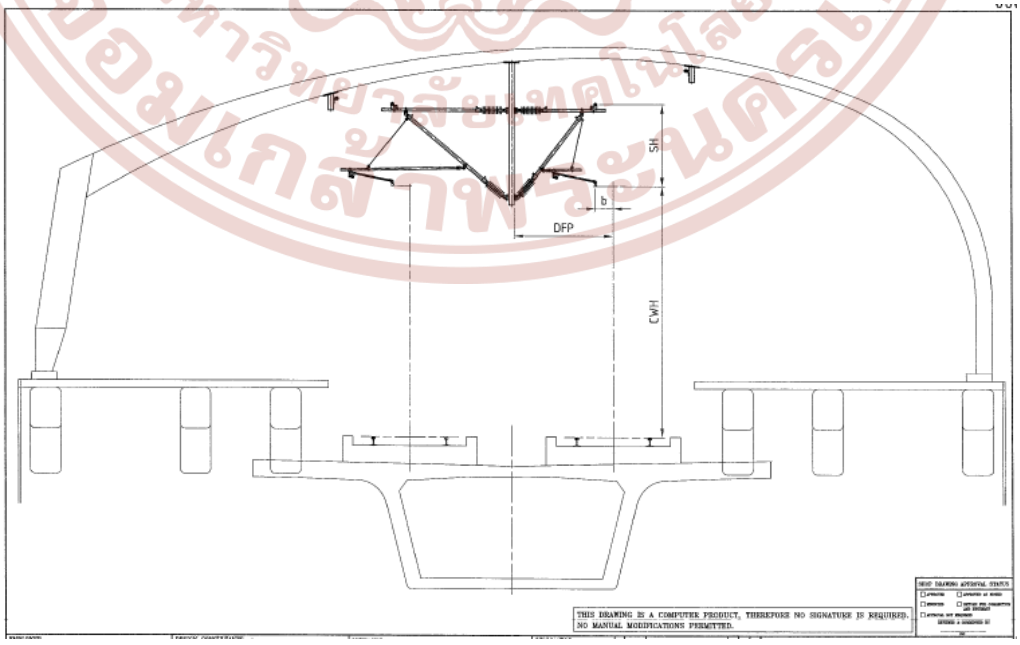
2. **Portal Frame (โครงกรอบเสา)**

    - ใช้ในบริเวณที่มีหลาย Track หรือ Turnout
    - มีคานเชื่อมด้านบนสำหรับแขวนสาย



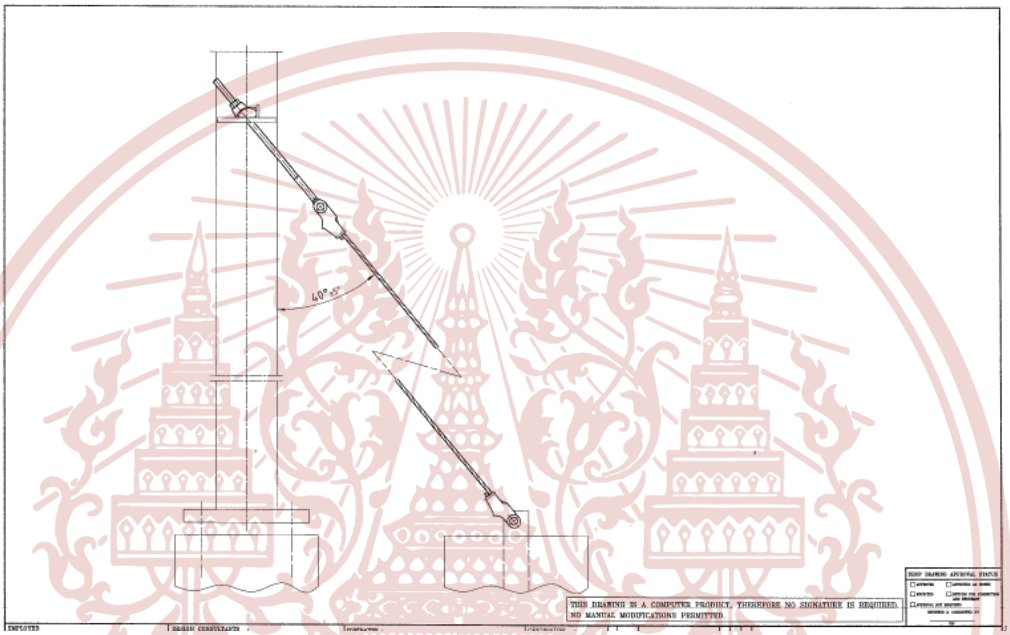
3. **Bracket Post / Wall Bracket**

    - ใช้ยึดกับกำแพง สะพาน หลังคา หรือผนังอุโมงค์ ในพื้นที่จำกัด



4. **Anchor Mast (Backstay)**

    - ใช้รองรับแรงดึงในจุดสิ้นสุดของสายไฟ
    - ทำหน้าที่คล้ายเสาหลักยึดสาย



2.4 หลักการติดตั้งและการตรวจสอบ

- ต้องคำนึงถึง **ความแข็งแรงทางกล** และ **ระยะปลอดภัยไฟฟ้า**
- การติดตั้งต้องรักษา **แนวรางและระยะห่าง (Stagger/Sag)**
- ตรวจสอบประจำรอบ:
    - **ความแน่นของ Clamp/Bracket**
    - **การแตกร้าว/สนิม ของโครงสร้างเหล็ก**
    - **สภาพ Insulator และ Dropper**
    - **ความสมดุลของแรงดึงในสาย**

2.5 กรณีศึกษา (Case Study)

- **ปัญหา:** พบสาย Contact Wire สึกหรอผิดปกติบริเวณโค้ง
- **การวิเคราะห์:** อาจเกิดจาก Bracket Tube เอียง หรือ Dropper หย่อน ⟶ ทำให้ระยะ Stagger ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
- **แนวทางแก้ไข:** ปรับตั้ง Cantilever Assembly และตรวจสอบแรงดึง Dropper

---

3. กิจกรรมการเรียนรู้

- **กิจกรรมที่ 1:** ให้ผู้เรียนระบุอุปกรณ์ Cantilever, Dropper, Insulator บนแบบ Layout จริง
- **กิจกรรมที่ 2:** ฝึกตรวจสอบโครงสร้าง Mast/Portal Frame ภาคสนาม พร้อมบันทึกสภาพ
- **กิจกรรมที่ 3:** จำลองการแก้ไข Bracket Tube ที่ติดตั้งเอียง

---

4. แบบฝึกหัดท้ายบท

1. อธิบายความแตกต่างระหว่าง Mast และ Portal Frame
2. บทบาทของ Dropper ต่อความเสถียรของ Contact Wire คืออะไร?
3. หากพบ Insulator แตกหรือมีรอยร้าว ควรปฏิบัติอย่างไร?

---

5. สรุป

อุปกรณ์ยึดโยงและโครงสร้างทางกลเป็นหัวใจของระบบ OCS การรู้จักและเข้าใจหน้าที่ของแต่ละอุปกรณ์จะช่วยให้การซ่อมบำรุงมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงต่อความเสียหาย และยืดอายุการใช้งานของระบบ

คู่มือฝึกอบรม

บทเรียนที่ 5 : ตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับระบบ OCS

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนเข้าใจความหมายและความสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM)
2. ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการกำหนดตาราง PM ของระบบ OCS ได้
3. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และวางแผนการตรวจสอบอุปกรณ์ตามรอบเวลาได้
4. ผู้เรียนสามารถประเมินผลการบำรุงรักษาและบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบได้อย่างเป็นระบบ

---

2. เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) เป็นการบำรุงรักษาตามแผน ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์และโครงสร้างพื้นฐาน รวมถึงการปรับเปลี่ยน การทำความสะอาด การหล่อลื่น การซ่อมแซม และการเปลี่ยนอะไหล่ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเสียหายเบื้องต้นและยืดเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ให้นานมากยิ่งขึ้น

ประเภทของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การบำรุงรักษาตามระยะ

การบำรุงรักษาตามระยะจะดำเนินการ ตามช่วงเวลาที่กำหนด (เช่น ทุกปี รายไตรมาส รายเดือน และรายสัปดาห์) ควรอ่านคู่มืออุปกรณ์เพื่อกำหนดตารางการบำรุงรักษาที่แนะนำ ผู้ผลิตส่วนใหญ่ระบุความถี่ในการตรวจสอบอุปกรณ์และอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยของแต่ละชิ้นส่วน

การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์

การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์เป็นรูปแบบขั้นสูงของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนงานที่วางแผนไว้ที่จำเป็น วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิจารณาว่าเมื่อใดที่ตรงตาม

เงื่อนไขการบำรุงรักษาที่เฉพาะเจาะจง โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะระบุข้อกำหนด PM ที่เหมาะสมที่สุด

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว OCS เป็นการตรวจเช็คและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าอย่างมีแผน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ลดโอกาสการหยุดชะงักของระบบ

2.1 ความหมายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM)

- **PM (Preventive Maintenance):** การตรวจสอบและบำรุงรักษาตามรอบเวลา เพื่อลดการขัดข้องของอุปกรณ์
- มุ่งเน้นการ **ป้องกันความเสียหาย** มากกว่าการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา
- ลด **Downtime**, เพิ่ม **ความปลอดภัย** และ **ยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์**

2.2 หลักการกำหนดตาราง PM

- พิจารณาจาก **คู่มือผู้ผลิต (Manufacturer's Manual)**
- สอดคล้องกับ **มาตรฐานสากล** และ **ข้อกำหนดของระบบราง**
- คำนึงถึง **ความถี่ของการใช้งาน**, **สภาพภูมิอากาศ**, และ **ระดับความเสี่ยง**
- ครอบคลุมทั้ง **การตรวจเช็ก, การทดสอบ, การปรับตั้ง และการบันทึกข้อมูล**

2.3 รอบเวลา PM ของระบบ OCS

รอบเวลา	รายการตรวจสอบ	อุปกรณ์
Daily / Before Service	ตรวจสอบสภาพทั่วไปของสาย Contact Wire, สาย Messenger, การหย่อนของสาย	สายไฟ, Dropper

รอบเวลา	รายการตรวจสอบ	อุปกรณ์
Monthly	ตรวจสอบความแน่นของ Clamp, Insulator, Bracket Tube	Cantilever Assembly
Quarterly	ตรวจวัดแรงดึง (Tension) และระยะ Sag/Stagger	Contact Wire, Tensioning Device
Half-Yearly	ตรวจสอบโครงสร้าง Mast, Portal Frame, Cross Span	โครงสร้างรองรับ
Yearly	ทดสอบ Isolator, Section Insulator, ทำความสะอาด Insulator	Electrical Equipment
Special Inspection	ตรวจสอบหลังเกิดเหตุ เช่น พายุ ลมแรง ไฟไหม้	ทุกอุปกรณ์ในพื้นที่

2.4 ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน PM

- ต้อง **ปิดระบบไฟฟ้าและทำ Lockout/Tagout (LOTO)** ก่อนการตรวจสอบใกล้สายไฟ
- ใช้ **PPE ครบชุด** (หมวกนิรภัย, ถุงมือฉนวน, สายกันตก)
- จัดทำ **Work Permit** และประชุม Toolbox Meeting ก่อนลงพื้นที่
- จัดทำ **บันทึกผลการตรวจสอบ** ทุกครั้ง

2.5 กรณีศึกษา (Case Study)

- **เหตุการณ์:** พบสาย Contact Wire ขาดกลาง Track
- **การวิเคราะห์:** ไม่ได้ตรวจสอบแรงดึงประจำรอบ⟶เกิดการหย่อนและเสียดสีกับ Pantograph จนสายขาด

- **แนวทางป้องกัน:** กำหนดการตรวจสอบแรงดึงทุก 3 เดือนตามมาตรฐาน

---

3. กิจกรรมการเรียนรู้

- **กิจกรรมที่ 1:** ให้ผู้เรียนฝึกอ่านตาราง PM และอธิบายเหตุผลของรอบเวลา
- **กิจกรรมที่ 2:** จัดทำตาราง PM สำหรับ Section Insulator โดยอ้างอิงคู่มือผู้ผลิต
- **กิจกรรมที่ 3:** ฝึกบันทึกผลการตรวจสอบและสรุปรายงานการบำรุงรักษา

---

4. แบบฝึกหัดท้ายบท

1. อธิบายความแตกต่างระหว่าง PM และ Corrective Maintenance
2. ถ้า Tensioning Device ไม่ได้รับการตรวจสอบตามรอบเวลา จะเกิดผลกระทบอะไร?

---

5. สรุป

ตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นหัวใจสำคัญของการซ่อมบำรุง OCS ที่ช่วยให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย การปฏิบัติตามรอบเวลาอย่างเคร่งครัดจะช่วยลดความเสี่ยงและยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

คู่มือฝึกอบรม

บทเรียนที่ 6 : การใช้เครื่องวัดแรงดึงสายไฟ

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องวัดแรงดึง (Tension Meter)
2. ผู้เรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์วัดแรงดึงที่เหมาะสมกับสายไฟฟ้า OCS ได้
3. ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการตรวจวัดแรงดึงสายไฟได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย
4. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และบันทึกผลการวัดเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานได้

---

2. เนื้อหาบทเรียน

2.1 ความสำคัญของการวัดแรงดึงสายไฟ

- แรงดึง (Tension) ที่ถูกต้องช่วยให้ **สาย Contact Wire** อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม
- ลดปัญหา **สายหย่อนหรือสายตึงเกินไป** ที่ส่งผลต่อการสัมผัสกับ Pantograph
- รักษา **คุณภาพการจ่ายกระแสไฟฟ้า** และป้องกันการสึกหรอผิดปกติ

Digital Tension Meter

- ใช้เซนเซอร์วัดแรงดึง
- แสดงผลบนหน้าจอ LCD
- สามารถบันทึกค่าและเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล



2.3 ขั้นตอนการใช้เครื่องวัดแรงดึงสายไฟ

1. **การเตรียมงาน**
    - ศึกษาคู่มือของเครื่องวัดแรงดึง
    - ตรวจสอบสภาพเครื่องมือให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
    - สวมใส่ **PPE** (หมวกนิรภัย, ถุงมือฉนวน, สายกันตก)
2. **การติดตั้งเครื่องวัด**
    - เลือกตำแหน่งสายไฟที่จะวัด (Contact Wire หรือ Messenger Wire)
    - ติดตั้งเครื่องวัดโดยให้ตรงแนวสาย ไม่บิดหรือบิดงอ
3. **การอ่านค่า**
    - รอให้อุปกรณ์ปรับสมดุล
    - อ่านค่าจากสเกล (กรณี Mechanical) หรือจากหน้าจอ (กรณี Digital)
    - บันทึกค่าแรงดึง (kN)
4. **การบันทึกผล**
    - จัดทำตารางบันทึกผลตามจุดตรวจวัด
    - เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่ามาตรฐานที่กำหนด

2.4 ค่ามาตรฐานแรงดึงสายไฟ (โดยทั่วไป)

- **Contact Wire:** 9–12 kN
- **Messenger Wire:** 12–15 kN

หมายเหตุ: ค่ามาตรฐานขึ้นอยู่กับชนิดสาย ขนาดหน้าตัด และคู่มือผู้ผลิต

2.5 ข้อควรระวัง

- ห้ามวัดแรงดึงในขณะที่ระบบยังมีกระแสไฟฟ้า ⟶ ต้อง **ทำ LOTO**
- หลีกเลี่ยงการวัดในสภาพอากาศฝนฟ้าคะนอง
- จับยึดเครื่องวัดให้มั่นคง ป้องกันการหลุดตกใส่รางรถไฟ
- บันทึกค่าให้ครบถ้วนเพื่อการวิเคราะห์ย้อนหลัง

2.6 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการวัดแรงดึง

จุดวัด	ประเภทสาย	ค่าแรงดึงมาตรฐาน (kN)	ค่าแรงดึงที่วัดได้ (kN)	สภาพที่พบ	หมายเหตุ
KM 12+500	Contact Wire	10.5 ± 1.0	9.8	ปกติ	-
KM 12+800	Messenger Wire	13.0 ± 1.0	11.5	ต่ำกว่ามาตรฐาน	ต้องปรับตั้ง

---

3. กิจกรรมการเรียนรู้

- **กิจกรรมที่ 1:** แนะนำและสาธิตการใช้เครื่องวัดแรงดึงสายไฟ
- **กิจกรรมที่ 2:** ผู้เรียนฝึกวัดแรงดึงสายไฟจริงในสนาม (จำลอง)
- **กิจกรรมที่ 3:** วิเคราะห์ค่าที่ได้และสรุปผลเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

---

4. แบบฝึกหัดท้ายบท

1. อธิบายความแตกต่างระหว่าง Mechanical และ Digital Tension Meter
2. หากพบค่าแรงดึง Contact Wire ต่ำกว่ามาตรฐาน จะส่งผลต่อการเดินรถไฟอย่างไร?
3. จัดทำตารางบันทึกผลแรงดึงจาก 3 จุดตรวจวัด พร้อมวิเคราะห์

---

5. สรุป

การตรวจวัดแรงดึงสายไฟเป็นขั้นตอนสำคัญในการบำรุงรักษา OCS เพื่อรักษาความถูกต้องของระยะ Sag และ Stagger ให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เครื่องวัดแรงดึงอย่างถูกต้องจะช่วยลดความเสี่ยงของการชำรุดและเพิ่มความปลอดภัยในการเดินรถไฟฟ้า

📘 **คู่มือฝึกอบรม**

บทเรียนที่ 7 : การปฏิบัติงานบนที่สูงอย่างปลอดภัย

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนเข้าใจความเสี่ยงและอันตรายจากการทำงานบนที่สูงในระบบ OCS
2. ผู้เรียนรู้จักอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) และอุปกรณ์กันตกที่ถูกต้อง
3. ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานบนที่สูงได้อย่างถูกวิธีตามมาตรฐานความปลอดภัย
4. ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและการทำงานเป็นทีม

---

2. เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

การทำงานบนที่สูงมีความเสี่ยงและอันตราย ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องดำเนินมาตรการด้านความปลอดภัยและปฏิบัติตามขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ การฝึกอบรมที่สูงและการตระหนักถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงระเบียบปฏิบัติด้านความปลอดภัยจึงมีความสำคัญสำหรับทุกคนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานบนที่สูง






2.1 ความสำคัญของการทำงานบนที่สูงในระบบ OCS

- การบำรุงรักษาส่วนใหญ่ของ OCS ต้องขึ้นไปทำงานบน **เสา, คานแขวน, หรือ Platform**
- งานมักเกี่ยวข้องกับ **สายไฟแรงสูง** และ **สภาพแวดล้อมเสี่ยง** (ใกล้รางรถไฟ, ความสูง > 2 เมตร)
- หากไม่ปฏิบัติตามมาตรการ อาจเกิด **อุบัติเหตุรุนแรง เช่น การพลัดตกไฟฟ้าช็อต หรืออุบัติเหตุจากอุปกรณ์ตกใส่ผู้อื่น**

2.2 อันตรายที่พบบ่อย

1. การพลัดตกจากที่สูง (Fall from height)
2. การลื่นหรือตกเพราะสภาพพื้นไม่มั่นคง
3. ไฟฟ้าช็อตจากการเข้าใกล้สายไฟที่มีกระแส
4. วัตถุ/เครื่องมือหล่นใส่ผู้ปฏิบัติหรือลูกทีม
5. อาการเหนื่อยล้าและหมดสติจากการทำงานนานบนที่สูง

2.3 กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

- พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน
- มาตรฐานสากล (เช่น OSHA, EN 363 ระบบป้องกันการตก)

- ข้อกำหนดของการรถไฟ/ผู้ประกอบการระบบราง

2.4 อุปกรณ์ป้องกันการตก (Fall Protection System)

1. **Safety Belt / Full Body Harness** – ควรใช้แบบรัดทั้งตัว
2. **Lanyard with Shock Absorber** – ลดแรงกระแทกกรณีพลัดตก
3. **Anchor Point** – จุดยึดที่แข็งแรง รับแรงได้ ≥ 15 kN
4. **Lifeline / Rope Grab** – ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ตามแนวสูงหรือนอน
5. **Helmets, Gloves, Safety Shoes** – PPE พื้นฐานที่ต้องใช้ทุกครั้ง



2.5 ขั้นตอนการทำงานบนที่สูงอย่างปลอดภัย

1. **การเตรียมการก่อนปฏิบัติงาน**
    - ประชุมชี้แจงงาน (Toolbox Meeting)
    - ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์กันตกและ PPE
    - ตรวจสอบสภาพแวดล้อม (พื้น, สภาพอากาศ, แรงลม, ไฟฟ้า)

2. **ระหว่างปฏิบัติงาน**
    - ใช้ Harness ตลอดเวลาและเกี่ยว Lanyard ไว้กับ Anchor Point
    - รักษาระยะปลอดภัยจากสายไฟ ≥ 1.5 เมตร (หากยังมีไฟ)
    - ห้ามโยนเครื่องมือ ใช้ถุงใส่เครื่องมือหรือ Rope ดึงขึ้นลง
    - ทำงานเป็นทีมและมีผู้เฝ้าด้านล่าง
3. **หลังเสร็จงาน**
    - เก็บกู้เครื่องมือและ PPE อย่างถูกต้อง
    - ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ก่อนจัดเก็บ
    - สรุปผลและบันทึกปัญหาที่พบ

2.6 ตัวอย่าง Check List ความปลอดภัย

รายการตรวจสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
PPE ครบถ้วน (Helmet, Harness, Gloves, Shoes)	☐	☐	
ตรวจสภาพ Harness และ Lanyard	☐	☐	
ตรวจสภาพ Anchor Point	☐	☐	
มีผู้ควบคุมงาน/เฝ้าระวัง	☐	☐	
สภาพอากาศเหมาะสม	☐	☐	

---

3. กิจกรรมการเรียนรู้

- **กิจกรรมที่ 1:** ฝึกสวมใส่ Full Body Harness และตรวจสอบความถูกต้อง
- **กิจกรรมที่ 2:** จำลองการปีนขึ้นเสา OCS และใช้ Lanyard เชื่อมต่อกับ Anchor Point
- **กิจกรรมที่ 3:** ทำเช็คลิสต์ความปลอดภัยก่อนขึ้นทำงานจริง

---

4. แบบฝึกหัดท้ายบท

1. อธิบายความแตกต่างระหว่าง Safety Belt แบบครึ่งตัวและ Full Body Harness
2. หากพบ Anchor Point ไม่มั่นคง ควรปฏิบัติอย่างไร?
3. ทำไมการทำงานบนที่สูงจึงต้องมีผู้เฝ้าด้านล่างเสมอ?

---

5. สรุป

การทำงานบนที่สูงในระบบ OCS เป็นงานที่มีความเสี่ยงสูง จำเป็นต้องใช้ความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ และรักษาความต่อเนื่องของการเดินรถไฟฟ้า การปฏิบัติงานอย่างมีระบบและทำงานร่วมกันเป็นทีมคือหัวใจสำคัญของความปลอดภัย

📘 **คู่มือฝึกอบรม**

บทเรียนที่ 8 : วิเคราะห์ Root Cause จากสถานการณ์ในระบบ OCS

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองของระบบ OCS ได้
2. ผู้เรียนเข้าใจและใช้เครื่องมือการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้า (Root Cause Analysis) ได้ เช่น 5 Why, Fishbone Diagram
3. ผู้เรียนสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปออกแบบแนวทางแก้ไขและป้องกันได้จริง
4. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับทีมในการระดมความคิดเห็นและตัดสินใจ

---

2. เนื้อหาบทเรียน

2.1 ความสำคัญของการวิเคราะห์เหตุการณ์จำลอง

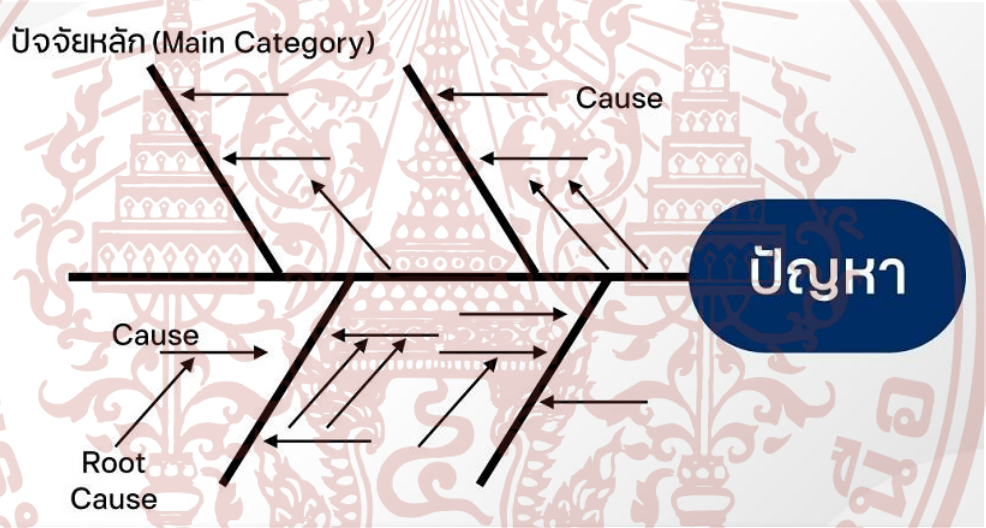
- งานซ่อมบำรุง OCS มักเผชิญปัญหาที่ซับซ้อน เช่น **สายขาด, อุปกรณ์เสียหาย, กระแสไฟฟ้าขัดข้อง**
- การหาสาเหตุที่แท้จริง (ไม่ใช่เพียงอาการ) เป็นสิ่งสำคัญในการแก้ไขระยะยาว
- การฝึกวิเคราะห์จากเหตุการณ์จำลอง ช่วยให้ช่างซ่อมบำรุง **พัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบ** และ **เตรียมพร้อมรับมือปัญหาจริง**

2.2 เครื่องมือวิเคราะห์ Root Cause ที่ใช้บ่อย

1. **5 Why Analysis**
    - การถามคำถาม “ทำไม” ซ้ำ 5 ครั้งเพื่อหาสาเหตุรากเหง้า

- ตัวอย่าง: สาย Contact Wire ขาด ⟶ ทำไม? ⟶ ตึงเกิน ⟶ ทำไม? ⟶ การปรับตั้งไม่ถูกต้อง ⟶ ทำไม? ⟶ ขาดการตรวจสอบ ⟶ ทำไม? ⟶ ไม่มีตารางบำรุงรักษา ⟶ ทำไม? ⟶ ขาดการกำกับดูแล

2. **Fishbone Diagram (Ishikawa)**
   - วิเคราะห์ตามปัจจัยหลัก เช่น **Man, Machine, Material, Method, Environment**
   - เหมาะกับการวิเคราะห์เชิงทีม ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้หลายด้าน



2.3 ตัวอย่างเหตุการณ์จำลอง

เหตุการณ์: ขบวนรถไฟฟ้าหยุดกะทันหันที่กิโลเมตร 25+400 เนื่องจาก Pantograph ไม่สามารถรับกระแสไฟได้

- **อาการ:** รถไฟหยุดเดิน, มีสัญญาณไฟฟ้าผิดปกติ
- **การตรวจสอบเบื้องต้น:** พบสาย Contact Wire หลุดจาก Clamp บริเวณ Section Insulator

การวิเคราะห์ (5 Why):

1. ทำไมรถหยุด? ⟶ Pantograph ไม่รับไฟ

2. ทำไมไม่รับไฟ? ⟶ Contact Wire หลุดออกจาก Clamp
3. ทำไมหลุด? ⟶ Clamp สึกหรอและยึดไม่แน่น
4. ทำไม Clamp สึกหรอ? ⟶ อายุการใช้งานเกินมาตรฐาน + ไม่มีการตรวจเปลี่ยน
5. ทำไมไม่มีการตรวจเปลี่ยน? ⟶ ตารางบำรุงรักษาไม่ได้รวมการตรวจ Clamp รายละเอียด

Root Cause: ตารางบำรุงรักษาไม่ครอบคลุมอุปกรณ์ Clamp ทำให้เกิดการสึกหรอโดยไม่มีการตรวจจับ

2.4 ขั้นตอนการทำ Root Cause Analysis

1. **ระบุปัญหา** – เขียนปัญหาให้ชัดเจน (What, Where, When, Who)
2. **เก็บข้อมูล** – ตรวจสอบอาการ ภาพถ่าย รายงานตรวจสอบ
3. **ใช้เครื่องมือวิเคราะห์** – เช่น 5 Why, Fishbone
4. **หาสาเหตุรากเหง้า** – ไม่หยุดแค่ “อาการ”
5. **เสนอแนวทางแก้ไข** – เช่น ปรับปรุงตารางบำรุงรักษา, ฝึกอบรมเพิ่มเติม, เปลี่ยนอุปกรณ์
6. **ติดตามผล** – ตรวจสอบว่าแนวทางแก้ไขป้องกันปัญหาได้จริง

2.5 ตัวอย่างตารางบันทึก RCA

เหตุการณ์	อาการ	วิธีวิเคราะห์	Root Cause	แนวทางแก้ไข
Contact Wire หลุดจาก Clamp	Pantograph ไม่รับไฟ	5 Why	ตารางบำรุงรักษาไม่ครอบคลุม	ปรับปรุงแผน PM เพิ่มการตรวจ Clamp

---

3. กิจกรรมการเรียนรู้

- **กิจกรรมที่ 1:** ครูผู้สอนเล่าเหตุการณ์จำลอง ⟶ ผู้เรียนระบุปัญหา
- **กิจกรรมที่ 2:** ผู้เรียนทำ 5 Why และ Fishbone Diagram จากเหตุการณ์
- **กิจกรรมที่ 3:** ระดมสมองเสนอแนวทางแก้ไขและนำเสนอผลต่อทีม

---

4. แบบฝึกหัดท้ายบท

1. อธิบายความแตกต่างระหว่าง “อาการของปัญหา” และ “สาเหตุรากเหง้า”
2. ใช้ 5 Why วิเคราะห์ปัญหา: *สาย Messenger Wire หย่อนผิดปกติ*
3. จากเหตุการณ์ *Clamp เสื่อมสภาพ* ให้ทำ Fishbone Diagram อย่างย่อ

---

5. สรุป

การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเหตุการณ์จำลองช่วยพัฒนาความสามารถของช่างซ่อมบำรุง ในการมองปัญหาเชิงระบบ Root Cause Analysis เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการลดการเกิดซ้ำของปัญหาและเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

📘 **คู่มือฝึกอบรม**

บทเรียนที่ 9 : การใช้ระบบดิจิทัลสนับสนุนงานซ่อม

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าใจบทบาทของระบบดิจิทัลและซอฟต์แวร์ที่ใช้สนับสนุนงานซ่อมบำรุง OCS
2. ฝึกใช้งานเครื่องมือดิจิทัล เช่น **CMMS (Computerized Maintenance Management System)**, Mobile Application, Digital Form ในการบันทึกงานจริง
3. สามารถจดบันทึกข้อมูลการตรวจสอบและซ่อมบำรุงอย่างถูกต้อง รวดเร็ว และตรวจสอบย้อนกลับได้
4. ประเมินข้อดี ข้อจำกัด และประสบการณ์ในการใช้ระบบดิจิทัลกับงานภาคสนาม

---

2. เนื้อหาสำคัญของบทเรียน

2.1 บทบาทของระบบดิจิทัลในงานซ่อมบำรุง OCS

- การบันทึกข้อมูลตรวจสอบอุปกรณ์ OCS เช่น **Contact Wire, Insulator, Tension Device**
- การติดตามตาราง **Preventive Maintenance (PM)** และ **Corrective Maintenance (CM)**
- การสร้างฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ย้อนหลัง
- การสนับสนุนการตัดสินใจโดยใช้ **Big Data / Dashboard**



2.2 เครื่องมือดิจิทัลที่ใช้ในงาน OCS

- **CMMS / EAM (Enterprise Asset Management):** ใช้จัดการแผนซ่อม, Spare Parts, และประวัติอุปกรณ์
- **Mobile App:** กรอกผลตรวจสอบภาคสนามแบบเรียลไทม์ พร้อมแนบรูปถ่าย
- **QR Code / RFID:** สำหรับตรวจสอบอุปกรณ์รายจุด
- **Cloud Database:** เก็บข้อมูลกลางเพื่อให้วิศวกร, ช่างเทคนิค, และผู้จัดการเข้าถึงได้พร้อมกัน

2.3 การจดบันทึกงานซ่อมด้วยระบบดิจิทัล

- กรอกข้อมูลการตรวจสอบ (Check list)
- บันทึกผลการทดสอบค่าทางไฟฟ้าและกล (เช่น ค่า Sag, Stagger, Tension)
- แนบรูปภาพ/วิดีโอเพื่อยืนยันสภาพหน้างาน
- ระบุผู้ปฏิบัติงาน วันเวลา และสถานที่

2.4 การประเมินประสบการณ์การใช้งานจริง

- ความสะดวกในการใช้งาน (User Friendly)
- ความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูล
- ความรวดเร็วในการรายงานผลและตรวจสอบย้อนหลัง
- ปัญหาและข้อจำกัด เช่น อินเทอร์เน็ตไม่เสถียร, อุปกรณ์พกพา, ความคุ้นชินของผู้ปฏิบัติงาน

---

3. ขั้นตอนการเรียนรู้และกิจกรรม

1. **อธิบายระบบดิจิทัลที่ใช้สนับสนุนงานซ่อม** (Instructor-led)
2. **สาธิตการใช้ CMMS หรือ Mobile App** ในการบันทึกงาน OCS
3. **กิจกรรมกลุ่ม:**
    - ผู้เรียนแบ่งกลุ่มและรับสถานการณ์จำลอง (เช่น การตรวจสอบ Insulator ที่แตกร้าว)
    - ใช้แอปพลิเคชัน/ระบบดิจิทัลในการบันทึกข้อมูล ตรวจสอบ และรายงานผล
4. **การสะท้อนความคิดเห็น (Reflection):**
    - ผู้เรียนบันทึกความประทับใจ ปัญหาที่พบ และแนวทางปรับปรุง
    - นำเสนอประสบการณ์ต่อกลุ่ม

---

4. สื่อการเรียนรู้

- Computer / Tablet / Smartphone พร้อมติดตั้ง CMMS หรือ Digital Form
- แบบฟอร์มเช็คบันทึกดิจิทัล (Digital Checklist Template)
- กรณีศึกษาและสถานการณ์จำลอง

---

5. แบบฝึกหัดและการประเมินผล

5.1 แบบฝึกหัด

- กรณีศึกษา: การตรวจสอบ **Section Insulator** ที่พบรอยแตก
    - ผู้เรียนต้องบันทึกลงใน Mobile App/ระบบดิจิทัล พร้อมรูปภาพและค่าการตรวจสอบ
- กรณีศึกษา: การวัดค่าแรงดึงสาย Contact Wire แล้วบันทึกผลลงระบบ

5.2 คำถามสะท้อนคิด (Reflection Questions)

1. ระบบดิจิทัลช่วยให้การบำรุงรักษามีประสิทธิภาพขึ้นอย่างไร?
2. ปัญหาที่พบในการใช้งานจริงคืออะไร และจะแก้ไขได้อย่างไร?
3. หากเปรียบเทียบกับการบันทึกแบบกระดาษ แบบใดมีความคุ้มค่ามากกว่า?
4. ผู้เรียนมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอย่างไรในการพัฒนาระบบดิจิทัลให้เหมาะสมกับงาน OCS

6.สรุป:

บทเรียนนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลกับงานซ่อมบำรุง OCS ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง จดบันทึกข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถประเมินประสบการณ์ใช้งานเพื่อนำไปพัฒนาระบบต่อไป

คู่มือฝึกอบรมตามสมรรถนะงานซ่อมบำรุงระบบ OCS

📘 **คู่มือฝึกอบรม สมรรถนะที่ 1 :** การตรวจสอบสภาพเสาในระบบ OCS

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Learning Objectives)

ผู้เรียนสามารถ:

- อธิบายหน้าที่และโครงสร้างของเสา, Anchor, Bracket, Clamp ได้
- แสดงขั้นตอนการตรวจสอบสภาพได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐาน
- วิเคราะห์ความผิดปกติและเสนอวิธีแก้ไขเบื้องต้นได้
- ปฏิบัติงานตรวจสอบโดยคำนึงถึงความปลอดภัย

---

2. ความรู้พื้นฐานที่จำเป็น (Knowledge)

- โครงสร้าง OCS: บทบาทของเสา, Anchor, Bracket, Clamp
- แรงทางกล (Mechanical Forces): การรับแรงดึงและแรงกด
- มาตรฐานการติดตั้ง: ระยะห่าง, ความสูง, มุมเอียง
- การสึกหรอ/ชำรุดที่พบบ่อย: การกัดกร่อน, การแตกหัก, การคลายตัวของ Bolt/Nut
- ความปลอดภัย: Lockout-Tagout (LOTO), PPE, และมาตรการป้องกันไฟฟ้าแรงสูง

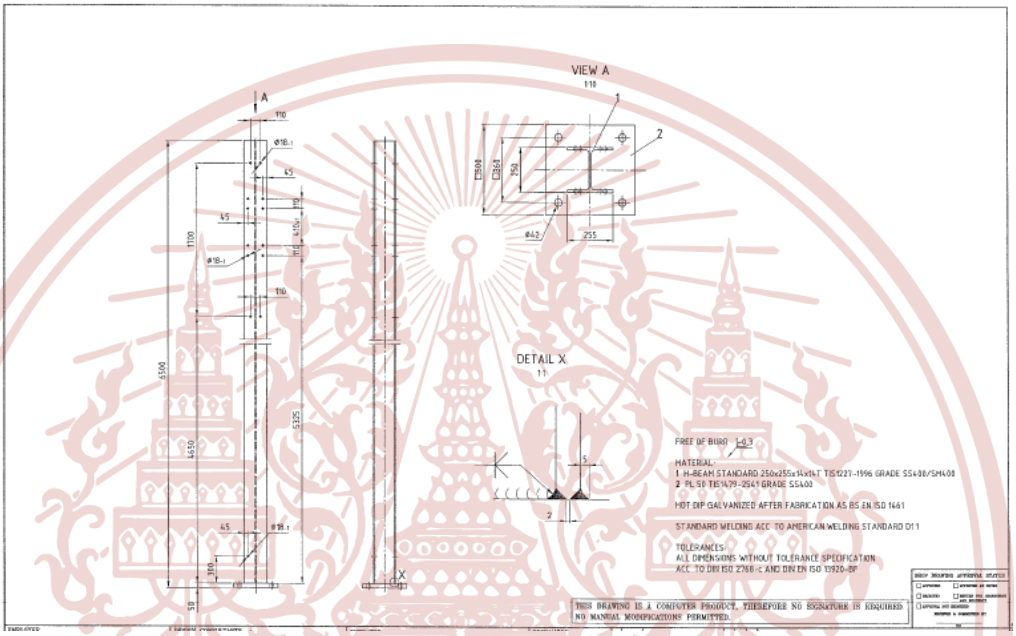
3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ (Tools & Equipment)

- กล้องส่องทางไกล / กล้อง DSLR (ใช้ตรวจสอบรอยแตก/สนิมในที่สูง)
- Torque Wrench (ตรวจแรงบิด Bolt/Nut)
- Vernier Caliper / Thickness Gauge (ตรวจสอบความหนา)
- Hammer Test (ทดสอบเสียงสะท้อนในเสา)
- PPE: หมวกนิรภัย, ถุงมือ, รองเท้านิรภัย, เข็มขัดกันตก

4. การตรวจสอบสภาพ เสา (Mast / Support Structure)

รายละเอียด:

เสาเป็นโครงสร้างหลักในการรองรับแรงดึงและน้ำหนักของระบบ OCS ทั้งหมด



ขั้นตอนการตรวจสอบ:

1. ตรวจสอบ **สภาพผิวเสา** ว่ามีการผุกร่อน, สนิม, การแตกร้าว หรือรอยเชื่อมหลวม
2. ตรวจสอบ **การตั้งศูนย์** ของเสา (Verticality) ด้วย Theodolite หรือ Plumb Line ⟶ ไม่ควรเอียงเกินค่าที่กำหนด (± 1/1000 ของความสูง)
3. ตรวจสอบ **ฐานราก (Foundation)** ว่ามีการทรุดตัว, แตกหัก, หรือการชำรุดของคอนกรีต
4. ตรวจสอบ **จุดยึดอุปกรณ์** เช่น Bracket, Clamp, Anchor บนเสา ว่ามีความมั่นคง

เกณฑ์การยอมรับ:

- ไม่มีรอยแตก/สนิมลึกเกิน 20% ของหน้าตัด
- เสาเอียงไม่เกินค่ามาตรฐาน (ปกติไม่เกิน 1/500 – 1/1000 ของความสูง)
- ฐานรากไม่มีการแตกร้าวกว้างเกิน 2 มม.

◆ ข้อควรระวัง:

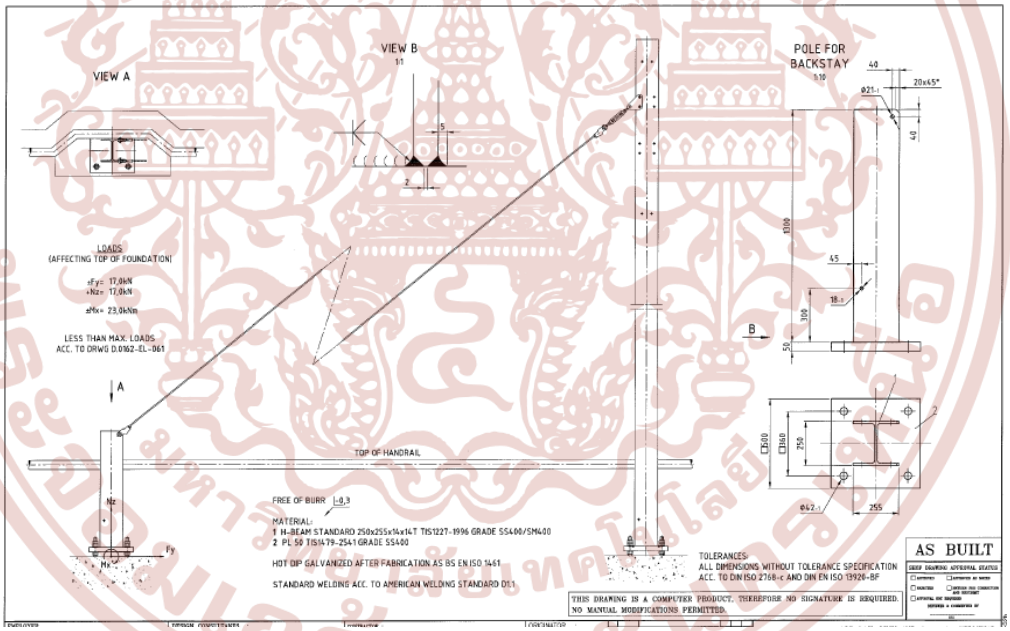
- ใช้อุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง (Fall Protection)
- ห้ามทำงานตรวจสอบในขณะมีไฟฟ้าในระบบ

---

5. การตรวจสอบสภาพ Anchor (จุดยึดสายและแรงดึง)

◆ รายละเอียด:

Anchor คือจุดยึดสาย Messenger, Contact Wire หรือ Tension Device เพื่อรักษาแรงดึงให้สมดุล



◆ ขั้นตอนการตรวจสอบ:

1. ตรวจสอบ **สภาพ Anchor Rod และ Plate** ว่ามีการบิดงอ, สนิม, หรือรอยแตก
2. ตรวจสอบ **Bolt, Nut และ Washer** ⟶ ว่ามีการคลายตัวหรือสูญหาย
3. ตรวจสอบ **แรงดึง (Tension)** โดยวัดจาก Tension Meter ⟶ ค่าแรงดึงต้องอยู่ในเกณฑ์ออกแบบ

4. ตรวจสอบ **ฉนวน (Insulating Anchor)** หากเป็นชนิดแยกไฟ ⟶ ต้องไม่มีการแตกร้าว หรือ Tracking

เกณฑ์การยอมรับ:

- ค่าแรงดึง (Tension) อยู่ในช่วง ±5% ของค่ามาตรฐานออกแบบ
- Bolt และ Nut ต้องขันแน่น ไม่มีสนิมเกาะฝัง
- ฉนวนไม่แตกร้าว

ข้อควรระวัง:

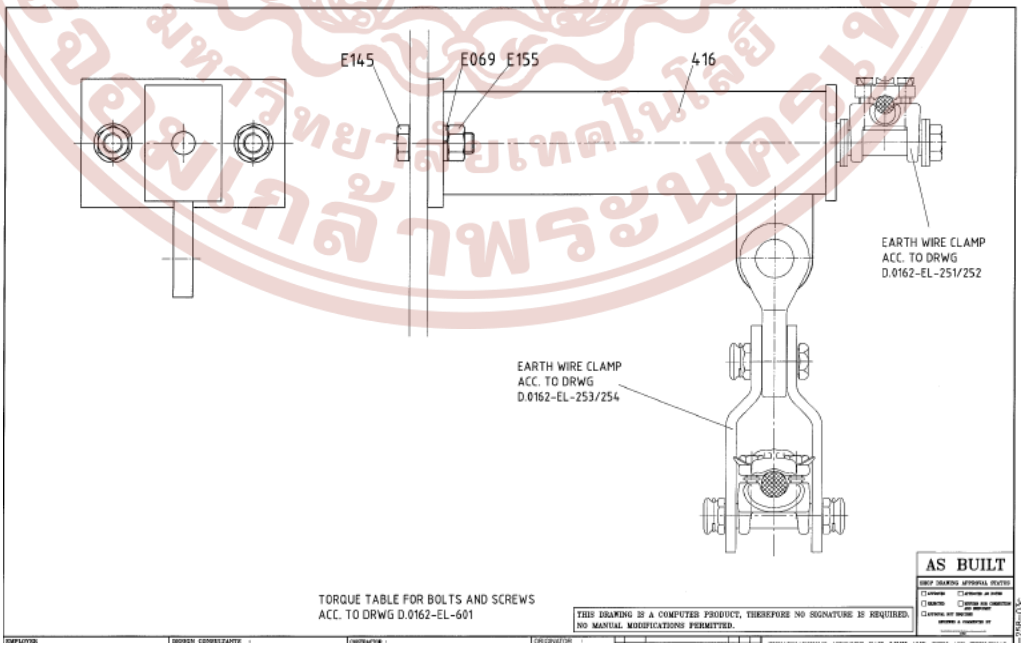
- ระมัดระวังแรงดึงสูง ⟶ ต้องใช้เครื่องมือจับยึดก่อนคลาย
- ห้ามยืนใต้ Anchor Rod ขณะตรวจสอบ

---

6. การตรวจสอบสภาพ Bracket (แขนยึด)

รายละเอียด:

Bracket ทำหน้าที่ยึดสาย Earth Wire กับเสา



ขั้นตอนการตรวจสอบ:

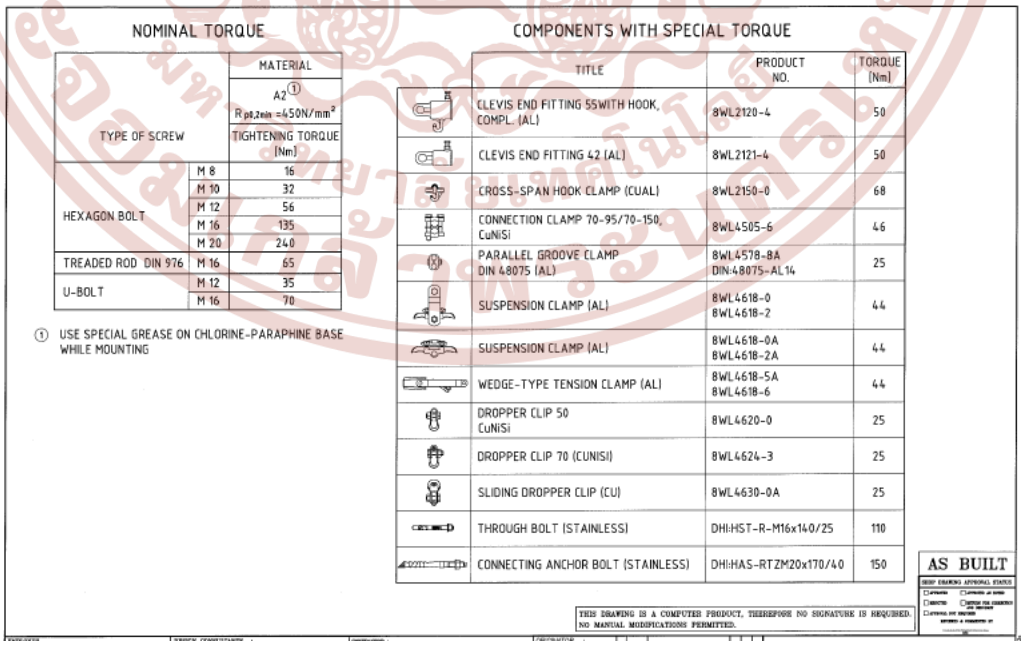
1. ตรวจสอบ **แนวและระดับของ Bracket** ⟶ ใช้ Theodolite/ระดับเลเซอร์ วัดระยะเอียง
2. ตรวจสอบ **การเชื่อมต่อกับเสา** ⟶ Bolt/Nut ต้องแน่น ไม่คลาย
3. ตรวจสอบ **Corrosion / Rust** บริเวณ Bracket Arm, Tube, Base Plate
4. ตรวจสอบ **Insulator ของ Bracket** (หากมี) ⟶ ไม่แตกร้าว/ไหม้

เกณฑ์การยอมรับ:

- Bracket ไม่บิดงอเกิน 5 มม. ต่อความยาว 1 ม.
- Bolt/Nut ขันแน่นตาม Torque มาตรฐาน

ข้อควรระวัง:

- ต้องใช้บันได/Manlift พร้อมอุปกรณ์ป้องกันตก
- หลีกเลี่ยงการกระแทก Bracket เพราะอาจเสีย Alignment



NOMINAL TORQUE

TYPE OF SCREW		MATERIAL A2 ① $R_{p0,2min}$ =450N/mm² TIGHTENING TORQUE [Nm]
HEXAGON BOLT	M 8	16
	M 10	32
	M 12	56
	M 16	135
	M 20	240
TREADED ROD DIN 976	M 16	65
U-BOLT	M 12	35
	M 16	70

① USE SPECIAL GREASE ON CHLORINE-PARAPHINE BASE WHILE MOUNTING

COMPONENTS WITH SPECIAL TORQUE

TITLE	PRODUCT NO.	TORQUE [Nm]
CLEVIS END FITTING 55WITH HOOK, COMPL. (AL)	8WL2120-4	50
CLEVIS END FITTING 42 (AL)	8WL2121-4	50
CROSS-SPAN HOOK CLAMP (CUAL)	8WL2150-0	68
CONNECTION CLAMP 70-95/70-150 CuNiSi	8WL4505-6	46
PARALLEL GROOVE CLAMP DIN 48075 (AL)	8WL4578-8A DIN:48075-AL14	25
SUSPENSION CLAMP (AL)	8WL4618-0 8WL4618-2	44
SUSPENSION CLAMP (AL)	8WL4618-0A 8WL4618-2A	44
WEDGE-TYPE TENSION CLAMP (AL)	8WL4618-5A 8WL4618-6	44
DROPPER CLIP 50 CuNiSi	8WL4620-0	25
DROPPER CLIP 70 (CUNISI)	8WL4624-3	25
SLIDING DROPPER CLIP (CU)	8WL4630-0A	25
THROUGH BOLT (STAINLESS)	DHI:HST-R-M16x140/25	110
CONNECTING ANCHOR BOLT (STAINLESS)	DHI:HAS-RTZM20x170/40	150

AS BUILT

THIS DRAWING IS A COMPUTER PRODUCT, THEREFORE NO SIGNATURE IS REQUIRED. NO MANUAL MODIFICATIONS PERMITTED.

7. การตรวจสอบสภาพ Clamp (อุปกรณ์จับยึดสาย)

🔷 **รายละเอียด:**

Clamp ใช้สำหรับยึดสายไฟ (Contact/Messenger/Feeder) เข้ากับ Bracket หรือ Anchor

🔷 **ขั้นตอนการตรวจสอบ:**

1. ตรวจสอบ **ความแน่นของ Clamp** โดยใช้ Torque Wrench วัดค่า ⟶ ต้องอยู่ในมาตรฐาน (เช่น 40–60 Nm ตามชนิด Clamp)
2. ตรวจสอบ **สภาพผิว Clamp** ⟶ ไม่มีรอยแตก, สนิม, หรือการสึกหรอ
3. ตรวจสอบ **จุดสัมผัสกับสายไฟ** ⟶ ไม่มีรอยกัดกินหรือรอยไหม้จากกระแสไฟ
4. ตรวจสอบ **ฉนวน (Insulated Clamp)** หากใช้ ⟶ ต้องไม่แตก/ร้าว

🔷 **เกณฑ์การยอมรับ:**

- ค่า Torque อยู่ในเกณฑ์ ±10% ของมาตรฐาน
- ไม่มีรอยแตกหรือบิ่นใน Clamp
- สายไฟไม่ถูกบีบจนเสียหาย

🔷 **ข้อควรระวัง:**

- ห้ามขัน Clamp เกินค่า Torque ⟶ อาจทำให้สายไฟเสียหาย
- ต้องตัดไฟ (De-energized) ก่อนตรวจสอบ

✅ **สรุปสำหรับการสอน**

1. ใช้ **ภาพถ่ายและ Diagram** ของเสา, Anchor, Bracket, Clamp
2. สาธิตการใช้ **Torque Wrench, Theodolite, Tension Meter**
3. ฝึกผู้เรียนทำ **Checklist การตรวจสอบหน้างาน**

4. เน้น **ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย** เสมอ

แบบฟอร์มตรวจสอบสภาพโครงสร้าง OCS (เสา, Anchor, Bracket, Clamp)

ตาราง Checklist การตรวจสอบ

ผู้ตรวจสอบ: .....

วันที่ตรวจสอบ: ...../...../.....

ลำดับ	อุปกรณ์	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์ยอมรับ	ผลการตรวจ
1	เสา (Mast / Support Structure)	ตรวจสอบการเอียงของเสา (Verticality)	ใช้ Plumb Line / Theodolite	เอียงไม่เกิน ±1/1000 ความสูง	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบสภาพผิวเสา (สนิม/แตกหัก)	สายตา/ค้อนเคาะ	ไม่มีสนิมลึก >20% / ไม่มีแตกร้าว	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบฐานราก (Foundation)	สายตา	ไม่มีแตกร้าวกว้าง >2 มม. / ไม่มีทรุดตัว	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบการยึด Bracket/Anchor กับเสา	ประแจ/สายตา	ยึดแน่น ไม่หลวม	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ

ลำดับ	อุปกรณ์	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์ยอมรับ	ผลการตรวจ
2	**Anchor (จุดยึดสายและแรงดึง)**	ตรวจสอบ Anchor Rod/Plate	สายตา	ไม่บิดงอ/แตกหัก	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบ Bolt/Nut	ประแจ / Torque Wrench	ขันแน่นตามมาตรฐาน	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบแรงดึง (Tension)	Tension Meter	±5% ของค่าออกแบบ	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบสภาพ Insulator (ถ้ามี)	สายตา	ไม่มีแตกร้าว/Tracking	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
3	**Bracket (แขนยึด)**	ตรวจสอบแนวและระดับ Bracket	Theodolite/เลเซอร์	เอียงไม่เกิน 5 มม.	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบสภาพผิว (สนิม/บิดงอ)	สายตา	ไม่มีการผุกร่อน/บิดงอ	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบการยึดกับเสา (Bolt/Nut)	ประแจ/Torque Wrench	ขันแน่นตามมาตรฐาน	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ

ลำดับ	อุปกรณ์	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	เกณฑ์ยอมรับ	ผลการตรวจ
		ตรวจสอบ Insulator Bracket (ถ้ามี)	สายตา	ไม่แตก/ไหม้	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
4	**Clamp (อุปกรณ์จับยึดสาย)**	ตรวจสอบความแน่นของ Clamp	Torque Wrench	ค่า Torque ±10%	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบรอยแตก/สนิม	สายตา	ไม่มีรอยแตก/สนิมลึก	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบจุดสัมผัสกับสายไฟ	สายตา	ไม่มีรอยไหม้/กัดกร่อน	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
		ตรวจสอบฉนวน (Insulated Clamp)	สายตา	ไม่แตก/ร้าว	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ

คู่มือฝึกอบรม

คู่มือฝึกอบรม สมรรถนะที่ 2 : การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever System)

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบการเรียน ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายหน้าที่และองค์ประกอบของ **Cantilever System** ได้
2. แสดงขั้นตอนการตรวจสอบสภาพแขนค้ำยันอย่างถูกต้อง
3. ใช้เครื่องมือวัดและตรวจสอบ Alignment ได้ตรงตามมาตรฐาน
4. บำรุงรักษาและปรับตั้งแขนค้ำยันได้ตามคู่มือการซ่อมบำรุง
5. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูงและใกล้ระบบไฟฟ้าแรงสูง

---

2. เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

2.1 หน้าที่ของ Cantilever System

- รองรับการแขวน **Messenger Wire** และ **Contact Wire**
- ควบคุมตำแหน่งของ Contact Wire ให้ตรงตามค่า **Height** และ **Stagger**
- กระจายแรงดึงจากสายไฟไปยังเสา (Mast)
- ร่วมทำงานกับ **Insulator** เพื่อแยกวงจรไฟฟ้า

2.2 องค์ประกอบหลักของ Cantilever System

- **Bracket Tube / Arm** : แขนยื่นออกจากเสาเพื่อยึดสาย
- **Steady Arm** : ค้ำยันสาย Contact Wire ให้คงตำแหน่ง Stagger

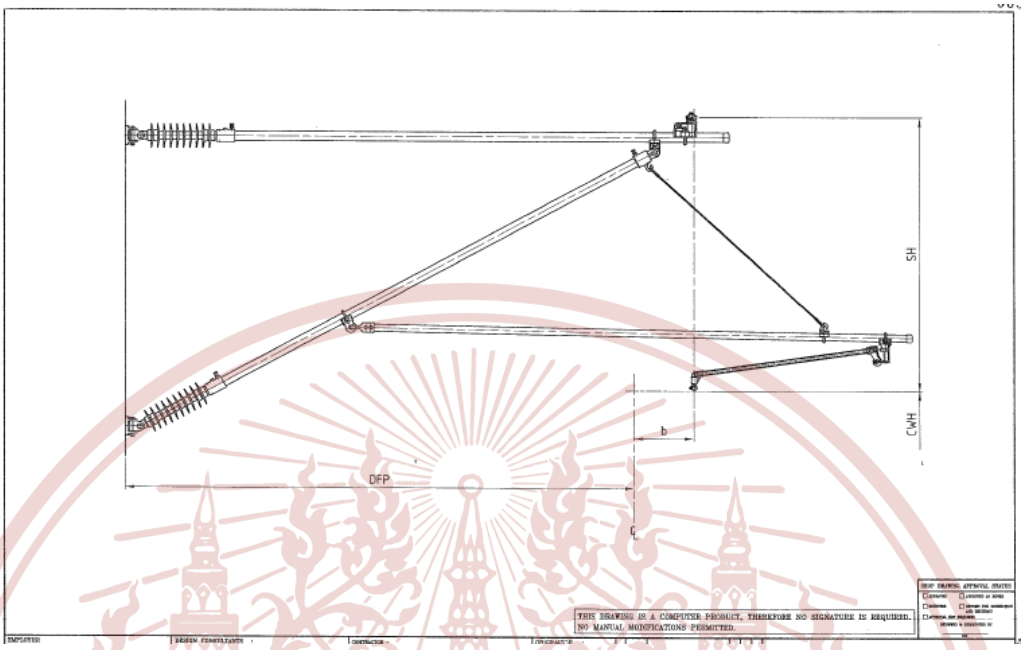
- **Droppers / Adjusting Rod** : ใช้สำหรับปรับตั้งระยะ
- **Insulator (Cantilever Insulator)** : ฉนวนแยกไฟจากเสา
- **Clamp & Fitting** : อุปกรณ์จับยึด

2.3 เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ

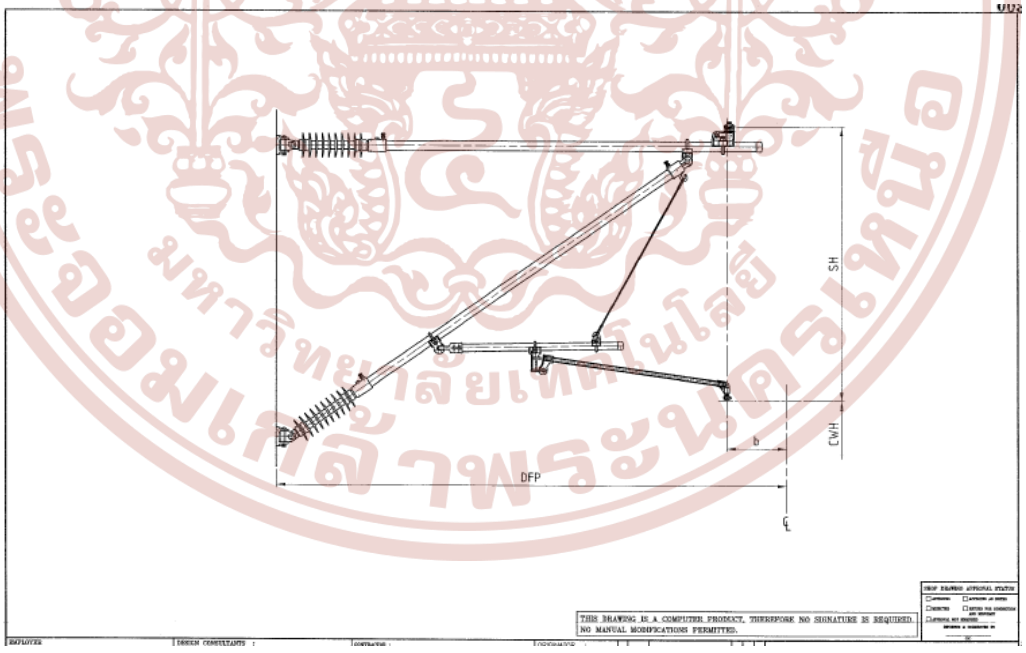
- **Theodolite / Laser Alignment Tool** ⟶ ตรวจสอบแนวสายและมุมแขน
- **Measuring Tape / Vernier Caliper** ⟶ ตรวจสอบความยาวและระยะ
- **Torque Wrench** ⟶ ตรวจสอบแรงขันของ Bolt/Nut
- **Camera / Inspection Form** ⟶ บันทึกผลตรวจสอบ

2.4 ข้อบกพร่องที่พบบ่อย

- แขนค้ำยันบิดงอจากแรงดึงหรือการกระแทก
- Bolt/Nut คลายตัว
- ฉนวนแตก/ไหม้
- สนิมและการกัดกร่อนของโลหะ
- ระยะ Stagger ไม่อยู่ในค่ามาตรฐาน (±50 mm โดยทั่วไป)



รูปแสดง Push Off Cantilever



รูปแสดง Pull Off Cantilever

3. ขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

ขั้นตอน	รายละเอียดการตรวจสอบ	เกณฑ์ยอมรับ	วิธีแก้ไข/บำรุงรักษา
1. ตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection)	ตรวจสอบการบิดงอ, รอยแตก, สนิม	ไม่มีการผิดรูป/สนิมเกิน 20%	ทำความสะอาด, ทาสีกันสนิม, เปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสีย
2. ตรวจสอบการยึดกับเสา	ตรวจสอบ Bolt/Nut และ Clamp	ขันแน่นตาม Torque Spec	ใช้ Torque Wrench ปรับใหม่
3. ตรวจสอบ Alignment	ตรวจสอบแนวแขนและระยะ Stagger	ไม่เกิน ±50 mm	ปรับ Steady Arm หรือ Adjusting Rod
4. ตรวจสอบฉนวน	ตรวจสอบรอยแตก, Tracking	ไม่มีรอยแตก/คาร์บอน	เปลี่ยนฉนวนใหม่
5. ตรวจสอบความสูง Contact Wire	วัดด้วย Measuring Pole	ค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (เช่น 5.0–5.5 ม.)	ปรับ Bracket Arm / Droppers
6. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ทำความสะอาด, ทาน้ำยากันสนิม, หล่อลื่น	ทำทุก 6–12 เดือน	ดำเนินการตามตารางซ่อมบำรุง

---

4. แบบฟอร์มการตรวจสอบ

รายการตรวจสอบ	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
แขนค้ำยันบิดงอ	☐	☐	
Bolt/Nut ขันแน่น	☐	☐	

รายการตรวจสอบ	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
ฉนวนสภาพสมบูรณ์	☐	☐	
สนิม/การกัดกร่อน	☐	☐	
ระยะ Stagger อยู่ในเกณฑ์	☐	☐	
ความสูง Contact Wire อยู่ในเกณฑ์	☐	☐	

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

คู่มือฝึกอบรม

คู่มือฝึกอบรม สมรรถนะที่ 3 : การตรวจสอบและบำรุงรักษาลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire)

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อสิ้นสุดการฝึกอบรม ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายหน้าที่และความสำคัญของ Contact Wire และ Messenger Wire ได้
2. ระบุข้อบกพร่องที่พบบ่อยในสายไฟนำกระแสได้
3. ใช้เครื่องมือวัด Sag และ Stagger ได้อย่างถูกต้อง
4. ปฏิบัติการตรวจสอบสภาพสายไฟได้ตามมาตรฐานความปลอดภัย
5. บำรุงรักษา/แก้ไขข้อบกพร่องของสายไฟได้อย่างถูกวิธี

---

2. เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

2.1 หน้าที่ของสายไฟนำกระแส

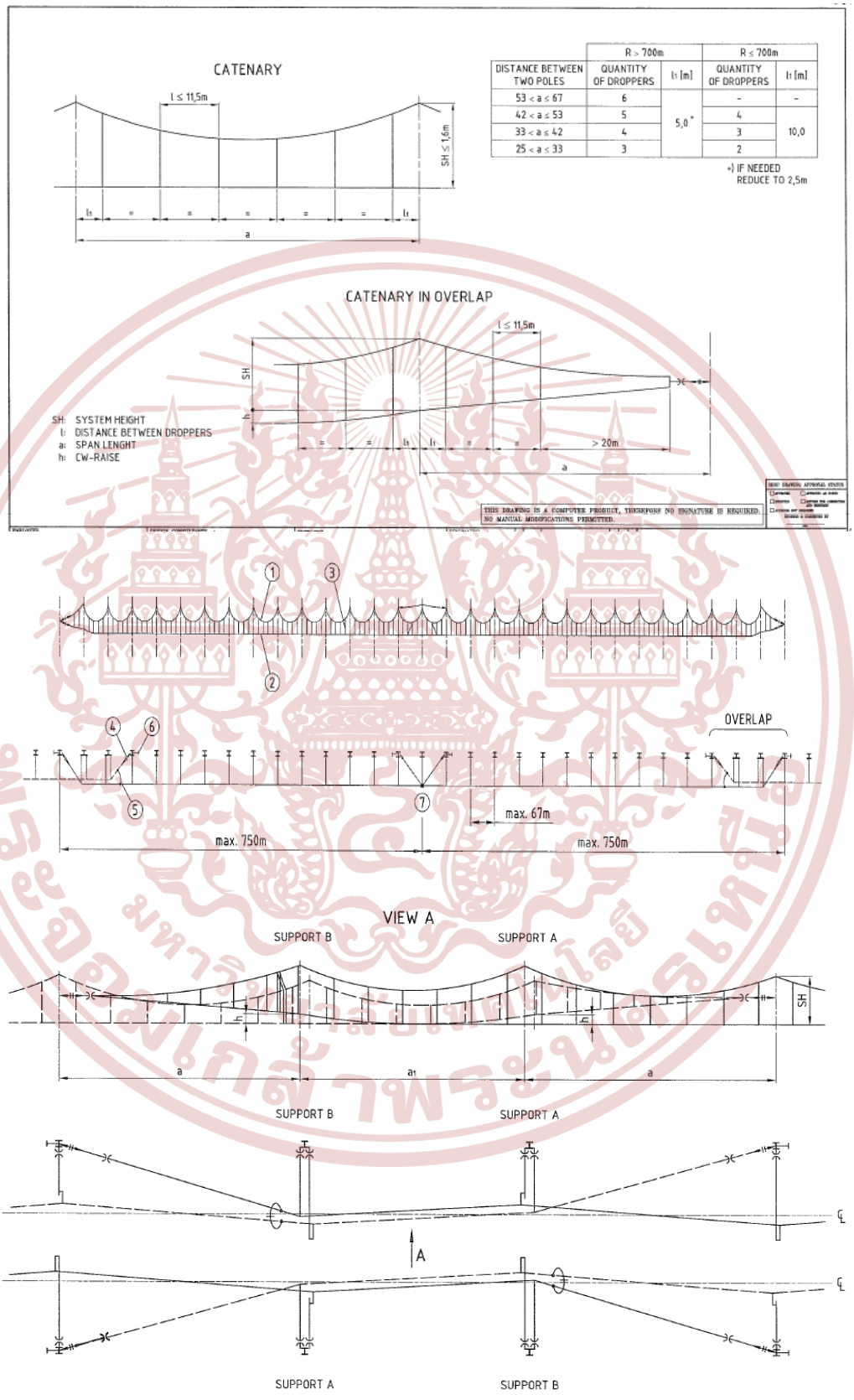
- **Contact Wire**
  - รับกระแสไฟฟ้าไปยัง Pantograph ของรถไฟฟ้า
  - ต้องคงระยะ **ความสูง (Height)** และ **เยื้องศูนย์ (Stagger)** ให้แม่นยำ
- **Messenger Wire**
  - รับแรงดึงและช่วยพยุง Contact Wire ผ่าน Dropper
  - กระจายแรงดึงไปยัง Anchor Point

2.2 ข้อบกพร่องที่พบบ่อย

- การสึกหรอจากการเสียดสีกับ Pantograph (Contact Wire Worn)
- การแตกหรือลุ่ยของ Messenger Wire
- การหย่อนหรือ Sag เกินค่ามาตรฐาน
- การเยื้องศูนย์ (Stagger) ไม่ถูกต้อง
- การเกิด Hot Spot หรือรอยไหม้
- การกัดกร่อน/ออกซิเดชัน

2.3 เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ

- **Measuring Pole** ⟶ วัดความสูงสาย Contact Wire
- **Sag Measuring Device / Theodolite** ⟶ ตรวจสอบระยะ Sag
- **Stagger Gauge** ⟶ ตรวจสอบระยะ Stagger
- **Vernier Caliper / Micrometer** ⟶ วัดความหนาสายไฟ
- **Infrared Camera** ⟶ ตรวจสอบความร้อนสะสม (Hot Spot)
- **Torque Wrench & Clamp Tool** ⟶ สำหรับซ่อมและขันยึด


CATENARY
l ≤ 11,5m
SH ≤ 1,6m
l1
a
DISTANCE BETWEEN TWO POLES
R > 700m
QUANTITY OF DROPPERS
l1 [m]
R ≤ 700m
QUANTITY OF DROPPERS
l1 [m]
53 < a ≤ 67
6
-
-
42 < a ≤ 53
5
5,0 *
4
10,0
33 < a ≤ 42
4
3
25 < a ≤ 33
3
2
*) IF NEEDED REDUCE TO 2,5m
CATENARY IN OVERLAP
l ≤ 11,5m
SH
h
> 20m
SH: SYSTEM HEIGHT
l: DISTANCE BETWEEN DROPPERS
a: SPAN LENGHT
h: CW-RAISE
THIS DRAWING IS A COMPUTER PRODUCT, THEREFORE NO SIGNATURE IS REQUIRED.
NO MANUAL MODIFICATIONS PERMITTED.
OVERLAP
max. 67m
max. 750m
max. 750m
VIEW A
SUPPORT B
SUPPORT A
SH
a
a1
a
SUPPORT B
SUPPORT A
A
SUPPORT A
SUPPORT B

3. ขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

ขั้นตอน	รายละเอียดการตรวจสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน/ยอมรับ	วิธีแก้ไข/บำรุงรักษา
1. ตรวจสอบสภาพทั่วไป	ตรวจสอบสายไฟว่ามีรอยแตก, ไหม้, สึกหรอ	สภาพสมบูรณ์, ไม่มีรอยเสียหาย	เปลี่ยนสายใหม่ถ้ามีรอยแตก/สึกเกิน 30%
2. วัดความสูง (Height)	ใช้ Measuring Pole วัด Contact Wire	ค่าอยู่ระหว่าง 5.0–5.5 ม. (±50 mm)	ปรับ Cantilever หรือ Droppers
3. วัดระยะเยื้องศูนย์ (Stagger)	ใช้ Stagger Gauge	ค่าไม่เกิน ±200 mm (แล้วแต่ระบบ)	ปรับ Steady Arm หรือ Bracket
4. ตรวจสอบระยะหย่อน (Sag)	ใช้ Sag Measuring Device	ค่า Sag ตามคู่มือผู้ผลิต (เช่น ±15 mm)	ปรับแรงดึง (Tension Adjustment)
5. ตรวจสอบการสึกหรอ (Wear)	วัดความหนาของ Contact Wire	เหลือ ≥ 70% ของขนาดเดิม	เปลี่ยนสายเมื่อสึกเกินเกณฑ์
6. ตรวจสอบ Messenger Wire	ตรวจสอบการแตก, ขนลุ่ย, Clamp หลวม	ต้องไม่พบความเสียหาย	เปลี่ยนหรือซ่อม Clamp/สายใหม่
7. ตรวจสอบ Hot Spot	ใช้ Infrared Camera	ไม่พบความร้อนสูงผิดปกติ	แก้ไขจุดต่อ/ขัน Clamp ใหม่
8. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ทำความสะอาด, ตรวจทุก 6 เดือน	สายต้องสะอาด ไม่มีสนิม	ล้างด้วยสารทำความสะอาด/ทดสอบโหลด

4. แบบฟอร์มตรวจสอบ

รายการตรวจสอบ	**ปกติ**	**ผิดปกติ**	**หมายเหตุ**
ความสูง Contact Wire อยู่ในเกณฑ์	☐	☐	
ระยะ Stagger อยู่ในเกณฑ์	☐	☐	
ระยะ Sag อยู่ในเกณฑ์	☐	☐	
การสึกหรอของ Contact Wire ≤ 30%	☐	☐	
Messenger Wire สภาพสมบูรณ์	☐	☐	
Clamp และ Joint ขันแน่น	☐	☐	
ไม่มี Hot Spot ตรวจพบด้วย IR	☐	☐	

คู่มือฝึกอบรม

คู่มือฝึกอบรม สมรรถนะที่ 4 : การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding)

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถ

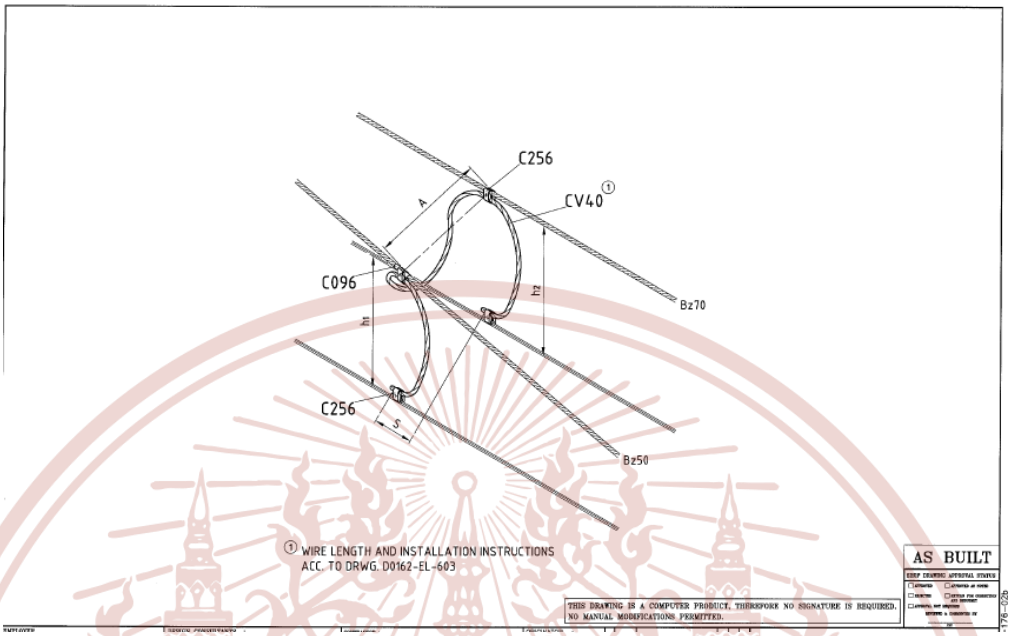
1. อธิบายหน้าที่และความสำคัญของอุปกรณ์ Feeder, Jumper และ Bonding ได้
2. ระบุประเภทและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้าในระบบ OCS ได้
3. ตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้าได้ตามมาตรฐาน
4. ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการวัดค่าทางไฟฟ้า เช่น ความต้านทานการเชื่อมต่อ (Bond Resistance) ได้
5. ปฏิบัติงานบำรุงรักษา/แก้ไขข้อบกพร่องอย่างถูกต้องและปลอดภัย

---

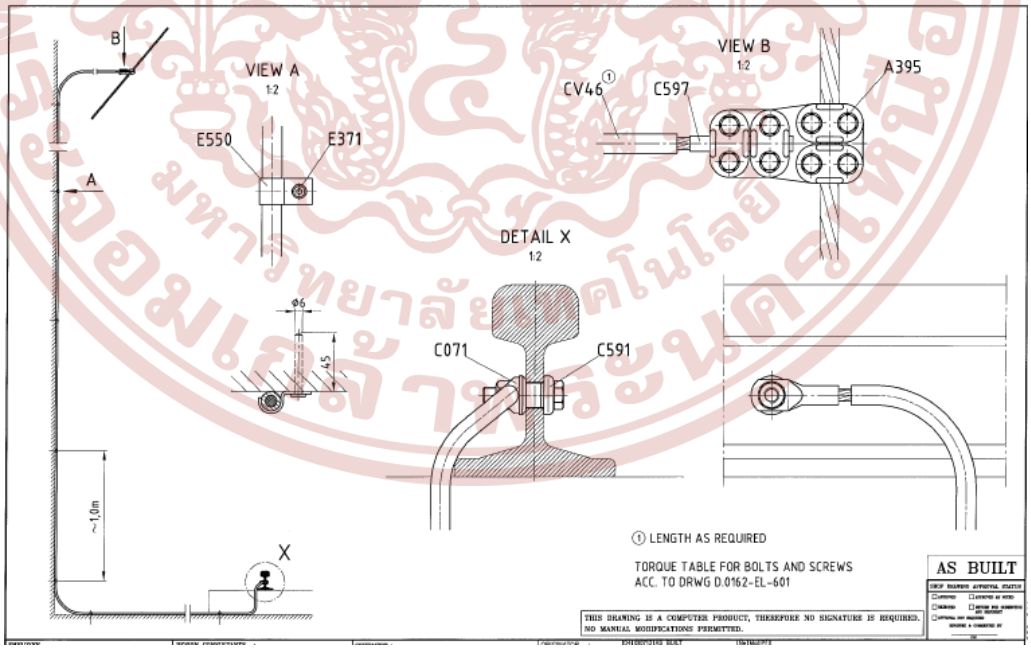
2. เนื้อหาที่เกี่ยวข้ององ

2.1 หน้าที่และความสำคัญ

- **Feeder**
  - สายจ่ายไฟฟ้าเสริม ใช้ส่งกำลังไฟฟ้าคู่ขนานกับ Contact Wire
  - ลดการสูญเสียทางไฟฟ้าและรักษาระดับแรงดัน
- **Jumper**
  - สายไฟเชื่อมต่อระหว่างสายไฟสองจุดเพื่อความต่อเนื่องของวงจร
  - ใช้ในจุดตัดของสาย หรือตำแหน่ง Sectioning



- **Bonding**
  - การเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างราง (Rail Bonding) และโครงสร้างโลหะ
  - ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟรั่วและอำนวยความปลอดภัย



🔷 2.2 ข้อบกพร่องที่พบบ่อย

- ขั้วต่อ (Terminal/Clamp) หลวม ⟶ เกิดความร้อนสะสม
- การกัดกร่อน (Corrosion) บริเวณ Clamp หรือ Joint
- สาย Jumper ขาด / หลุด / สึกกร่อน
- Bonding ขาดหรือค่าความต้านทานสูงเกินเกณฑ์
- ความเสียหายทางกล เช่น การบิดงอ, การกระแทก

🔷 2.3 เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ

- **Clamp Meter / Multimeter** ⟶ ตรวจสอบการนำไฟฟ้า
- **Micro-Ohmmeter** ⟶ วัดค่าความต้านทานการเชื่อมต่อ (Bond Resistance Test)
- **Infrared Thermography** ⟶ ตรวจสอบ Hot Spot
- **Torque Wrench** ⟶ ตรวจสอบแรงบิดในการขัน Clamp
- **Inspection Checklist** ⟶ บันทึกผลการตรวจสอบ

---

3. ขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

ขั้นตอน	รายละเอียดการตรวจสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน/ยอมรับ	วิธีแก้ไข/บำรุงรักษา
1. ตรวจสอบด้วยสายตา	ตรวจสอบสภาพสาย Feeder, Jumper, Bonding	ไม่มีรอยแตก, ขาด, สึกกร่อน	เปลี่ยน/ซ่อมสายใหม่

ขั้นตอน	รายละเอียดการตรวจสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน/ยอมรับ	วิธีแก้ไข/บำรุงรักษา
2. ตรวจสอบ Clamp และ Joint	ตรวจสอบความแน่น, การกัดกร่อน	Clamp ต้องขันแน่น, ไม่มีสนิม	ขันใหม่ด้วย Torque Wrench, ทำความสะอาด
3. ตรวจสอบความร้อนสะสม	ใช้ Infrared Camera ส่องจุดต่อ	ไม่พบอุณหภูมิสูงผิดปกติ	แก้ไขจุดต่อ/เปลี่ยน Clamp
4. วัดค่าความต้านทาน Bonding	ใช้ Micro-Ohmmeter	ค่าน้อยกว่า 0.05 Ω	ซ่อม/เปลี่ยน Bond ใหม่
5. ตรวจสอบการเชื่อมต่อกับราง (Rail Bond)	ตรวจสอบการเชื่อมและสภาพสาย	เชื่อมแน่น, ไม่มีหลุด	เชื่อมใหม่/ติดตั้งสาย Bonding
6. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ทำความสะอาดจุดต่อทุก 6 เดือน	สภาพสมบูรณ์	ทำความสะอาด, ขันยึดตามแรงบิดมาตรฐาน

---

4. แบบฟอร์มตรวจสอบ (Checklist)

รายการตรวจสอบ	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
สภาพสาย Feeder สมบูรณ์	☐	☐	
สภาพสาย Jumper สมบูรณ์	☐	☐	
สาย Bonding ไม่ขาด/แน่น	☐	☐	
Clamp และ Joint ขันแน่น	☐	☐	

รายการตรวจสอบ	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
ไม่พบการกัดกร่อน/สนิม	☐	☐	
ไม่พบ Hot Spot จากการตรวจ IR	☐	☐	
ค่าความต้านทาน Bonding < 0.05 Ω	☐	☐	



📘 คู่มือฝึกอบรม

คู่มือฝึกอบรม สมรรถนะที่ 5 : การตรวจสอบและทดสอบระบบ Isolator และ Section Insulator

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบการเรียน ผู้เรียนสามารถ:

1. อธิบายหน้าที่ของ Isolator และ Section Insulator ในระบบ OCS ได้ถูกต้อง
2. ระบุประเภทและตำแหน่งการติดตั้ง Isolator และ Section Insulator ได้
3. ตรวจสอบสภาพทางกายภาพของอุปกรณ์ตามมาตรฐานได้
4. ทดสอบการทำงานทางไฟฟ้าและกลไกได้อย่างถูกต้อง
5. ปฏิบัติงานบำรุงรักษา/แก้ไขข้อบกพร่องได้ตามมาตรฐานความปลอดภัย

---

2. ความรู้พื้นฐานที่จำเป็น

- หลักการแยกวงจรไฟฟ้าและการ Sectioning ในระบบจ่ายไฟ OCS
- องค์ประกอบของ Isolator (Blade, Contact, Operating Mechanism)
- องค์ประกอบของ Section Insulator (Fiberglass Rod, Contact Shoe, Arc Horn)
- มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานกับอุปกรณ์แรงสูง

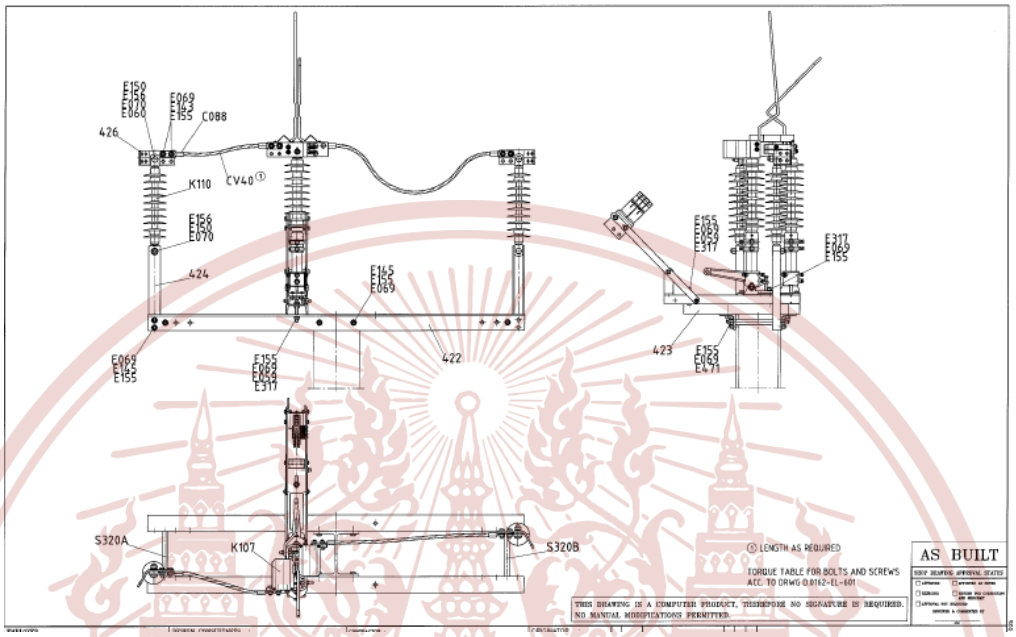
---

3. เนื้อหาสำคัญในการสอน

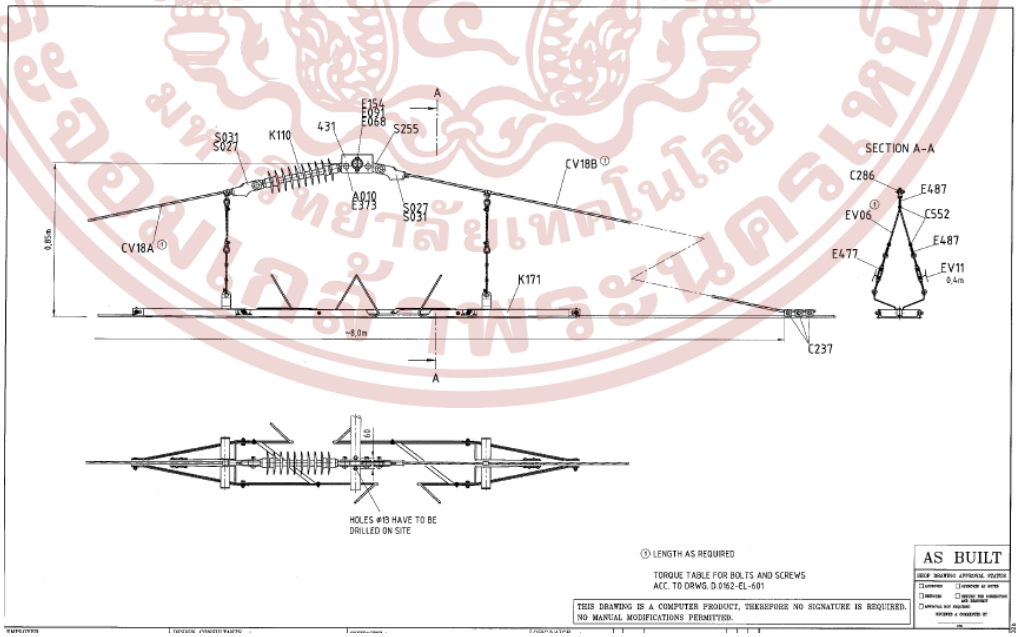
🔷 3.1 หน้าที่และความสำคัญ

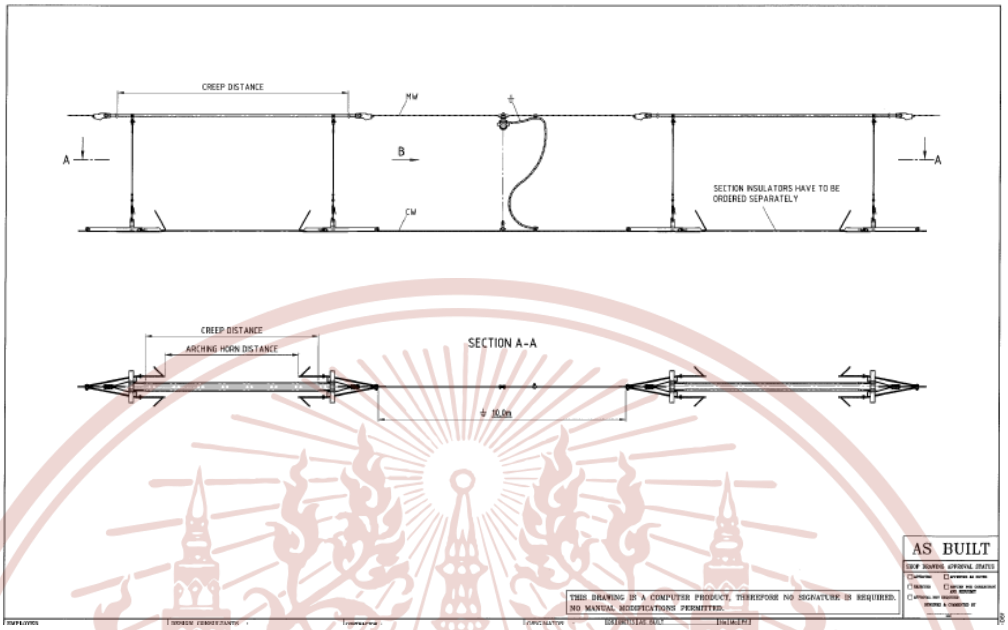
- **Isolator**
    - ใช้สำหรับแยกวงจรไฟฟ้าในสถานะไม่มีกระแส

- อำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุงและเพิ่มความปลอดภัย



- **Section Insulator**
  - ใช้แบ่งเขตไฟฟ้า (Electrical Section) บนสาย Contact Wire
  - อนุญาตให้ Pantograph เคลื่อนผ่านโดยไม่เกิด Flashover





3.2 ข้อบกพร่องที่พบบ่อย

- Isolator Contact หลวม ⟶ เกิดความร้อนและ Arc
- Blade ของ Isolator ชำรุดหรือบิดงอ
- Section Insulator แตก, ร้าว, หรือมีคราบสกปรกบนฉนวน
- ความต้านทานจุดต่อสูง ⟶ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน
- กลไก Operating Mechanism ทำงานไม่สมบูรณ์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ

- **Insulation Resistance Tester (Megger)** ⟶ ตรวจสอบค่าฉนวน
- **Contact Resistance Tester** ⟶ ตรวจสอบค่าความต้านทานจุดต่อ
- **Torque Wrench** ⟶ ตรวจสอบแรงขัน Bolt/Clamp
- **Infrared Thermography** ⟶ ตรวจสอบ Hot Spot

- **Measuring Stick / Vernier** ⟶ วัดระยะและ Alignment

---

4. ขั้นตอนการตรวจสอบและทดสอบ

ขั้นตอน	รายละเอียดการตรวจสอบ/ทดสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน/ยอมรับ	วิธีแก้ไข/บำรุงรักษา
1. ตรวจสอบด้วยสายตา	ตรวจสอบความสมบูรณ์ของ Blade, Contact, Insulator	ไม่มีรอยแตก, ร้าว, หรือติดสิ่งสกปรก	ทำความสะอาด/เปลี่ยนใหม่
2. ตรวจสอบความแน่นของ Clamp และ Bolt	ใช้ Torque Wrench วัดแรงขัน	ค่าแรงขันตรงตามคู่มือผู้ผลิต	ขันให้ได้มาตรฐาน
3. ตรวจสอบฉนวน Section Insulator	ตรวจสอบการแตกร้าว/การเสื่อมสภาพ	ฉนวนสมบูรณ์ ไม่มี Tracking	เปลี่ยนฉนวน
4. วัดค่าความต้านทาน Contact	ใช้ Micro-Ohmmeter	< 200 μΩ	ซ่อม/เปลี่ยน Contact
5. วัดค่าความต้านทานฉนวน	ใช้ Megger ทดสอบ	> 10 MΩ (ที่ 1 kV)	ซ่อม/เปลี่ยน
6. ตรวจสอบการทำงานของกลไก (Isolator)	เปิด-ปิด Isolator 3 ครั้ง	เปิด-ปิดได้สมบูรณ์ ไม่มีติดขัด	หล่อลื่น/ปรับตั้งกลไก
7. ตรวจสอบการวิ่งผ่านของ Pantograph (Section Insulator)	ทดสอบด้วย Pantograph จำลอง	Pantograph ผ่านได้เรียบ ไม่สะดุด	ปรับ Alignment

---

5. แบบฟอร์มตรวจสอบ (Checklist)

รายการตรวจสอบ	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
Isolator Contact สมบูรณ์	☐	☐	
Blade ไม่มีการบิดงอ/รอยแตก	☐	☐	
Clamp และ Bolt ขันแน่น	☐	☐	
Section Insulator ไม่แตกร้าว/รั่ว	☐	☐	
ค่า Contact Resistance < 200 μΩ	☐	☐	
ค่า Insulation Resistance > 10 MΩ	☐	☐	
กลไก Isolator เปิด-ปิดปกติ	☐	☐	
Pantograph ผ่าน Section Insulator ได้เรียบ	☐	☐	

คู่มือฝึกอบรม

คู่มือฝึกอบรม สมรรถนะที่ 6 : การตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device *(Tension Wheel, Pulley, Counterweight, Spring Tensioner, Rope, Clamp, Guide Rod ฯลฯ)*

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

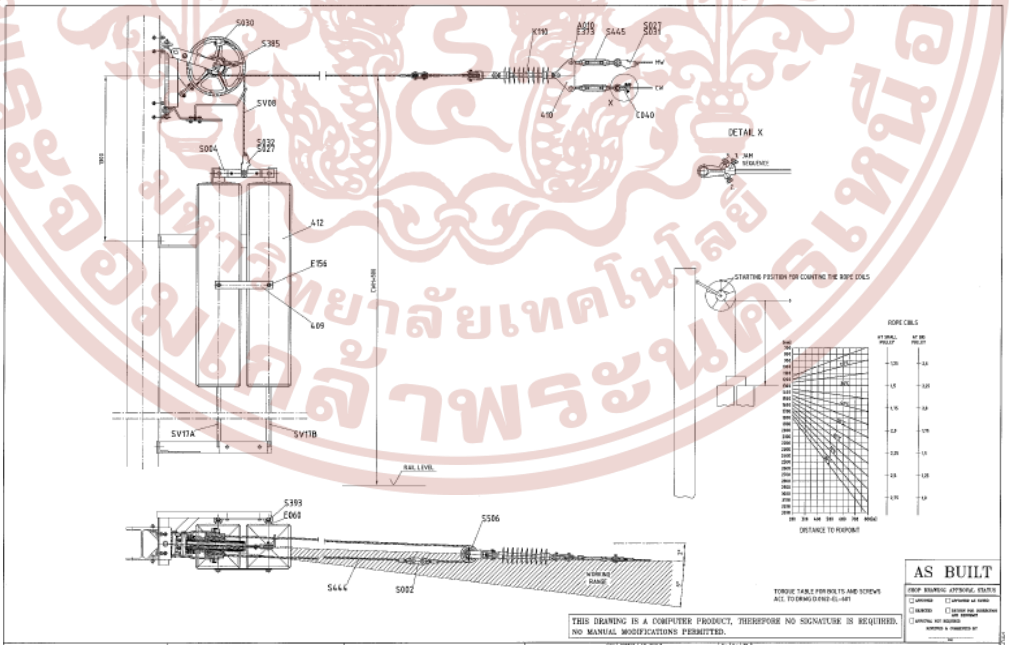
- ผู้เรียนสามารถอธิบายหน้าที่และโครงสร้างของ **Tension Device** ได้
- ผู้เรียนสามารถระบุองค์ประกอบหลักและกลไกการทำงานของชุดดึงรั้ง (Auto Tension System) ได้
- ผู้เรียนสามารถตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งานของ **Tension Wheel, Pulley, Counterweight, Spring Tensioner** ได้
- ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการบำรุงรักษา (Lubrication, Cleaning, Bolt Tightening) ได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานความปลอดภัย
- ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่พบบ่อย เช่น การคลายตัว, การสึกหรอ, การฝืดตัว, และการไม่สมดุลของแรงดึง

---

2. เนื้อหาการสอน

หัวข้อการสอน	**รายละเอียด**
ความรู้พื้นฐาน Tension Device	ความหมาย, ประเภท (Weight Tension, Spring Tension), หลักการทำงาน
องค์ประกอบหลัก	Counterweight, Pulley, Rope, Spring Tensioner, Clamp, Guide Rod

หัวข้อการสอน	รายละเอียด
มาตรฐานและค่ากำหนด	ค่าแรงดึง (Tension Force), ระยะการเคลื่อนตัวของ Weight, ระยะชดเชยการขยายตัวของสาย
การตรวจสอบสภาพ	วิธีตรวจสอบการหมุน Pulley, ความสมดุล Counterweight, การยึดหรือชำรุดของ Rope, ความมั่นคงของ Clamp
การบำรุงรักษา	การทำความสะอาด, การหล่อลื่น, การขัน Bolt/Nut, การปรับตั้งแรงดึง
การทดสอบและประเมินผล	การทดสอบการทำงานของชุดดึงรั้ง, การวัดค่า Sag และ Tension หลังการบำรุงรักษา
กรณีศึกษาและการแก้ปัญหา	ปัญหาที่พบบ่อย เช่น Rope ขาด, Pulley ฝืด, Weight ติดขัด, Spring เสื่อมสภาพ



3. ขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

3.1 ขั้นตอนการตรวจสอบ

1. **ตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Check)**
    - สภาพภายนอก Pulley, Rope, Weight, Spring
    - การบิดงอ รอยแตกร้าว สนิม
2. **ตรวจสอบการเคลื่อนไหว (Movement Check)**
    - Pulley หมุนได้อิสระ
    - Weight เคลื่อนตัวขึ้น-ลงตามการเปลี่ยนแปลงของสาย
3. **ตรวจสอบการยึดแน่น (Tightness Check)**
    - Bolt, Nut, Clamp ต้องแน่น ไม่หลวม
4. **ตรวจสอบระยะชดเชย (Compensation Travel)**
    - ระยะการเคลื่อนตัวของ Counterweight/Spring ต้องอยู่ในค่ามาตรฐาน
5. **ตรวจสอบแรงดึง (Tension Force)**
    - วัดค่า Tension ตามคู่มือของผู้ผลิต

3.2 ขั้นตอนการบำรุงรักษา

- **ทำความสะอาด (Cleaning):** ล้างฝุ่น คราบน้ำมัน สนิม
- **การหล่อลื่น (Lubrication):** จุดหมุน Pulley, Bearing, Joint
- **การปรับตั้ง (Adjustment):** แรงดึง, ระยะ Offset ของ Counterweight
- **การขันยึด (Tightening):** Bolt/Nut, Clamp, Rope Clamp
- **การทดสอบ (Testing):** ตรวจสอบการตอบสนองเมื่อสายเกิดการยืด/หด

4. แบบฟอร์ม Checklist

รายการตรวจสอบ	สภาพปกติ	ต้องซ่อม/แก้ไข	หมายเหตุ
สภาพ Pulley หมุนได้อิสระ	☐	☐	
Counterweight เคลื่อนตัวได้	☐	☐	
Rope ไม่มีการสึกหรอ/ขาด	☐	☐	
Clamp และ Bolt ยึดแน่น	☐	☐	
ระยะ Compensation อยู่ในมาตรฐาน	☐	☐	

คู่มือฝึกอบรม

คู่มือฝึกอบรม สมรรถนะที่ 7 : การตรวจสอบระยะ Sag และ Stagger ของสาย Contact Wire

---

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

- ผู้เรียนเข้าใจความหมายและความสำคัญของ **Sag** และ **Stagger**
- ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการกำหนดค่ามาตรฐาน Sag และ Stagger ตามสเปคของระบบราง
- ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือวัด (Sag Board, Measuring Tape, Gauge, Optical Measuring Device) ได้ถูกต้อง
- ผู้เรียนสามารถตรวจสอบและบันทึกค่า Sag และ Stagger ได้อย่างเป็นระบบ
- ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ความผิดปกติและเสนอแนวทางแก้ไข

---

2. เนื้อหาการสอน

หัวข้อการสอน	รายละเอียด
ความรู้พื้นฐาน	ความหมาย, หลักการ, ความสำคัญของ Sag และ Stagger
มาตรฐานและค่ากำหนด	ค่า Sag ตามช่วง Span และอุณหภูมิ, ค่า Stagger ที่เหมาะสม (±200–400 mm)
เครื่องมือและอุปกรณ์	Sag Board, Measuring Tape, Optical Level, Stagger Gauge
วิธีการวัด Sag	การวัด ณ กึ่งกลาง Span, การใช้ Sag Template, การตรวจสอบกับค่า Reference

หัวข้อการสอน	รายละเอียด
วิธีการวัด Stagger	การวัดจากกึ่งกลางรางถึงตำแหน่ง Contact Wire, การใช้ Gauge และ Optical Device
การบันทึกผล	วิธีการบันทึกลง Check sheet, การเปรียบเทียบค่ากับมาตรฐาน
การแก้ไขความผิดปกติ	Sag มากหรือน้อยเกินไป, Stagger ไม่สมดุล, การปรับตั้ง Clamp, Tension Device
ภาคปฏิบัติภาคสนาม	การวัดจริงใน Span ตัวอย่าง, การคำนวณ, การรายงานผล

---

3. ขั้นตอนการตรวจสอบ

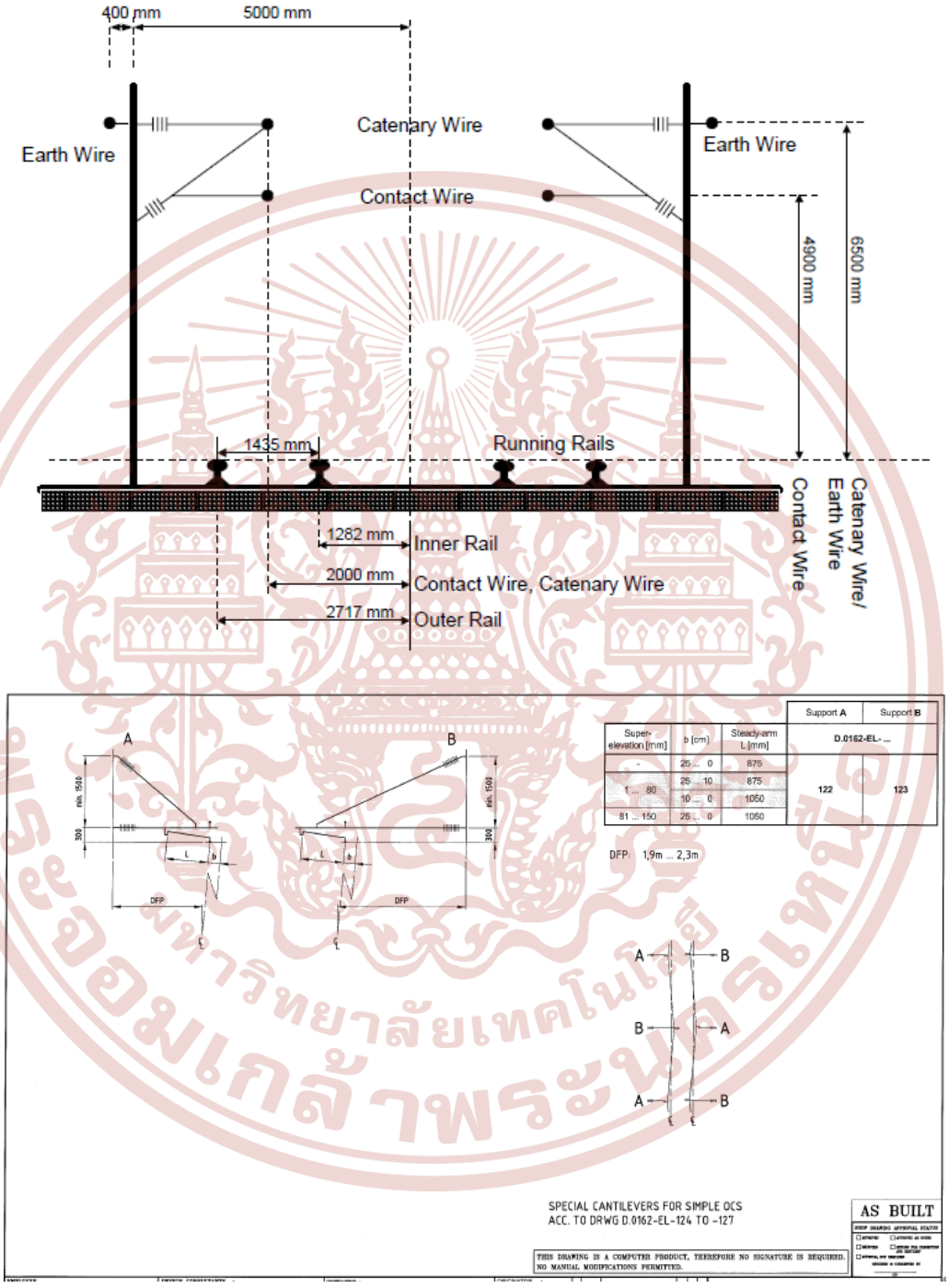
3.1 การตรวจสอบระยะ Sag

1. กำหนด Span ที่ต้องตรวจสอบ
2. ใช้ **Sag Board หรือ Template** ที่กำหนดจากการออกแบบ
3. วัดที่ **กึ่งกลาง Span** เพื่อหาความต่างระดับของสาย
4. เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่ามาตรฐานที่กำหนด (ขึ้นกับ Span และอุณหภูมิ)
5. บันทึกผลใน Check sheet

3.2 การตรวจสอบระยะ Stagger

1. กำหนดตำแหน่งตรวจสอบ (ตามช่วง Span หรือระยะมาตรฐาน เช่น ทุก 40 เมตร)
2. ใช้ **Stagger Gauge** หรือสายวัดจากกึ่งกลางรางถึงสาย Contact Wire
3. ตรวจสอบว่าค่า Stagger อยู่ในช่วงที่กำหนด (±200–400 mm)
4. หากเกินมาตรฐาน ให้ระบุสาเหตุ เช่น การคลายตัวของ Clamp, ความผิดปกติของ Cantilever

5. บันทึกผลใน Check sheet



4. แบบฟอร์ม Checklist (ตัวอย่าง)

รายการตรวจสอบ	มาตรฐาน	ผลวัดได้	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
ค่า Sag (Span 50 ม.)	180–200 mm	____ mm	☐	☐	
ค่า Sag (Span 60 ม.)	220–240 mm	____ mm	☐	☐	
ค่า Stagger จุดที่ 1	±200–400 mm	____ mm	☐	☐	
ค่า Stagger จุดที่ 2	±200–400 mm	____ mm	☐	☐	
Clamp และอุปกรณ์ยึด	แน่น, ไม่คลายตัว		☐	☐	

---

5. การบำรุงรักษาและการแก้ไข

- **กรณี Sag เกินค่ามาตรฐาน** ⟶ ตรวจสอบ Tension Device, การคลายตัวของสาย, ปรับตั้งแรงดึง
- **กรณี Stagger ไม่สมดุล** ⟶ ตรวจสอบ Cantilever, Bracket, Clamp และทำการปรับตั้งใหม่
- **กรณีสายมีการคลายหรือบิดงอ** ⟶ ตรวจสอบจุดยึดทั้งหมดและทดแทนในกรณีที่ชำรุด

การเตรียมความพร้อมในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง

การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบเสาและโครงสร้างรองรับของระบบ Overhead Catenary System

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบเสาและโครงสร้างอย่างไร

- ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือ เช่น Vernier Caliper, Measuring Tape, Digital Level, Theodolite, Torque Wrench, กล้องส่องทางไกล, กล้องถ่ายภาพ, และแบบฟอร์มบันทึกผล
- ตรวจสอบสภาพเครื่องมือให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ไม่มีการชำรุดหรือคลาดเคลื่อน
- เตรียมอุปกรณ์ปีนป่ายหรือเข้าถึงพื้นที่สูง เช่น บันได, รถกระเช้า, และตรวจสอบความปลอดภัยของอุปกรณ์
- ตรวจสอบและจัดเตรียมอุปกรณ์ PPE ให้พร้อม
- ตรวจสอบระบบสื่อสาร เช่น วิทยุสื่อสาร โทรศัพท์
- ตรวจเอกสารแบบแปลนเสา, Drawing ของโครงสร้าง, และค่าเชิงเทคนิค (Specification)

---

2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน

- สวมอุปกรณ์นิรภัยส่วนบุคคล (PPE) เช่น หมวกนิรภัย, ถุงมือ, Safety Shoes, Safety Glasses, เสื้อสะท้อนแสง, เข็มขัดนิรภัยสำหรับงานที่สูง (Full Body Harness)
- ตรวจสอบความพร้อมทางร่างกาย ไม่มีความอ่อนล้า ง่วงนอน หรือมีความผิดปกติ
- ตรวจสอบสภาพอากาศก่อนออกพื้นที่ เช่น ลมแรง ฝนตก ฟ้าผ่า
- เข้าร่วมประชุม Toolbox Meeting เพื่อรับทราบงานและอันตรายที่อาจเกิดขึ้น
- ตรวจสอบ Work Permit, ใบอนุญาตทำงานที่สูง หรืออนุญาตทำงานใกล้ระบบไฟฟ้า
- ตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันการตก (Fall Protection) ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์

3. มีการตรวจสอบเสาและโครงสร้างรองรับอย่างไร

- ตรวจสอบสภาพทั่วไปของเสา เช่น การเอียง รอยร้าว การผุกร่อน สนิม การบิดงอ
- ตรวจสอบจุดยึดต่าง ๆ เช่น Base Plate, Anchor Bolt, Bracket, Cantilever, Insulator, และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ
- ตรวจสอบระดับความสูงของเสา เทียบกับ Drawing
- ตรวจสอบความแน่นของ Bolt & Nut ด้วย Torque Wrench
- ตรวจสอบการยึดของ Messenger Wire, Contact Wire, Dropper ว่ายังคงอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง
- ตรวจสอบการทรุดตัวของฐานรากหรือสภาพดินบริเวณรอบเสา
- ถ่ายภาพประกอบการตรวจสอบเพื่อใช้บันทึกและติดตามผล

4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร

- ใช้ Digital Level หรือ Theodolite เพื่อวัดความเอียงของเสา
- ใช้ Measuring Tape ในการวัดขนาดทางกายภาพ เช่น ระยะห่าง ระดับตำแหน่งอุปกรณ์
- ใช้ Torque Wrench ตรวจสอบแรงบิดของน็อตตามค่ามาตรฐาน Torque Spec
- บันทึกค่าที่วัดได้ลงใน Inspection Form / Checklist อย่างเป็นระบบ
- ทำการถ่ายภาพบันทึกค่าแนบกับรายงาน
- หากพบค่าไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ให้มีการไฮไลท์หรือระบุ Action ในใบตรวจสอบเพื่อส่งต่อให้ทีมซ่อมบำรุง

5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

- จัดเขตพื้นที่ทำงาน พร้อมติดตั้ง ป้ายเตือน, กรวย, แผงกั้น
- ควบคุมการสื่อสารภายในทีมให้ชัดเจนตลอดเวลา
- หากเป็นงานบนที่สูง ต้องยึด Safety Harness กับจุด Anchor Point ที่ได้มาตรฐาน
- ระวังงานใกล้สายไฟหรืออุปกรณ์ที่อาจเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้า
- ไม่ทำงานในขณะที่มีสภาพอากาศเสี่ยง เช่น ฝนตกหนัก ฟ้าผ่า ลมแรง
- มีผู้ควบคุมงาน (Supervisor) ตรวจสอบทุกขั้นตอน
- เดินตรวจรอบบริเวณเพื่อดูความเสี่ยง เช่น พื้นลื่น หลุม หรือวัตถุตกหล่น
- ตรวจสอบสภาพเครื่องมือก่อนและหลังใช้งานทุกครั้ง

การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบแขนค้ำยัน (Cantilever Inspection)

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบแขนค้ำยัน (Cantilever) อย่างไร

- ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือ เช่น
  Measuring Tape, Digital Level, Torque Wrench, Vernier Caliper, กล้องถ่ายภาพ
- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ขึ้นที่สูง เช่น บันได/รถกระเช้า
- ตรวจสอบ Drawing และ Specification ของแขนค้ำยัน
- เตรียมแบบฟอร์มบันทึกผลตรวจสอบ
- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ยึดโยง เช่น เชือกนิรภัย, Karabiner
- ตรวจสอบวิทยุสื่อสารและระบบติดต่อสื่อสารในทีม

---

2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน

- สวม PPE ครบตามมาตรฐาน ได้แก่
  หมวกนิรภัย, Safety Shoes, ถุงมือ, Safety Glasses, เสื้อสะท้อนแสง, Full Body Harness (สำหรับทำงานที่สูง)
- ตรวจสอบความพร้อมทางร่างกาย ไม่มีอาการง่วง อ่อนล้า หรือเจ็บป่วย
- ตรวจสอบสภาพอากาศก่อนทำงาน (ลมแรง, ฝนตก, ฟ้าผ่า)
- เข้าร่วมประชุม Toolbox Meeting เพื่อรับทราบอันตรายและแบ่งหน้าที่
- ตรวจสอบ Work Permit หรือใบอนุญาตทำงานบนที่สูง
- ตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันการตก (Fall Protection) ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์

---

3. มีการตรวจสอบแขนค้ำยัน (Cantilever) อย่างไร

- ตรวจสอบสภาพโครงสร้างหลัก เช่น ท่อ, แผ่นเหล็ก, ข้อต่อ (Bracket), ชุดยึดอุปกรณ์
- ตรวจสอบการบิดตัวหรือการเอียงของแขนค้ำยัน
- ตรวจสอบความแน่นของ Bolt & Nut และจุดยึดทั้งหมด
- ตรวจสอบการผุกร่อน สนิม หรือรอยแตก
- ตรวจสอบตำแหน่งและมุมของแขนค้ำยันว่าเป็นไปตาม Drawing
- ตรวจสอบสภาพของ Insulator (ถ้ามีติดตั้งบนแขน) ไม่แตกร้าวหรือแตกหัก
- ตรวจสอบความมั่นคงของจุดเชื่อมต่อระหว่างเสาและแขนค้ำยัน
- ถ่ายภาพบริเวณที่ตรวจพบความผิดปกติทุกจุด

---

4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร

- ใช้ Digital Level วัดมุมเอียงของแขนค้ำยัน
- ใช้ Measuring Tape / Vernier Caliper วัดขนาดตาม Specification

- ใช้ Torque Wrench ตรวจสอบค่า Torque ของ Bolt & Nut ให้ได้ค่าตามมาตรฐาน
- บันทึกค่าที่วัดได้ลงในแบบฟอร์มตรวจสอบ
- ระบุจุดที่มีตำแหน่งผิดจากแบบ เช่น มุมเอียง ระยะยื่นออกจากเสา ความสูงของจุดติดตั้งอุปกรณ์
- ถ่ายภาพประกอบเพื่อยืนยันผลตรวจสอบ
- หากพบค่าไม่ผ่านมาตรฐาน ต้องระบุ Action ที่ต้องดำเนินการ

---

5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

- จัดเขตพื้นที่ทำงาน พร้อมติดตั้ง ป้ายเตือน, กรวย, แผงกั้น
- ควบคุมการจราจรหรือการสัญจรในพื้นที่ (กรณีตัดทางเดินหรือพื้นที่ใต้แขนค้ำยัน)
- ใช้ Full Body Harness และยึดกับ Anchor Point ตลอดเวลาระหว่างทำงานบนที่สูง
- ห้ามยืนหรือทำงานบริเวณที่มีอุปกรณ์หรือวัสดุเสี่ยงตกหล่น
- ตรวจสอบสภาพเครื่องมือก่อนขึ้นทำงาน
- ทำงานตามคำสั่งผู้ควบคุมงาน (Supervisor)
- สื่อสารด้วยวิทยุสื่อสารเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีความเสี่ยง
- หยุดงานทันทีเมื่อเกิดฝนตก ฟ้าผ่า หรือลมแรงผิดปกติ

การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire Inspection)

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire) อย่างไร

- ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือเฉพาะงานลวดนำกระแส เช่น
  Contact Wire Wear Gauge, Measuring Tape, Digital Level, Tension Measuring Device, Torque Wrench, กล้องถ่ายภาพ
- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ขึ้นที่สูง เช่น รถกระเช้า, บันได, Platform
- ตรวจสอบ Drawing, Sag Chart และ Specification ของ Contact Wire & Messenger Wire
- เตรียมแบบฟอร์ม Inspection Form / Checklist
- ตรวจสอบระบบสื่อสาร เช่น วิทยุสื่อสาร
- ตรวจสอบอุปกรณ์ PPE ให้ครบถ้วน

---

2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน

- สวม PPE ครบถ้วน ได้แก่
  หมวกนิรภัย, Safety Shoes, ถุงมือกันไฟฟ้า, แว่นตานิรภัย, เสื้อสะท้อนแสง, Full Body Harness
- ตรวจสอบความพร้อมทางร่างกายและจิตใจ
- ตรวจสอบสภาพอากาศ (ลมแรง, ฝนตก, ฟ้าผ่า)
- ประชุม Toolbox Meeting เพื่อรับทราบความเสี่ยงเฉพาะงานลวดนำกระแส
- ตรวจสอบ Work Permit และเอกสารอนุญาตทำงานใกล้ระบบไฟฟ้า
- ตรวจสอบสถานะระบบไฟฟ้า (Isolation / Earthing) ก่อนเริ่มงาน

---

3. มีการตรวจสอบลวดนำกระแส (Contact Wire & Messenger Wire) อย่างไร

- ตรวจสอบสภาพภายนอกของลวดนำกระแส

    - การสึกหรอ (Wear)
    - การหย่อนหรือความตึงผิดปกติ
    - รอยแตก รอยไหม้ หรือรอยบิด
- ตรวจสอบตำแหน่งและแนวของ Contact Wire เทียบกับแนวราง
- ตรวจสอบสภาพ Messenger Wire ว่ามีการคลายตัวหรือบิดงอ
- ตรวจสอบจุดต่อและอุปกรณ์ยึด เช่น Clamp, Dropper, Steady Arm
- ตรวจสอบความต่อเนื่องของ Dropper และระยะห่างตามแบบ
- ตรวจสอบการเสียดสีหรือการชนกับอุปกรณ์อื่น
- บันทึกตำแหน่งที่พบความผิดปกติพร้อมถ่ายภาพ

---

4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร

- ใช้ Contact Wire Wear Gauge วัดระดับการสึกหรอ
- ใช้ Tension Measuring Device วัดแรงตึงของ Contact Wire & Messenger Wire
- ใช้ Measuring Tape / Digital Level ตรวจวัดตำแหน่ง ความสูง และแนวลวด
- บันทึกค่าที่วัดได้ลงใน Inspection Form อย่างเป็นระบบ
- ระบุค่าเปรียบเทียบกับ Spec หรือ Sag Chart
- ถ่ายภาพประกอบการบันทึกค่า
- ระบุ Action กรณีค่าที่วัดไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

---

5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

- กำหนดเขตพื้นที่ทำงาน ติดตั้ง ป้ายเตือน แผงกั้น กรวย

- ยืนยันสถานะปลอดไฟ (De-energized) และติดตั้งระบบ Earthing
- ใช้ Full Body Harness และยึดกับ Anchor Point ตลอดเวลาที่ทำงานบนที่สูง
- ห้ามสัมผัสลวดนำกระแสโดยตรงหากยังไม่ได้รับการยืนยันความปลอดภัย
- ระวังการตกหล่นของเครื่องมือและอุปกรณ์
- สื่อสารภายในทีมอย่างต่อเนื่องผ่านวิทยุ
- หยุดงานทันทีเมื่อเกิดสภาพอากาศอันตราย
- ปฏิบัติตามคำสั่งผู้ควบคุมงานอย่างเคร่งครัด

การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบอุปกรณ์ Isolator และ Section Insulator

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบอุปกรณ์ Isolator และ Section Insulator อย่างไร

- ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบ ได้แก่ Measuring Tape, Digital Level, Torque Wrench, Multimeter, Insulation Resistance Tester (Megger), กล้องถ่ายภาพ
- เตรียมอุปกรณ์ขึ้นที่สูง เช่น รถกระเช้า, บันได, Platform
- ตรวจสอบ Drawing, Layout, Single Line Diagram และ Specification ของ Isolator และ Section Insulator
- เตรียมแบบฟอร์ม Inspection Form / Checklist
- ตรวจสอบวิทยุสื่อสารและอุปกรณ์ติดต่อสื่อสาร
- ตรวจสอบ PPE ให้ครบถ้วนก่อนออกปฏิบัติงาน

---

2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน

- สวม PPE ตามมาตรฐานงานไฟฟ้า ได้แก่
  หมวกนิรภัย, ถุงมือกันไฟฟ้า, แว่นตานิรภัย, Safety Shoes, เสื้อสะท้อนแสง, Full Body Harness (กรณีทำงานบนที่สูง)
- ตรวจสอบความพร้อมทางร่างกายและสภาพจิตใจ
- ตรวจสอบสภาพอากาศก่อนทำงาน (ฝน, ลมแรง, ฟ้าผ่า)
- เข้าร่วมประชุม Toolbox Meeting เพื่อรับทราบความเสี่ยงเฉพาะงาน Isolator / Section Insulator
- ตรวจสอบ Work Permit และใบอนุญาตทำงานใกล้ระบบไฟฟ้า
- ยืนยันสถานะระบบไฟฟ้า เช่น Isolation, Lockout–Tagout (LOTO), Earthing
- ตรวจสอบการไม่มีแรงดันตกค้างก่อนสัมผัสอุปกรณ์

---

3. มีการตรวจสอบอุปกรณ์ Isolator และ Section Insulator อย่างไร

◆ การตรวจสอบ Isolator

- ตรวจสอบสภาพโครงสร้างและฉนวนว่าไม่มีรอยแตกร้าวหรือสิ่งสกปรกสะสม
- ตรวจสอบหน้าสัมผัส (Contact) ว่าสะอาด ไม่ไหม้ ไม่สึกหรอผิดปกติ
- ตรวจสอบกลไกการเปิด–ปิด ให้ทำงานราบรื่น ไม่ติดขัด
- ตรวจสอบตำแหน่งเปิด–ปิด (Open/Close Position) ว่าชัดเจน
- ตรวจสอบจุดยึด Bolt & Nut และโครงสร้างรองรับ

◆ การตรวจสอบ Section Insulator

- ตรวจสอบสภาพฉนวนและชิ้นส่วน Composite/Porcelain ว่าไม่แตกร้าว
- ตรวจสอบแนวการติดตั้งให้ได้ระดับ ไม่เอียงหรือหย่อน
- ตรวจสอบความเรียบร้อยของ Contact Strip / Running Surface

- ตรวจสอบการจัดตำแหน่งให้รถไฟผ่านได้อย่างราบรื่น (Pantograph Passage)
- ตรวจสอบจุดต่อกับ Contact Wire และ Messenger Wire
- ตรวจสอบอุปกรณ์เสริม เช่น Arc Horn, Guide Horn (ถ้ามี)

---

4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร

- ใช้ Measuring Tape / Digital Level ตรวจวัดตำแหน่ง ความสูง และแนวติดตั้ง
- ใช้ Torque Wrench ตรวจค่าแรงบิดของ Bolt & Nut ตาม Spec
- ใช้ Multimeter ตรวจสอบความต่อเนื่องทางไฟฟ้า (เมื่อได้รับอนุญาต)
- ใช้ Insulation Resistance Tester (Megger) ตรวจค่าความต้านทานฉนวน
- บันทึกค่าที่วัดได้ลงใน Inspection Form อย่างเป็นระบบ
- ถ่ายภาพประกอบการตรวจสอบทุกจุดสำคัญ
- เปรียบเทียบค่าที่วัดกับมาตรฐานหรือ Specification
- ระบุ Action เมื่อพบค่าผิดปกติ

---

5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

- จัดเขตพื้นที่ทำงานด้วย ป้ายเตือน, แผงกั้น, กรวย
- ปฏิบัติตามขั้นตอน Isolation, LOTO และ Earthing อย่างเคร่งครัด
- ใช้เครื่องมือหุ้มฉนวน (Insulated Tools)
- ห้ามปฏิบัติงานในขณะที่ระบบยังจ่ายไฟ เว้นแต่ได้รับอนุญาตตามขั้นตอนพิเศษ
- ใช้ Full Body Harness และยึด Anchor Point เมื่อทำงานบนที่สูง
- ระวังการตกหล่นของเครื่องมือและชิ้นส่วน

- สื่อสารกับทีมงานอย่างต่อเนื่องผ่านวิทยุสื่อสาร
- หยุดงานทันทีเมื่อพบสภาพไม่ปลอดภัยหรือสภาพอากาศเป็นอันตราย
- ปฏิบัติตามคำสั่งผู้ควบคุมงานและมาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้าอย่างเคร่งครัด

การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding Inspection)

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding) อย่างไร

- ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือไฟฟ้าและเครื่องมือวัด ได้แก่
  Multimeter, Clamp Meter, Micro-ohmmeter (Low Resistance Tester), Insulation Resistance Tester (Megger), Torque Wrench
- ตรวจสอบเครื่องมือเฉพาะงาน เช่น Thermal Camera (ถ้ามี)
- เตรียมอุปกรณ์ทำความสะอาดจุดต่อ เช่น แปรงลวด, ผ้าเช็ด
- ตรวจสอบ Drawing, Single Line Diagram (SLD) และ Specification ของ Feeder / Jumper / Bonding
- เตรียมแบบฟอร์ม Inspection Form / Checklist
- ตรวจสอบความพร้อมของ PPE และอุปกรณ์ขึ้นที่สูง (หากจำเป็น)

---

2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน

- สวม PPE ตามมาตรฐานงานไฟฟ้า ได้แก่
  หมวกนิรภัย, ถุงมือกันไฟฟ้า, แว่นตานิรภัย, Safety Shoes, เสื้อสะท้อนแสง, Arc Flash PPE (กรณีจำเป็น)
- ตรวจสอบความพร้อมทางร่างกายและสภาพจิตใจ

- ตรวจสอบสภาพอากาศก่อนปฏิบัติงาน
- ประชุม Toolbox Meeting เพื่อชี้แจงความเสี่ยงด้านไฟฟ้า
- ตรวจสอบ Work Permit และใบอนุญาตทำงานไฟฟ้า
- ยืนยันสถานะ Isolation, Lockout–Tagout (LOTO), Earthing ก่อนเริ่มงาน
- ตรวจสอบแรงดันตกค้าง (Absence of Voltage) ก่อนสัมผัสอุปกรณ์

---

3. มีการตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้า (Feeder, Jumper, Bonding) อย่างไร

- ตรวจสอบสภาพภายนอกของสายและจุดต่อ
    - รอยไหม้ รอยละลาย ฉนวนแตกหรือแข็งตัว
    - การผุกร่อน สนิม หรือการคลายตัวของจุดต่อ
- ตรวจสอบความแน่นของขั้วต่อ Lug, Clamp, Terminal
- ตรวจสอบความถูกต้องของเส้นทางเดินสายและการยึดจับ
- ตรวจสอบ Feeder และ Jumper ว่ามีการหย่อนหรือบิดงอผิดปกติ
- ตรวจสอบ Bonding ว่ามีการต่อครบถ้วนและต่อในตำแหน่งที่ถูกต้อง
- ตรวจสอบความต่อเนื่องทางไฟฟ้า (Electrical Continuity)
- ตรวจสอบจุดที่มีโอกาสเกิดความร้อนสะสมสูง

---

4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร

- ใช้ Multimeter / Clamp Meter วัดแรงดันและกระแส (เมื่อได้รับอนุญาต)
- ใช้ Micro-ohmmeter วัดค่าความต้านทานจุดต่อ (Contact Resistance)
- ใช้ Insulation Resistance Tester (Megger) ตรวจสอบค่าความต้านทานฉนวน

- ใช้ Torque Wrench ตรวจสอบค่าแรงบิดของจุดต่อไฟฟ้า
- ใช้ Thermal Camera ตรวจหาจุดร้อน (Hot Spot)
- บันทึกค่าที่วัดได้ลงใน Inspection Form พร้อมระบุพิกัดและหมายเลขอุปกรณ์
- เปรียบเทียบค่าที่วัดกับค่ามาตรฐานหรือ Spec
- ระบุ Action หากค่าผิดจากเกณฑ์

---

5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

- จัดเขตพื้นที่ทำงานด้วย ป้ายเตือน แผงกั้น กรวย
- ปฏิบัติตามขั้นตอน LOTO และ Earthing อย่างเคร่งครัด
- ใช้เครื่องมือที่มีฉนวนหุ้ม (Insulated Tools)
- ห้ามทำงานในขณะที่ระบบยังมีไฟ เว้นแต่ได้รับอนุญาตตามขั้นตอนพิเศษ
- รักษาระยะปลอดภัยจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ยังจ่ายไฟ
- ควบคุมเครื่องมือและอุปกรณ์ไม่ให้ตกหล่น
- สื่อสารภายในทีมอย่างต่อเนื่อง
- หยุดงานทันทีเมื่อพบสภาพไม่ปลอดภัยหรือความเสี่ยงสูง
- ปฏิบัติตามคำสั่งผู้ควบคุมงานและมาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้า

การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบอุปกรณ์ Tension Device

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบอุปกรณ์ Tension Device อย่างไร

- ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์เฉพาะงาน Tension Device ได้แก่ Tension Measuring Device, Measuring Tape, Digital Level, Torque Wrench, Vernier Caliper, กล้องถ่ายภาพ

- ตรวจสอบอุปกรณ์ตรวจสภาพเชิงกล เช่น ไฟฉาย, กระจกส่อง, แปรงทำความสะอาด
- เตรียมอุปกรณ์ขึ้นที่สูงหรือพื้นที่จำกัด เช่น รถกระเช้า, บันได, Platform
- ตรวจสอบ Drawing, Sag Chart, Tension Chart และ Specification ของ Tension Device
- เตรียมแบบฟอร์ม Inspection Form / Checklist
- ตรวจสอบวิทยุสื่อสารและอุปกรณ์ติดต่อสื่อสาร
- ตรวจสอบ PPE ให้ครบถ้วนก่อนออกปฏิบัติงาน

---

2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน

- สวม PPE ครบถ้วน ได้แก่
  หมวกนิรภัย, Safety Shoes, ถุงมือ, แว่นตานิรภัย, เสื้อสะท้อนแสง, Full Body Harness (กรณีทำงานบนที่สูง)
- ตรวจสอบความพร้อมทางร่างกาย ไม่มีอาการอ่อนล้าหรือเจ็บป่วย
- ตรวจสอบสภาพอากาศก่อนทำงาน (ลมแรง, ฝนตก, ฟ้าผ่า)
- เข้าร่วมประชุม Toolbox Meeting เพื่อรับทราบความเสี่ยงของอุปกรณ์ที่มีแรงดึงสูง
- ตรวจสอบ Work Permit และใบอนุญาตทำงานในพื้นที่เสี่ยง
- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ป้องกันการตก (Fall Protection) ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

---

3. มีการตรวจสอบอุปกรณ์ Tension Device อย่างไร

- ตรวจสอบสภาพทั่วไปของอุปกรณ์ เช่น
  - ลูกตุ้มถ่วง (Counterweight) ว่าไม่แตกร้าว ไม่กระแทก
  - รอก (Pulley) หมุนได้อย่างอิสระ ไม่ติดขัด

    - สายสลิง/ลวดเหล็ก ไม่มีการขาด เปื่อย หรือบิดงอ

- ตรวจสอบแนวการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม ต้องไม่ติดขัดหรือชนสิ่งกีดขวาง
- ตรวจสอบตำแหน่งระดับของลูกตุ้มเทียบกับ Reference Mark
- ตรวจสอบโครงสร้างรองรับ เช่น เสา, Frame, Bracket
- ตรวจสอบความแน่นของ Bolt & Nut
- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ป้องกันการแกว่งหรือชน (Guide / Stopper)
- ถ่ายภาพบันทึกสภาพทุกจุดสำคัญ

---

4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร

- ใช้ Tension Measuring Device ตรวจวัดแรงตึงของ Contact Wire / Messenger Wire
- ใช้ Measuring Tape วัดระยะการยกตัวของลูกตุ้ม (Stroke)
- ใช้ Digital Level ตรวจสอบแนวการติดตั้ง
- ใช้ Torque Wrench ตรวจสอบค่าแรงบิดของ Bolt & Nut
- บันทึกค่าที่วัดได้ลงใน Inspection Form
- เปรียบเทียบค่ากับ Tension Chart และ Spec
- ถ่ายภาพประกอบการบันทึกค่าและแนบรายงาน
- ระบุ Action หากค่าผิดจากมาตรฐาน เช่น ปรับตั้ง / แจ้งซ่อมบำรุง

---

5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

- จัดเขตพื้นที่ทำงาน พร้อมติดตั้ง ป้ายเตือน แผงกั้น กรวย
- ห้ามยืนหรือทำงานใต้ลูกตุ้มถ่วงโดยไม่จำเป็น

- ใช้ Full Body Harness เมื่อทำงานบนที่สูง
- ระมัดระวังอุปกรณ์ที่มีแรงดึงหรือพลังงานสะสม
- ตรวจสอบเครื่องมือก่อนใช้งานทุกครั้ง
- ควบคุมการตกหล่นของเครื่องมือและชิ้นส่วน
- สื่อสารกับทีมงานอย่างต่อเนื่องผ่านวิทยุ
- หยุดงานทันทีเมื่อพบสภาพไม่ปลอดภัยหรืออุปกรณ์ผิดปกติ
- ปฏิบัติตามคำสั่งผู้ควบคุมงานและมาตรฐานความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด

การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบระยะ Sag และ Stagger ของสาย Contact Wire

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบระยะ Sag และ Stagger ของสาย Contact Wire อย่างไร

- ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือวัดทางเรขาคณิตของ OCS ได้แก่ Sag Measuring Device / Sag Gauge, Stagger Gauge, Measuring Tape, Digital Level / Theodolite, Laser Alignment Tool (ถ้ามี)
- ตรวจสอบอุปกรณ์ขึ้นที่สูง เช่น รถกระเช้า, Platform, บันได
- ตรวจสอบ Drawing, Sag Chart, Stagger Diagram และ Specification ของ Contact Wire
- เตรียมแบบฟอร์ม Inspection Form / Checklist
- เตรียมกล้องถ่ายภาพสำหรับบันทึกผล
- ตรวจสอบอุปกรณ์ PPE ให้ครบถ้วน

---

2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน

- สวม PPE ครบถ้วน ได้แก่
  หมวกนิรภัย, Safety Shoes, ถุงมือ, แว่นตานิรภัย, เสื้อสะท้อนแสง, Full Body Harness (กรณีทำงานบนที่สูง)
- ตรวจสอบความพร้อมทางร่างกายและจิตใจ
- ตรวจสอบสภาพอากาศก่อนทำงาน (ฝนตก, ลมแรง, ฟ้าผ่า)
- เข้าร่วมประชุม Toolbox Meeting เพื่อรับทราบความเสี่ยงของงานวัดแนวสาย
- ตรวจสอบ Work Permit และใบอนุญาตทำงานใกล้ระบบไฟฟ้า
- ยืนยันสถานะระบบไฟฟ้า (Isolation / Earthing) ก่อนเริ่มงาน

---

3. มีการตรวจสอบระยะ Sag และ Stagger ของสาย Contact Wire อย่างไร

◆ การตรวจสอบ Sag

- ตรวจสอบความหย่อนของสาย Contact Wire ระหว่างช่วงเสา
- วัดระยะ Sag ที่ตำแหน่งกึ่งกลางช่วง (Mid-span)
- เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับ Sag Chart ตามอุณหภูมิและช่วงเสา
- ตรวจสอบความสม่ำเสมอของ Sag ตลอดช่วง

◆ การตรวจสอบ Stagger

- ตรวจสอบตำแหน่งการส่ายซ้าย–ขวาของ Contact Wire จากแนวศูนย์กลางราง
- วัดค่า Stagger ที่ตำแหน่งเสาแต่ละต้นหรือจุดอ้างอิง
- ตรวจสอบการสลับซ้าย–ขวาอย่างต่อเนื่องตามแบบ
- ตรวจสอบไม่ให้ค่า Stagger เกินค่ามากหรือน้อยกว่ามาตรฐาน
- ตรวจสอบผลกระทบต่อการสัมผัสของ Pantograph

4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร

- ใช้ Sag Gauge / Measuring Tape วัดค่า Sag
- ใช้ Stagger Gauge วัดระยะเยื้องของ Contact Wire จากแนวราง
- ใช้ Digital Level / Theodolite / Laser ช่วยอ้างอิงแนวระดับและแนวศูนย์กลาง
- บันทึกค่าที่วัดได้ลงใน Inspection Form พร้อมระบุอุณหภูมิ ณ เวลาวัด
- เปรียบเทียบค่ากับ Sag Chart และ Stagger Spec
- ถ่ายภาพประกอบจุดที่วัดและจุดที่พบความผิดปกติ
- ระบุ Action หากค่าที่วัดไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

- จัดเขตพื้นที่ทำงานด้วย ป้ายเตือน, แผงกั้น, กรวย
- ใช้ Full Body Harness และยึด Anchor Point เมื่อทำงานบนที่สูง
- ห้ามสัมผัสสาย Contact Wire โดยตรง หากยังไม่ได้ยืนยันสถานะปลอดไฟ
- ระวังการตกหล่นของเครื่องมือในระหว่างวัด
- ห้ามยืนใต้พื้นที่วัดที่มีความเสี่ยงจากอุปกรณ์หรือสายหย่อน
- สื่อสารกับทีมงานอย่างต่อเนื่องผ่านวิทยุ
- หยุดงานทันทีเมื่อพบสภาพอากาศหรือสถานการณ์ไม่ปลอดภัย
- ปฏิบัติตามคำสั่งผู้ควบคุมงานและมาตรฐานความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP): การตรวจสอบและบำรุงรักษาเสาและโครงสร้างรองรับ OCS

รหัสเอกสาร: OCS-Mast-SOP-001 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 วัตถุประสงค์และขอบเขต (Purpose and Scope)

เสา (Mast) และโครงสร้างรองรับของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System - OCS) เป็นองค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเดินรถไฟ ทำหน้าที่รองรับและถ่ายน้ำหนักของระบบสายส่งไฟฟ้าทั้งหมด ตั้งแต่สายเมสเซนเจอร์ (Messenger Wire) ไปจนถึงสายคอนแทค (Contact Wire) ความสมบูรณ์แข็งแรงของโครงสร้างเหล่านี้จึงส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและความต่อเนื่องของการให้บริการ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอตามระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) ฉบับนี้ จึงเป็นหัวใจสำคัญในการรับประกันความมั่นคงของโครงสร้าง ป้องกันความเสี่ยงจากการพังทลาย และหลีกเลี่ยงเหตุขัดข้องรุนแรงที่อาจนำไปสู่การหยุดชะงักของการเดินรถ

วัตถุประสงค์

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดแนวทางการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้:

1. สร้างมาตรฐานขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยและความสม่ำเสมอในการตรวจสอบและบำรุงรักษา
2. รักษาสภาพของเสาและโครงสร้างรองรับให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางวิศวกรรม เพื่อให้ระบบ OCS ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
3. ป้องกันและลดความเสี่ยงจากการพังทลายหรือความเสียหายของโครงสร้าง ซึ่งอาจเกิดจากการกัดกร่อนหรือการเสื่อมสภาพ
4. ยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างและลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมครั้งใหญ่ในระยะยาว

ขอบเขต

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐานฉบับนี้ใช้บังคับกับเจ้าหน้าที่และช่างเทคนิคภาคสนามทุกคน ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบและบำรุงรักษาเสา (Mast), โครงสร้างรองรับ (Support Structures) ซึ่งรวมถึงชุดคานยื่น (Cantilever Assemblies), แขนยึด (Bracket Arms) และฐานราก (Foundations) ของระบบ OCS

การปฏิบัติตามระเบียบนี้เริ่มต้นตั้งแต่การเตรียมการก่อนเข้าพื้นที่ จนถึงการส่งมอบรายงานผลการตรวจสอบ ซึ่งความปลอดภัยในการปฏิบัติงานถือเป็นข้อกำหนดสูงสุดที่จะกล่าวถึงในลำดับถัดไป

2.0 มาตรการความปลอดภัย (Safety Protocols)

ความปลอดภัยคือรากฐานที่สำคัญที่สุดของการปฏิบัติงานภาคสนามทั้งหมด และไม่สามารถประนีประนอมได้โดยเด็ดขาด เจ้าหน้าที่ทุกคนต้องปฏิบัติตามมาตรการและข้อบังคับด้านความปลอดภัยอย่างเคร่งครัดก่อนเริ่มงาน ระหว่างปฏิบัติงาน และหลังจากเสร็จสิ้นภารกิจ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับตนเอง เพื่อนร่วมงาน และทรัพย์สินของระบบราง

ข้อบังคับด้านความปลอดภัยก่อนเริ่มปฏิบัติงาน (Pre-Work Safety Mandates)

ก่อนเริ่มการตรวจสอบ ณ ตำแหน่งเสาเป้าหมาย เจ้าหน้าที่ต้องดำเนินการตามขั้นตอนบังคับต่อไปนี้ทุกครั้ง:

1. **การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE):** เจ้าหน้าที่ทุกคนต้องสวมใส่อุปกรณ์ PPE ที่ได้มาตรฐานและครบถ้วนตามข้อกำหนดของงาน เช่น หมวกนิรภัย, รองเท้านิรภัย, ถุงมือ, และชุดปฏิบัติงานที่เหมาะสม
2. **การแจ้งและประสานงาน: ให้แจ้ง**หัวหน้างานหรือศูนย์ควบคุม (Control Center) ให้รับทราบถึงแผนการเข้าปฏิบัติงานในพื้นที่และเวลาที่กำหนดอย่างชัดเจน
3. **การตัดระบบไฟฟ้า: ให้ตรวจสอบและยืนยัน**ให้แน่ใจว่าระบบจ่ายไฟฟ้าในบริเวณที่จะปฏิบัติงานได้ถูกตัดการเชื่อมต่อ (De-energized) อย่างสมบูรณ์แล้ว **(ข้อควรระวัง: ระบบ OCS ทำงานด้วยไฟฟ้าแรงสูง การสัมผัสโดยไม่มีการตัดระบบอาจถึงแก่ชีวิต)**

4. **การประเมินสภาพแวดล้อม: ให้ตรวจสอบสภาพอากาศ** หากมีพายุฝนฟ้าคะนองหรือลมแรง ให้เลื่อนการปฏิบัติงานออกไป และต้องประเมินความปลอดภัยของพื้นที่โดยรอบว่ามีความพร้อมและไม่มีสิ่งกีดขวางที่เป็นอันตราย

ข้อควรระวังระหว่างปฏิบัติงาน (Precautions During Work)

- ปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยหน้างานอย่างเคร่งครัดในทุกขั้นตอนของการทำงาน
- ใช้เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ด้วยความระมัดระวังและถูกต้องตามหลักความปลอดภัย
- ห้ามปีนหรือปฏิบัติงานบนที่สูง หากไม่มั่นใจในความปลอดภัยของโครงสร้าง สภาพร่างกาย หรือเมื่อสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย

การเตรียมความพร้อมด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ถูกต้องเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

3.0 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็น (Required Tools and Equipment)

การใช้เครื่องมือที่ถูกต้องเหมาะสม ผ่านการตรวจสอบและบำรุงรักษามาอย่างดี เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้ข้อมูลการตรวจสอบที่แม่นยำและเพื่อความปลอดภัยสูงสุดของช่างเทคนิค การเตรียมเครื่องมือให้ครบถ้วนและพร้อมใช้งานถือเป็นขั้นตอนแรกที่บ่งบอกถึงความเป็นมืออาชีพและความพร้อมในการปฏิบัติงาน

เครื่องมือ/อุปกรณ์ (Tool/Equipment)	**วัตถุประสงค์หลัก (Primary Purpose)**
อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)	เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานตามมาตรฐาน
กล้องวัดมุม (Theodolite)	ใช้วัดความเอียงของเสา (Mast) จากแนวดิ่งอย่างแม่นยำ
เครื่องวัดระยะด้วยเลเซอร์	ใช้วัดระยะห่างระหว่างเสา (Mast) เพื่อความแม่นยำ
อุปกรณ์บันทึกข้อมูลและกล้องถ่ายรูป	ใช้บันทึกค่าที่ตรวจวัดและถ่ายภาพประกอบการรายงาน

เครื่องมือยก (Hydraulic Jack, Chain Block)	ใช้สำหรับงานปรับตั้งตำแหน่งเสาใหม่ (กรณีจำเป็น)
เครื่องมือตรวจสอบสภาพพื้นผิวและโครงสร้าง	ประกอบด้วย: ค้อนเคาะ (สำหรับตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตและโลหะ), แปรงขัดสนิม (สำหรับเตรียมพื้นผิวเพื่อตรวจสอบ), อุปกรณ์วัดความหนาของสี (สำหรับประเมินสภาพสีป้องกัน)

เมื่อเตรียมอุปกรณ์ทั้งหมดพร้อมแล้ว จึงจะสามารถเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบภาคสนามได้อย่างมั่นใจและเป็นระบบ

4.0 ขั้นตอนการตรวจสอบภาคสนาม (Field Inspection Procedure)

ขั้นตอนนี้คือหัวใจของการปฏิบัติงาน ซึ่งแบ่งออกเป็นกระบวนการย่อยอย่างเป็นระบบ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าไม่มีการมองข้ามองค์ประกอบที่สำคัญใดๆ เป้าหมายคือการประเมินสภาพของเสาโครงสร้างรองรับ และฐานรากอย่างละเอียดถี่ถ้วน ทั้งด้วยสายตาและการวัดค่าทางเทคนิค เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

4.1 การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection)

เป็นการประเมินเบื้องต้นที่สำคัญที่สุด เพื่อค้นหาสัญญาณความผิดปกติที่สามารถมองเห็นได้ โดยมีรายการตรวจสอบดังนี้:

1. **ตรวจสอบสภาพเสา (Mast Condition):** ตรวจสอบสภาพโดยรวมของเสาว่ามีความตรง ไม่บิดเบี้ยว หรือมีร่องรอยความเสียหายจากการถูกกระแทกหรือไม่ **ต้องตรวจสอบ**บริเวณฐานเสาเป็นพิเศษ เพื่อตรวจหาสนิมและการกัดกร่อน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ลดความแข็งแรงของโครงสร้างและอาจนำไปสู่การพังทลายได้ นอกจากนี้ ให้ตรวจสอบสภาพสีเคลือบป้องกันสนิมว่ามีการหลุดร่อนหรือเสียหายหรือไม่

2. **ตรวจสอบโครงสร้างรองรับ (Support Structure Condition):** ตรวจสอบชุดคานยื่น (Cantilever Assembly) และโดยเฉพาะแขนยึด (Bracket Arm) ซึ่งเป็นจุดยึดสายไฟฟ้าที่สำคัญ รวมถึงอุปกรณ์จับยึด (Clamps) และสลักเกลียว (Bolts) ว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่

ชำรุด มองหาสัญญาณเตือนของการเสื่อมสภาพ เช่น การบิดงอ การหย่อนตัว หรือการเสียรูปของโครงสร้าง พร้อมทั้งตรวจสอบรอยแตกและประเมินความรุนแรงของรอยแตกที่พบ

3. **ตรวจสอบฐานรากและจุดยึด (Foundation and Fastenings):** ตรวจสอบฐานรากคอนกรีตเพื่อหารอยแตก การทรุดตัว หรือสัญญาณความไม่มั่นคงอื่นๆ ที่อาจเกิดจากการสั่นสะเทือน ความชื้น หรือการเปลี่ยนแปลงของดินโดยรอบ พร้อมทั้งตรวจสอบความมั่นคงของสลักเกลียวยึดฐาน (Anchor Bolts) และแผ่นฐาน (Base Plate) ว่ายังคงยึดแน่นและอยู่ในสภาพดี

4.2 การวัดและการเก็บข้อมูล (Measurement and Data Collection)

หลังจากตรวจสอบด้วยสายตาแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการวัดค่าเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานทางวิศวกรรม

1. **วัดค่าการเอียงของเสา (Mast Inclination Measurement):** ใช้ **กล้องวัดมุม (Theodolite)** เพื่อวัดค่าความเอียงของเสาอย่างแม่นยำ โดยต้องอ้างอิงจากเส้นตรงสมมติที่ลากจากฐานของเสาขึ้นไปยังยอดเสา และต้องทำการวัดใน 2 แกนหลัก คือ **ขนานกับแนวราง (along the track)** และ **ตั้งฉากกับแนวราง (across the track)** เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์
2. **บันทึกค่าที่วัดได้ (Record Measurements):** บันทึกค่ามุมเอียงที่วัดได้ทั้ง 2 แกนลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบอย่างถูกต้อง ครบถ้วน และใช้หน่วยวัดที่เป็นมาตรฐาน (องศา)
3. **เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (Compare with Standard Value):** นำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยค่าความเอียงของเสาต้อง **ไม่เกิน 1° จากแนวดิ่ง (1° from the vertical)** หากค่าที่วัดได้เกินกว่านี้ ถือว่าไม่เป็นไปตามมาตรฐานและต้องดำเนินการแก้ไข

เมื่อรวบรวมข้อมูลทั้งจากการตรวจสอบด้วยสายตาและการวัดค่าเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์เพื่อประเมินความหมายและความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน

5.0 การวิเคราะห์และจัดทำรายงาน (Analysis and Reporting)

การเก็บข้อมูลเป็นเพียงจุดเริ่มต้น คุณค่าที่แท้จริงเกิดจากการวิเคราะห์อย่างผู้เชี่ยวชาญและการจัดทำรายงานที่ชัดเจนและนำไปปฏิบัติได้จริง ในส่วนนี้จะอธิบายถึงวิธีการตีความสิ่งที่ตรวจพบและจัดทำเอกสารอย่างเป็นทางการเพื่อใช้ในการตัดสินใจและวางแผนการบำรุงรักษาต่อไป

5.1 การวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง (Analysis and Risk Assessment)

ช่างเทคนิคต้องนำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อประเมินสภาพโดยรวมของโครงสร้าง จากนั้นให้จำแนกประเภทของความเสี่ยงตามเกณฑ์ต่อไปนี้ เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินการ:

- **ระดับวิกฤต (Critical): ดำเนินการทันที**
    - **คำจำกัดความ:** สภาพที่คุกคามต่อความปลอดภัยหรือการดำเนินงานในทันที
    - **ตัวอย่าง:** ค่าการเอียงของเสาเกิน 1° จากแนวดิ่ง, พบรอยแตกที่โครงสร้างหลัก, การผุกร่อนอย่างรุนแรงบริเวณฐานเสา
- **ระดับหลัก (Major): ต้องวางแผนแก้ไข**
    - **คำจำกัดความ:** สภาพที่จะเสื่อมถอยไปสู่ระดับวิกฤตหากไม่ได้รับการแก้ไข
    - **ตัวอย่าง:** สีป้องกันสนิมที่ฐานเสาหลุดร่อนเป็นบริเวณกว้าง, พบการหย่อนตัวของแขนยึดในระยะเริ่มต้น, รอยแตกขนาดเล็กที่ฐานราก
- **ระดับรอง (Minor): เฝ้าระวังและติดตามผล**
    - **คำจำกัดความ:** ปัญหาด้านความสวยงามหรือสัญญาณการสึกหรอในระยะเริ่มต้นมากที่ต้องเฝ้าติดตามในการตรวจสอบรอบถัดไป

วิเคราะห์ผลกระทบ: การเอียงเกินมาตรฐานจะทำให้ตำแหน่งสายคอนแทค (Contact Wire) คลาดเคลื่อนโดยตรง ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงให้เกิดการหลุดของอุปกรณ์รับไฟฟ้า (Pantograph) หรือความเสียหายรุนแรงต่ออุปกรณ์

5.2 การจัดทำรายงานผลการตรวจสอบ (Inspection Report Formulation)

ขั้นตอนสุดท้ายของการตรวจสอบคือการสรุปผลทั้งหมดลงในรายงานที่เป็นทางการ ซึ่งต้องประกอบด้วยหัวข้อที่จำเป็นดังต่อไปนี้:

1. **ข้อมูลเบื้องต้น:** ระบุวันที่, เวลา, สถานที่/หมายเลขตำแหน่งเสา, และชื่อผู้ตรวจสอบ
2. **สรุปผลการตรวจสอบ:** บันทึกข้อมูลและค่าที่วัดได้ทั้งหมดอย่างละเอียดและครบถ้วน รวมถึงแนบภาพถ่ายประกอบ (ถ้ามี)
3. **ผลการวิเคราะห์:** อธิบายผลการประเมินสภาพและระบุระดับความเสี่ยง (วิกฤต/หลัก/รอง) ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล
4. **ข้อเสนอแนะ:** เสนอแนวทางการดำเนินการต่อไปอย่างชัดเจน เช่น "แนะนำให้ซ่อมแซมรอยแตกโครงสร้างโดยด่วน (ระดับวิกฤต)" หรือ "เสนอให้จัดตารางเพื่อปรับตั้งเสาใหม่เนื่องจากค่าความเอียงเกินมาตรฐาน (ระดับวิกฤต)"

เมื่อจัดทำรายงานเสร็จสิ้นแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายของการปฏิบัติงานภาคสนาม

6.0 ขั้นตอนหลังการตรวจสอบ (Post-Inspection Procedure)

การเสร็จสิ้นภารกิจอย่างมืออาชีพรวมถึงการจัดการพื้นที่ปฏิบัติงานให้กลับสู่สภาพที่ปลอดภัยและเป็นระเบียบเรียบร้อย ถือเป็นความรับผิดชอบที่สำคัญไม่แพ้ขั้นตอนการตรวจสอบ

1. **เก็บเครื่องมือและอุปกรณ์:** ทำความสะอาดและจัดเก็บเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ทั้งหมดให้เรียบร้อย
2. **ทำความสะอาดพื้นที่:** ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีเครื่องมือ วัสดุ หรือขยะใดๆ ตกค้างอยู่ในพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งอาจกีดขวางหรือก่อให้เกิดอันตรายได้
3. **แจ้งสิ้นสุดการปฏิบัติงาน:** รายงานต่อหัวหน้างานหรือศูนย์ควบคุมว่าการตรวจสอบได้เสร็จสิ้นลงแล้ว และพื้นที่พร้อมกลับสู่สถานะปกติและปลอดภัย
4. **ส่งรายงาน:** ยื่นรายงานผลการตรวจสอบฉบับสมบูรณ์ต่อหน่วยงานที่รับผิดชอบตามขั้นตอนที่กำหนด เพื่อดำเนินการในส่วนต่อไป

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP): การตรวจสอบบำรุงรักษาระบบแขนค้ำยัน (Cantilever)

รหัสเอกสาร: OCS-Cantilever-SOP-001 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 บทนำ (Introduction)

คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดกรอบการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบแขนค้ำยัน (Cantilever System) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System - OCS) โดยมีกลุ่มเป้าหมายหลักคือวิศวกรภาคสนามและทีมบำรุงรักษา การบำรุงรักษาแขนค้ำยันอย่างสม่ำเสมอและถูกต้องตามหลักวิศวกรรมเป็นปัจจัยชี้ขาดในการรับประกันความปลอดภัยเชิงปฏิบัติการ (Operational Safety) ความน่าเชื่อถือ และประสิทธิภาพสูงสุดของการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ขบวนรถไฟ

เป้าหมายหลักของคู่มือฉบับนี้สรุปได้ดังนี้:

- **สร้างความเข้าใจในหน้าที่ของส่วนประกอบหลัก:** เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้ความเข้าใจที่ชัดเจนเกี่ยวกับบทบาทและการทำงานของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในระบบแขนค้ำยัน
- **กำหนดขั้นตอนการตรวจสอบที่เป็นมาตรฐาน:** เพื่อสร้างกระบวนการตรวจสอบที่เป็นระบบเดียวกัน สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และให้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้
- **ส่งเสริมแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยที่เป็นเลิศ:** เพื่อเน้นย้ำถึงความสำคัญของความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น

การปฏิบัติตามขั้นตอนในคู่มือนี้จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าระบบแขนค้ำยันสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้น ความเข้าใจในโครงสร้างและหน้าที่ของระบบในส่วนถัดไปจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดสำหรับผู้ปฏิบัติงานทุกคน

2.0 ภาพรวมและส่วนประกอบของระบบแขนค้ำยัน

ระบบแขนค้ำยัน (Cantilever System) คือโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีหน้าที่หลักในการจัดตำแหน่งของสายสัมผัส (Contact Wire) ให้อยู่ในแนวที่ถูกต้องและสัมพันธ์กับแนววิ่งของรถไฟ

เพื่อให้แหนบรับไฟ (Pantograph) ของขบวนรถสามารถรับพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพ ความเข้าใจในส่วนประกอบแต่ละชิ้นและหน้าที่การทำงานของมันจึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่นำไปสู่การตรวจสอบและบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ

ส่วนประกอบ (Component)	**หน้าที่หลักและการทำงาน (Primary Function & Operation)**
แขนค้ำยัน (Cantilever)	ทำหน้าที่หลักในการยึดและจัดตำแหน่งสายสัมผัส (Contact Wire) ให้อยู่ในแนวที่ถูกต้องตรงกับแนววิ่งของรถไฟ
แขนปรับแนว (Registration Arm)	รับแรงดึงและทำหน้าที่ปรับระยะของสายต่างๆ ในระบบ นอกจากนี้ยังใช้ในการปรับความยาวและตำแหน่งของแขนยึดโยง (Steady Arm) เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แม่นยำ
แขนยึดโยง (Steady Arm)	ทำหน้าที่จัดแนวของสายสัมผัส (Contact Wire) ให้อยู่ในตำแหน่ง Stagger (ระยะเยื้องซ้าย-ขวา) ตามที่ได้ออกแบบและกำหนดไว้
ชุดขายึด (Bracket Assembly)	เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการเชื่อมต่อและยึดชุดแขนค้ำยันทั้งหมดเข้ากับเสา (Mast) อย่างมั่นคง
ลูกถ้วยที่ขายึด (Bracket Insulator)	ทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เพื่อแยกระบบแขนค้ำยันที่มีไฟฟ้าออกจากโครงสร้างเสา (Mast) ซึ่งเป็นส่วนที่ต่อลงดิน ป้องกันการลัดวงจร ซึ่งอาจนำไปสู่ความเสียหายร้ายแรงต่ออุปกรณ์และการหยุดชะงักของการเดินรถ
ดรอปเปอร์ (Dropper)	ทำหน้าที่ถ่ายเทน้ำหนักของสายสัมผัส (Contact Wire) ไปยังสายแขวน (Messenger Wire) และรักษาระดับความสูงของสายสัมผัสให้คงที่ตามแนว Profile ที่ออกแบบไว้

นอกเหนือจากส่วนประกอบทางกายภาพแล้ว ยังมีพารามิเตอร์การทำงานที่สำคัญซึ่งต้องได้รับการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ:

- **ระยะ Stagger:** คือระยะการติดตั้งสายสัมผัสให้เยื้องไปทางซ้ายและขวาสลับกันไปตามแนวทางวิ่ง มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดการสึกหรอที่จุดใดจุดหนึ่งของหน้าสัมผัสบนแหนบรับไฟ (Pantograph)

- **ความสูงสาย Contact Wire:** การควบคุมความสูงของสายสัมผัสให้อยู่ในระดับที่ถูกต้องและสม่ำเสมอเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้แน่ใจว่าแหนบรับไฟ (Pantograph) สามารถสัมผัสกับสายได้อย่างต่อเนื่องตลอดเส้นทาง

ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการตรวจสอบส่วนประกอบและพารามิเตอร์เหล่านี้ ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องเตรียมความพร้อมและปฏิบัติตามระเบียบความปลอดภัยอย่างเคร่งครัดตามที่ระบุไว้ในหัวข้อถัดไป

3.0 พิธีการความปลอดภัยและการเตรียมการก่อนการตรวจสอบ

ความปลอดภัยถือเป็นสิ่งสำคัญสูงสุดในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือศีรษะ ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าแรงสูง การละเลยขั้นตอนด้านความปลอดภัยอาจนำไปสู่การบาดเจ็บรุนแรงหรือเสียชีวิตได้ ส่วนนี้จึงสรุปข้อกำหนดด้านความปลอดภัย อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) และเครื่องมือที่จำเป็น เพื่อลดความเสี่ยงและรับประกันการทำงานที่มีประสิทธิภาพ

3.1 ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยที่สำคัญ

ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยพื้นฐานต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด:

- **การประเมินสภาพอากาศ:** ต้องหยุดการตรวจสอบทันทีในสภาวะฝนตก และรอจนกว่าสภาพอากาศจะกลับมาปลอดภัยและเหมาะสมต่อการทำงาน ห้ามปฏิบัติงานบนที่สูงในขณะที่เกิดฝนตกโดยเด็ดขาด
- **การปฏิบัติตามขั้นตอน:** ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยที่บริษัทกำหนดไว้อย่างครบถ้วนทุกครั้ง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทั้งต่อตนเองและเพื่อนร่วมงาน

3.2 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)

การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่ถูกต้อง ครบถ้วน และอยู่ในสภาพดีเป็นข้อบังคับพื้นฐานก่อนเริ่มปฏิบัติงานเสมอ ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการตรวจสอบความพร้อมของ PPE ที่เหมาะสมกับงาน OCS ก่อนเข้าพื้นที่ทำงาน เช่น หมวกนิรภัย, เข็มขัดนิรภัยสำหรับการทำงานบนที่สูง, ถุงมือฉนวนไฟฟ้า, และแว่นตานิรภัย

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็น

การเตรียมเครื่องมือที่ถูกต้องและเหมาะสมกับงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยของการตรวจสอบ

เครื่องมือ (Tool)	วัตถุประสงค์การใช้งาน (Purpose)
ประแจปอนด์ (Torque Wrench)	ใช้สำหรับตรวจสอบและขัน Bolt ให้ได้ค่าแรงบิด (Torque) ตามมาตรฐานที่กำหนด เพื่อให้แน่ใจว่าการยึดติดมีความมั่นคงสูงสุด
กล้องวัดมุม (Theodolite) หรือเครื่องวัดระดับเลเซอร์ (Laser Level)	ใช้สำหรับตรวจสอบความตรงและแนวการติดตั้งของแขนค้ำยัน (Cantilever) ให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานการออกแบบ
เครื่องมือพื้นฐาน	ต้องเตรียมเครื่องมือช่างพื้นฐานอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการตรวจสอบให้ครบถ้วนและอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

เมื่อการเตรียมการด้านความปลอดภัยและเครื่องมือเสร็จสมบูรณ์แล้ว ทีมงานจึงจะสามารถเริ่มต้นขั้นตอนการตรวจสอบภาคสนามได้อย่างมั่นใจและมีประสิทธิภาพ

4.0 ขั้นตอนการตรวจสอบภาคสนาม (Standard Inspection Procedure)

ส่วนนี้คือคู่มือปฏิบัติการทีละขั้นตอนสำหรับการตรวจสอบระบบแขนค้ำยันในภาคสนาม ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้ครอบคลุมตั้งแต่การประเมินภาพรวมของโครงสร้างไปจนถึงการตรวจสอบส่วนประกอบเฉพาะทางอย่างเป็นระบบ

1. **ตรวจสอบสภาพการยึดติด** เริ่มต้นการตรวจสอบด้วยการประเมินสภาพการยึดติดของ Bolt และ Clamp ทุกจุดเป็นอันดับแรก ตรวจสอบด้วยสายตาและใช้เครื่องมือที่เหมาะสมเพื่อยืนยันการจับยึดที่มั่นคง และตรวจหาการคลายตัว การชำรุด หรือการสึกหรอที่อาจส่งผลต่อความมั่นคงของโครงสร้าง
2. **ประเมินการกัดกร่อนของโครงสร้าง** ตรวจสอบชิ้นส่วนโลหะทั้งหมดของระบบแขนค้ำยันเพื่อระบุตำแหน่งและประเมินระดับความรุนแรงของการกัดกร่อน หากพบการกัดกร่อน ให้

บันทึกเพื่อวางแผนการซ่อมบำรุง เช่น การใช้สารเคลือบกันสนิมเพื่อป้องกันความเสียหายในระยะยาว

3. **ตรวจสอบลูกถ้วย (Insulator)** ดำเนินการตรวจสอบสภาพของลูกถ้วยด้วยสายตาอย่างละเอียด โดยต้องตรวจหาการบิ่น รอยแตก หรือความเสียหายทางกายภาพอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อคุณสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้าของอุปกรณ์
4. **ตรวจสอบแขนยึดโยง (Steady Arm) และอุปกรณ์ปรับระยะ (Adjuster)** ประเมินความมั่นคงของการติดตั้งและสภาพโดยรวมของแขนยึดโยงและอุปกรณ์ปรับระยะ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีการบิดงอหรือชำรุด และยังคงทำหน้าที่จัดตำแหน่งสายสัมผัสได้อย่างถูกต้อง
5. **วัดและตรวจสอบแนวและระยะ Stagger** ใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมเพื่อตรวจสอบว่าระยะ Stagger ของสายสัมผัส (Contact Wire) อยู่ภายในค่าที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดทางวิศวกรรม
6. **วิเคราะห์สาเหตุของความผิดปกติ** ในกรณีที่ตรวจพบว่าแขนค้ำยันมีลักษณะบิดหรือเอียงผิดปกติ การบิดหรือเอียงของแขนค้ำยันมักเป็นผลมาจากความไม่สมดุลของแรงทางกลในระบบ โดยมีสาเหตุหลัก 3 ประการ:
    - การติดตั้งผิดแนว
    - การปรับแรงดึงของสายแขวน (Messenger Wire) หรือสายสัมผัสไม่ถูกต้อง
    - การคลายตัวของ Bolt ในจุดยึดต่างๆ

หลังจากดำเนินการตรวจสอบตามขั้นตอนทั้งหมดและระบุปัญหาที่พบแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่สำคัญคือการบันทึกผลการตรวจสอบอย่างเป็นระบบเพื่อนำไปสู่การวางแผนแก้ไข

5.0 การบันทึกผลและการรายงาน

การบันทึกข้อมูลการตรวจสอบอย่างเป็นระบบและครบถ้วนเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การจัดทำเอกสารทางเทคนิคที่ได้มาตรฐานไม่เพียงแต่เป็นหลักฐานการปฏิบัติงาน แต่ยังเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการติดตามสภาพของอุปกรณ์ในระยะยาว การวางแผนการบำรุงรักษา และการตัดสินใจจัดสรรทรัพยากรที่ถูกต้องแม่นยำ

5.1 องค์ประกอบของบันทึกการตรวจสอบ

แบบฟอร์มการตรวจสอบทุกฉบับ **ต้อง** บันทึกข้อมูลที่สำคัญต่อไปนี้ให้ครบถ้วน:

- **ข้อมูลเบื้องต้น:** ระบุวันที่ทำการตรวจสอบและหมายเลขเสา (Mast Number) ที่ชัดเจน
- **สถานะของส่วนประกอบที่ตรวจสอบ (Checklist Status of Components):** ระบุผลการประเมินของแต่ละรายการ (เช่น 'ปกติ', 'พบข้อบกพร่อง', 'ต้องติดตามผล')
- **ค่าที่วัดได้:** บันทึกค่าที่วัดได้จริงจากเครื่องมือวัดทั้งหมดอย่างถูกต้อง เช่น ระยะ Stagger
- **ข้อสังเกตและสภาพที่พบ:** บันทึกรายละเอียดของความผิดปกติที่ตรวจพบอย่างชัดเจน เช่น ตำแหน่งและระดับความรุนแรงของการกัดกร่อน, ลักษณะของรอยแตกบนลูกถ้วย, หรือตำแหน่งของ Bolt ที่มีการคลายตัว

5.2 การวิเคราะห์และเสนอแนวทางแก้ไข

หลังจากรวบรวมข้อมูลและบันทึกลงในแบบฟอร์มเรียบร้อยแล้ว ผู้ตรวจสอบมีหน้าที่ต้องวิเคราะห์สภาพโดยรวมของแขนค้ำยัน และเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาที่พบ โดยระบุระดับความเร่งด่วนของแต่ละรายการ เพื่อให้ทีมวางแผนสามารถนำข้อมูลไปดำเนินการต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การยึดมั่นในขั้นตอนปฏิบัติตามคู่มือนี้ คือมาตรฐานขั้นต่ำที่วิศวกรและทีมบำรุงรักษาทุกคนต้องปฏิบัติ เพื่อสร้างความมั่นใจสูงสุดในเสถียรภาพของระบบจ่ายไฟฟ้า และรับประกันความปลอดภัยของผู้โดยสารซึ่งเป็นภารกิจสำคัญที่สุดของเรา

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP): การตรวจสอบและบำรุงรักษาสายส่งไฟฟ้า (Electric Wire)

รหัสเอกสาร: OCS-Electric Wire-SOP-001 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 วัตถุประสงค์ (Objective)

การบำรุงรักษาสายส่งไฟฟ้า (Contact Wire) และสายรับแรงดึง (Messenger Wire) เป็นหัวใจสำคัญของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Contact System - OCS) ที่มีประสิทธิภาพ การปฏิบัติตามระเบียบการที่ได้มาตรฐานเป็นหลักประกันว่าระบบจะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขบวนรถไฟได้อย่างต่อเนื่อง ปลอดภัย และเชื่อถือได้ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการให้บริการโดยรวม ระเบียบปฏิบัติมาตรฐานฉบับนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางที่ชัดเจนในการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์หลักของเอกสารฉบับนี้ คือ:

- กำหนดขั้นตอนที่เป็นมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบและบำรุงรักษาสาย Contact Wire และ Messenger Wire
- สร้างความมั่นใจว่าบุคลากรที่ผ่านการรับรองทุกคนปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยสูงสุด
- รับประกันว่าการตรวจสอบและการบันทึกข้อมูลเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและแม่นยำเพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การบรรลุวัตถุประสงค์เหล่านี้จะช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดและมีความปลอดภัยสูงสุด

2.0 ขอบเขต (Scope)

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐานฉบับนี้กำหนดกรอบการดำเนินงานสำหรับการตรวจสอบและบำรุงรักษาส่วนประกอบหลักของระบบสายส่งไฟฟ้าเหนือหัว โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้การปฏิบัติงานของบุคลากรที่เกี่ยวข้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันและได้มาตรฐาน

SOP ฉบับนี้บังคับใช้กับ:

- **กิจกรรม:** การตรวจสอบตามรอบระยะเวลา การวัดค่าทางเทคนิค และการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับสาย Contact Wire และ Messenger Wire
- **บุคลากร:** เจ้าหน้าที่และช่างเทคนิคบำรุงรักษาระบบ OCS ที่ผ่านการฝึกอบรมและรับรองคุณสมบัติแล้วเท่านั้น

เพื่อให้การสื่อสารและการปฏิบัติงานเป็นไปอย่างถูกต้องและปลอดภัย ผู้ปฏิบัติงานทุกคนจำเป็นต้องมีความเข้าใจในคำศัพท์เฉพาะทางที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

3.0 คำจำกัดความ (Definitions)

ความเข้าใจที่ตรงกันในคำศัพท์ทางเทคนิคเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยลดความผิดพลาดและเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ตารางด้านล่างนี้ได้รวบรวมคำจำกัดความที่สำคัญซึ่งใช้ในเอกสารฉบับนี้

คำศัพท์ (Term)	คำจำกัดความ (Definition)
Overhead Contact System (OCS)	ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวสำหรับรถไฟ
Contact Wire (ลวดนำกระแส)	สายส่งไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ส่งกระแสไฟฟ้าไปยังแหนบรับไฟ (Pantograph) ของรถไฟโดยตรง ผลิตจากทองแดงผสมแมกนีเซียมเพื่อให้มีความแข็งแรงและนำไฟฟ้าได้ดี
Messenger Wire (สายรับแรงดึง)	สายหลักที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของระบบสายส่งไฟฟ้าและถ่ายทอดให้ Contact Wire มีความตึงที่เหมาะสม
Pantograph (แหนบรับไฟ)	อุปกรณ์บนหลังคารถไฟที่สัมผัสกับ Contact Wire เพื่อรับกระแสไฟฟ้า
แรงตึง (Tension)	แรงดึงในเส้นลวดซึ่งต้องได้รับการควบคุมตามอุณหภูมิใช้งานเพื่อประสิทธิภาพและความปลอดภัย

ระยะหย่อน (Sag)	ระยะที่สายไฟหย่อนตัวลง ซึ่งมีความสำคัญในการป้องกันการขาดของสายไฟเมื่อมีการขยายตัวจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น
การขนาน (Stagger)	ตำแหน่งของ Contact Wire ในแนวขวางเมื่อเทียบกับแนวกึ่งกลางราง เพื่อให้ Pantograph รับกระแสไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอและลดการสึกหรอเฉพาะจุด

เมื่อเข้าใจคำศัพท์พื้นฐานแล้ว ลำดับถัดไปคือการทบทวนข้อควรระวังด้านความปลอดภัยซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสูงสุดในการปฏิบัติงาน

4.0 ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย (Safety Precautions)

ความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญสูงสุดในการปฏิบัติงานใกล้กับระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือศีรษะซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าแรงสูง การละเลยหรือไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยถือเป็นการละเมิดข้อบังคับด้านความปลอดภัยขั้นร้ายแรง ซึ่งจะนำไปสู่การลงโทษทางวินัยและอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ ผู้ปฏิบัติงานทุกคน **ต้อง** ปฏิบัติตามข้อบังคับต่อไปนี้อย่างเคร่งครัดโดยไม่มีข้อยกเว้น

1. **การตัดระบบไฟฟ้า:** ระบบ OCS เป็นระบบไฟฟ้าแรงสูง การเข้าทำงานโดยไม่มีการยืนยันการตัดไฟและต่อลงดินถือเป็นความเสี่ยงถึงชีวิต ห้ามเริ่มปฏิบัติงานโดยเด็ดขาดจนกว่าจะได้รับการยืนยันเป็นลายลักษณ์อักษรว่าระบบไฟฟ้าในพื้นที่ปฏิบัติงานได้ถูกตัดการเชื่อมต่อและมีการต่อลงดิน (Grounding) อย่างถูกต้องตามขั้นตอน
2. **อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE):** ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสมและได้มาตรฐานตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงาน เช่น หมวกนิรภัย แว่นตานิรภัย ถุงมือกันไฟฟ้า และรองเท้านิรภัย
3. **การใช้เครื่องมือ:** ต้องใช้เครื่องมือที่ได้รับการรับรอง อยู่ในสภาพดี และเหมาะสมกับประเภทของงานเท่านั้น ห้ามดัดแปลงหรือใช้เครื่องมือที่ชำรุดโดยเด็ดขาด
4. **การปฏิบัติตามขั้นตอน:** ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) ฉบับนี้อย่างเคร่งครัด ห้ามข้ามขั้นตอนหรือใช้วิธีลัดใดๆ

การเตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัยที่ดีย่อมรวมถึงการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นให้ครบถ้วนก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

5.0 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็น (Required Tools and Equipment)

การมีเครื่องมือที่ถูกต้อง ครบถ้วน และอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และความปลอดภัยของการตรวจสอบ ตารางด้านล่างคือรายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานตาม SOP ฉบับนี้

เครื่องมือ (Tool)	วัตถุประสงค์การใช้งาน (Purpose)
Dynamometer	ใช้วัดแรงตึงของ Contact Wire และ Messenger Wire
Height Gauge	ใช้วัดความสูงของ Contact Wire จากระดับราง
Stagger Gauge	ใช้วัดระยะการขนาน (Stagger) ของ Contact Wire
อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)	สวมใส่เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน
แบบฟอร์มการบันทึก	ใช้สำหรับบันทึกผลการตรวจสอบทั้งหมด

เมื่อเตรียมอุปกรณ์ทั้งหมดพร้อมแล้ว จึงจะสามารถเริ่มดำเนินการตามขั้นตอนการปฏิบัติงานได้

6.0 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Procedure)

ส่วนนี้จะอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างละเอียดตามลำดับ ตั้งแต่การเตรียมความพร้อมก่อนเข้าพื้นที่ การตรวจสอบภาคสนามตามรายการต่างๆ ไปจนถึงกิจกรรมที่ต้องทำหลังเสร็จสิ้นการตรวจสอบ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีระบบ ครบถ้วน และตรวจสอบย้อนหลังได้

6.1 การเตรียมการก่อนการตรวจสอบ

ก่อนเข้าพื้นที่ปฏิบัติงานภาคสนาม ผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการตามรายการตรวจสอบต่อไปนี้ให้ครบถ้วน:

- **ตรวจสอบและเตรียมเครื่องมือ:** ตรวจสอบให้แน่ใจว่าเครื่องมือวัดทั้งหมดอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและได้รับการสอบเทียบตามรอบระยะเวลา

- **เตรียมอุปกรณ์ PPE:** ตรวจสอบและสวมใส่ PPE ให้ครบถ้วนและถูกต้องตามข้อกำหนดความปลอดภัย
- **รับทราบแผนการทำงาน:** ทบทวนแผนการทำงาน จุด และขอบเขตพื้นที่ที่จะเข้าทำการตรวจสอบในวันนั้น
- **ยืนยันการตัดไฟ:** ประสานงานกับศูนย์ควบคุม และรอรับการยืนยันอย่างเป็นทางการว่าระบบไฟฟ้าในพื้นที่ปฏิบัติงานได้ถูกตัดการจ่ายกระแสไฟและต่อลงดินเรียบร้อยแล้ว

6.2 ขั้นตอนการตรวจสอบภาคสนาม

ดำเนินการตรวจสอบตามลำดับดังต่อไปนี้ พร้อมบันทึกผลการวัดในแบบฟอร์มมาตรฐาน

1. **การตรวจสอบแรงตึง (Tension) ของ Contact Wire และ Messenger Wire:**
    - *วิธีการ:* ใช้เครื่องมือ **Tensiometer** วัดแรงตึงของสายไฟในจุดที่กำหนดตามแผนการตรวจสอบ
    - *ความสำคัญ:* แรงตึงที่เหมาะสมซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เป็นปัจจัยชี้ขาดในการป้องกันไม่ให้สายไฟหย่อนหรือตึงจนเกินไป ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพการรับกระแสไฟฟ้าของ Pantograph และป้องกันความเสียหายหรือการขาดของสายไฟที่อาจทำให้การเดินรถหยุดชะงัก
2. **การตรวจสอบความสูง (Height) ของ Contact Wire:**
    - *วิธีการ:* ใช้ **Height Gauge** วัดระยะในแนวดิ่งจากระดับหัวราง (Top of Rail) ถึงพื้นผิวด้านล่างของ Contact Wire
    - *ความสำคัญ:* การรักษาระดับความสูงของสายไฟให้คงที่ตามค่ามาตรฐานเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้แน่ใจว่า Pantograph สามารถสัมผัสกับสายไฟได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัยตลอดเส้นทางการเดินรถ การรักษาความสูงที่ผิดพลาดอาจนำไปสู่การเกิดประกายไฟรุนแรง (Arcing) ความเสียหายต่อ Pantograph หรือการสูญเสียกำลังขับเคลื่อนของขบวนรถ

3. **การตรวจสอบระยะหย่อน (Sag) ของ Contact Wire:**
    - *วิธีการ:* ตรวจวัดระยะหย่อนของสายไฟ ณ จุดกึ่งกลางระหว่างเสา และนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด
    - *ความสำคัญ:* ระยะหย่อนที่เหมาะสมเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยรองรับการขยายตัวของสายไฟเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแรงตึงในสายมากเกินไปอันเป็นสาเหตุของการขาดของสายไฟและนำไปสู่ความล้มเหลวของระบบอย่างกะทันหัน
4. **การตรวจสอบการขนาน (Stagger) ของ Contact Wire:**
    - *วิธีการ:* ใช้ **Stagger Gauge** วัดระยะเบี่ยงในแนวขวางของ Contact Wire จากแนวกึ่งกลางของราง ซึ่งใช้เป็นเส้นอ้างอิงสำหรับแนวกึ่งกลางของ Pantograph
    - *ความสำคัญ:* การรักษาระยะ Stagger ที่ถูกต้องจะทำให้หน้าสัมผัสของ Pantograph เกิดการสึกหรออย่างสม่ำเสมอตลอดความกว้าง แทนที่จะสึกหรอเป็นร่องลึกเพียงจุดเดียว ซึ่งช่วยยืดอายุการใช้งานของทั้ง Pantograph และ Contact Wire ได้อย่างมีนัยสำคัญ
5. **การตรวจสอบสภาพทางกายภาพ (Physical Condition):**
    - *วิธีการ:* ตรวจสอบสภาพพื้นผิวของ Contact Wire ด้วยสายตาเพื่อหาร่องรอยการสึกหรอที่เกิดจากการเสียดสีกับ Pantograph และตรวจสอบสภาพของ Messenger Wire เพื่อหารอยแตกหรือการขาดลุ่ยของเส้นลวด
    - *ความสำคัญ:* การตรวจพบการสึกหรอหรือความเสียหายแต่เนิ่นๆ เป็นหัวใจของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งช่วยให้สามารถวางแผนซ่อมบำรุงได้ก่อนที่ความเสียหายจะลุกลามจนทำให้ระบบต้องหยุดให้บริการอย่างกะทันหัน
6. **การตรวจสอบจุดเชื่อมต่อและแคลมป์ (Joints and Clamps):**
    - *วิธีการ:* ตรวจสอบรอยเชื่อมต่อสาย (เช่น Thermit Welding) และแคลมป์ยึดต่างๆ ด้วยสายตา เพื่อหาร่องรอยความเสียหาย การคลายตัว หรือการเกิดความร้อนสูงผิดปกติ

- *ความสำคัญ:* จุดเชื่อมต่อและอุปกรณ์จับยึดที่มั่นคงแข็งแรงเป็นสิ่งจำเป็นต่อเสถียรภาพของระบบทั้งในเชิงกลและเชิงไฟฟ้า การตรวจพบข้อบกพร่องจะช่วยป้องกันปัญหาประกายไฟ (Arcing) การเพิ่มความต้านทานในระบบ และการสูญเสียกำลังไฟฟ้าได้

6.3 กิจกรรมหลังการตรวจสอบ

หลังจากเสร็จสิ้นการตรวจสอบภาคสนามแล้ว ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้:

1. **การบันทึกข้อมูล:** บันทึกค่าที่วัดได้ **ทั้งหมด** ลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบมาตรฐานอย่างครบถ้วน ถูกต้อง และชัดเจน โดยต้องระบุอุณหภูมิแวดล้อม ณ เวลาที่ทำการวัดแรงตึงด้วยเสมอ เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญในการแปรผล
2. **การรายงานผล:** จัดทำรายงานสรุปผลการตรวจสอบตามแบบฟอร์มมาตรฐาน และส่งมอบให้หัวหน้างานหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

ข้อมูลที่บันทึกไว้อย่างครบถ้วนจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานเพื่อตัดสินใจดำเนินการต่อไป

7.0 เกณฑ์การยอมรับและแนวทางการแก้ไข (Acceptance Criteria & Corrective Actions)

ข้อมูลที่บันทึกไว้จะไร้ความหมายหากไม่มีเกณฑ์การตัดสินใจที่ชัดเจน ส่วนนี้จึงกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและแนวทางการดำเนินการที่ต้องปฏิบัติทันทีเมื่อพบความผิดปกติ เพื่อรับประกันความปลอดภัยและความพร้อมใช้งานของระบบ OCS

รายการตรวจสอบ (Inspection Item)	**เกณฑ์มาตรฐาน (Standard Criteria)**	**การดำเนินการแก้ไขเมื่อพบความผิดปกติ (Corrective Action for Deviations)**
การสึกหรอของ Contact Wire	เกินค่ามาตรฐานที่ผู้ผลิตระบบ OCS กำหนด	**เปลี่ยนสายใหม่ทันที**
แรงตึงของ Messenger Wire	ต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่ามาตรฐานตามตารางอุณหภูมิ	**ปรับความตึงของสายไฟ**

สภาพของ Messenger Wire	พบรอยแตกหรือการขาดลุ่ยของเส้นลวด	**วางแผนดำเนินการเปลี่ยนสายไฟ**
จุดเชื่อมต่อและแคลมป์	พบความเสียหาย การหลุดหลวม หรือร่องรอยความร้อนสูง	**รายงานในแบบฟอร์มความผิดปกติ (Defect Report Form)** พร้อมระบุตำแหน่งและแนบภาพถ่าย (ถ้ามี) เพื่อให้ทีมซ่อมบำรุงเข้าดำเนินการโดยเร่งด่วน

การดำเนินการแก้ไขทุกครั้งจะต้องถูกบันทึกไว้เป็นหลักฐานเพื่อการตรวจสอบและวางแผนในระยะยาว

8.0 การบันทึกและรายงานผล (Documentation and Reporting)

การจัดทำเอกสารและการรายงานผลที่สมบูรณ์ไม่ได้เป็นเพียงการปฏิบัติตามระเบียบ แต่เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์แนวโน้มความเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ วางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในอนาคต และใช้เป็นหลักฐานยืนยันการปฏิบัติงาน การจัดทำเอกสารให้เป็นไปตามข้อบังคับต่อไปนี้ถือเป็นความรับผิดชอบโดยตรงของผู้ปฏิบัติงาน

- **ความครบถ้วน:** ต้องบันทึกผลการตรวจวัดทุกรายการตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 6.2 ลงในแบบฟอร์มมาตรฐานที่กำหนด
- **ความชัดเจน:** บันทึกข้อมูลด้วยลายมือที่อ่านออกได้ง่าย หรือกรอกข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลตามที่กำหนด พร้อมระบุหน่วยวัดและข้อมูลแวดล้อมที่สำคัญ เช่น วันที่ เวลา และอุณหภูมิ ให้ชัดเจน
- **การรายงานความผิดปกติ:** กรณีที่ตรวจพบค่าที่เบี่ยงเบนไปจากเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องระบุในรายงานอย่างชัดเจนและแจ้งให้หัวหน้างานทราบในทันที
- **การจัดเก็บ:** รายงานการตรวจสอบที่เสร็จสมบูรณ์ทั้งหมดต้องถูกรวบรวมและจัดเก็บอย่างเป็นระบบในแฟ้มข้อมูลหรือฐานข้อมูลกลาง เพื่อให้สามารถสืบค้นและอ้างอิงได้ในอนาคต

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP): การตรวจสอบและทดสอบ Isolator และ Section Insulator

รหัสเอกสาร: OCS-Insulator-SOP-001 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 บทนำ (Introduction)

คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure - SOP) สำหรับการตรวจสอบและบำรุงรักษา Isolator และ Section Insulator ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS) วัตถุประสงค์หลักคือเพื่อสร้างมาตรฐานการทำงานที่สอดคล้องกัน รับประกันความน่าเชื่อถือของระบบ และรักษาความปลอดภัยในระดับสูงสุดระหว่างการปฏิบัติงาน เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับช่างเทคนิคและวิศวกรผู้มีความรู้ความสามารถที่รับผิดชอบการบำรุงรักษาระบบ OCS โดยตรง

Isolator และ Section Insulator มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการแบ่งแยกส่วนทางไฟฟ้า (Electrical Sectioning) และสนับสนุนงานบำรุงรักษาระบบให้สามารถดำเนินไปได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ การทำงานที่บกพร่องของส่วนประกอบเหล่านี้อาจนำไปสู่การหยุดชะงักของบริการและความเสี่ยงด้านความปลอดภัยที่ร้ายแรง

ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบโดยละเอียด การทำความเข้าใจหน้าที่การทำงานและลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบแต่ละชนิดอย่างถ่องแท้ถือเป็นสิ่งจำเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถประเมินสภาพและวินิจฉัยปัญหาได้อย่างแม่นยำ

2.0 ภาพรวมส่วนประกอบและหน้าที่การทำงาน (Component Overview and Function)

ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับบทบาทและคุณลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบแต่ละชิ้นเป็นหัวใจสำคัญของการวินิจฉัยปัญหาที่แม่นยำและการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ การทราบถึงหน้าที่หลักและส่วนประกอบสำคัญจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถระบุความผิดปกติและประเมินความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

2.1 Isolator

- **หน้าที่หลัก (Primary Function):** ทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้าในสภาวะที่ไม่มีโหลด (No-load condition) เท่านั้น เพื่อแยกส่วนของวงจรออกจากแหล่งจ่ายไฟ ทำให้สามารถปฏิบัติงานบำรุงรักษาในบริเวณดังกล่าวได้อย่างปลอดภัย
- **ส่วนประกอบสำคัญ (Key Components):** ส่วนประกอบหลักที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโครงสร้างคือ **Insulator Post**

2.2 Section Insulator

- **หน้าที่หลัก (Primary Function):** ทำหน้าที่แยกเขตการจ่ายไฟฟ้า (Feeding Section) ออกจากกันในทางไฟฟ้า แต่ยังคงให้ Pantograph ของขบวนรถสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้อย่างต่อเนื่อง
- **ตำแหน่งการติดตั้ง (Installation Location):** โดยทั่วไปจะติดตั้ง ณ บริเวณช่วงเปลี่ยนเขตจ่ายไฟฟ้า เพื่อแบ่งแยกแหล่งจ่ายไฟคนละแหล่งออกจากกัน
- **แรงดันใช้งาน (Operating Voltage):** ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานกับระบบแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปคือ **1.5 kV** หรือ **25 kV** ขึ้นอยู่กับการออกแบบของระบบ OCS
- **วัสดุ (Material):** ส่วนที่สัมผัสโดยตรงกับ Pantograph ของขบวนรถ มักทำจากวัสดุที่มีความทนทานต่อการเสียดสีและนำไฟฟ้าได้ดี เช่น **ทองเหลืองหรือทองแดงผสม**

ก่อนที่จะเริ่มปฏิบัติงานใดๆ กับส่วนประกอบเหล่านี้ การปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยอย่างเคร่งครัดถือเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกและไม่สามารถละเลยได้

3.0 มาตรการความปลอดภัยภาคบังคับ (Mandatory Safety Protocols)

ความปลอดภัยไม่ใช่เป็นเพียงรายการตรวจสอบ แต่เป็นหลักการพื้นฐานที่ต้องยึดถือในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบ OCS ทุกขั้นตอน การไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยอาจนำไปสู่การบาดเจ็บรุนแรง หรือเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญ ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องปฏิบัติตามมาตรการดังต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด

1. **การทำงานในสภาวะไม่มีโหลด (No-Load Operation)** การสั่งการเปิดหรือปิด Isolator จะต้องกระทำในสภาวะที่ไม่มีโหลดไฟฟ้าไหลผ่านเท่านั้นโดยเด็ดขาด การพยายามตัดวงจรขณะมีโหลดจะทำให้เกิดการอาร์ก (Arcing) ทางไฟฟ้าที่รุนแรงและเป็นอันตรายอย่างยิ่ง

2. **ระบบ Lockout/Tagout (LOTO)** ก่อนเริ่มการปฏิบัติงานใดๆ จะต้องดำเนินการตามขั้นตอน Lockout/Tagout (LOTO) อย่างสมบูรณ์ ต้องมีการตัดการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟ ล็อกอุปกรณ์ตัดต่อวงจร และติดป้ายเตือนที่ชัดเจน จากนั้นต้องทำการตรวจสอบและยืนยันด้วยเครื่องมือวัดที่เหมาะสม (เช่น Voltage Detector) และด้วยสายตาว่าระบบอยู่ในสภาวะปลอดแรงดันไฟฟ้าจริง ขั้นตอนนี้ถือเป็นข้อบังคับที่ไม่สามารถต่อรองได้

3. **การทำความสะอาด (Cleaning Procedure)** การทำความสะอาดฉนวนไฟฟ้า (Insulator) จะต้องกระทำหลังจากที่ระบบถูกตัดการจ่ายไฟและยืนยันว่าปลอดแรงดันไฟฟ้าแล้วเท่านั้น โดยให้ใช้ผ้าสะอาดและแห้งเช็ดทำความสะอาด ห้ามใช้น้ำหรือสารเคมีใดๆ ในขณะที่ระบบยังคงมีไฟฟ้าจ่ายอยู่

หลังจากที่ได้ปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยเบื้องต้นทั้งหมดแล้ว จึงจะสามารถดำเนินการตามขั้นตอนการตรวจสอบและทดสอบเชิงปฏิบัติได้

4.0 ขั้นตอนการตรวจสอบและทดสอบมาตรฐาน (Standard Inspection and Testing Procedure)

เป้าหมายของส่วนนี้คือการนำเสนอขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เป็นระบบและสามารถทำซ้ำได้สำหรับการตรวจสอบและทดสอบ Isolator และ Section Insulator การดำเนินงานตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าการประเมินผลเป็นไปอย่างครอบคลุมและข้อมูลที่บันทึกมีความถูกต้องครบถ้วน สำหรับ Section Insulator โดยเฉพาะ การให้ความสำคัญกับการตรวจสอบการจัดศูนย์ (Alignment) และค่าความต้านทานสัมผัสถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งยวดต่อการป้องกันการสึกหรอที่ผิดปกติและรับประกันการทำงานที่ต่อเนื่องของระบบ

4.1 การเตรียมการและเครื่องมือ (Preparation and Tools)

ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน ให้เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่จำเป็นทั้งหมดให้พร้อมใช้งานและอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ เครื่องมือวัดที่สำคัญสำหรับการทดสอบทางไฟฟ้าประกอบด้วย:

- **Micro-ohmmeter:** สำหรับวัดค่าความต้านทานสัมผัส (Contact Resistance) ที่จุดเชื่อมต่อต่างๆ
- **เครื่องทดสอบแรงดันสูง (High Voltage Tester):** สำหรับทดสอบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของ Isolator

4.2 การตรวจสอบทางกายภาพ (Physical Inspection)

ดำเนินการตรวจสอบสภาพทางกายภาพของส่วนประกอบต่างๆ อย่างละเอียดตามรายการตรวจสอบในตารางด้านล่างนี้

ส่วนประกอบ (Component)	**รายการตรวจสอบ (Inspection Checklist)**
Isolator	**1. ตรวจหา** รอยร้าว การบิ่น หรือร่องรอยความเสียหายบนฉนวน (Inspect for cracks, chipping, or signs of damage on the insulator)
	2. ตรวจสอบและยืนยัน ความแน่นหนาของ Bolt และจุดต่อทั้งหมด (Check and confirm the tightness of all bolts and connections)
	3. ทดสอบ การหมุนของ Blade และกลไกการล็อกตำแหน่งให้ทำงานได้อย่างราบรื่นและล็อกได้มั่นคง (Test blade rotation and locking mechanism)
Section Insulator	**1. ตรวจหา** การสึกหรอที่ผิดปกติบนพื้นผิวสัมผัสกับ Pantograph (Inspect for abnormal wear on the pantograph contact surface)
	2. ตรวจสอบและปรับ การจัดศูนย์ (Alignment) เพื่อป้องกันการสึกหรอของสาย OCS และ Pantograph (Check and adjust alignment)
	3. ตรวจหา ร่องรอยความเสียหายที่อาจเกิดจากฝุ่น ความชื้น หรือการกัดกร่อน (Inspect for damage from dust, moisture, or corrosion)

4.3 การทดสอบทางไฟฟ้า (Electrical Testing)

การทดสอบความต้านทานสัมผัส (Contact Resistance Test)

- **วัตถุประสงค์:** เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์และความแน่นหนาของจุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้า ค่าความต้านทานที่สูงผิดปกติเป็นสัญญาณบ่งชี้ถึงจุดต่อที่หลวมหรือสกปรก ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดความร้อนสูงตามหลักการของจูล (Joule Heating) และทำให้จุดเชื่อมต่อเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร
- **ขั้นตอน:** ใช้ Micro-ohmmeter วัดค่าความต้านทานสัมผัสที่จุดเชื่อมต่อของ Isolator
- **เกณฑ์การยอมรับ: ค่าความต้านทานควรน้อยกว่า 10 mΩ (< 10 mΩ)** จึงจะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ

การทดสอบด้วยแรงดันสูง (High Voltage Test for Isolator)

- **วัตถุประสงค์:** เพื่อตรวจสอบความสามารถของฉนวน (Insulator Post) ในการทนทานต่อแรงดันไฟฟ้าใช้งานโดยไม่เกิดการพังทลาย (Breakdown) ทางไฟฟ้า
- **เกณฑ์การเลือกเครื่องมือ:** เครื่องทดสอบแรงดันสูง (High Voltage Tester) ที่เลือกใช้ต้องมีพิกัดแรงดันสูงสุดที่รองรับได้เพียงพอและเหมาะสมกับระบบ และต้องเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนด

4.4 การบันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์ (Data Recording and Analysis)

บันทึกค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญทั้งหมดที่วัดได้ระหว่างการทดสอบ (เช่น ค่าความต้านทาน) ลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบอย่างครบถ้วนและถูกต้อง หากตรวจพบค่าที่ผิดปกติไปจากเกณฑ์มาตรฐาน ผู้ปฏิบัติงานจะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ และเสนอแผนการดำเนินการแก้ไขที่เหมาะสม

4.5 ขั้นตอนหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน (Post-Work Procedures)

หลังจากเสร็จสิ้นการตรวจสอบและทดสอบทั้งหมดแล้ว ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้:

- จัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์วัดทั้งหมดเข้าที่ให้เรียบร้อย
- ทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานให้กลับสู่สภาพเดิม

การปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านี้อย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้สามารถระบุและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที ก่อนที่จะนำไปสู่ความล้มเหลวของระบบ

5.0 แนวทางการแก้ไขปัญหา (Troubleshooting Guide)

ส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นแนวทางภาคปฏิบัติเพื่อช่วยวินิจฉัยและแก้ไขปัญหาที่พบบ่อยที่สุดระหว่างการตรวจสอบ การแปลงข้อสังเกตที่ได้จากการตรวจสอบไปสู่การดำเนินการแก้ไขที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาสภาพความพร้อมของระบบ

ตารางวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา (Problem Analysis and Resolution Table)

อาการผิดปกติ (Abnormal Symptom)	**สาเหตุที่เป็นไปได้ (Potential Cause)**	**แนวทางการแก้ไข (Corrective Action)**
1. ค่าความต้านทานสัมผัสสูงกว่า 10 mΩ และ/หรือพบความร้อนสูงผิดปกติที่จุดต่อ	จุดเชื่อมต่อหลวม สกปรก หรือมีออกไซด์เกาะที่ผิวสัมผัส	ทำความสะอาดพื้นผิวสัมผัสและขันแน่นจุดเชื่อมต่อใหม่ให้ได้ตามมาตรฐาน จากนั้นทำการวัดซ้ำอีกครั้ง
2. การสึกหรอของ Section Insulator หรือ Pantograph ผิดปกติ	การติดตั้งผิดตำแหน่ง หรือการจัดศูนย์ (Alignment) ไม่ถูกต้อง	ตรวจสอบและปรับการจัดศูนย์ของ Section Insulator ให้ถูกต้องตามข้อกำหนดทางเทคนิค

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP): การตรวจสอบและบำรุงรักษา

ส่วนประกอบ Feeder, Jumper, และ Bonding

รหัสเอกสาร: OCS-Feeder-SOP-001 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 วัตถุประสงค์ (Purpose)

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ สำหรับการตรวจสอบและบำรุงรักษาส่วนประกอบสำคัญในระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System - OCS) ได้แก่ สายป้อน (Feeder), สายต่อโยง (Jumper), และสายดินเชื่อมต่อ (Bonding) การปฏิบัติตามระเบียบนี้อย่างเคร่งครัดเป็นข้อบังคับเพื่อให้มั่นใจในความน่าเชื่อถือของระบบ ความสมบูรณ์ในการปฏิบัติงาน และความปลอดภัยสูงสุดของบุคลากรทุกคน

วัตถุประสงค์หลักของระเบียบปฏิบัตินี้ประกอบด้วย:

- **เพื่อกำหนดขั้นตอนการตรวจสอบที่ชัดเจน:** สร้างมาตรฐานวิธีการตรวจสอบส่วนประกอบแต่ละชนิดอย่างเป็นระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าการควบคุมคุณภาพเป็นไปในทิศทางเดียวกันและสม่ำเสมอ
- **เพื่อรับรองความปลอดภัยสูงสุด:** เน้นย้ำความสำคัญอย่างยิ่งของมาตรการความปลอดภัย โดยเฉพาะขั้นตอน Lockout/Tagout (LOTO) เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากไฟฟ้าในระหว่างการบำรุงรักษา
- **เพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบจ่ายไฟฟ้า:** รับประกันว่าการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะช่วยให้การจ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างต่อเนื่องและเชื่อถือได้ ซึ่งเป็นการป้องกันการหยุดชะงักของการให้บริการ

ส่วนถัดไปจะกำหนดขอบเขตและขอบข่ายการบังคับใช้ของระเบียบปฏิบัตินี้โดยละเอียด

2.0 ขอบเขต (Scope)

เอกสารฉบับนี้กำหนดขอบเขตการดำเนินงานสำหรับกิจกรรมการตรวจสอบและบำรุงรักษาทั้งตามกำหนดเวลาและกิจกรรมที่ไม่ได้กำหนดไว้ในตารางเวลา ที่ดำเนินการกับส่วนประกอบ Feeder, Jumper, และ Bonding ของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือศีรษะ (OCS) ทั้งหมดของระบบราง

2.1 ส่วนประกอบที่ครอบคลุม (Components Covered)

- สายป้อน (Feeder)
- สายต่อโยง (Jumper)
- สายดินเชื่อมต่อ (Bonding)

2.2 ผู้ที่เกี่ยวข้อง (Applicable Personnel)

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐานนี้เป็นข้อบังคับสำหรับบุคลากรผู้ผ่านการรับรองทุกคน ซึ่งรวมถึงแต่ไม่จำกัดเพียง ช่างเทคนิคไฟฟ้า และวิศวกรระบบราง ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการบำรุงรักษาระบบ OCS

เพื่อให้บุคลากรผู้รับผิดชอบเหล่านี้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างสอดคล้องและปลอดภัย จำเป็นต้องมีความเข้าใจในคำศัพท์ทางเทคนิคที่ตรงกัน ดังที่จะนิยามในหัวข้อถัดไป

3.0 คำจำกัดความ (Definitions)

ส่วนนี้ให้คำจำกัดความที่แม่นยำสำหรับส่วนประกอบและคำศัพท์สำคัญที่ใช้ตลอดทั้งเอกสาร เพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันและรับประกันการปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างสม่ำเสมอ

คำศัพท์	คำจำกัดความ
Feeder (สายป้อน)	สายไฟฟ้าหลักที่ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าแรงสูงจากสถานีไฟฟ้าย่อยมายังระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือศีรษะ (Overhead Catenary System)
Jumper (สายต่อโยง)	สายนำไฟฟ้าที่ใช้เพื่อเชื่อมต่อและรักษาสภาพความต่อเนื่องทางไฟฟ้าข้ามจุดที่ไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้า เช่น ฉนวนแบ่งตอน (Section Insulator) หรือจุดเชื่อมต่อต่างๆ เพื่อให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้อย่างไม่สะดุด

Bonding (สายดินเชื่อมต่อ)	สายนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อโครงสร้างโลหะต่างๆ เข้ากับรางรถไฟ เพื่อสร้างความต่อเนื่องของระบบสายดิน ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการลดความต่างศักย์ไฟฟ้า และป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหรือการลัดวงจร
Lockout/Tagout (LOTO)	ขั้นตอนความปลอดภัยในการตัดและล็อคแหล่งจ่ายพลังงานเพื่อป้องกันการจ่ายไฟโดยไม่เจตนา (ต่อไปนี้จะเรียกว่า 'LOTO')

ส่วนถัดไปจะสรุปหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการเหล่านี้

4.0 ความรับผิดชอบ (Responsibilities)

การกำหนดบทบาทและหน้าที่ความรับผิดชอบที่ชัดเจนเป็นพื้นฐานสำคัญของการปฏิบัติงานบำรุงรักษาที่ประสบความสำเร็จและปลอดภัย ส่วนนี้จะอธิบายถึงหน้าที่ของบุคลากรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการตรวจสอบ

- **ช่างเทคนิค (Technician):** มีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษาตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในหัวข้อ 7.0 ของ SOP นี้ ซึ่งรวมถึงการใช้เครื่องมือที่กำหนดอย่างถูกต้อง การปฏิบัติตามขั้นตอน LOTO และการบันทึกผลการตรวจสอบทั้งหมดลงในแบบฟอร์ม Check Sheet อย่างแม่นยำ
- **วิศวกร (Engineer):** มีหน้าที่รับผิดชอบในการกำกับดูแลกิจกรรมการบำรุงรักษา ตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดสอบ และให้คำแนะนำทางเทคนิค นอกจากนี้ยังอาจมีหน้าที่วิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นซ้ำๆ และเสนอแนะมาตรการแก้ไข
- **หัวหน้างาน (Supervisor):** มีหน้าที่รับผิดชอบในการรับรองว่าบุคลากรทุกคนได้รับการฝึกอบรมและมีความสามารถเพียงพอ มีการปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างถูกต้อง และเป็นผู้รับรายงานผลการตรวจสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

ก่อนการปฏิบัติงานใดๆ บุคลากรทุกคนต้องยึดมั่นในข้อควรระวังด้านความปลอดภัยที่สำคัญยิ่งซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

5.0 ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย (Safety Precautions)

ความปลอดภัยถือเป็นสิ่งสำคัญสูงสุด ส่วนนี้สรุปมาตรการด้านความปลอดภัยที่ต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดโดยไม่มีข้อยกเว้น ทั้งก่อนและระหว่างการปฏิบัติงานบนระบบ OCS เพื่อป้องกันการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต

1. **การตัดระบบไฟฟ้า (De-energization):** แหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังพื้นที่ปฏิบัติงานของ OCS **ต้อง** ถูกตัดการทำงานโดยสมบูรณ์ ก่อนที่จะเริ่มงานตรวจสอบหรือบำรุงรักษาใดๆ ทั้งสิ้น
2. **ขั้นตอน Lockout/Tagout (LOTO):** ต้องดำเนินการตามขั้นตอน LOTO อย่างครบถ้วน และมีการตรวจสอบยืนยัน ก่อนที่บุคลากรจะเข้าใกล้พื้นที่อุปกรณ์ นี่คือมาตรการควบคุมความปลอดภัยหลัก
3. **การตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์ (Zero Voltage Verification):** หลังจากดำเนินการ LOTO แล้ว บุคลากรต้องใช้อุปกรณ์ทดสอบที่เหมาะสมเพื่อยืนยันว่าระบบไม่มีแรงดันไฟฟ้าหลงเหลืออยู่จริง ก่อนที่จะมีการสัมผัสทางกายภาพกับอุปกรณ์
4. **อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment - PPE):** ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมตลอดเวลา เช่น ถุงมือฉนวนไฟฟ้า แว่นตานิรภัย และหมวกนิรภัย

เมื่อมาตรการความปลอดภัยทั้งหมดได้รับการยืนยันและปฏิบัติอย่างครบถ้วนแล้ว การปฏิบัติงานสามารถเริ่มต้นได้โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ระบุไว้ในส่วนต่อไปนี้

6.0 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็น (Required Tools and Equipment)

การใช้เครื่องมือที่ถูกต้องและได้รับการสอบเทียบเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการตรวจสอบที่แม่นยำและรับประกันความสมบูรณ์ของส่วนประกอบในระยะยาว ส่วนนี้จะแสดงรายการอุปกรณ์ที่จำเป็นทั้งหมด

เครื่องมือ (Tool)	วัตถุประสงค์การใช้งาน (Purpose)
Torque Wrench (ประแจปอนด์)	เพื่อขันยึดจุดเชื่อมต่อของ Feeder และ Jumper ให้ได้ค่าแรงบิดที่แม่นยำตามที่ผู้ผลิตกำหนด

Megger (Earth Tester)	เพื่อวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของจุดเชื่อมต่อ Bonding อย่างแม่นยำ และยืนยันว่าค่าที่วัดได้ไม่เกิน **0.1 Ω**
Clamp Meter	เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสาย Feeder ในระหว่างการตรวจสอบเชิงปฏิบัติงาน
อุปกรณ์ LOTO	เพื่อตัดและล็อคแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าก่อนเริ่มปฏิบัติงาน
แบบฟอร์ม Check Sheet	เพื่อใช้บันทึกผลการตรวจสอบและค่าที่วัดได้ทั้งหมดอย่างเป็นทางการ
อุปกรณ์ทำความสะอาด	เพื่อทำความสะอาดจุดเชื่อมต่อต่างๆ ก่อนทำการขันยึด เพื่อให้มั่นใจว่าการเชื่อมต่อมีค่าความต้านทานต่ำ

ขั้นตอนต่อไปนี้จะอธิบายวิธีการใช้เครื่องมือเหล่านี้ตามลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างละเอียด

7.0 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Procedure)

ส่วนนี้จะให้คำแนะนำทีละขั้นตอนโดยละเอียดสำหรับการตรวจสอบและบำรุงรักษาส่วนประกอบ Feeder, Jumper, และ Bonding จะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านี้ตามลำดับ

7.1 การเตรียมการก่อนเริ่มงาน (Pre-Inspection Preparation)

1. รับใบอนุญาตทำงาน (Work Permit) และแบบฟอร์ม Check Sheet ที่เกี่ยวข้อง
2. ดำเนินการตามขั้นตอน LOTO อย่างสมบูรณ์เพื่อตัดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ทำงาน
3. ตรวจสอบยืนยันว่าระบบไฟฟ้ามีแรงดันเป็นศูนย์โดยใช้อุปกรณ์ทดสอบที่เหมาะสม
4. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นทั้งหมดตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 6.0

7.2 การตรวจสอบ Feeder (Feeder Inspection Procedure)

1. **การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection):** ตรวจสอบสภาพสาย Feeder ตลอดความยาวเพื่อหาสัญญาณความเสียหายทางกายภาพ ร่องรอยความร้อนสูงผิดปกติ และการกัดกร่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัสดุอะลูมิเนียมผสมเหล็ก และบันทึกสิ่งที่พบ
2. **การตรวจสอบจุดเชื่อมต่อ (Connection Check):** ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อทั้งหมดด้วยสายตาเพื่อหาร่องรอยการคลายตัวหรือการกัดกร่อน

3. **การทำความสะอาด (Cleaning):** ทำความสะอาดจุดเชื่อมต่ออย่างทั่วถึงเพื่อกำจัดคราบออกไซด์หรือสิ่งสกปรก

4. **การตรวจสอบแรงบิด (Torque Verification):** ใช้ Torque Wrench ที่ตั้งค่าตามที่ผู้ผลิตกำหนด เพื่อยืนยันความแน่นของการขันยึดทั้งหมด

5. **การวัดค่าความต้านทาน/กระแสไฟฟ้า (Resistance/Current Measurement):** ในกรณีที่ระบุ ให้ใช้ Clamp Meter เพื่อวัดกระแสไฟฟ้า หรือเครื่องมืออื่นเพื่อวัดค่าความต้านทาน เพื่อตรวจจับและบันทึกปัญหาการสูญเสียพลังงาน และให้ตระหนักว่าสายที่มีขนาดเล็กเกินไปอาจทำให้เกิดความร้อนสูงและการสูญเสียพลังงานได้

7.3 การตรวจสอบ Jumper (Jumper Inspection Procedure)

1. **การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection):** เน้นการตรวจสอบเพื่อหาสัญญาณความเสียหายทางกายภาพ โดยเฉพาะการบิดงอและรอยแตกของฉนวน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการชำรุด

2. **ความแน่นหนาของจุดเชื่อมต่อ (Connection Security):** ตรวจสอบว่าจุดเชื่อมต่อ Jumper ทั้งหมดมีความแน่นหนาและถูกขันตามมาตรฐานแรงบิดที่ถูกต้อง

3. **การติดตั้ง/เปลี่ยน (Installation/Replacement):** หากจำเป็นต้องติดตั้ง Jumper ใหม่ ให้ดำเนินการติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่กำหนดอย่างถูกต้อง เช่น บริเวณ Section Insulator

7.4 การตรวจสอบ Bonding (Bonding Inspection Procedure)

1. **การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection):** ตรวจสอบสาย Bonding และจุดเชื่อมต่อเพื่อหาร่องรอยการขาด การคลายตัว และการกัดกร่อนอย่างละเอียด เนื่องจากจุดเชื่อมต่อที่บกพร่องก่อให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เป็นอันตราย และวัสดุของ Bonding ต้องทนทานต่อการกัดกร่อนเพื่อรักษาคุณสมบัติการนำไฟฟ้าที่ดี

2. **การตรวจสอบความต่อเนื่อง (Continuity Check):** ตรวจสอบว่าการเชื่อมต่อลงดินมีความต่อเนื่องและยึดแน่นอย่างเหมาะสม

3. **การวัดค่าความต้านทาน (Resistance Measurement):** ใช้ Megger (Earth Tester) เพื่อวัดค่าความต้านทานของจุดเชื่อมต่อ Bonding

4. **การตรวจสอบการปฏิบัติตามมาตรฐาน (Compliance Verification):** ยืนยันว่าค่าความต้านทานที่วัดได้ต้องไม่เกินค่ามาตรฐานสูงสุดที่ **0.1 Ω** และบันทึกค่าที่วัดได้อย่างแม่นยำลงใน Check Sheet

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนการปฏิบัติงานทั้งหมดแล้ว จะต้องมีการบันทึกและรายงานผลอย่างเป็นทางการตามที่ระบุในส่วนสุดท้าย

8.0 การบันทึกและการรายงานผล (Documentation and Reporting)

การบันทึกข้อมูลที่ถูกต้องมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการติดตามผลการบำรุงรักษา การตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนด และการวางแผนในอนาคต ส่วนสุดท้ายนี้จะสรุปขั้นตอนการจัดทำเอกสารและการสื่อสารที่จำเป็น

1. **บันทึกผลการตรวจสอบ:** บันทึกข้อสังเกต ค่าที่วัดได้ (เช่น ค่าความต้านทานของ Bonding ในหน่วยโอห์ม) และการดำเนินการทั้งหมดลงในแบบฟอร์ม Check Sheet อย่างละเอียด ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้กรอกข้อมูลครบถ้วนทุกช่อง
2. **ลงนามและวันที่:** ช่างเทคนิคผู้ปฏิบัติงานต้องลงนามและลงวันที่ใน Check Sheet ที่กรอกข้อมูลเสร็จสมบูรณ์เพื่อรับรองการปฏิบัติงาน
3. **จัดทำรายงานสรุป:** จัดทำสรุปผลการตรวจสอบ โดยเน้นย้ำถึงความเบี่ยงเบนจากมาตรฐาน ข้อบกพร่องร้ายแรงที่พบ และการดำเนินการแก้ไขที่ได้ทำไป
4. **การส่งมอบ:** ส่งมอบ Check Sheet ที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมรายงานสรุปให้แก่หัวหน้างานหรือวิศวกรที่ได้รับมอบหมาย
5. **การรายงานด้วยวาจา:** รายงานผลการตรวจสอบให้หัวหน้างานทราบด้วยวาจา โดยใช้ศัพท์ทางวิศวกรรมที่ชัดเจนและแม่นยำ เพื่อให้มั่นใจว่าเกิดความเข้าใจในสถานะของระบบอย่างถ่องแท้

การปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติมาตรฐานฉบับนี้อย่างเคร่งครัด จะช่วยรับประกันความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวได้อย่างต่อเนื่อง

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP): การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ปรับแรงดึง

รหัสเอกสาร: OCS-Tension-SOP-001 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 วัตถุประสงค์ (Purpose)

ชุดอุปกรณ์ปรับแรงดึงสายไฟฟ้า (Tension Device) เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเสถียรภาพและความปลอดภัยของระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Contact System - OCS) โดยมีหน้าที่รักษาแรงดึงของสายไฟฟ้าให้คงที่อยู่เสมอ ระเบียบปฏิบัติงานมาตรฐานฉบับนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อกำหนดขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้การปฏิบัติงานมีความปลอดภัย สม่ำเสมอ และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

เป้าหมายหลักของระเบียบปฏิบัตินี้ คือ:

- **วัตถุประสงค์หลัก:** เพื่อให้แน่ใจว่าแรงดึงของสาย Contact Wire อยู่ในค่ามาตรฐานตลอดเวลา ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการทำงานที่ถูกต้องของระบบ
- **ความน่าเชื่อถือของระบบ:** เพื่อลดความเสี่ยงของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์และยืดอายุการใช้งานของ Tension Device ให้ยาวนานที่สุด
- **การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน:** เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์อย่างเป็นระบบ และเป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผนการบำรุงรักษาในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารฉบับนี้จะครอบคลุมถึงอุปกรณ์ทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขตการดำเนินงานตามที่ระบุไว้ในหัวข้อถัดไป

2.0 ขอบเขต (Scope)

ระเบียบปฏิบัติงานมาตรฐานฉบับนี้ใช้บังคับกับการปฏิบัติงานด้านการตรวจสอบและบำรุงรักษาชุดอุปกรณ์ Tension Device ทุกประเภทที่ติดตั้งอยู่ในระบบ OCS

ขั้นตอนที่ระบุในเอกสารนี้ครอบคลุมอุปกรณ์ Tension Device ทั้งแบบที่ใช้ **สปริง (Spring)** และแบบที่ใช้ **น้ำหนักถ่วง (Counterweight)** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบปรับแรงดึงสายไฟฟ้า

การดำเนินงานตามขั้นตอนทั้งหมดในเอกสารนี้จะต้องดำเนินการโดยบุคลากรผู้มีความรับผิดชอบตามที่กำหนดไว้เท่านั้น

3.0 ความรับผิดชอบ (Responsibilities)

การกำหนดความรับผิดชอบที่ชัดเจนเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้มั่นใจว่าการบำรุงรักษาจะถูกดำเนินการโดยบุคลากรที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม และมีความปลอดภัยสูงสุด การปฏิบัติงานตามระเบียบนี้สำหรับ "ช่างเทคนิค" ที่ผ่านการฝึกอบรมตามหลักสูตรที่เกี่ยวข้องและได้รับอนุญาตให้ปฏิบัติงานกับระบบ OCS แล้วเท่านั้น

บุคลากรทุกคนที่เกี่ยวข้องจะต้องปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยที่ระบุไว้ในเอกสารนี้อย่างเคร่งครัด

4.0 มาตรการความปลอดภัย (Safety Measures)

ความปลอดภัยถือเป็นหัวใจสำคัญและมีความสำคัญสูงสุดในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาทุกขั้นตอน การละเลยหรือไม่ปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยอาจนำไปสู่การบาดเจ็บรุนแรงหรือเสียชีวิต และก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของระบบได้

ผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยที่สำคัญดังต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด:

1. **การตัดและล็อคระบบไฟฟ้า (Lockout/Tagout)** ก่อนเริ่มปฏิบัติงานใดๆ **ต้อง** ดำเนินการตามขั้นตอนการตัดและล็อคระบบจ่ายไฟฟ้า (Lockout/Tagout - LOTO) ของระบบ OCS อย่างสมบูรณ์ทุกครั้ง ขั้นตอนนี้ถือเป็นมาตรการควบคุมความเสี่ยงที่สำคัญที่สุด และห้ามเริ่มปฏิบัติงานใดๆ โดยเด็ดขาดหากยังไม่ได้ดำเนินการและตรวจสอบการตัดแยกระบบไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์
2. **การประเมินความเสี่ยง** ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยมาตรฐานตลอดระยะเวลาการทำงาน เพื่อระบุและควบคุมความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ปฏิบัติงาน
3. **อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)** ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment - PPE) ที่เหมาะสมและเป็นไปตามข้อบังคับความปลอดภัยของพื้นที่ปฏิบัติงานอย่างครบถ้วน

การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ถูกต้องเป็นขั้นตอนต่อไปที่จะช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

5.0 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Tools and Equipment)

การใช้เครื่องมือที่ถูกต้องและได้รับการสอบเทียบเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้ผลการวัดที่แม่นยำและการบำรุงรักษาที่มีคุณภาพ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความน่าเชื่อถือของ Tension Device

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องจัดเตรียม มีดังนี้:

- **เครื่องมือวัดแรงดึง (Dynamometer):** เป็นเครื่องมือวัดเฉพาะทางที่ออกแบบมาเพื่อใช้วัดค่าแรงดึงของสาย Contact Wire โดยเฉพาะ เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ
- **อุปกรณ์สำหรับ Lockout/Tagout:** ชุดกุญแจล็อคและป้ายแจ้งเตือน (Locks and Tags) สำหรับการตัดแยกระบบไฟฟ้า
- **เครื่องมือช่างพื้นฐาน:** ชุดเครื่องมือช่างมาตรฐานครบชุดสำหรับงานบำรุงรักษาเชิงกล
- **สารหล่อลื่น (Lubricant):** สารหล่อลื่นคุณภาพสูงที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนกลไก เช่น ลูกรอก (Pulley) และเพลา (Shaft)
- **ผ้าทำความสะอาด (Cleaning Cloths):** สำหรับทำความสะอาดคราบสกปรกและสารหล่อลื่นเก่าออกจากอุปกรณ์

เมื่อเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ครบถ้วนแล้ว ให้ดำเนินการตามขั้นตอนการปฏิบัติงานต่อไป

6.0 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Standard Procedure)

กระบวนการตรวจสอบและบำรุงรักษาประกอบด้วยหลายขั้นตอนที่ต้องดำเนินการตามลำดับอย่างเคร่งครัด ตั้งแต่การเตรียมการ การตรวจสอบ การบำรุงรักษา จนถึงการจัดเก็บหลังเสร็จสิ้นงาน การปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านี้จะช่วยให้การทำงานครอบคลุม สมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพ

6.1 การเตรียมการก่อนเริ่มงาน (Pre-Work Preparation)

1. **ยืนยันคำสั่งงาน:** ตรวจสอบและยืนยันขอบเขตของงานและตำแหน่งของ Tension Device ที่จะดำเนินการ
2. **จัดเตรียมเครื่องมือ:** รวบรวมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นทั้งหมดตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 5.0

3. **ปฏิบัติการ Lockout/Tagout:** ดำเนินการตามขั้นตอน LOTO บนระบบ OCS ตามข้อบังคับในหัวข้อ 4.0 และทำการตรวจสอบยืนยันว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าในระบบแล้วก่อนเริ่มงาน

6.2 การตรวจสอบสภาพทั่วไป (General Inspection)

ดำเนินการตรวจสอบสภาพโดยรวมของชุดอุปกรณ์ Tension Device ด้วยสายตา เพื่อประเมินสภาพเบื้องต้นและค้นหาสัญญาณของความผิดปกติ โดยให้สังเกตตามรายการต่อไปนี้:

- แรงดึงสายหย่อนกว่ามาตรฐาน (สังเกตเบื้องต้นจากการหย่อนของสาย)
- เสียงผิดปกติ (หากสามารถทดสอบการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ได้)
- สภาพสกปรก หรือมีคราบน้ำมันเก่าเกาะติด ซึ่งบ่งชี้ถึงการขาดการหล่อลื่น
- สภาพของสปริง (สังเกตการณ์ยืดหรือทรุดตัวผิดปกติ)
- ความเสียหายทางกายภาพที่มองเห็นได้ เช่น รอยแตก การบิดเบี้ยว หรือการสึกหรอที่รุนแรง

6.3 การตรวจสอบและบำรุงรักษาส่วนประกอบ (Component Inspection & Maintenance)

1. **ตรวจสอบ Pulley และ Shaft:** ตรวจสอบลูกรอก (Pulley) อย่างละเอียดเพื่อหารอยแตกหรือการสึกหรอ และทดสอบการหมุนของ Pulley ด้วยมือ เพื่อยืนยันว่าสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างราบรื่นและอิสระตลอดช่วงการเคลื่อนที่ โดยไม่มีการติดขัดหรือเสียงผิดปกติ จากนั้นให้ทำความสะอาดและเติมสารหล่อลื่นที่เหมาะสมบริเวณ Pulley และ Shaft
2. **ตรวจสอบ Spring / Counterweight:** ตรวจสอบสปริงด้วยสายตาเพื่อหาสัญญาณการเสื่อมสภาพหรือความเสียหาย สำหรับระบบที่ใช้ตุ้มน้ำหนักถ่วง (Counterweight) ให้ตรวจสอบสภาพและการยึดติดตั้ง
    - **ข้อควรระวัง:** หากตรวจสอบพบว่าสปริงสูญเสียแรงดึง ("หมดแรง") จะต้องดำเนินการเปลี่ยนสปริงใหม่ตามคู่มือของผู้ผลิตเท่านั้น ห้ามทำการซ่อมแซมหรือดัดแปลงเพื่อใช้งานต่อ

3. **ตรวจสอบสาย Contact Wire และจุดเชื่อมต่อ:** ตรวจสอบสภาพการสึกหรอของสาย Contact Wire และตรวจสอบให้แน่ใจว่าจุดเชื่อมต่อทั้งหมดระหว่างสายและชุดอุปกรณ์ Tension Device อยู่ในสภาพที่ยึดแน่นและสมบูรณ์

6.4 การวัดและปรับแรงดึง (Tension Measurement and Adjustment)

1. ดำเนินการวัดค่าแรงดึงของสาย Contact Wire โดยใช้เครื่องมือวัดแรงดึง (Tensiometer) เท่านั้น เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและเป็นมาตรฐาน ห้ามใช้วิธีการคาดคะเนด้วยสายตาหรือใช้แรงดึงด้วยมือโดยเด็ดขาด
2. ในการปรับตั้งค่าแรงดึง จะต้องพิจารณาปัจจัยสำคัญต่อไปนี้ร่วมด้วย:
    - ค่าแรงดึงมาตรฐานที่กำหนดไว้ในคู่มือ
    - อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ณ ขณะที่ทำการวัด
    - สภาพโดยทั่วไปของสาย
    - ความยาวของช่วงเสา (Span Length)
3. ดำเนินการปรับแรงดึงโดยการเพิ่มหรือลดจำนวนแผ่นน้ำหนักถ่วง (Counterweight) ให้ได้ค่าแรงดึงที่ถูกต้องตามที่ระบุไว้ในแบบทางวิศวกรรม (engineering drawing) หรือตารางค่าแรงดึงมาตรฐาน

6.5 การตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Checks)

1. **ตรวจสอบ Locking Pin:** ตรวจสอบให้แน่ใจว่า Locking Pin ถูกติดตั้งเข้าที่อย่างมั่นคงเพื่อล็อคตำแหน่งของ Pulley หรือ Counterweight อย่างไรก็ตาม ต้องระมัดระวังไม่ให้ขันแน่นจนเกินไป เพราะอาจทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้
2. **ตรวจสอบข้อต่อทั้งหมด:** ตรวจสอบซ้ำอีกครั้งว่าข้อต่อเชิงกลทุกจุดถูกขันแน่นและมีความมั่นคงแข็งแรง

6.6 การปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้น (Post-Work Procedures)

1. **ทำความสะอาดพื้นที่ทำงาน:** เก็บเครื่องมือ เศษวัสดุ และอุปกรณ์ทั้งหมดออกจากพื้นที่ปฏิบัติงานให้เรียบร้อย

2. **จัดเก็บเครื่องมือ:** ทำความสะอาดและจัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดกลับเข้าที่ให้เรียบร้อย

3. **ปลดล็อคระบบ (Remove LOTO):** เมื่อการปฏิบัติงานทั้งหมดเสร็จสิ้นและบุคลากรทุกคนออกจากพื้นที่เสี่ยงแล้ว ให้ดำเนินการปลดล็อคระบบ (Remove LOTO) และคืนระบบไฟฟ้าสู่สภาวะปกติ ตามขั้นตอนที่ได้รับอนุมัติ

ขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญที่สุดคือการบันทึกผลการปฏิบัติงานอย่างครบถ้วน

7.0 การบันทึกผล (Documentation)

การบันทึกข้อมูลการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องและครบถ้วนไม่ใช่เป็นเพียงการปฏิบัติตามระเบียบ แต่เป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ติดตามแนวโน้มการเสื่อมสภาพ และวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อมูลขั้นต่ำที่ต้องบันทึกลงในใบสั่งงานหรือสมุดบันทึกการบำรุงรักษา ประกอบด้วย:

- วันที่และเวลาที่ปฏิบัติงาน
- ชื่อช่างเทคนิคผู้ปฏิบัติงาน
- หมายเลขประจำอุปกรณ์ (Tension Device ID)
- ค่าแรงดึงที่วัดได้ (ทั้งก่อนและหลังการปรับตั้ง)
- รายละเอียดผลการตรวจสอบ (เช่น สภาพ Pulley, Spring, การสึกหรอ)
- การบำรุงรักษาที่ได้ดำเนินการไป (เช่น การหล่อลื่น, การทำความสะอาด)
- ปัญหาที่ตรวจพบและแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะ
- รายการชิ้นส่วนที่เปลี่ยน (ถ้ามี)

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP): การตรวจสอบและปรับค่า Sag และ Stagger

รหัสเอกสาร: OCS-Sag-SOP-001 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 วัตถุประสงค์ (Objective)

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดขั้นตอนและมาตรฐานในการตรวจสอบและปรับค่าระยะหย่อนแนวตั้ง (Sag) และการจัดตำแหน่งแนวนอน (Stagger) ของสาย Contact Wire ในระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Contact System - OCS) วัตถุประสงค์หลักคือเพื่อให้การปฏิบัติงานของช่างเทคนิคเป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีความแม่นยำ ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะนำไปสู่ความน่าเชื่อถือและความมั่นคงของระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟ

2.0 ขอบเขต (Scope)

ระเบียบปฏิบัตินี้มีผลบังคับใช้กับช่างเทคนิค ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการติดตั้ง ตรวจสอบ และบำรุงรักษาสาย Contact Wire ในระบบรางทั้งหมด เพื่อให้มั่นใจว่าการดำเนินงานทุกขั้นตอนเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

3.0 คำจำกัดความและศัพท์เทคนิค (Definitions and Technical Terms)

เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน คำศัพท์เทคนิคที่ใช้ในเอกสารนี้มีความหมายดังต่อไปนี้

ศัพท์เทคนิค	คำจำกัดความ
Sag (ระยะหย่อนแนวตั้ง)	ระยะการหย่อนตัวของสาย Contact Wire ในแนวตั้ง ณ จุดกึ่งกลางระหว่างเสา (Mast) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพการสัมผัสระหว่างสายกับตัวรับกระแสไฟฟ้า (Pantograph) ของรถไฟ
Stagger (การจัดตำแหน่งแนวนอน)	ตำแหน่งการติดตั้งของสาย Contact Wire ในแนวนอน โดยวัดเทียบกับแนวกึ่งกลางของรางรถไฟ การจัดตำแหน่งนี้มีวัตถุประสงค์

	เพื่อให้เกิดการสึกหรอของหน้าสัมผัส Pantograph อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นผิว

4.0 ความปลอดภัยและข้อควรระวัง (Safety and Precautions)

ความปลอดภัยถือเป็นหัวใจสำคัญสูงสุด ในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าแรงสูง บุคลากรทุกคนต้องตระหนักและปฏิบัติตามข้อบังคับด้านความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ข้อบังคับด้านความปลอดภัยที่ต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัดมีดังนี้:

1. **การตัดระบบไฟฟ้า (Lockout/Tagout):** ถือเป็นขั้นตอน **แรกและสำคัญที่สุด** ก่อนเริ่มปฏิบัติงานทุกครั้ง จะต้องทำการตัดการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกจากระบบ OCS และแขวนป้ายแจ้งเตือน (Tagout) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในสายขณะปฏิบัติงานโดยเด็ดขาด
2. **การปฏิบัติงานตามมาตรฐานความปลอดภัย:** ต้องปฏิบัติตามกฎและข้อบังคับด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องตลอดระยะเวลาการทำงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาความปลอดภัยของตนเองและทีมงาน

การเตรียมการด้านความปลอดภัยที่สมบูรณ์เป็นรากฐานสำคัญที่นำไปสู่การปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งรวมถึงการเตรียมเครื่องมือที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

5.0 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็น (Required Tools and Equipment)

การเลือกใช้เครื่องมือที่ถูกต้องและเหมาะสมกับงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำของการวัดค่าและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องจัดเตรียมเครื่องมือที่มีสภาพพร้อมใช้งานดังต่อไปนี้

- **สำหรับการวัดค่า Sag:**
    - **Sagometer** หรือ **Tape Measure** (ตลับเมตร)

- **สำหรับการวัดและปรับค่า Stagger:**
    - **Jig** หรือ **Template** (เครื่องมือทาบวัดระยะ Stagger)

การเตรียมเครื่องมือให้พร้อมก่อนเริ่มงานจะช่วยให้ขั้นตอนการปฏิบัติงานเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

6.0 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Procedure)

ส่วนนี้จะอธิบายขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด ตั้งแต่การเตรียมการ การวัดค่า การประเมินผล ไปจนถึงการปรับแก้ เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีระบบและได้ผลลัพธ์ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

6.1 การเตรียมการก่อนปฏิบัติงาน (Pre-operation Preparation)

1. **ยืนยันการตัดระบบไฟฟ้า:** ตรวจสอบและยืนยันอีกครั้งว่าได้มีการดำเนินการ **Lockout/Tagout** ตามขั้นตอนในหัวข้อ 4.0 อย่างสมบูรณ์แล้ว
2. **เตรียมเครื่องมือ:** จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 5.0 ให้ครบถ้วนและอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
3. **ตรวจสอบพื้นที่หน้างาน:** ประเมินสภาพแวดล้อมโดยรวม ตรวจสอบและระบุตำแหน่งของช่วงสาย (Span) และแนวของเสา (Mast) ที่จะทำการตรวจสอบ

6.2 การวัดและบันทึกค่า (Measurement and Recording)

1. **วัดค่า Sag:** ใช้ **Sagometer** หรือ **Tape Measure** เพื่อวัดระยะหย่อนในแนวตั้งของสาย Contact Wire ณ จุดกึ่งกลางของ Span โดยอ้างอิงจากจุดที่กำหนด เช่น วัดระยะจากสันราง (Top of Rail) ถึงจุดต่ำสุดของสาย
2. **วัดค่า Stagger:** ใช้ **Jig** หรือ **Template** วางบนรางรถไฟเพื่อเป็นจุดอ้างอิงคงที่ จากนั้นวัดตำแหน่งในแนวนอนของสาย Contact Wire เทียบกับแนวกึ่งกลางของราง
3. **การบันทึกผล:** บันทึกค่า Sag และ Stagger ที่วัดได้ลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบ โดยต้องระบุตำแหน่งของ Span ที่ทำการวัดให้ชัดเจนและถูกต้อง

6.3 การประเมินผลและปรับแก้ (Evaluation and Adjustment)

1. **เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน:** นำค่า Sag และ Stagger ที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ระบุไว้ในคู่มือการบำรุงรักษาของระบบ
2. **วิเคราะห์ความผิดปกติ:** ในกรณีที่ค่าที่วัดได้ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ให้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเบื้องต้นของความคลาดเคลื่อนนั้น
3. **ดำเนินการปรับแก้:** ดำเนินการปรับแก้ค่า Sag (เช่น การปรับแรงดึงสาย, การปรับ Counterweight) หรือค่า Stagger ตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในคู่มือการบำรุงรักษาอย่างเคร่งครัด โดยทั่วไปการปรับแก้จะเกิดขึ้นหลังการติดตั้งใหม่, เมื่อผลการวัดตามวาระอยู่นอกเกณฑ์ หรือหลังการบำรุงรักษาส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง เช่น Span หรือ Pulley
4. **ตรวจสอบซ้ำ:** หลังจากดำเนินการปรับแก้เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการวัดค่าซ้ำอีกครั้ง เพื่อยืนยันว่าค่าที่ปรับแก้แล้วนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
5. **รายงานปัญหา:** หากไม่สามารถปรับแก้ค่าให้เป็นไปตามมาตรฐานได้ หรือพบความผิดปกติร้ายแรงอื่นๆ ให้หยุดดำเนินการและรายงานหัวหน้างานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางแก้ไขในลำดับต่อไป

6.4 ขั้นตอนหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน (Post-operation Procedure)

1. **ทำความสะอาดพื้นที่:** จัดการทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน เก็บเศษวัสดุ และคืนสภาพพื้นที่ให้เรียบร้อย
2. **จัดเก็บเครื่องมือ:** ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมด และนำไปจัดเก็บในที่ที่กำหนดไว้อย่างถูกต้อง

เมื่อการปฏิบัติงานภาคสนามเสร็จสิ้น การจัดทำเอกสารรายงานผลคือขั้นตอนสำคัญลำดับถัดไปเพื่อความสมบูรณ์ของกระบวนการบำรุงรักษา

7.0 การบันทึกและรายงานผล (Recording and Reporting)

การบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบคือส่วนสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้วิเคราะห์แนวโน้ม ติดตามสภาพของอุปกรณ์และวางแผนการบำรุงรักษาในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รายงานการปฏิบัติงานควรประกอบด้วยข้อมูลที่จำเป็นดังต่อไปนี้:

- วันที่และเวลาที่ปฏิบัติงาน
- ตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน (เช่น หมายเลข Span, หมายเลข Mast)
- ค่า Sag และ Stagger ที่วัดได้ (ระบุทั้งค่าก่อนและหลังการปรับแก้)
- รายละเอียดการปรับแก้ที่ได้ดำเนินการไป
- ความผิดปกติอื่นๆ ที่พบและข้อเสนอแนะ (ถ้ามี)
- ชื่อผู้ปฏิบัติงานและผู้ควบคุมงาน

การจัดทำรายงานที่สมบูรณ์จะช่วยสร้างฐานข้อมูลที่มีคุณค่าสำหรับการบำรุงรักษาระบบ OCS ในอนาคต

8.0 ภาคผนวก: การวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบ (Appendix: Cause and Effect Analysis)

ภาคผนวกนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับความสำคัญของการรักษาค่า Sag และ Stagger ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยสรุปสาเหตุทั่วไปของความผิดปกติและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นหากปล่อยให้ค่าดังกล่าวอยู่นอกเกณฑ์มาตรฐาน

พารามิเตอร์	สาเหตุของความผิดปกติ	ผลกระทบต่อระบบ OCS
Sag (ระยะหย่อนสูงเกินไป)	- แรงดึงของสายน้อยเกินไป - ความยาวของสายมากเกินกำหนด - อุปกรณ์ Pulley หรือ Counterweight ติดขัด	- การสัมผัสระหว่าง Pantograph กับสายไม่ต่อเนื่อง - Pantograph อาจกระแทกสาย Contact Wire ทำให้เกิดความเสียหาย - เพิ่มอัตราการสึกหรอของทั้งสาย Contact Wire และหน้าสัมผัส Pantograph

Sag (ระยะหย่อนต่ำเกินไป)	- แรงดึงของสายสูงเกินไป - สายสั้นเกินไป หรือติดตั้งผิดพลาด	- **เพิ่มแรงดึงของสาย (Increased Tension)** ซึ่งอาจนำไปสู่การเสื่อมสภาพของสายก่อนเวลาอันควร หรือสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างของเสา (Mast)
Stagger (การจัดตำแหน่งแนวนอน)	- การติดตั้งเสา (Mast) ไม่ตรงตามแนวที่กำหนด - อุปกรณ์ Pulley ทำงานไม่สมดุล - การบำรุงรักษาสาย Contact Wire ไม่ถูกต้องตามขั้นตอน	- การสึกหรอของหน้าสัมผัส Pantograph เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ ทำให้ต้องเปลี่ยนบ่อยขึ้น - อาจเกิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ไม่ต่อเนื่อง - เพิ่มความเสี่ยงที่ Pantograph จะเกี่ยวหรือสร้างความเสียหายให้กับส่วนประกอบอื่นของระบบ OCS

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

รหัสเอกสาร: OCS-MNT-SOP-005 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 บทนำและวัตถุประสงค์

1.1 ความสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance - PM) เป็นหัวใจสำคัญในการบริหารจัดการระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System - OCS) ของระบบรถไฟฟ้า การปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัตินี้อย่างเคร่งครัดคือหลักประกันในการสร้างความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยสูงสุดให้แก่การเดินรถ ทั้งยังช่วยลดต้นทุนในระยะยาวได้อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยการป้องกันความเสียหายรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์หลักของระบบก่อนที่ปัญหาจะลุกลาม

1.2 วัตถุประสงค์

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลัก ดังต่อไปนี้:

- กำหนดมาตรฐานและขั้นตอนการตรวจสอบบำรุงรักษาส่วนประกอบต่างๆ ของระบบ OCS ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน
- สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรอบเวลาการตรวจสอบที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์แต่ละชนิด โดยพิจารณาจากความสำคัญและความเสี่ยง
- เป็นแนวทางในการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ
- ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นล่วงหน้า เพื่อรักษาเสถียรภาพและความปลอดภัยของระบบการเดินรถไฟฟ้า

การดำเนินการตามระเบียบปฏิบัตินี้จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าการบำรุงรักษาทุกขั้นตอนเป็นไปตามมาตรฐานสูงสุด โดยยึดหลักความปลอดภัยเป็นสำคัญตามแนวทางปฏิบัติในหัวข้อถัดไป

2.0 แนวทางปฏิบัติทั่วไปและความปลอดภัย

2.1 หลักการด้านความปลอดภัย

ความปลอดภัยถือเป็นหัวใจสำคัญสูงสุดในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบ OCS ซึ่งเป็นระบบที่มีไฟฟ้าแรงสูง การปฏิบัติตามแนวทางที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัดจึงเป็นเงื่อนไขบังคับ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุร้ายแรงและสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัยสำหรับช่างเทคนิคและบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกคน

2.2 ข้อปฏิบัติสำคัญ

เพื่อให้การบำรุงรักษาเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุด ช่างเทคนิคต้องยึดถือข้อปฏิบัติดังต่อไปนี้:

1. **ช่วงเวลาการปฏิบัติงาน:** ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าพื้นที่เพื่อบำรุงรักษาระบบ OCS คือ **ช่วงเวลากลางคืนหลังจากระบบปิดให้บริการและมีการตัดกระแสไฟฟ้าแล้ว** เพื่อลดความเสี่ยงจากการสัมผัสไฟฟ้าแรงสูงและผลกระทบต่อการเดินรถ
2. **การประสานงาน:** การวางแผนรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะต้องดำเนินการควบคู่ไปกับ **แผนการเดินรถไฟฟ้า** เสมอ เพื่อให้มั่นใจว่าการปฏิบัติงานจะไม่ส่งผลกระทบต่อการให้บริการผู้โดยสาร
3. **การปรับเปลี่ยนแผน:** ในกรณีที่มีการ **เพิ่มจำนวนรอบการเดินรถ** อย่างมีนัยสำคัญ จะต้องมีการพิจารณาทบทวนและเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบอุปกรณ์ตามความเหมาะสม แม้จะยังไม่ครบรอบที่กำหนดไว้เดิมก็ตาม เพื่อรองรับการใช้งานที่หนักขึ้น

การปฏิบัติตามแนวทางเหล่านี้จะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัดในหัวข้อต่อไป

3.0 ตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule)

3.1 ภาพรวมตารางการตรวจสอบ

ตารางต่อไปนี้สรุปกรอบเวลาและรอบการตรวจสอบมาตรฐานสำหรับส่วนประกอบต่างๆ ของระบบ OCS ความถี่ในการตรวจสอบได้ถูกกำหนดขึ้นโดยพิจารณาจากปัจจัยหลายด้าน เช่น ความสำคัญและความเสี่ยงของอุปกรณ์ สถิติความเสียหายในอดีต ปริมาณการใช้งาน และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้น

3.2 ตารางการตรวจสอบตามรอบเวลา

ความถี่ในการตรวจสอบ	รายการอุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ	หมายเหตุ
รายสัปดาห์	• Steady Arm	เฉพาะในพื้นที่ที่เป็นทางโค้งของรถไฟ
รายเดือน	• Contact Wire • Auto Tensioning Device • Dropper	สำหรับ Dropper ให้เน้นในพื้นที่ที่มีการใช้งานสูง
ทุก 6 เดือน	• Insulator (ฉนวนไฟฟ้า)	เฉพาะในพื้นที่ที่มีฝุ่นหรือความชื้นสูงเป็นพิเศษ
รายปี	• โครงสร้างหลัก เช่น เสาค้ำเหล็ก	ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างโดยรวม

ตารางข้างต้นเป็นแนวทางมาตรฐานในการวางแผนงาน อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติงานจริงจะต้องอ้างอิงขั้นตอนและจุดตรวจสอบโดยละเอียดสำหรับอุปกรณ์แต่ละชนิดในหัวข้อถัดไป

4.0 ขั้นตอนการตรวจสอบตามประเภทอุปกรณ์

4.1 แนวทางการตรวจสอบเชิงลึก

หัวข้อนี้จะลงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการและจุดที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษในการตรวจสอบส่วนประกอบหลักแต่ละชิ้นของระบบ OCS เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถตรวจพบข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำและทันท่วงที นำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 จุดตรวจสอบและข้อควรระวัง

4.2.1 สายส่งไฟฟ้า (Contact Wire)

- **จุดตรวจสอบหลัก:** ตรวจวัด **แรงดึง** ของสายอย่างสม่ำเสมอให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนด
- **ความเสี่ยงหากละเลย:** หากสายหย่อนหรือตึงเกินไป อาจก่อให้เกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า และส่งผลต่อคุณภาพการรับไฟฟ้าของตัวรถ
- **การแก้ไขเบื้องต้น:** หากพบว่าแรงดึงต่ำกว่าค่าที่กำหนด ให้ดำเนินการตรวจสอบการทำงานของ Auto Tensioning Device เป็นลำดับแรก

4.2.2 อุปกรณ์ปรับแรงดึงอัตโนมัติ (Auto Tensioning Device)

- **จุดตรวจสอบหลัก:** ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นในกลไก และสังเกตภาวะสมดุลของชุดน้ำหนักถ่วง
- **อาการที่พบบ่อย:** น้ำมันหล่อลื่นแห้ง หรือชุดน้ำหนักถ่วงไม่สมดุล ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อแรงดึงของสาย Contact Wire

4.2.3 ฉนวนไฟฟ้า (Insulator)

- **จุดตรวจสอบหลัก:**
    - ตรวจสอบสภาพภายนอกด้วยสายตา เพื่อหารอยการแตกร้าว บิ่น หรือคราบสกปรกที่เกาะแน่น
    - ใช้เครื่องมือวัดค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้า เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงาน
- **ปัจจัยเสี่ยง:** ฉนวนไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะเสื่อมสภาพเร็วขึ้นในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศร้อนและมีความชื้นสูง

4.2.4 อุปกรณ์ยึดโยง (Cantilever)

- **จุดตรวจสอบหลัก:**
    - ตรวจสอบรอยเชื่อมและร่องรอยการเกิดสนิมบนโครงสร้าง
    - ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างโดยรวม
    - ตรวจสอบความแน่นหนาของน็อตและจุดยึดต่างๆ เป็นพิเศษ

4.2.5 สายแขวน (Dropper)

- **จุดตรวจสอบหลัก:** ตรวจสอบสภาพสายด้วยสายตา เพื่อหาร่องรอยการขาดหรือการชำรุดเสียหาย
- **ข้อบ่งชี้:** การขาดของ Dropper อาจเป็นสัญญาณบ่งชี้ถึงความผิดปกติ เช่น ความหย่อนในสาย Contact Wire

4.2.6 สาย Messenger (Messenger Wire)

- **จุดตรวจสอบหลัก:**
    - ตรวจสอบการขึงตึงของสาย
    - ตรวจหารอยไหม้ที่อาจเกิดจากการลัดวงจร
    - ตรวจสอบการสึกหรอของพื้นผิวสาย
- **ข้อควรระวัง:** สาย Messenger Wire ทำหน้าที่รับแรงทางกลเป็นหลัก และ **ไม่ใช่** ฉนวนไฟฟ้า

4.2.7 สายดิน (Earth Cable)

- **จุดตรวจสอบหลัก:** ตรวจสอบความมั่นคงและความแน่นหนาของจุดเชื่อมต่อลงกราวด์ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบป้องกันทำงานได้อย่างสมบูรณ์

ผลการตรวจสอบทั้งหมดจะต้องถูกบันทึกอย่างเป็นระบบตามหลักเกณฑ์ในหัวข้อถัดไป เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผนและปรับปรุงการบำรุงรักษาในระยะยาว

5.0 การบันทึกและรายงานผล

5.1 ความสำคัญของการบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน และเป็นระบบ คือรากฐานของการวางแผน PM ที่มีประสิทธิภาพ ข้อมูลเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวิเคราะห์แนวโน้มความเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ การวางแผนจัดซื้ออะไหล่ล่วงหน้า และการปรับปรุงประสิทธิภาพของแผนการบำรุงรักษาโดยรวมให้ดียิ่งขึ้น

5.2 แนวทางการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

- **ข้อมูลที่ต้องบันทึก:** ในการตรวจสอบทุกครั้ง จะต้องบันทึก **ค่าที่ตรวจวัดได้และสภาพของอุปกรณ์** ที่ตรวจสอบพบอย่างละเอียด ไม่ใช่เพียงแค่บันทึกว่า "ปกติ" หรือ "ผิดปกติ"
- **เครื่องมือที่แนะนำ:** การประยุกต์ใช้ **ระบบดิจิทัล** ในการบันทึก จัดเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลจะช่วยให้การติดตามผลและวางแผน PM ในอนาคตมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ
- **วัตถุประสงค์ของตาราง PM:** การจัดทำตาราง PM ประจำเดือนและรายปีนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การบำรุงรักษาสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยและรองรับความเสี่ยงของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้งาน

ระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP)

ความปลอดภัยสำหรับการทำงานบนที่สูงในระบบ OCS

รหัสเอกสาร: OCS-MNT-SOP-007 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 บทนำและวัตถุประสงค์ (Introduction and Objective)

การปฏิบัติงานซ่อมบำรุงบนระบบไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System: OCS) เป็นภารกิจที่มีความซับซ้อนและมีความเสี่ยงสูงโดยธรรมชาติ การทำงานบนที่สูงท่ามกลางระบบไฟฟ้าแรงสูงเรียกร้องให้ช่างเทคนิคทุกคนต้องมีวินัยและความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยในระดับสูงสุด เอกสารระเบียบปฏิบัตินี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการปกป้องชีวิตและสร้างมาตรฐานความปลอดภัยสูงสุดให้กับการปฏิบัติงานทุกครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าช่างเทคนิคทุกคนสามารถกลับบ้านได้อย่างปลอดภัยหลังเสร็จสิ้นภารกิจ

วัตถุประสงค์หลักของระเบียบปฏิบัตินี้คือ:

- เพื่อสร้างมาตรฐานการตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัยก่อนขึ้นปฏิบัติงานบนที่สูง
- เพื่อกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายก่อนเริ่มงาน
- เพื่อสร้างความเข้าใจในข้อกำหนดด้านความปลอดภัยที่ต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

การเตรียมความพร้อมอย่างรอบคอบก่อนเริ่มงาน คือปราการด่านแรกและเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น

2.0 การประเมินความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน (Pre-Work Readiness Assessment)

การประเมินความพร้อมอย่างรอบคอบและเป็นระบบก่อนการปฏิบัติงาน ถือเป็นขั้นตอนเชิงรุกที่สามารถลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้เกือบทั้งหมด และเป็นความรับผิดชอบโดยตรงของช่างเทคนิคทุกคนที่จะต้องดำเนินการตรวจสอบอย่างละเอียดก่อนเริ่มปฏิบัติภารกิจใดๆ บนที่สูง

2.1 รายการตรวจสอบภาคบังคับก่อนเริ่มงาน (Mandatory Pre-Work Checklist)

ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน ให้ใช้ตารางต่อไปนี้เพื่อตรวจสอบและยืนยันความพร้อมของอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมโดยรอบ

รายการตรวจสอบ	สถานะ	ข้อปฏิบัติ/ข้อควรระวัง
ระบบป้องกันการตกส่วนบุคคล (Personal Fall Arrest System)		
สายรัดตัวนิรภัย (Full Body Harness)	ต้องพร้อมใช้งานและไม่ชำรุด	ตรวจสอบสภาพสาย จุดเย็บ และความแข็งแรงของหัวเข็มขัดทุกครั้งก่อนใช้งาน
เชือกกันตก (Lanyard)	ต้องพร้อมใช้งานและไม่ชำรุด	ตรวจสอบสภาพเชือกและตะขอเกี่ยว ต้องไม่มีร่องรอยการชำรุดเสียหาย
จุดยึด/จุดเกี่ยวตะขอ (Anchor Point)	ต้องผ่านการรับรองและแข็งแรง	ต้องสามารถรับแรงกระแทกจากการตกได้อย่างน้อย 15,000 N และห้ามยึดกับท่อร้อยสายไฟโดยเด็ดขาด
อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) อื่นๆ		
หมวกนิรภัย (Helmet)	ต้องพร้อมใช้งานและอยู่ในสภาพดี	ต้องสวมใส่พร้อมคาดสายรัดคางให้แน่นเสมอเพื่อป้องกันการหลุดร่วง
สภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน		
สภาพพื้นที่โดยรอบ	ปลอดภัย ไม่มีสิ่งกีดขวาง	พื้นที่ต้องไม่ลื่นและปราศจากสิ่งกีดขวางที่อาจก่อให้เกิดการสะดุดล้ม

สภาพอากาศ	ปลอดภัย ไม่มีความเสี่ยง	ต้องไม่มีฝนตกหรือลมแรง (ความเร็วลมเกิน 30 กม./ชม. ถือว่าไม่ปลอดภัยและต้องงดปฏิบัติงาน)
การควบคุมและการสื่อสาร		
การควบคุมงานความปลอดภัย	มีผู้ควบคุมงานกำกับดูแล	ต้องมีผู้ควบคุมงานความปลอดภัย (Safety Supervisor) อยู่ในพื้นที่ตลอดการปฏิบัติงาน
การควบคุมทางไฟฟ้า	ระบบไฟฟ้าถูกตัดการเชื่อมต่อ	ต้องมีการปิดระบบจ่ายไฟฟ้าและยืนยันว่าไม่มีแรงดันไฟฟ้าในระบบก่อนเริ่มทำงาน
การควบคุมพื้นที่	มีการกั้นพื้นที่และติดป้ายเตือน	ต้องมีป้ายเตือน "ห้ามเข้า" ติดตั้งอย่างชัดเจนในพื้นที่ปฏิบัติงาน
การสื่อสารในทีม	มีการสื่อสารที่ชัดเจน	ต้องมีการพูดคุยประสานงานก่อนเริ่มงาน (Tool Box Meeting) เพื่อให้ทุกคนเข้าใจแผนงานและขั้นตอนความปลอดภัย

เมื่อการประเมินความพร้อมตามรายการข้างต้นเสร็จสมบูรณ์และทุกอย่างอยู่ในสถานะปลอดภัยแล้ว ช่างเทคนิคจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานบนที่สูงอย่างเคร่งครัดต่อไป

3.0 ขั้นตอนการปฏิบัติงานบนที่สูงอย่างปลอดภัย (Safe Work Procedures at Height)

เมื่อขึ้นไปปฏิบัติงานบนที่สูงแล้ว การยึดมั่นและปฏิบัติตามขั้นตอนที่เป็นมาตรฐานคือหัวใจสำคัญของการรักษาความปลอดภัยตลอดระยะเวลาการทำงาน เพื่อป้องกันทั้งการตกจากที่สูงและอันตรายอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้น

3.1 หลักการป้องกันการตก (Fall Protection Principles)

1. **การใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้อง:** ต้องใช้ **สายรัดตัวนิรภัยแบบเต็มตัว (Full Body Harness)** เสมอในการปฏิบัติงานบนที่สูง อุปกรณ์ชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อกระจายแรงกระแทกทั่วร่างกายเมื่อเกิดการตก ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บรุนแรงที่กระดูกสันหลังได้อย่างมีนัยสำคัญ และปลอดภัยกว่าเข็มขัดกันตกแบบคาดเอว

2. **การตรวจสอบอุปกรณ์:** ต้องตรวจสอบสภาพของสายรัดตัวนิรภัย โดยเน้นที่ความแข็งแรงของหัวเข็มขัดและสภาพของรอยเย็บต่างๆ ก่อนการใช้งานทุกครั้ง หากพบว่าอุปกรณ์ชำรุดหรือมีร่องรอยการสึกหรอที่น่าสงสัย ต้องแจ้งผู้ควบคุมงานเพื่อขอเปลี่ยนใหม่ทันที เนื่องจากการใช้งานอุปกรณ์ที่ชำรุดอาจนำไปสู่ความล้มเหลวของระบบป้องกันการตกทั้งหมด **ห้าม**ซ่อมแซมด้วยตนเองหรือนำไปใช้งานชั่วคราวโดยเด็ดขาด
3. **การยึดเกาะที่ปลอดภัย:** ต้องเกี่ยวตะขอของเชือกกันตก (Lanyard) กับ **จุดยึด (Anchor Point)** ที่ได้รับการออกแบบและรับรองว่ามีความมั่นคงแข็งแรงเท่านั้น ห้ามยึดเกี่ยวกับโครงสร้างที่ไม่น่าเชื่อถือ หรือส่วนประกอบที่ไม่ใช่จุดยึดโดยเฉพาะ เช่น ราวสะพาน ท่อร้อยสายไฟ หรือโครงสร้างชั่วคราวอื่นๆ

3.2 การจัดการเครื่องมือและการทำงานเป็นทีม (Tool Management and Teamwork)

- **ต้องมี**สายคล้อง (Tether) สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ทุกชิ้นที่นำขึ้นไปบนที่สูง เพื่อป้องกันการตกหล่นซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่อยู่ด้านล่าง
- **ต้องใช้**วิธีหย่อนเชือกในการรับ-ส่งเครื่องมือระหว่างผู้ปฏิบัติงานบนที่สูงและทีมสนับสนุนภาคพื้นดินเท่านั้น ห้ามโยนเครื่องมือขึ้นหรือลงโดยเด็ดขาด
- **ต้องมี**ทีมงานอย่างน้อย 2 คนเสมอในการปฏิบัติงานบนที่สูง เพื่อให้สามารถช่วยเหลือกันได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
- **ต้องรักษา**การสื่อสารที่ชัดเจนและต่อเนื่องระหว่างทีมงานตลอดเวลา เช่น การใช้วิทยุสื่อสารหรือสัญญาณมือที่ตกลงกันไว้ล่วงหน้า เพื่อการประสานงานที่ราบรื่นและปลอดภัย
- **ต้องมี**ผู้ช่วยจับยึดบันไดไว้ที่พื้นเสมอ หากทำงานบนบันไดที่มีความสูงเกิน 2 เมตร

การเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับสถานการณ์ไม่คาดฝันก็มีความสำคัญไม่แพ้กับการป้องกันเชิงรุก

4.0 การจัดการสถานการณ์ฉุกเฉินและสภาวะผิดปกติ (Handling Emergencies and Abnormal Conditions)

แม้จะมีการวางแผนและเตรียมการที่ดีเพียงใด สถานการณ์ที่ไม่คาดคิดอาจเกิดขึ้นได้เสมอ การมีความรู้ความเข้าใจในวิธีตอบสนองที่ถูกต้องและทันท่วงทีจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อจำกัดความเสียหายและรักษาความปลอดภัยของทุกคน

- **เมื่อสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงกะทันหัน (ลมแรงเกิน 30 กม./ชม. หรือฝนตก): ให้**หยุดการทำงานทันทีและลงจากที่สูงมายังจุดที่ปลอดภัย
- **เมื่อพบว่าพื้นที่ปฏิบัติงานไม่ปลอดภัย (เช่น พื้นลื่น, มีสิ่งกีดขวาง): ให้**หยุดปฏิบัติงานและแจ้งผู้ควบคุมงานเพื่อจัดการพื้นที่ให้เรียบร้อยก่อนเริ่มงานใหม่
- **เมื่อพบว่าไม่มีการติดตั้งป้ายเตือนในพื้นที่: ให้**แจ้งผู้ควบคุมงานเพื่อดำเนินการติดตั้งป้าย "ห้ามเข้า" ให้เรียบร้อยก่อนเริ่มปฏิบัติงาน
- **กรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน (ผู้ปฏิบัติงานบาดเจ็บหรือหมดสติ): ให้**ใช้ช่องทางการสื่อสารที่ตกลงกันไว้ (วิทยุสื่อสาร, สัญญาณมือ) เพื่อแจ้งทีมงานภาคพื้นดินและผู้ควบคุมงาน **ทันที** เพื่อเริ่มแผนการช่วยเหลือฉุกเฉิน (Emergency Rescue Plan)

ความปลอดภัยเป็นความรับผิดชอบร่วมกันของทุกคน การปฏิบัติตามระเบียบนี้อย่างเคร่งครัด คือเครื่องพิสูจน์ความเป็นมืออาชีพและเป็นพันธสัญญาที่เรามีต่อความปลอดภัยของตนเองและเพื่อนร่วมงานทุกคน

ระเบียบปฏิบัติงานมาตรฐาน (SOP)

การวัดแรงดึงสายไฟฟ้าสัมผัส (Contact Wire) ในระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

รหัสเอกสาร: OCS-MNT-SOP-006 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 วัตถุประสงค์และขอบเขต

การรักษาระดับแรงดึงของสายไฟฟ้าสัมผัส (Contact Wire) ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เป็นหัวใจสำคัญของการบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System - OCS) แรงดึงที่เหมาะสมจะช่วยให้แพนโทกราฟ (Pantograph) ของขบวนรถไฟสามารถสัมผัสกับสายส่งไฟฟ้าได้อย่างแนบสนิทและต่อเนื่องตลอดเส้นทาง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อเสถียรภาพในการจ่ายกระแสไฟฟ้า ความน่าเชื่อถือของระบบ และความปลอดภัยสูงสุดในการเดินรถ ระเบียบปฏิบัติงานฉบับนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานสำหรับช่างเทคนิคภาคสนาม

1.1 วัตถุประสงค์

เป้าหมายหลักของระเบียบปฏิบัติงานฉบับนี้ คือ:

- เพื่อให้ช่างเทคนิคสามารถใช้เครื่องมือวัดแรงดึงสายไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย
- เพื่อให้ช่างเทคนิคเข้าใจหลักการทำงานและสามารถอ่านค่าจากเครื่องมือวัดได้อย่างแม่นยำ
- เพื่อให้ช่างเทคนิคสามารถบันทึก วิเคราะห์ และแปลผลค่าแรงดึงที่วัดได้ เพื่อระบุความผิดปกติที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบ OCS
- เพื่อสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกันในการตรวจสอบแรงดึงสายไฟฟ้าสัมผัส

1.2 ขอบเขต

ระเบียบปฏิบัติงานฉบับนี้ครอบคลุมขั้นตอนการวัดแรงดึงสำหรับ **สายไฟฟ้าสัมผัส (Contact Wire)** เท่านั้น โดยมีผลบังคับใช้กับช่างเทคนิคฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัวที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ตรวจวัดในภาคสนาม

การปฏิบัติตามขั้นตอนทั้งหมดเริ่มต้นจากการสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัย ซึ่งเป็นข้อกำหนดเบื้องต้นที่สำคัญที่สุด

2.0 ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย

ความปลอดภัยถือเป็นเงื่อนไขสำคัญอันดับแรกและไม่สามารถประนีประนอมได้ในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบ OCS การละเลยขั้นตอนด้านความปลอดภัยอาจนำไปสู่อุบัติเหตุร้ายแรงถึงแก่ชีวิตได้ ช่างเทคนิคทุกคนต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด:

1. **ตรวจสอบและยืนยันการตัดระบบไฟฟ้า (Verify and Confirm De-energization):** ต้องปฏิบัติงานหลังจากที่ระบบจ่ายไฟฟ้าถูกตัดการเชื่อมต่อโดยสมบูรณ์เท่านั้น และต้องใช้เครื่องมือตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Detector) ยืนยันสภาวะปลอดพลังงาน (Zero-Energy State) ก่อนการสัมผัสอุปกรณ์ใดๆ ในระบบโดยเด็ดขาด
2. **ปฏิบัติงานเป็นทีม:** การปฏิบัติงานบนระบบ OCS ต้องดำเนินการเป็นทีมเสมอ เพื่อการเฝ้าระวังความปลอดภัยร่วมกัน (for mutual safety monitoring) และให้ความช่วยเหลือกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน
3. **ต้องสวมใส่ PPE ที่เหมาะสมและผ่านการตรวจสอบ:** ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment) ที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์และเหมาะสมกับลักษณะงานตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง **ถุงมือฉนวน** เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นได้

เมื่อมาตรการด้านความปลอดภัยทั้งหมดได้รับการยืนยันแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเตรียมเครื่องมือที่ถูกต้องและผ่านการตรวจสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าการปฏิบัติงานจะสำเร็จลุล่วงอย่างปลอดภัยและแม่นยำ

3.0 อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็น

การใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและได้รับการบำรุงรักษาอย่างดีเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้ได้ค่าการวัดที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการตัดสินใจบำรุงรักษาระบบต่อไป อุปกรณ์ที่ต้องเตรียมมีดังนี้:

- **เครื่องวัดแรงดึง (Dynamometer หรือ Tension Gauge):**
    - แสดงผลการวัดในหน่วย **นิวตัน (N)**
    - **ต้องผ่านการสอบเทียบ (Calibrated)** และมีใบรับรองที่ยังไม่หมดอายุ
- **สมุดบันทึกสำหรับช่างเทคนิคและอุปกรณ์ถ่ายภาพ:**
    - ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลที่วัดได้ในภาคสนามทันที รวมถึงการถ่ายภาพเพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบในกรณีที่พบความผิดปกติหรือข้อสังเกตเพิ่มเติม

หลังจากรวบรวมเครื่องมือที่จำเป็นครบถ้วนแล้ว จะต้องดำเนินการเตรียมความพร้อมของเครื่องมือก่อนนำไปใช้งานจริง

4.0 ขั้นตอนการเตรียมการก่อนการวัด

การตรวจสอบและเตรียมความพร้อมของเครื่องมือก่อนเริ่มทำการวัด เป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยรับประกันความน่าเชื่อถือของข้อมูลและป้องกันการอ่านค่าที่ผิดพลาด ซึ่งอาจนำไปสู่การตัดสินใจบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้องได้

1. **ตรวจสอบสภาพภายนอกของเครื่องมือ:** ตรวจสอบว่าไม่มีร่องรอยความเสียหายที่อาจส่งผลต่อการทำงานที่ถูกต้องของเครื่องมือ
2. **ตรวจสอบและปรับค่าเครื่องมือเป็นศูนย์ (Zeroing):** ก่อนนำเครื่องวัดแรงดึงไปเชื่อมต่อกับสายไฟฟ้าสัมผัส ให้ตรวจสอบการทำงานเบื้องต้น และที่สำคัญที่สุดคือต้อง **ปรับค่าเครื่องมือเป็นศูนย์** เพื่อให้การวัดเริ่มต้นจากจุดอ้างอิงที่ถูกต้อง

เมื่อการเตรียมการทั้งหมดเสร็จสิ้น ช่างเทคนิคสามารถดำเนินการวัดแรงดึงตามขั้นตอนต่อไปได้

5.0 ระเบียบปฏิบัติการวัดแรงดึง

ส่วนนี้จะอธิบายลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานในภาคสนามเพื่อให้ได้ค่าแรงดึงที่แม่นยำและสอดคล้องตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

1. **ระบุตำแหน่งการวัด:** เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนของแรงดึงในแต่ละช่วงได้อย่างแม่นยำที่สุด ให้เลือกจุดวัดที่บริเวณ **กลางช่วงระหว่างเสา (Mid-span)**

2. **เชื่อมต่อเครื่องมือ:** นำเครื่องวัดแรงดึง (Dynamometer) ไปเชื่อมต่อกับ **สายไฟฟ้าสัมผัส (Contact Wire)** อย่างมั่นคง **โดยปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องมืออย่างเคร่งครัด**
3. **อ่านค่าแรงดึง:** อ่านค่าแรงดึงที่ปรากฏบนหน้าจอของเครื่องมือวัด โดยค่าที่อ่านได้จะแสดงในหน่วย **นิวตัน (N)**
4. **ดำเนินการบันทึก:** บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในสมุดบันทึกทันที **หลังจากวัดค่าในแต่ละจุดเสร็จสิ้น** เพื่อป้องกันการลืมหรือความสับสนของข้อมูล

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวัดเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำข้อมูลเหล่านั้นมาบันทึกอย่างเป็นระบบเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

6.0 การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

การบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบและมีแบบแผนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้จะถูกใช้เป็นพื้นฐานในการประเมินสภาพของระบบ OCS การวิเคราะห์แนวโน้ม และการตัดสินใจวางแผนการบำรุงรักษาในอนาคต

6.1 ตารางบันทึกผลการวัด

ให้ใช้ตารางตามรูปแบบด้านล่างนี้ในการบันทึกข้อมูลที่รวบรวมได้จากภาคสนาม

ลำดับ	ตำแหน่งตรวจวัด (เสา/จุด)	ค่าที่อ่านได้ (N)	ค่ามาตรฐาน (N)	สถานะ (ผ่าน/ไม่ผ่าน)	หมายเหตุ
1					
2					
3					
4					
5					

6.2 เกณฑ์การพิจารณา

ใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ในการระบุ "สถานะ" ของแรงดึงในแต่ละจุดที่ทำการวัด:

- **ผ่าน:** เมื่อค่าที่อ่านได้อยู่ในช่วงแรงดึงมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง **10–12 กิโลนิวตัน (kN)**
- **ไม่ผ่าน:** เมื่อค่าที่อ่านได้มีค่า **ต่ำกว่า** หรือ **สูงกว่า** ช่วงแรงดึงมาตรฐานที่กำหนด
- **หมายเหตุ:** ใช้คอลัมน์นี้เพื่อบันทึกข้อสังเกตที่สำคัญหรือเหตุการณ์ผิดปกติ ณ จุดตรวจวัด เช่น ค่าที่วัดได้อยู่นอกเกณฑ์มาตรฐานเพียงเล็กน้อย หรือสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการวัด

การวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกไว้อย่างละเอียดจะช่วยให้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

7.0 การแปลผลและสาเหตุของความผิดปกติ

การทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงที่ผิดปกติกับผลกระทบที่เกิดขึ้น จะช่วยให้ช่างเทคนิคสามารถวินิจฉัยสาเหตุเบื้องต้นและรายงานปัญหาได้อย่างแม่นยำ ตารางด้านล่างนี้สรุปความผิดปกติที่อาจพบได้

ลักษณะของค่าที่ผิดปกติ	ผลกระทบต่อระบบ OCS	สาเหตุที่เป็นไปได้
แรงดึงต่ำกว่ามาตรฐาน	การสัมผัสของแพนโทกราฟไม่แนบสนิท ทำให้การส่งกระแสไฟฟ้าไม่ต่อเนื่อง อาจเกิดประกายไฟ (Arcing) และทำให้หน้าสัมผัสของทั้งสองส่วนสึกหรอเร็วขึ้น	• ผลกระทบจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง • ตัวถ่วงน้ำหนัก (Balance Weight) ในระบบปรับแรงดึงอัตโนมัติ (ATD) เกิดความเสียหายหรือติดขัด

แรงดึงสูงกว่ามาตรฐาน	ทำให้สายเกิดการหดตัวหรือตึงเกินไป เพิ่มความเสี่ยงที่สายจะขาดได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิลดลง และเพิ่มการสึกหรอของหน้าสัมผัสแพนโทกราฟ	• ผลกระทบจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง • การปรับตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดึงอัตโนมัติ (Auto Tensioning Device) ไม่ถูกต้อง
แรงดึงไม่คงที่ตลอดเส้นทาง	การสัมผัสของแพนโทกราฟไม่สม่ำเสมอ เกิดแรงกระแทกเป็นช่วงๆ ซึ่งส่งผลเสียต่อทั้งหน้าสัมผัสแพนโทกราฟและสายไฟฟ้าสัมผัส	• การติดตั้งสายแขวน (Dropper) ไม่สม่ำเสมอ หรือระยะห่างไม่ถูกต้อง

การทราบถึงสาเหตุเหล่านี้จะนำไปสู่การวางแผนการตรวจสอบและแก้ไขที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งต้องดำเนินการอย่างสม่ำเสมอตามความถี่ที่กำหนด

8.0 ความถี่ในการตรวจสอบ

เพื่อให้มั่นใจว่าแรงดึงของสายไฟฟ้าสัมผัสอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอย่างสม่ำเสมอและสามารถตรวจจับความผิดปกติได้อย่างทันท่วงที การตรวจสอบวัดแรงดึงควรดำเนินการเป็นประจำ

ความถี่ที่แนะนำในการตรวจสอบคือ **เดือนละ 1 ครั้ง (Monthly)** หรืออาจเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบให้มากขึ้นหากมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมหรือสภาพอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแรงดึงของสายได้

คู่มือภาคสนามสำหรับช่างเทคนิค

การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบ OCS จากแบบแปลน Layout

รหัสเอกสาร: OCS-MNT-Handbook-003 **ฉบับที่:** 1.0 **วันที่มีผลบังคับใช้:** [ระบุวันที่]

หน่วยงานรับผิดชอบ: ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือหัว

1.0 บทนำ: ความสำคัญของการวิเคราะห์แบบแปลน Layout สำหรับงานบำรุงรักษา

ความสามารถในการวิเคราะห์แบบแปลน Layout ของระบบไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Contact System: OCS) ได้อย่างแม่นยำ ถือเป็นทักษะพื้นฐานและเป็นรากฐานสำคัญของงานบำรุงรักษาทั้งหมด แบบแปลนไม่ได้เป็นเพียงแผนผังบอกตำแหน่ง แต่เป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยให้ทีมช่างเทคนิคสามารถวางแผนงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทำความเข้าใจข้อมูลที่ปรากฏบนแบบแปลนอย่างถ่องแท้ จะนำไปสู่การปฏิบัติงานที่ปลอดภัย รวดเร็ว และช่วยรักษาความน่าเชื่อถือของระบบในระยะยาว คู่มือนี้ได้สังเคราะห์ความรู้หลักจากใบงานภาคปฏิบัติ เพื่อยกระดับความเข้าใจสู่การใช้งานจริงในภาคสนาม

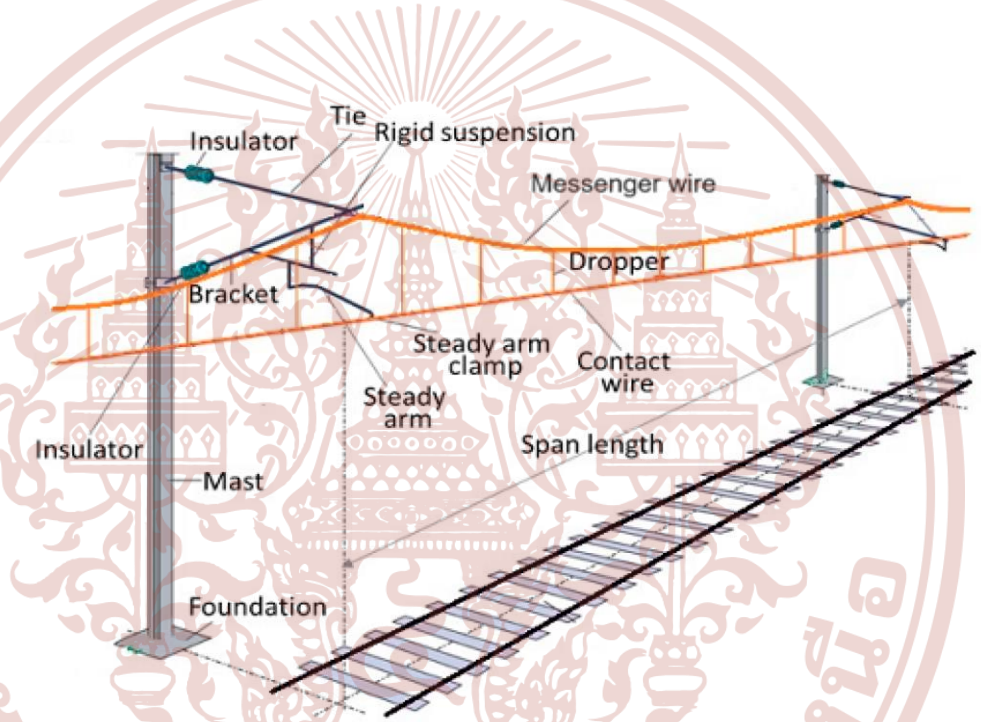
คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับช่างเทคนิคภาคสนาม โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้:

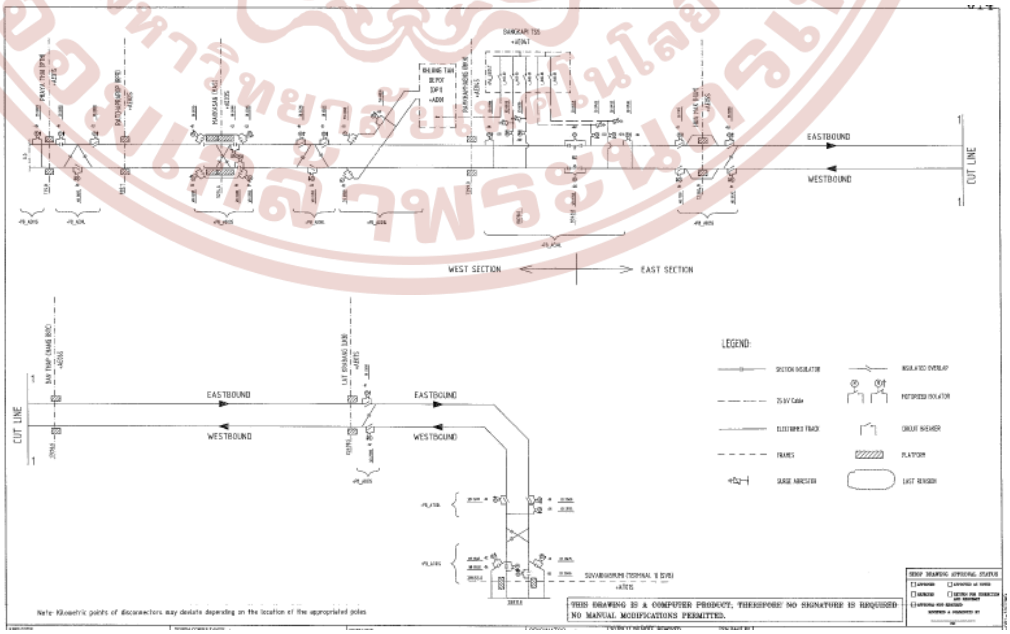
- **เพื่อการอ่านและวิเคราะห์แบบแปลน:** สร้างความเข้าใจในการตีความสัญลักษณ์และข้อมูลบนแบบแปลน OCS ได้อย่างถูกต้อง
- **เพื่อการระบุส่วนประกอบสำคัญ:** สามารถจำแนกตำแหน่งและชนิดของอุปกรณ์หลักที่ปรากฏในแบบแปลนได้
- **เพื่อการวางแผนเชิงรุก:** สามารถนำข้อมูลจากแบบแปลนไปใช้วางแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงปฏิบัติได้อย่างเป็นระบบ

กลุ่มเป้าหมายหลักของคู่มือนี้คือ "ช่างเทคนิคระดับปฏิบัติการ" ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าเหนือศีรษะโดยตรง การทำความเข้าใจองค์ประกอบพื้นฐานในแบบแปลนตามที่ระบุในคู่มือนี้ จะเป็นก้าวแรกที่สำคัญในการยกระดับสู่การเป็นผู้เชี่ยวชาญในสายงาน

2.0 การถอดรหัสสัญลักษณ์บนแบบแปลน OCS: จากสัญลักษณ์สู่ส่วนประกอบจริง

หัวใจสำคัญของการใช้งานแบบแปลน Layout คือการทำความเข้าใจและตีความสัญลักษณ์มาตรฐานต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง สัญลักษณ์เหล่านี้เป็นภาษาสากลที่ใช้สื่อสารระหว่างทีมวิศวกรและช่างเทคนิคภาคสนาม ส่วนนี้จะเป็นแหล่งอ้างอิงสำคัญที่เชื่อมโยงสัญลักษณ์บนกระดาษเข้ากับอุปกรณ์จริงที่คุณต้องตรวจสอบและบำรุงรักษาในสนาม





Symbol	Description, Poles, Catenary
	OCS pole
	pole with one cantilever
	pole with two cantilevers
	drop bracket
	fixing at structure
	pole with backstay
	fixed termination for contact wire and messenger wire (without tensioning device)
	tensioning device for contact wire and messenger wire
	fixed termination for contact wire in depot
	tensioning device for contact wire in depot
	fixpoint for catenary
0.35	cantilever pull off type, stagger = 35 cm
0.35	cantilever push off type, stagger = 35 cm

Symbol	Description, Switching
	section insulator
	insulator
	earthing connection pole – rail
	earthing connection pole – pole
	aerial earth wire
	jumper CW – MW CU120 flex
	jumper for catenary CU120 flex
	jumper for catenary 2x CU120 flex
	electrical connection
-43	OCS-Switch remote controlled
	termination for aerial earth wire
	intermediate termination for aerial earth wire

ตารางด้านล่างนี้สรุปสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ OCS ที่สำคัญ พร้อมคำอธิบายหน้าที่หลักและจุดสังเกตที่ควรทราบ

ชื่ออุปกรณ์ (Component)	**คำอธิบายสัญลักษณ์บนแบบแปลน (Symbol Description)**	**หน้าที่หลักและจุดสังเกต (Key Function & Location)**
เสาไฟฟ้า (Pole / Mast)	สัญลักษณ์รูปเสาไฟฟ้า	โครงสร้างหลักสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ OCS ทั้งหมด
สายคอนแทค (Contact Wire)	เส้นหนาทึบแนวนอนที่ลากไปตามแนวราง	สายไฟเส้นล่างสุดที่สัมผัสโดยตรงกับตัวรับกระแสไฟฟ้า (Pantograph) ของรถไฟฟ้า
สายส่ง (Messenger Wire)	เส้นโค้งที่อยู่เหนือสายคอนแทค และมีสายดรอปเปอร์เชื่อมต่อลงมา	ทำหน้าที่รับน้ำหนักและรักษาระดับของสายคอนแทคให้ขนานไปกับแนวราง
สายดรอปเปอร์ (Dropper)	เส้นประหรือเส้นขีดตรงสั้นๆ ในแนวตั้งที่เชื่อมระหว่างสายส่งและสายคอนแทค	ทำหน้าที่ยึดและปรับระดับความสูงของสายคอนแทค จุดนี้มักใช้เป็นตำแหน่งตรวจวัดแรงดึงสาย

คานยื่น (Cantilever)	เส้นทแยงมุมที่ต่อออกจากปลายเสาไฟฟ้าด้านข้าง	โครงสร้างแขนยื่นที่ติดตั้งบนเสาเพื่อรองรับและยึดโยงสายส่งและสายคอนแทค
แขนปรับแนว (Registration Arm)	เส้นตรงหรือเส้นเฉียงที่เชื่อมจากปลายคานยื่นไปยังสายคอนแทค	ทำหน้าที่ "ผลัก" หรือ "ดึง" สายคอนแทค ณ ปลายสุดของคานยื่น (Cantilever) เพื่อสร้างแนวซิกแซกที่แม่นยำ ป้องกันการสึกหรอเฉพาะจุดบนหน้าสัมผัสของตัวรับกระแสไฟฟ้า (Pantograph)
แขนยึดโยง (Steady Arm)	เส้นที่เชื่อมจากแขนปรับแนวไปยังสายคอนแทค	ทำหน้าที่ยึดโยงและรักษาเสถียรภาพของสายคอนแทคในแนวขวาง โดยเฉพาะในบริเวณโค้งหรือจุดที่ต้องการความมั่นคงเป็นพิเศษ เพื่อต้านแรงด้านข้าง
จุดต่อสายไฟ (Joint / Joint Box)	จุดกลมสีดำบนเส้นสายไฟ	ตำแหน่งที่มีการเชื่อมต่อสายไฟสองเส้นเข้าด้วยกัน เป็นจุดที่ต้องให้ความสำคัญและตรวจสอบบ่อยครั้ง
จุดตัดไฟ (Isolator)	สัญลักษณ์เฉพาะที่ระบุการตัดวงจร	อุปกรณ์สำหรับตัดการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า มักพบในบริเวณที่มีการเปลี่ยนโซนจ่ายไฟหรือโครงข่าย
จุดเชื่อมต่อกราวด์ (Ground Connection)	สัญลักษณ์รูปสายดิน	จุดที่เชื่อมต่อระบบลงดินเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานและป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์

เมื่อทำความเข้าใจสัญลักษณ์และหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำความรู้นี้ไปใช้ในกระบวนการตรวจสอบภาคสนามอย่างเป็นระบบ

3.0 กระบวนการตรวจสอบภาคสนามตามแบบแปลน Layout: คู่มือปฏิบัติทีละขั้นตอน

การปฏิบัติตามกระบวนการที่เป็นระบบคือสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการทำงานบำรุงรักษา การเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์แบบแปลน Layout อย่างละเอียดก่อนลงพื้นที่จริง ถือเป็นขั้นตอนที่ขาดไม่ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทำงาน การวางแผนล่วงหน้าจะช่วยให้คุณทราบตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบอย่างชัดเจน ทำให้การทำงานรวดเร็วและตรงจุด

3.1 ขั้นตอนที่ 1: การวิเคราะห์และวางแผนก่อนลงพื้นที่ (Pre-Field Analysis)

กฎเหล็กข้อแรก: ห้ามลงพื้นที่ปฏิบัติงานโดยไม่ได้วิเคราะห์แบบแปลน Layout อย่างละเอียดเสียก่อน การวางแผนบนกระดาษเพียง 15 นาที อาจช่วยประหยัดเวลาหน้างานได้เป็นชั่วโมงและป้องกันอุบัติเหตุร้ายแรงได้

ใช้รายการตรวจสอบด้านล่างนี้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสำคัญจากแบบแปลนก่อนลงพื้นที่:

- **ระบุตำแหน่งที่มีอุปกรณ์สำคัญและจุดเสี่ยง:** มองหาบริเวณที่มีอุปกรณ์ติดตั้งซับซ้อน เช่น จุดตัดไฟ (Isolator) หรือบริเวณที่มีการเปลี่ยนโซนจ่ายไฟ
- **หาตำแหน่งจุดต่อสายไฟหลัก (Joints) ทั้งหมด:** ทำเครื่องหมายตำแหน่ง Joint Box ทุกจุด เนื่องจากเป็นบริเวณที่ต้องให้ความสำคัญในการตรวจสอบเป็นพิเศษ
- **ตรวจสอบบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความสูงของสายไฟ:** ระบุตำแหน่งเหล่านี้ เพราะมักจะเป็นจุดที่กำหนดไว้สำหรับการตรวจวัดแรงดึงของสายคอนแทค
- **หาตำแหน่งจุดยึดสายไฟกับเสาไฟฟ้า:** กำหนดตำแหน่งที่จะต้องตรวจสอบสภาพของฉนวนไฟฟ้า เพื่อป้องกันการลัดวงจร

การทำเครื่องหมายจุดเหล่านี้บนแบบแปลนล่วงหน้าจะช่วยสร้าง "แผนที่การตรวจสอบ" ที่ชัดเจน ทำให้การทำงานภาคสนามมีประสิทธิภาพและครอบคลุมทุกจุดเสี่ยง

3.2 ขั้นตอนที่ 2: แนวทางการตรวจสอบอุปกรณ์ ณ จุดปฏิบัติงาน (Component-Specific Inspection)

หลังจากระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ จากแบบแปลนแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเข้าตรวจสอบอุปกรณ์จริง ณ จุดปฏิบัติงาน โดยใช้ข้อมูลจากแบบแปลนเป็นแนวทาง

สายดรอปเปอร์ (Dropper)

- ประเมินและตรวจสอบแรงดึงของสายให้เป็นไปตามมาตรฐาน
- ตรวจสอบสภาพจุดเชื่อมต่อกับสายคอนแทค (Contact Wire) ซึ่งเป็นบริเวณที่ต้องให้ความสำคัญและตรวจสอบบ่อยที่สุด

จุดต่อสายไฟ (Joints)

- ให้ความสำคัญสูงสุดในการตรวจสอบตามรอบที่กำหนด เนื่องจากเป็นจุดที่พบปัญหาบ่อยครั้งที่สุดตามสถิติการบำรุงรักษา
- ตรวจสอบความสมบูรณ์ทางกายภาพและความแน่นหนาของการเชื่อมต่อ
    - **เหตุผล:** จุดต่อที่หลวมหรือไม่สมบูรณ์เป็นสาเหตุหลักของความร้อนสูง (Overheating) ซึ่งอาจนำไปสู่การอาร์ค (Arcing) การละลายของสายไฟ และการหยุดชะงักของระบบในที่สุด

แขนปรับแนวและแขนยึดโยง (Registration & Steady Arm)

- ตรวจสอบการยึดติดที่ปลายคานยื่น (Cantilever) หรือจุดเชื่อมต่อกับเสาว่ายังมั่นคงแข็งแรง
- ตรวจสอบว่าสายคอนแทคยังคงอยู่ในตำแหน่งซิกแซกที่ถูกต้องเมื่อเทียบกับแนวกึ่งกลางของรางรถไฟตามที่แบบแปลนกำหนด

ฉนวน (Insulators)

- ตรวจสอบสภาพของฉนวน ณ จุดยึดสายไฟกับเสาไฟฟ้า มองหาร่องรอยความเสียหาย รอยแตก หรือคราบสกปรกที่อาจส่งผลต่อคุณสมบัติการเป็นฉนวน
    - **เหตุผล:** ฉนวนที่ชำรุดหรือสกปรกจะสูญเสียคุณสมบัติการเป็นฉนวน อาจทำให้เกิดไฟฟ้ารั่วไหล (Leakage Current) หรือการลัดวงจรลงโครงสร้าง ซึ่งเป็นอันตรายร้ายแรงต่อบุคลากรและระบบ

การตรวจสอบอย่างเป็นระบบตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าไม่มีจุดสำคัญใดถูกมองข้าม และนำไปสู่การจัดลำดับความสำคัญของงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.0 การจัดลำดับความสำคัญของงานบำรุงรักษาจากข้อมูลในแบบแปลน

ประโยชน์สูงสุดของการใช้แบบแปลน Layout คือความสามารถในการวางแผนและจัดลำดับความสำคัญของงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยให้การซ่อมบำรุงรวดเร็วขึ้น ตรงจุด และสามารถจัดการกับจุดเสี่ยงได้อย่างทันท่วงที การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบแปลนช่วยให้เราสามารถจัดลำดับความสำคัญของงานได้จากปัจจัยต่อไปนี้:

1. **เริ่มต้นจากจุดเชื่อมต่อและจุดตัดต่อที่สำคัญ (Critical Nodes):** ให้ความสำคัญสูงสุดกับพื้นที่ที่มี Joint Box, Isolator, หรือจุดเปลี่ยนโซนจ่ายไฟเสมอ จุดเหล่านี้คือบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อความล้มเหลวสูงที่สุดและส่งผลกระทบเป็นวงกว้าง
2. **ประเมินความสมบูรณ์ของโครงสร้างอย่างเป็นระบบ:** ใช้แบบแปลนเป็นแผนที่นำทางเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ขององค์ประกอบทั้งหมด ตั้งแต่เสาไฟฟ้า คานยื่น ไปจนถึงสายไฟและจุดยึดโยงต่างๆ เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีสิ่งใดถูกมองข้าม
3. **กำหนดเส้นทางการตรวจสอบที่ปลอดภัยและประหยัดเวลา:** วางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่ในพื้นที่จากแบบแปลนล่วงหน้า เพื่อลดระยะเวลาและเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

การจัดลำดับความสำคัญที่ชัดเจนจะทำให้การใช้ทรัพยากร ทั้งกำลังคนและเวลามีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งนำไปสู่ประโยชน์โดยรวมของระบบ

5.0 บทสรุป: ยกระดับงานบำรุงรักษาสู่ความเป็นมืออาชีพ

การวิเคราะห์แบบแปลน Layout ไม่ใช่เป็นเพียงขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการทำงาน แต่คือหัวใจสำคัญของงานบำรุงรักษาระบบ OCS ที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย การฝึกฝนทักษะในการอ่าน ตีความ และนำข้อมูลจากแบบแปลนมาใช้วางแผนภาคสนาม จะช่วยยกระดับการทำงานของช่างเทคนิคให้มีความเป็นมืออาชีพมากยิ่งขึ้น

การปฏิบัติตามแนวทางในคู่มือนี้จะนำมาซึ่งประโยชน์หลักที่สำคัญต่อการดำเนินงาน ได้แก่:

- **เพิ่มความรวดเร็วในการซ่อมบำรุง:** การทราบตำแหน่งอุปกรณ์ที่ชัดเจนล่วงหน้า ทำให้สามารถวางแผนและเข้าถึงจุดที่ต้องการตรวจสอบหรือซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็ว
- **ยกระดับความปลอดภัย:** การวางแผนจากแบบแปลนช่วยให้สามารถระบุจุดเสี่ยงและเตรียมการรับมือได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงาน
- **รับประกันความสมบูรณ์ของระบบ:** ช่วยให้สามารถตรวจสอบโครงสร้างและอุปกรณ์ได้อย่างครอบคลุมและสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการรักษาความน่าเชื่อถือและความพร้อมใช้งานของระบบ OCS ในระยะยาว

สถานการณ์จำลอง: การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือศีรษะ (OCS)

1.0 บทนำและวัตถุประสงค์การเรียนรู้

การบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือศีรษะ (Overhead Catenary System - OCS) ให้มีความมั่นคงและปลอดภัยเป็นหัวใจสำคัญของการให้บริการรถไฟที่มีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและทันท่วงที จึงเป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับช่างเทคนิค เอกสารนี้คือสถานการณ์จำลองที่ถูกออกแบบมาเพื่อเสริมสร้างทักษะของช่างเทคนิคระดับปฏิบัติการในการวินิจฉัยข้อขัดข้อง การสืบค้นหาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause) และการปฏิบัติตามระเบียบความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด เพื่อให้สามารถรับมือกับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดได้อย่างมืออาชีพ

วัตถุประสงค์หลักของการฝึกอบรมผ่านสถานการณ์จำลองนี้ คือเพื่อให้ผู้เรียนสามารถ:

- **วิเคราะห์** ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบสายไฟฟ้าเหนือศีรษะจากสถานการณ์จำลองได้
- **ค้นหา** สาเหตุที่แท้จริงของความผิดปกติที่เกิดขึ้น
- **เสนอ** แนวทางเบื้องต้นในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำ

ต่อไปนี้คือรายละเอียดของสถานการณ์จำลอง ซึ่งจะเป็นกรณีศึกษาหลักสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

2.0 รายงานสถานการณ์: เหตุขัดข้อง ณ สถานีหลัก

ส่วนนี้จะให้รายละเอียดของเหตุการณ์จำลองซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ทั้งหมดในเอกสารนี้ ขอให้ผู้เรียนอ่านและทำความเข้าใจลำดับเหตุการณ์อย่างละเอียด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวินิจฉัยปัญหาตามขั้นตอน

สรุปเหตุการณ์

เวลา: 09:00 น. **สถานที่:** ขณะรถไฟวิ่งผ่านสถานีหลัก **เหตุการณ์:** เกิดเสียงดัง "ปัง" บริเวณเหนือหัวของขบวนรถ และมีประกายไฟเกิดขึ้นเล็กน้อย **ผลกระทบเบื้องต้น:**

1. ขบวนรถหยุดลงอย่างกะทันหัน
2. ตรวจพบสาย Contact Wire หลุดออกจาก Dropper จำนวน 2 จุด
3. ระบบจ่ายไฟฟ้าถูกตัดโดยอัตโนมัติ

จากข้อมูลเบื้องต้นนี้ เราจะเริ่มต้นกระบวนการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบตามขั้นตอนต่อไป

3.0 ขั้นตอนที่ 1: การตอบสนองทันทีและการประเมินสถานการณ์

ในทันทีที่เกิดเหตุขัดข้อง การตอบสนองที่ถูกต้องและรวดเร็วเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งยวด โดยลำดับความสำคัญสูงสุดคือการสร้างความปลอดภัยให้กับบุคลากร ผู้โดยสาร และระบบโดยรวม ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการวิเคราะห์ทางเทคนิคใดๆ

3.1 การยืนยันความปลอดภัยของพื้นที่ปฏิบัติงาน

นี่คือขั้นตอนแรกที่สำคัญที่สุดและไม่สามารถต่อรองได้ ในระบบไฟฟ้า 25kV การพยายามเข้าตรวจสอบทางกายภาพใดๆ ก่อนที่จะได้รับการยืนยันการตัดระบบไฟฟ้าและการต่อสายดินที่ชัดเจนและตรวจสอบซ้ำแล้ว ถือเป็นข้อผิดพลาดร้ายแรงในการปฏิบัติงาน สิ่งแรกที่ต้องดำเนินการทันทีคือ **การตรวจสอบให้แน่ใจว่าระบบจ่ายไฟฟ้าได้ถูกตัดการเชื่อมต่อโดยสมบูรณ์ และไม่มีแรงดันไฟฟ้าหลงเหลืออยู่ในระบบ**

3.2 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

หลังจากยืนยันความปลอดภัยของพื้นที่แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการรวบรวมข้อมูลจากข้อเท็จจริงในที่เกิดเหตุ ซึ่งรวมถึง **การสอบถามพยานในเหตุการณ์** เช่น พนักงานขับรถไฟ หรือเจ้าหน้าที่สถานี เพื่อยืนยันลำดับเหตุการณ์และช่วงเวลาที่เกิดเหตุให้มีความแม่นยำที่สุด ข้อมูลนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างไทม์ไลน์ของเหตุการณ์ ซึ่งเป็นรากฐานของการวิเคราะห์ปัญหาทั้งหมด

เมื่อพื้นที่ปฏิบัติงานปลอดภัยและมีข้อมูลเบื้องต้นครบถ้วนแล้ว ทีมงานจะเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อค้นหาสาเหตุของความเสียหายต่อไป

4.0 ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์เชิงวินิจฉัย

ในขั้นตอนนี้ เราจะเปลี่ยนจากการรวบรวมข้อมูลไปสู่การวินิจฉัยอย่างแท้จริง ภารกิจของเราคือการสร้างลำดับเหตุและผล (Chain of Causality) โดยเชื่อมโยงความล้มเหลวทางกลไกเบื้องต้น—คือ Dropper ที่หลุดออก—เข้ากับผลกระทบทางไฟฟ้าที่ตามมาในทันที และการตอบสนองอัตโนมัติของระบบป้องกันของ OCS

4.1 การวิเคราะห์ความเสียหายทางกายภาพโดยตรง

- จากสถานการณ์ อุปกรณ์ที่ได้รับความเสียหายโดยตรงและชัดเจนที่สุดคือ **Dropper** ซึ่งหลุดออกจากสาย Contact Wire ถึง 2 จุด
- ผลกระทบที่ตามมาทันทีจากการที่ Dropper หลุด คือ **ระดับของสาย Contact Wire ไม่คงที่** ในบริเวณดังกล่าว ซึ่งส่งผลให้สาย Contact Wire ตกหรือหย่อนตัวลงต่ำกว่าระดับมาตรฐาน
- อันตรายร้ายแรงที่อาจเกิดขึ้นหากสาย Contact Wire หย่อนตัว คืออาจไปเกี่ยวหรือกระแทกกับอุปกรณ์รับกระแสไฟฟ้าของขบวนรถ จนทำให้ **แพนโทกราฟ (Pantograph) ขาดได้** ซึ่งจะสร้างความเสียหายรุนแรงและซับซ้อนยิ่งขึ้น

4.2 การตีความสัญญาณและการตอบสนองของระบบ

- สำหรับนักวิเคราะห์ รายงานเรื่อง "ประกายไฟ" ถือเป็นสัญญาณบ่งชี้ที่สำคัญอย่างยิ่ง มันบอกเราได้ทันทีว่ากำลังเผชิญกับเหตุการณ์ที่ใช้พลังงานสูง ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงสุดว่าคือ **การลัดวงจร (Short Circuit)** โดยตรง ขณะที่สาย Contact Wire ที่หย่อนตัวลงมาสัมผัสกับแพนโทกราฟอย่างผิดปกติ นี่ไม่ใช่แค่ความล้มเหลวทางกลไก แต่เป็นความล้มเหลวทางไฟฟ้าด้วย
- การที่ระบบจ่ายไฟฟ้าถูกตัดโดยอัตโนมัติ ไม่ใช่ความล้มเหลวของระบบ แต่เป็นการทำงานที่ถูกต้องและสมบูรณ์ของ **Protection Relay** ซึ่งเป็นกลไกป้องกันที่ออกแบบมาเพื่อตัดวงจรทันทีเมื่อตรวจพบการลัดวงจร เพื่อจำกัดความเสียหายไม่ให้ลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ในระบบ

4.3 การตรวจสอบระบบที่เกี่ยวข้อง

- เมื่อพบว่าสาย Contact Wire อยู่ในระดับที่ไม่คงที่หรือหย่อนตัว การวิเคราะห์ไม่ได้หยุดอยู่แค่ Dropper ที่หลุด แต่ชี้ให้เราต้องตรวจสอบอุปกรณ์สำคัญถัดไปทันที นั่นคือ **ระบบดึงสายอัตโนมัติ (Auto Tensioning Device)** เนื่องจากอาจทำงานผิดพลาดหรือมีแรงดึงไม่เพียงพอที่จะรักษาระดับแรงตึงของสายไฟให้คงที่ตามมาตรฐาน

- เพื่อให้การตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ที่เสียหายและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเป็นไปอย่างแม่นยำ จะต้องใช้ **แบบ Layout OCS** เพื่ออ้างอิงตำแหน่งของเสาและจุดติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ

การวิเคราะห์ทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นว่าปัญหาไม่ได้จำกัดอยู่แค่ Dropper ที่หลุด 2 จุด แต่เป็นปัญหาเชิงระบบที่เกี่ยวพันกัน ซึ่งนำเราไปสู่ขั้นตอนถัดไป คือการค้นหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา

5.0 ขั้นตอนที่ 3: การระบุสาเหตุรากเหง้า (Root Cause Analysis) และแนวทางการจัดการ

การแก้ไขปัญหาที่ยั่งยืนนั้นแตกต่างจากการซ่อมแซมเฉพาะหน้า การซ่อม Dropper ที่หลุดเป็นการแก้ที่ "อาการ" แต่การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause Analysis - RCA) คือการค้นหาว่า "ทำไม" Dropper จึงหลุด เพื่อวางมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์ลักษณะเดียวกันซ้ำอีก ซึ่งเป็นหัวใจของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

5.1 การประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้

- เราต้องแยกแยะระหว่างความล้มเหลวของชิ้นส่วน (Component Failure) กับความล้มเหลวเชิงระบบ (Systemic Failure) การที่ Dropper หลุดเพียงจุดเดียวอาจเป็นเพราะวัสดุมีตำหนิเฉพาะจุด แต่การที่ Dropper หลุดพร้อมกัน 2 จุดในบริเวณเดียวกัน เป็นข้อบ่งชี้ที่ชัดเจนว่าอาจมีสาเหตุเชิงระบบ การสืบสวนจึงต้องให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์บันทึกการติดตั้ง ค่าแรงบิด (Torque) และประวัติการบำรุงรักษาของพื้นที่ส่วนนี้ทั้งหมด เนื่องจากสถานการณ์นี้ชี้ไปที่ **ข้อบกพร่องในกระบวนการหรือการควบคุมคุณภาพในการติดตั้ง** มากกว่าที่จะเป็นเหตุการณ์สุ่ม
- หลักการสำคัญของ RCA คือ **การวิเคราะห์ความเป็นไปได้จากหลายปัจจัยร่วมกัน** ไม่ใช่การพิจารณาเฉพาะจุดที่เสียหายเพียงจุดเดียว เราต้องพิจารณาถึงประวัติการบำรุงรักษา สภาพแวดล้อม และความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ข้างเคียงประกอบกัน

5.2 แนวทางการจัดการและมาตรการความปลอดภัย

- เมื่อตรวจพบความเสียหาย ไม่ว่าจะเล็กน้อยเพียงใด ต้อง **แจ้งซ่อมทันที** เพื่อป้องกันไม่ให้ปัญหานั้นลุกลามจนเกิดความเสียหายรุนแรง

- ในกรณีที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้ในทันที ต้องดำเนินมาตรการความปลอดภัยสูงสุด โดยการ **ติดป้ายเตือนและห้ามรถไฟวิ่งผ่าน** บริเวณดังกล่าวอย่างเด็ดขาดจนกว่าการซ่อมแซมจะแล้วเสร็จและได้รับการตรวจสอบความปลอดภัยแล้ว

การค้นพบสาเหตุที่แท้จริงจะช่วยให้เราสามารถวางแผนการบำรุงรักษาและมาตรการป้องกันที่มีประสิทธิภาพในระยะยาวได้

6.0 การตรวจสอบหลังเกิดเหตุและมาตรการป้องกันการเกิดซ้ำ

ทันทีหลังจากการซ่อมแซมเสร็จสิ้น ความรับผิดชอบของคุณจะเปลี่ยนไปสู่การป้องกันเชิงรุก จงดำเนินการตรวจสอบหลังเกิดเหตุตามข้อบังคับ โดยมุ่งเน้นไปที่ระบบสำคัญสองส่วนนี้:

- **จุดยึด Dropper ทั้งหมดในบริเวณใกล้เคียง:** ตรวจสอบความแน่นหนาและสภาพโดยทั่วไปของจุดยึด Dropper อื่นๆ บนเส้นทางเดียวกัน เพื่อค้นหาจุดที่อาจมีความเสี่ยงเพิ่มเติม
- **ระบบแรงดึง (Tensioning Device):** ตรวจสอบการทำงานของระบบดึงสายอัตโนมัติอย่างละเอียด เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถรักษาระดับแรงตึงของสาย Contact Wire ได้อย่างถูกต้องและสม่ำเสมอตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

บทเรียนจากเหตุการณ์นี้สามารถนำไปสู่การปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7.0 สรุปบทเรียนสำคัญ (Key Takeaways)

สถานการณ์จำลองนี้ได้ให้บทเรียนที่สำคัญหลายประการในการจัดการกับเหตุขัดข้องของระบบ OCS ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้:

1. **ความปลอดภัยต้องมาก่อน (Safety First):** การยืนยันการตัดระบบไฟฟ้าและทำให้พื้นที่ปลอดภัยเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญที่สุดและไม่อาจละเลยได้ก่อนการดำเนินการใดๆ
2. **การวินิจฉัยอย่างเป็นระบบ (Systematic Diagnosis):** การวิเคราะห์ปัญหาต้องมองเป็นภาพรวมของระบบ ตั้งแต่ความเสียหายทางกายภาพที่เห็นได้ชัด ผลกระทบต่อเนื่อง ไปจนถึงระบบที่เกี่ยวข้อง ไม่ใช่ดูแค่จุดที่เสียหายเพียงอย่างเดียว

3. **มองให้ลึกกว่าอาการ (Beyond the Symptom):** การแก้ไขปัญหาที่ยั่งยืนมาจากการค้นหาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause) เพื่อป้องกันการเกิดซ้ำ ไม่ใช่แค่การซ่อมแซมตามอาการที่ปรากฏเท่านั้น

4. **การบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือหัวใจสำคัญ (Preventive Maintenance is Key):** การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะจุดยึดที่มีความสำคัญ เช่น Dropper และระบบที่ควบคุมความเสถียรของสายไฟ เช่น ระบบแรงดึง เป็นหัวใจหลักในการป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดขึ้น

กระบวนการวินิจฉัยที่ให้รายละเอียดในสถานการณ์จำลองนี้คือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน จงจดจำหลักการเหล่านี้—ความปลอดภัย, การวินิจฉัยอย่างเป็นระบบ, การวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริง และการป้องกัน—และนำไปใช้อย่างมีวินัยในทุกแง่มุมของงานของคุณ ความสมบูรณ์ของระบบ OCS และความปลอดภัยของการให้บริการทั้งหมดขึ้นอยู่กับสิ่งนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การวิเคราะห์เหตุการณ์จำลอง:

ความปลอดภัยในการบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

1.0 ภาพรวมของเหตุการณ์จำลอง

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์เหตุการณ์จำลองด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Contact System: OCS) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อถอดบทเรียนจากข้อบกพร่องและปัจจัยเสี่ยงที่ปรากฏในสถานการณ์ เพื่อสร้างความตระหนักและกำหนดแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง ภาพรวมของสถานการณ์จำลองนี้ ชี้ชัดถึงการละเลยขั้นตอนความปลอดภัยขั้นพื้นฐานหลายประการ ซึ่งการทำความเข้าใจความล้มเหลวเชิงขั้นตอนเหล่านี้ คือหัวใจสำคัญในการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยและปกป้องชีวิตของผู้ปฏิบัติงาน

ตารางด้านล่างนี้สรุปรายละเอียดสำคัญของสถานการณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์:

ปัจจัย	รายละเอียด
ลักษณะงาน	บำรุงรักษาสาย Contact Wire บนระบบ OCS
ทีมงาน	ช่างเทคนิคจำนวน 3 คน
สถานที่และเวลา	บนทางวิ่งรถไฟ ในช่วงเวลากลางคืน
สภาพระบบไฟฟ้า	ยังไม่ได้ตัดระบบจ่ายไฟฟ้า (Power Isolation)
มาตรการป้องกันพื้นที่	ไม่มีการตั้งจุดเฝ้าระวังทางเข้าออกของราง (Lookout)

สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนถึงการละเลยขั้นตอนความปลอดภัยที่สำคัญหลายประการ ซึ่งนำไปสู่ความเสี่ยงร้ายแรงหลายมิติ การวิเคราะห์ในหัวข้อถัดไปจะเจาะลึกถึงปัจจัยเชิงสาเหตุเหล่านี้อย่างละเอียด เพื่อแสดงให้เห็นว่าความล้มเหลวแต่ละจุดเชื่อมโยงกันและสร้างสภาวะอันตรายร้ายแรงได้อย่างไร

2.0 การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุและข้อบกพร่องด้านความปลอดภัย

ส่วนนี้จะทำการวิเคราะห์เชิงลึกถึงรากของปัญหา โดยจำแนกการละเมิดขั้นตอนและข้อบกพร่องต่างๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์จำลอง ซึ่งเป็นสาเหตุโดยตรงที่นำไปสู่สภาวะที่ไม่ปลอดภัยและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง

2.1 การละเมิดขั้นตอนความปลอดภัยทางไฟฟ้าขั้นพื้นฐาน

การทำงานกับระบบไฟฟ้าแรงสูงต้องปฏิบัติตามระเบียบวิธีที่เคร่งครัดและไม่สามารถต่อรองได้ สถานการณ์จำลองนี้แสดงให้เห็นถึงการล่มสลายโดยสิ้นเชิงของกระบวนการยืนยันความปลอดภัยทางไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่ต้องทำตามลำดับและไม่สามารถแยกออกจากกันได้

การละเลย **การตัดแยกระบบไฟฟ้า (Power Isolation)** ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกที่ต้องดำเนินการ "ก่อนเริ่มงาน" โดยการ "ขออนุญาตตัดระบบจ่ายไฟ" นับเป็นความล้มเหลวขั้นวิกฤตและเป็นจุดเริ่มต้นของเหตุการณ์ที่อาจนำไปสู่โศกนาฏกรรม การตัดสินใจเข้าพื้นที่โดยที่ระบบ OCS ยังคงจ่ายไฟฟ้าอยู่ ทำให้ทีมงานตกอยู่ในความเสี่ยงสูงสุดที่จะสัมผัสกับไฟฟ้าแรงสูงโดยตรง

ยิ่งไปกว่านั้น การขาดมาตรการป้องกันซ้ำซ้อนอย่าง **ระบบ Lockout-Tagout (LOTO)** ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ "ป้องกันผู้ปฏิบัติงานจากแหล่งจ่ายไฟ" แสดงให้เห็นถึงช่องโหว่ในกระบวนการควบคุมพลังงาน ปิดท้ายด้วยความล้มเหลวในการ **ตรวจสอบว่าระบบปลอดไฟฟ้าจริง (Verification)** โดยใช้ "เครื่องตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า" และการ **"ลืมต่อสายจ่ายไฟลงกราวด์" (Grounding)** ซึ่งเป็นมาตรการป้องกันสุดท้ายหากมีการจ่ายไฟกลับเข้าระบบโดยไม่คาดคิด ความล้มเหลวทั้งสามส่วนนี้ไม่ใช่ข้อผิดพลาดสามข้อที่แยกจากกัน แต่คือการพังทลายของระเบียบปฏิบัติด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้าทั้งระบบ

2.2 การละเลยความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่ทางวิ่ง

นอกเหนือจากความเสี่ยงทางไฟฟ้า การจัดการพื้นที่ปฏิบัติงานที่บกพร่องยังสร้างอันตรายร้ายแรงอีกประเภทหนึ่ง การไม่จัดให้มี **เจ้าหน้าที่เฝ้าระวังเส้นทาง (Lookout)** ทำให้เกิดความเสี่ยงที่ "รถไฟวิ่งเข้าพื้นที่ทำงานโดยไม่รู้ตัว" ซึ่งอาจนำไปสู่การชนทีมงานภาคพื้นดินหรือรถกระเช้าได้ การมองข้ามจุดนี้ได้สร้างช่องทางของความเสี่ยงร้ายแรงถึงชีวิตอีกช่องทางหนึ่ง ซึ่งแยกออกจากอันตรายทางไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง และสะท้อนถึงความล้มเหลวเชิงระบบในการบริหารจัดการความปลอดภัยหน้างาน

2.3 ข้อบกพร่องด้านความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูงและสภาวะแวดล้อม

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ยังเพิ่มความเสี่ยงให้กับการปฏิบัติงานในสถานการณ์นี้ การปฏิบัติงานบนรถกระเช้าโดยไม่มี "เข็มขัดนิรภัย" เป็นการละเมิด "มาตรฐานความปลอดภัยบนที่สูง (Work at Height)" อย่างชัดเจน ซึ่งอาจนำไปสู่ "การตกจากที่สูง" ได้โดยตรง

นอกจากนี้ การทำงานในเวลากลางคืนโดยมีแสงสว่างไม่เพียงพอตามมาตรฐานที่กำหนดให้ต้องมี "ไฟสว่างระดับเดียวกับกลางวัน" ทำให้ผู้ปฏิบัติงาน "มองไม่เห็นสายไฟแรงสูงชัดเจน" ความเสี่ยงนี้รุนแรงยิ่งขึ้น เนื่องจากทำให้ความสามารถในการประเมินและรักษาระยะห่างที่ปลอดภัย (Safe Approach Boundary) ซึ่งสำหรับแรงดันไฟฟ้าระดับนี้ต้อง "ไม่ต่ำกว่า 2 เมตร" บกพร่องไปอย่างสิ้นเชิง

ข้อบกพร่องที่วิเคราะห์มาทั้งหมดนี้ เมื่อรวมกันแล้วได้สร้างสภาวะที่อันตรายอย่างยิ่ง ซึ่งผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจะถูกประเมินในลำดับถัดไป

3.0 การประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นและระดับความรุนแรง

จากความล้มเหลวเชิงขั้นตอนที่วิเคราะห์มาข้างต้น ส่วนนี้จะทำการประเมินผลลัพธ์ที่เลวร้ายที่สุดที่อาจเกิดขึ้น เพื่อสร้างความตระหนักถึงความรุนแรงของอุบัติการณ์ที่อาจเกิดขึ้นหากไม่มีการแก้ไข

- **อันตรายร้ายแรงที่สุด: ไฟฟ้าช็อต (Electrocution) ถึงแก่ชีวิต** นี่คือความเสี่ยงที่สำคัญและรุนแรงที่สุดในสถานการณ์นี้ การสัมผัสโดยตรงกับสาย OCS ที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงในช่วง **24-27 กิโลโวลต์ (kV)** จะส่งผลให้เสียชีวิตได้ทันที ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากการละเลยขั้นตอนการตัดไฟ
- **อุบัติเหตุรุนแรง: การชนจากขบวนรถไฟ** เป็นผลมาจากการไม่มีเจ้าหน้าที่เฝ้าระวังเส้นทาง ทำให้ทีมงานที่ปฏิบัติงานบนทางวิ่งมีความเสี่ยงอย่างยิ่งที่จะถูกขบวนรถไฟที่วิ่งเข้ามาในพื้นที่ชน ซึ่งอาจส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจำนวนมาก
- **การบาดเจ็บสาหัส: การตกจากที่สูง** การไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสม เช่น เข็มขัดนิรภัย ขณะทำงานบนรถกระเช้า อาจนำไปสู่การพลัดตกจากที่สูง ซึ่งเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บรุนแรง พิการ หรือเสียชีวิต

เมื่อทำความเข้าใจถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นอย่างชัดเจนแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดมาตรการแก้ไขและป้องกันที่รัดกุม เพื่อปิดช่องว่างด้านความปลอดภัยทั้งหมดที่ตรวจพบ

4.0 ข้อเสนอแนะเพื่อการแก้ไขและป้องกัน

เพื่อปิดช่องว่างด้านความปลอดภัยที่ตรวจพบจากการวิเคราะห์ และป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุในลักษณะเดียวกันนี้ขึ้นจริง จึงขอเสนอมาตรการเชิงรุกที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง โดยอ้างอิงจากแนวปฏิบัติที่ดีที่สุด ดังนี้

- **จัดทำระเบียบปฏิบัติมาตรฐาน (SOP) สำหรับการตัดแยกและปลดปล่อยพลังงาน:** กำหนดให้การขออนุญาตตัดไฟ (Isolate), การใช้ระบบล็อกและป้ายเตือน (Lockout-Tagout), การตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า และการต่อสายดิน (Ground) เป็นขั้นตอนบังคับที่ต้องปฏิบัติและตรวจสอบตามลำดับ *ก่อน* เริ่มงานทุกครั้ง เพื่อขจัดความคลุมเครือและสร้างหลักประกันว่าระบบปลอดพลังงานอย่างแท้จริง
- **กำหนดมาตรการป้องกันพื้นที่ทางวิ่งที่เป็นมาตรฐาน:** บังคับให้มีการจัดตั้งจุดเฝ้าระวัง (Lookout) ที่มีประสิทธิภาพและใช้สัญญาณเตือนที่ชัดเจนเสมอ มาตรการนี้จะสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดเชื้อ (Sterile Work Zone) บนทางวิ่ง โดยแยกพื้นที่ทำงานออกจากเส้นทางสัญจรของขบวนรถอย่างสมบูรณ์ เพื่อกำจัดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของมนุษย์ทั้งจากฝั่งผู้ควบคุมรถและทีมบำรุงรักษา
- **ยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูงและเวลากลางคืน:** กำหนดให้มีการตรวจสอบการใช้อุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง (PPE) เป็นข้อบังคับก่อนขึ้นปฏิบัติงาน และต้องจัดเตรียมระบบแสงสว่างให้เพียงพอเทียบเท่าระดับกลางวันทุกครั้งที่ทำงานกลางคืน เพื่อจัดการความเสี่ยงด้านสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยควบคู่กันไป
- **บังคับใช้ระเบียบการตรวจสอบเครื่องมือและ PPE ก่อนใช้งาน (Pre-Use Inspection):** สร้างขั้นตอนที่เป็นทางการเพื่อให้มีการตรวจสอบสภาพของเครื่องมือสำคัญ เช่น เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า, ถุงมือยางกันไฟฟ้า และอุปกรณ์ PPE อื่นๆ ก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง การทำเช่นนี้เป็นการรับประกันว่าแนวป้องกันสุดท้ายของผู้ปฏิบัติงานยังคงมีประสิทธิภาพและไม่บกพร่อง

- **เสริมสร้างบทบาทและความรับผิดชอบของหัวหน้าทีม:** ชี้แจงบทบาทและเพิ่มการฝึกอบรมให้ **"หัวหน้าทีมช่างปฏิบัติงาน"** เข้าใจอย่างชัดเจนว่าตนคือผู้รับผิดชอบเบื้องต้นในการประเมินความเสี่ยงหน้างาน และกำกับดูแลให้ทีมปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยทั้งหมดอย่างเคร่งครัด เพื่อสร้างกลไกการตรวจสอบและถ่วงดุล ณ จุดปฏิบัติงานจริง

การนำข้อเสนอแนะเหล่านี้ไปปฏิบัติอย่างจริงจัง จะช่วยสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยที่ยั่งยืน ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ และสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ปฏิบัติงานได้อย่างมีนัยสำคัญ

5.0 บทสรุป

เหตุการณ์จำลองนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การละเลยขั้นตอนความปลอดภัยพื้นฐานเพียงไม่กี่ข้อ สามารถนำไปสู่ความเสี่ยงที่ซ้อนทับกันและอาจก่อให้เกิดผลกระทบร้ายแรงถึงชีวิตได้ ความล้มเหลวในการปฏิบัติตามกระบวนการตัดแยกระบบไฟฟ้า การขาดการป้องกันพื้นที่ทางวิ่ง และการละเลยความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูง ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่สร้างสภาวะอันตรายอย่างยิ่งยวด

ดังนั้น การวางแผนความปลอดภัยล่วงหน้า การปฏิบัติตามกฎระเบียบและขั้นตอนมาตรฐานอย่างเคร่งครัดโดยไม่มีข้อยกเว้น และความรับผิดชอบของทีมงานทุกคนโดยเฉพาะหัวหน้าทีม คือเสาหลักของวัฒนธรรมความปลอดภัยเชิงรุก (Proactive Safety Culture) ซึ่งเป็นสิ่งเดียวที่จะรับประกันได้ว่าการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบ OCS จะปลอดจากอุบัติเหตุร้ายแรงได้อย่างยั่งยืน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คู่มือการวินิจฉัยและแก้ไขปัญหาระบบไฟฟ้าเหนือหัว (OCS)

1.0 บทนำและข้อควรระวังด้านความปลอดภัย

คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญ สำหรับช่างเทคนิคผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าเหนือหัว (Overhead Catenary System - OCS) โดยมีเป้าหมายหลักในการนำเสนอแนวทางที่เป็นระบบ สำหรับการระบุ วิเคราะห์ และแก้ไขข้อขัดข้องที่พบบ่อยในระบบ เพื่อให้การปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุด อันจะนำไปสู่ความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยในการให้บริการเดินรถโดยรวม

1.1 หลักปฏิบัติด้านความปลอดภัยที่สำคัญที่สุด (Core Safety Principles)

ก่อนเริ่มการตรวจสอบหรือซ่อมบำรุงใดๆ ช่างเทคนิคต้องยึดถือและปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยที่ไม่สามารถละเลยได้ดังต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด:

- **การตัดระบบไฟฟ้า:** ต้องแน่ใจอย่างที่สุดว่าระบบจ่ายไฟฟ้าถูกตัดการเชื่อมต่อโดยสมบูรณ์ และไม่มีแรงดันไฟฟ้าหลงเหลืออยู่ในสายส่งเด็ดขาด นี่คือขั้นตอนแรกที่สำคัญที่สุดก่อนการปฏิบัติงานทุกครั้ง **การละเลยขั้นตอนนี้ถือเป็นความประมาทร้ายแรงและอาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้**
- **การติดตั้งป้ายเตือน:** ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการซ่อมแซมได้ทันที จะต้องติดตั้งป้ายเตือนอันตรายในพื้นที่ที่เกิดปัญหา และประกาศห้ามขบวนรถไฟวิ่งผ่านในบริเวณดังกล่าวโดยเด็ดขาด
- **การทำงานเป็นทีมและอุปกรณ์ป้องกัน:** การปฏิบัติงานต้องดำเนินการเป็นทีมเสมอ และผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งถุงมือฉนวนไฟฟ้า เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

การทำความเข้าใจส่วนประกอบต่างๆ ของระบบอย่างถ่องแท้ คือรากฐานที่สำคัญที่สุดที่จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพในลำดับถัดไป

2.0 ภาพรวมส่วนประกอบหลักและหน้าที่การทำงาน

ความเข้าใจในหน้าที่ของส่วนประกอบแต่ละชิ้นในระบบ OCS เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความล้มเหลวของส่วนประกอบเพียงชิ้นเดียวอาจส่งผลกระทบต่อเนื่อง (Cascade Effect) ไปยังส่วนอื่นๆ และทำให้ประสิทธิภาพของทั้งระบบลดลงได้

ตารางที่ 2.1: ส่วนประกอบหลักของระบบ OCS และหน้าที่การทำงาน (Table 2.1: Key OCS Components and Their Functions)

ส่วนประกอบ (Component)	**หน้าที่หลักและความสำคัญ (Primary Function and Importance)**
Contact Wire	เป็นสายไฟที่สัมผัสกับแหนบรับไฟ (Pantograph) โดยตรงเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า ความตึงและระดับของสายนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรับส่งไฟฟ้าที่ดี **หากหย่อนยานจะทำให้เกิดประกายไฟรุนแรงและเร่งการสึกหรอของทั้งสายและ Pantograph**
Catenary/Messenger Wire	เป็นสายรับน้ำหนักหลักของระบบ ทำหน้าที่ขึงและรองรับน้ำหนักของสาย Contact Wire ผ่าน Dropper เพื่อรักษาระดับและความตึงให้คงที่ **หากขาดจะส่งผลให้ระบบทั้งหมดในช่วงเสานั้นพังทลายลงมาทันที**
Dropper	เป็นอุปกรณ์แขวนที่ยึดสาย Contact Wire เข้ากับสาย Messenger Wire ทำหน้าที่รักษาระดับความสูงและความตึงของสาย Contact Wire ให้สม่ำเสมอ **หากขาดหรือหลุดจะทำให้สาย Contact Wire หย่อนลงเฉพาะจุดและเป็นอันตรายต่อ Pantograph ที่วิ่งผ่าน**
Cantilever	โครงสร้างลักษณะแขนยึดที่ยื่นออกมาจากเสา (Pole) ทำหน้าที่ยึดและประคองระบบสาย Catenary ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องเหนือรางรถไฟ **หากเสียหายจะทำให้ตำแหน่งของสายไฟทั้งหมดผิดเพี้ยนไปจากแนวราง**
Insulator	ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลจากสายไฟที่มีแรงดันไปยังโครงสร้างที่ใช้รองรับ (เช่น เสา) **หากล้มเหลวจากการ**

	ปนเปื้อนหรือร้าว จะทำให้เกิดการลัดวงจรลงดิน (Short Circuit to Ground) และส่งผลให้ระบบป้องกัน (Protection Relay) ทำงานทันที
Registration/Steady Arm	แขนยึดที่ทำหน้าที่ปรับและรักษาตำแหน่งของสาย Contact Wire ในแนวราบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณทางโค้งของราง **หากติดตั้งผิดพลาดหรือไม่มั่นคงอาจทำให้ Pantograph หลุดออกจากสายขณะเข้าโค้งได้**
Auto Tensioning Device	อุปกรณ์ปรับแรงดึงอัตโนมัติ ทำหน้าที่ปรับแรงดึงของสาย Contact Wire และ Messenger Wire ให้คงที่ เพื่อชดเชยการยืดหรือหดตัวตามอุณหภูมิ **หากทำงานผิดพลาดจะส่งผลให้สายหย่อนเกินไป (เกิดประกายไฟ) หรือตึงเกินไป (เสี่ยงต่อการขาด)**
Pole / Mast	เสาโครงสร้างหลักในแนวดิ่งที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักและยึดโยงส่วนประกอบทั้งหมดของระบบ OCS **เป็นรากฐานของความมั่นคงทางกายภาพของทั้งระบบ**

เมื่อมีความเข้าใจในส่วนประกอบเหล่านี้แล้ว ช่างเทคนิคจะสามารถวินิจฉัยปัญหาที่เกิดขึ้นจากอาการที่สังเกตเห็นได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

3.0 แนวทางการวินิจฉัยและแก้ไขปัญหาตามอาการ

ส่วนนี้คือหัวใจหลักของคู่มือฉบับนี้ โดยได้รวบรวมแนวทางการวินิจฉัยปัญหาตามอาการที่พบบ่อย เพื่อช่วยให้ช่างเทคนิคสามารถระบุสาเหตุที่เป็นไปได้และเลือกแนวทางการแก้ไขที่ถูกต้องได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 3.1: การวินิจฉัยตามอาการ (Symptom-Based Diagnostics)

อาการที่พบ (Symptom)	**สาเหตุที่เป็นไปได้ (Probable Cause)**	**ขั้นตอนการแก้ไขและตรวจสอบ (Corrective and Inspection Procedure)**

ประกายไฟบ่อยครั้งระหว่าง Pantograph และ Contact Wire	เกิดจากการสัมผัสทางไฟฟ้าที่ไม่ดีหรือไม่แน่นหนา ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจาก 1. สาย Contact Wire หย่อนยานเกินไป 2. แรงดึงในสายไฟต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	1. **ตรวจสอบเฉพาะจุด:** สำรวจแนวสายเพื่อหา Dropper ที่หย่อนหรือหลุด และปรับตั้งให้ถูกต้อง 2. **ตรวจสอบทั้งระบบ:** หาก Dropper ปกติ ให้ตรวจสอบและปรับ Auto Tensioning Device เพื่อให้แรงดึงของสายกลับมาอยู่ในค่ามาตรฐาน
สาย Contact Wire หย่อนหรือตกต่ำกว่าระดับมาตรฐาน	1. Dropper ขาด, ชำรุด หรือหลุดออกจากจุดยึด 2. การติดตั้ง Dropper ไม่สม่ำเสมอหรือผิดตำแหน่ง 3. อุปกรณ์ Auto Tensioning Device ทำงานผิดพลาดหรือไม่สามารถรักษาแรงดึงได้	1. **ตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection):** สำรวจแนวสายตลอดช่วงเสาเพื่อหา Dropper ที่ขาดหรือหลุดออกจากจุดยึด หากพบ ให้ดำเนินการเปลี่ยนใหม่ทันที 2. **หาก Dropper ทุกเส้นปกติ:** ให้ตรวจสอบการทำงานของ Auto Tensioning Device ว่ามีสิ่งกีดขวางหรือชำรุดหรือไม่ 3. **ยืนยันด้วยการวัด:** ใช้ Dynamometer วัดค่าแรงดึงของสายไฟเพื่อยืนยันว่าค่าต่ำกว่ามาตรฐานจริง ก่อนทำการปรับตั้ง
ระบบตัดไฟอัตโนมัติ (Protection Relay ทำงาน)	เป็นกลไกป้องกันของระบบเมื่อตรวจพบความผิดปกติร้ายแรง เช่น เกิดการลัดวงจร, สายไฟขาด หรือมีการสัมผัสที่ผิดปกติอย่างรุนแรง (เช่น Pantograph ชน)	1. **ห้ามจ่ายไฟเข้าระบบใหม่เด็ดขาด (Do Not Re-energize** 2. **ค้นหาต้นตอ:** เดินสำรวจพื้นที่เพื่อระบุตำแหน่งและสาเหตุของความผิดปกติ

		(เช่น สายขาด, Insulator แตก, Pantograph ชน) 3. **แก้ไขที่รากของปัญหา:** ดำเนินการซ่อมแซมจุดที่เสียหายให้เรียบร้อยก่อน จึงจะสามารถรีเซ็ตระบบและจ่ายไฟใหม่ได้
ค่าแรงดึงของสายไฟผิดปกติ (สูงหรือต่ำเกินไป)	1. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมอย่างรวดเร็ว 2. อุปกรณ์ Auto Tensioning Device ชำรุดหรือติดขัด 3. การติดตั้ง Dropper ไม่ถูกต้อง ทำให้การกระจายแรงดึงไม่สม่ำเสมอ	1. **ดำเนินการปรับตั้ง:** ปรับอุปกรณ์ Auto Tensioning Device เพื่อให้ค่าแรงดึงกลับสู่เกณฑ์มาตรฐาน 2. **ตรวจสอบเชิงลึก:** หากปัญหายังคงอยู่ ให้วางแผนตรวจสอบชิ้นส่วนทางกลของอุปกรณ์ (เช่น ชุดลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก, รอก) โดยละเอียด
พบ Dropper ขึ้นสนิมจำนวนมาก หรือขาด	เกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุตามกาลเวลา หรืออาจเกิดจากการติดตั้งที่ไม่ได้มาตรฐานมาตั้งแต่ต้น	1. **สำหรับ Dropper ที่ขึ้นสนิม:** ต้องเปลี่ยนใหม่ทันที **ห้าม**ทำการขัดหรือทำความสะอาดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่โดยเด็ดขาด 2. **สำหรับ Dropper ที่ขาด:** ดำเนินการเปลี่ยนใหม่ พร้อมทั้งตรวจสอบ Dropper เส้นที่อยู่ข้างเคียงว่าได้รับผลกระทบจากแรงที่เพิ่มขึ้นหรือไม่

ปัญหาหลายอย่างที่ระบุไว้ข้างต้นสามารถป้องกันได้ด้วยการตรวจสอบเชิงป้องกันอย่างสม่ำเสมอและละเอียดถี่ถ้วน

4.0 แนวทางการตรวจสอบส่วนประกอบเชิงป้องกัน

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) คือกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการรับประกันความพร้อมใช้งานและความปลอดภัยของระบบ ในส่วนนี้จะนำเสนอจุดตรวจสอบที่สำคัญสำหรับส่วนประกอบต่างๆ ตามลักษณะความเสียหายที่พบบ่อย

4.1 Droppers

- **ตรวจหา**ร่องรอยสนิม หากพบ ให้ดำเนินการเปลี่ยนใหม่ทันที
- **ตรวจขัน**ความแน่นหนาของจุดยึดทั้งฝั่งที่ต่อกับสาย Messenger Wire และสาย Contact Wire
- **ประเมิน**ความยาวและการขึงตึงของ Dropper แต่ละเส้น ว่ามีความสม่ำเสมอและเหมาะสมตลอดช่วงเสาหรือไม่

4.2 Auto Tensioning Device

- **ตรวจสภาพ**ภายนอกของอุปกรณ์ด้วยสายตา เพื่อหาสิ่งกีดขวางหรือความเสียหายทางกายภาพ
- **ยืนยัน**การทำงานที่ถูกต้อง โดยการวัดค่าแรงดึงจริงเทียบกับค่ามาตรฐานที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิในขณะนั้น

4.3 Insulators

- **ตรวจหา**คราบสกปรกหรือสิ่งปนเปื้อนบนผิวของลูกถ้วยฉนวน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการเกิดอาร์ก (Arcing) หรือไฟฟ้ารั่วไหล (Leakage) ได้
- **กำหนด**แผนการทำความสะอาดลูกถ้วยฉนวนอย่างสม่ำเสมอ **เพื่อรักษาค่าความเป็นฉนวนและป้องกันการเกิด Arc Flash ที่เป็นอันตราย**

4.4 Cantilever and Support Structures

- **ตรวจสภาพ**รอยต่อระหว่าง Cantilever และ Bracket Tube อย่างละเอียด เนื่องจากเป็นบริเวณที่รับแรงสูงและเป็นจุดเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพ

- **ตรวจขัน**ความแน่นของอุปกรณ์จับยึด (Clamp) และข้อต่อทางกลทั้งหมด เช่น Mast Clamp ว่าไม่มีการคลายตัวหรือสึกหรอ

4.5 Joint Boxes / Wire Joints

- **ระบุ**ตำแหน่งของจุดต่อสายไฟโดยใช้แผนผังระบบ (Layout Diagram) ซึ่งเป็นบริเวณที่ต้องให้ความสำคัญในการตรวจสอบ
- **ตรวจหา**ร่องรอยความร้อนสูงผิดปกติหรือการกัดกร่อนบริเวณจุดเชื่อมต่อด้วยสายตา

การตรวจสอบเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งนำเราไปสู่ความสำคัญของการใช้เครื่องมือวัดที่ถูกต้อง

5.0 การใช้เครื่องมือวัดแรงดึงและการแปลผล

การรักษาแรงดึงของสายไฟให้อยู่ในค่าที่ถูกต้องเป็นหัวใจสำคัญของการทำงานของระบบ OCS ให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัย การใช้เครื่องมือวัดแรงดึง (Dynamometer) ไม่ใช่เป็นเพียงการเก็บข้อมูล แต่เป็นการวินิจฉัยสุขภาพของระบบโดยรวม **ความชำนาญในการวัดและแปลผลค่าแรงดึงคือหนึ่งในทักษะหลักที่แบ่งแยกระหว่างช่างเทคนิคทั่วไปกับผู้เชี่ยวชาญด้าน OCS เพราะการอ่านค่าที่ผิดพลาดเพียงเล็กน้อยอาจนำไปสู่ความล้มเหลวของระบบทั้งหมดได้**

5.1 ขั้นตอนการวัดแรงดึง (Tension Measurement Procedure)

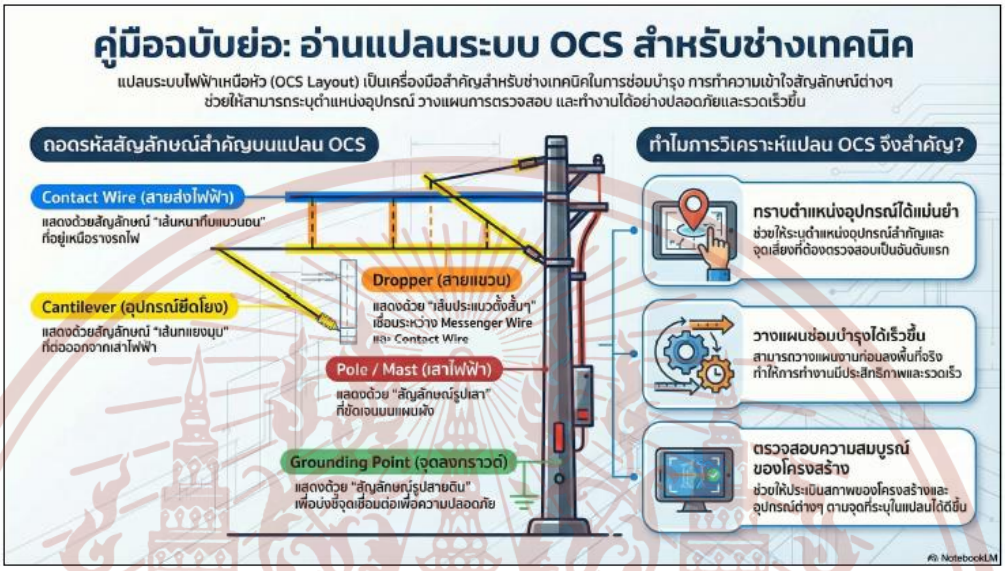
1. **ปลอดภัยไว้ก่อน:** ย้ำเสมอว่าต้องตัดระบบจ่ายไฟฟ้าและ**ตรวจสอบซ้ำด้วยเครื่องมือวัดจนแน่ใจว่าไม่มีแรงดันไฟฟ้าหลงเหลืออยู่ (Verify Zero Voltage)** ก่อนเริ่มทำการวัดทุกครั้ง
2. **เตรียมเครื่องมือ:** ปรับเทียบเครื่องมือวัด (เช่น Dynamometer) ให้มีค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์ (Zero Calibration) ก่อนการใช้งานทุกครั้ง
3. **ตำแหน่งที่วัด:** ตำแหน่งที่ให้ค่าแม่นยำที่สุด โดยทั่วไปจะอยู่บริเวณกึ่งกลางระหว่างช่วงเสาสองต้น
4. **การบันทึกข้อมูล:** บันทึกตำแหน่งที่วัด, ค่าที่วัดได้ (หน่วยเป็นนิวตัน-N), และค่าเป้าหมายเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ หากมีข้อสังเกตหรือพบสิ่งผิดปกติ ให้บันทึกไว้ในช่อง "หมายเหตุ"

5.2 การแปลผลและดำเนินการ (Interpreting Results and Taking Action)

- **ค่าแรงดึงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน:** สถานะคือ "ผ่าน" (Pass) แสดงว่าระบบทำงานเป็นปกติภายใต้สภาวะปัจจุบัน
- **ค่าแรงดึงต่ำเกินไป:** อาจทำให้การสัมผัสระหว่าง Pantograph กับสาย Contact Wire ไม่ดีพอ และเกิดประกายไฟเพิ่มขึ้น แนวทางการแก้ไขคือตรวจสอบสภาพของ Dropper และการทำงานของ Auto Tensioning Device
- **ค่าแรงดึงสูงเกินไป:** ทำให้สายไฟเกิดความเค้นสูงเกินความจำเป็น เพิ่มความเสี่ยงที่สายจะหดตัวหรือขาดได้ง่าย แนวทางการแก้ไขคือต้องปรับตั้ง Auto Tensioning Device ทันที

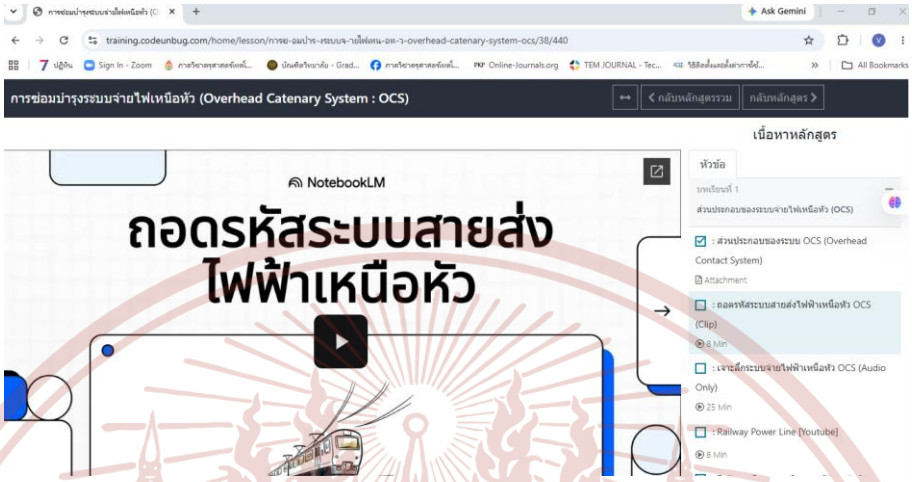
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การเรียนรู้ในรูปแบบ Infographic

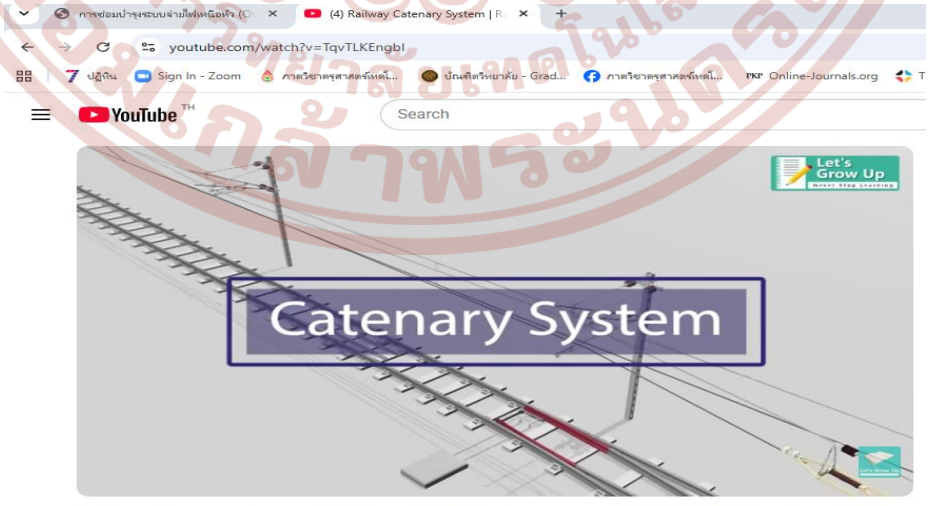




การเรียนรู้ในรูปแบบ VDO Clip และ Youtube

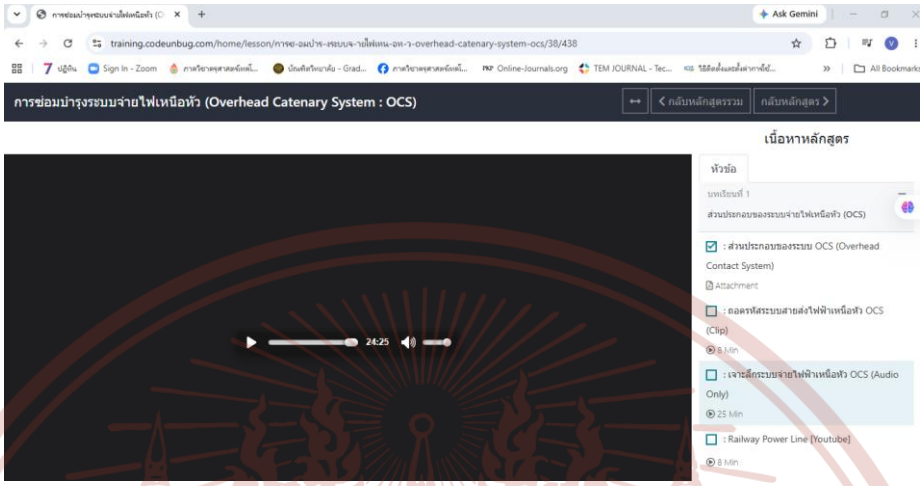






Railway Catenary System | Railway #OHE Equipment explain | #Section Insulator | Auto Tension Device

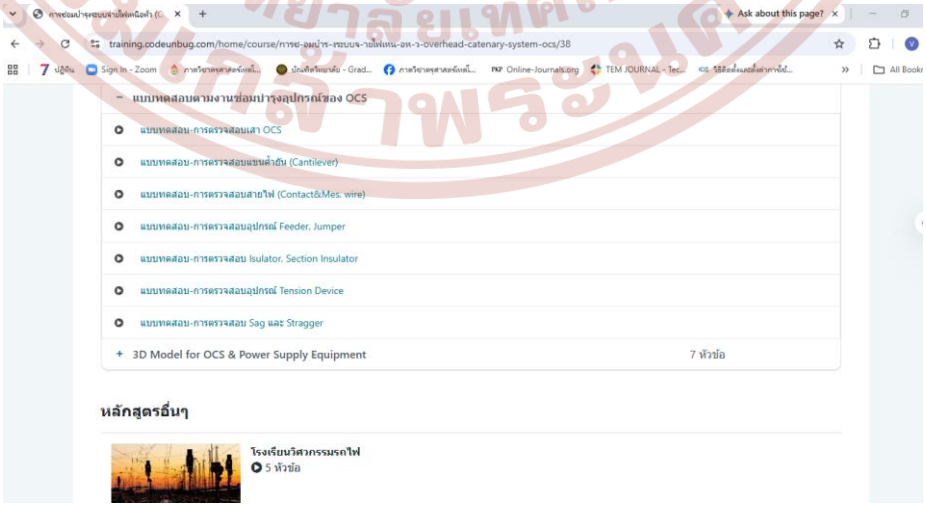
การเรียนรู้ในรูปแบบ Audio



การเรียนรู้ในรูปแบบ Mind map



การประเมินผลโดยแบบทดสอบ



3D Model for OCS & Power Supply Equipment

OCS Mast & Support Model



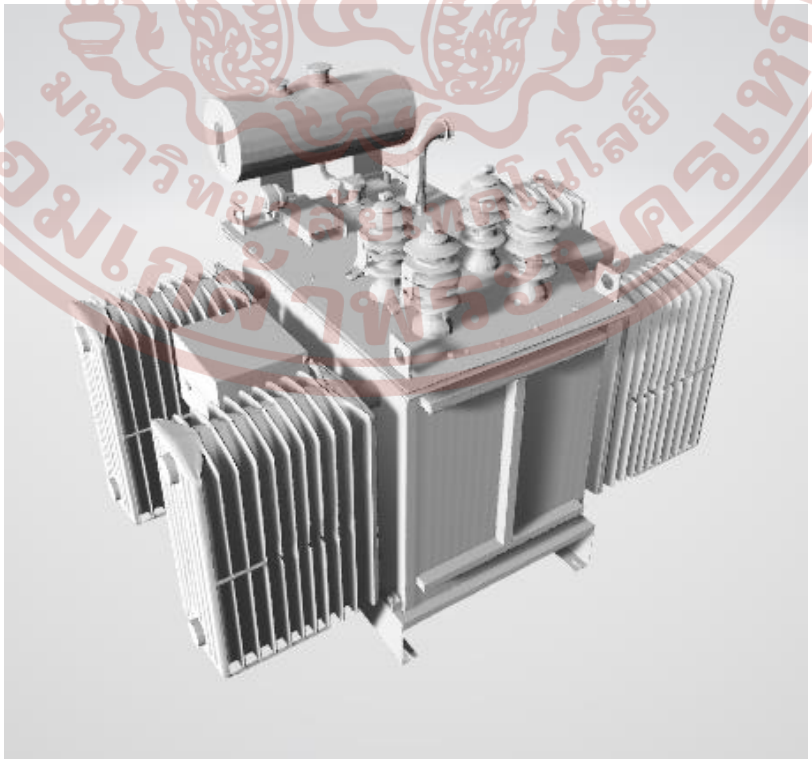
Cantilever model



Tension device Model



Power Transformer Model



GIS Switchgear



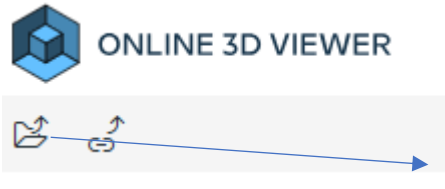
วิธีการใช้งาน 3D Model for OCS Equipment

กรณีมี 3D viewer ในเครื่อง Computer ที่ใช้งานอยู่

1) เปิดไฟล์ 3D ที่ตามชื่ออุปกรณ์นั้น เช่น 3D Cantilever
2) กด Download ไฟล์ จะได้ไฟล์ชื่อ Cantilever.glb
3) Click ไฟล์ Cantilever.glb จะสามารถใช้งานได้ในโปรแกรม 3D viewer ใน computer

กรณีมีไม่มี 3D viewer ในเครื่อง Computer ที่ใช้งานอยู่

1) ดำเนินการ Download file ตามขั้นตอน กรณีมี 3D viewer ในเครื่อง Computer
2) กดเปิดโปรแกรม 3D viewer -online
3) กดเปิดไฟล์ที่ Download ไว้จากในเครื่อง ที่รูปแฟ้มด้านล่างซ้าย ตามรูป



4) เปิดไฟล์ Cantilever.glb จะสามารถใช้งานได้ในโปรแกรม 3D viewer.net ออนไลน์

ภาคผนวก จ

เอกสารประกอบการวิจัย

หนังสือขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้โปรแกรมและทำแบบทดสอบ

ข้อมูลผลคะแนน Post-Test ของกลุ่มควบคุม

ข้อมูลผลคะแนน Post-Test ของกลุ่มทดลอง

ผลการประเมินภาคปฏิบัติของนักศึกษากลุ่มทดลอง โดยอาจารย์แต่ละวิทยาลัยฯ

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ (KR21) และค่าความยาก (p) ของแบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบที่ 1 : ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Contact System)

แบบทดสอบที่ 2 : ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS

แบบทดสอบที่ 3 : การตรวจสอบเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast)

แบบทดสอบที่ 4 : การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever)

แบบทดสอบที่ 5 : การตรวจสอบอุปกรณ์ปรับแรงดึง (Tension device)

บันทึกข้อความ

เลขที่ รฟ.บฟ.๑๐๐๐/๔๓๕/๒๕๖๘ วันที่ ๑๐ กันยายน ๒๕๖๘

สำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์จัดฝึกอบรมในงานบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

เรียน หัวหน้ากองติดตามประเมินผลการฝึกอบรม

อ้างถึง หนังสือที่ รฟ.บฟ.๑๐๐๐/๓๔๙/๒๕๖๘ ลงวันที่ ๒๗ กรกฎาคม ๒๕๖๘

ตามที่สำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า เคยแจ้งความประสงค์จะจัดอบรมระยะสั้นเกี่ยวกับงานบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ซึ่งใช้อยู่ในโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงและ Airport Rail Link รวมถึงรถไฟความเร็วสูงในอนาคต ตามอ้างถึง เพื่อให้นักเรียนชั้นปีที่ ๒ มีความรู้เบื้องต้นและสมรรถนะในการซ่อมบำรุงได้ในอนาคต ทั้งนี้ จากที่ได้ประสานงานไว้ในเบื้องต้นในการจัดฝึกอบรมช่วงปลายเดือนกันยายน ๒๕๖๘ และ กปอ. ได้กำหนดให้เป็นช่วงวันที่ ๒๔ กันยายน ถึง ๘ ตุลาคม ๒๕๖๘ ๑๔.๓๐-๑๖.๓๐ น. ตามวันเวลาที่กำหนดให้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดแจ้งผู้เกี่ยวข้องและนักเรียนวิศวกรรมรถไฟ ชั้นปีที่ ๒ ทราบต่อไป

(นายวุฒิโกร วะชังเงิน)

หัวหน้าสำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ที่ รฟ.บฟ.๓๐๐๐/๑๒/๒๕๖๙

การรถไฟแห่งประเทศไทย
ถนนรองเมือง เขตปทุมวัน
กรุงเทพฯ ๑๐๓๓๐

๑๓ มกราคม ๒๕๖๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้โปรแกรมและทำแบบทดสอบ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี

ด้วยสำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า ได้พัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับระบบจ่ายไฟเหนือหัว เพื่อใช้ในการเรียนรู้สำหรับช่างเทคนิค และทราบว่าวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี มีจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสาขาระบบราง ซึ่งเกี่ยวข้องกัน จึงมีความประสงค์จะทำการทดสอบโปรแกรมการเรียนรู้ออนไลน์ดังกล่าว เพื่อพัฒนาใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ทางออนไลน์สำหรับช่างเทคนิคในอนาคต ทั้งนี้ ได้จัดส่งลิงค์โปรแกรมให้ผู้เกี่ยวข้องแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดอนุเคราะห์ให้นักศึกษาสาขาระบบรางทดลองใช้โปรแกรมและทำแบบทดสอบเพื่อประเมินการใช้งานโปรแกรมให้ต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายวุฒิไกร วะชังเงิน)
หัวหน้าสำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า
การรถไฟแห่งประเทศไทย

สำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า
โทรศัพท์ ๐ ๒๒๒๐ ๔๗๘๑
โทรสาร ๐ ๒๒๒๐ ๔๗๘๔

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ที่ รฟ.บฟ.๓๐๐๐/๑๒/๒๕๖๙

การรถไฟแห่งประเทศไทย
ถนนรถไฟ เขตจตุจักร
กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๑๓ มกราคม ๒๕๖๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้โปรแกรมและทำแบบทดสอบ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคนครลำปาง

ด้วยสำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า ได้พัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับระบบจ่ายไฟเหนือหัว เพื่อใช้ในการเรียนรู้สำหรับช่างเทคนิค และทราบว่าวิทยาลัยเทคนิคนครลำปาง มีจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสาขาระบบราง ซึ่งเกี่ยวข้องกัน จึงมีความประสงค์จะทำการทดสอบโปรแกรมการเรียนรู้ออนไลน์ดังกล่าว เพื่อพัฒนาใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ทางออนไลน์สำหรับช่างเทคนิคในอนาคต ทั้งนี้ ได้จัดส่งลิงค์โปรแกรมให้ผู้เกี่ยวข้องแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดอนุเคราะห์ให้นักศึกษาสาขาระบบรางทดลองใช้โปรแกรมและทำแบบทดสอบเพื่อประเมินการใช้งานโปรแกรมให้ต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ว่าที่รุ่นโท ระชิงเลิง)
หัวหน้าสำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า
การรถไฟแห่งประเทศไทย

สำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า
โทรศัพท์ ๐ ๒๒๒๐ ๔๔๔๐
โทรสาร ๐ ๒๒๒๐ ๔๓๓๓

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ที่ รฟ.บฟ.๓๐๐๐/๑๒/๒๕๖๙

การรถไฟแห่งประเทศไทย
ถนนรองเมือง เขตปทุมวัน
กรุงเทพฯ ๑๐๓๓๐

๑๓ มกราคม ๒๕๖๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้โปรแกรมและทำแบบทดสอบ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่

ด้วยสำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า ได้พัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับระบบจ่ายไฟเหนือหัว เพื่อใช้ในการเรียนรู้สำหรับช่างเทคนิค และทราบว่าวิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ มีจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสาขาระบบราง ซึ่งเกี่ยวข้องกัน จึงมีความประสงค์จะทำการทดสอบโปรแกรมการเรียนรู้ออนไลน์ดังกล่าว เพื่อพัฒนาใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ทางออนไลน์สำหรับช่างเทคนิคในอนาคต ทั้งนี้ ได้จัดส่งลิงค์โปรแกรมให้ผู้เกี่ยวข้องแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดอนุเคราะห์ให้นักศึกษาสาขาระบบรางทดลองใช้โปรแกรมและทำแบบทดสอบเพื่อประเมินการใช้งานโปรแกรมให้ต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายวุฒิไกร วะชังเงิน)
หัวหน้าสำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า
การรถไฟแห่งประเทศไทย

สำนักงานบริหารโครงการระบบรถไฟฟ้า
โทรศัพท์ ๐ ๒๒๒๐ ๔๓๘๑
โทรสาร ๐ ๒๒๒๐ ๔๓๙๕

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผลคะแนน Post-Test ของกลุ่มควบคุม จำนวน 5 แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 1			
12/21/2025 18:34:46	theerapat093@gmail.com	30 / 30	30
1/9/2026 11:49	kosinn32@gmail.com	21 / 30	21
1/11/2026 23:37	kongyapper@gmail.com	25 / 30	25
1/12/2026 9:25	tourgsx@gmail.com	30 / 30	30
1/12/2026 9:27	panwasapond@gmail.com	30 / 30	30
1/12/2026 9:28	thuwanat123@gmail.com	30 / 30	30
1/12/2026 9:59	onetrasai999@gmail.com	25 / 30	25
1/12/2026 10:07	omedog999@gmail.com	27 / 30	27
1/12/2026 10:07	j729012018@gmail.com	29 / 30	29
1/12/2026 10:25	napatframe123@gmail.com	26 / 30	26
1/12/2026 10:37	thnatthchotithnanpayya@gmail.com	21 / 30	21
1/12/2026 23:33	pisit.s2543@gmail.com	23 / 30	23
1/12/2026 23:34	jojojo55344@gmail.com	24 / 30	24
1/13/2026 8:39:42	zeeearthnks@gmail.com	22 / 30	22
1/13/2026 8:40:14	noon08mnt@gmail.com	22 / 30	22
1/13/2026 8:48:10	game137733@gmail.com	21 / 30	21
1/13/2026 8:50:07	suvijak.dew2549@gmail.com	22 / 30	22
1/13/2026 11:19:55	worawich2225@gmail.com	22 / 30	22
1/19/2026 18:16:39	puripan5452@gmail.com	27 / 30	27
1/19/2026 20:49:02	jetnipataubol@gmail.com	20 / 30	20
1/20/2026 13:07:33	poramed.4732@gmail.com	19 / 30	19
1/21/2026 19:29:49	tonapiwitx3@gmail.com	16 / 30	16

1/21/2026 19:29:58	mrc62569@gmail.com	19 / 30	19
1/21/2026 19:42:12	bnn782724@gmail.com	19 / 30	19
1/21/2026 21:00:21	thitikon1027@gmail.com	17 / 30	17
1/22/2026 6:54:18	icezza112@gmail.com	18 / 30	18
1/24/2026 21:41:45	patcharapon5387@gmail.com	19 / 30	19
1/24/2026 21:51:10	domthasala@gmail.com	16 / 30	16
1/12/2026 15:46	rizetubeforwork@gmail.com	30 / 30	30
1/25/2026 17:07:46	terrt123m@gmail.com	19 / 30	19
1/28/2026 8:47:29	sopon.pronbunchanont@gmail.com	19 / 30	19

แบบทดสอบที่ 2			
12/21/2025 18:57:16	theerapat093@gmail.com	28 / 30	28
1/9/2026 15:58	kosinn32@gmail.com	27 / 30	27
1/12/2026 9:14	kongyapper@gmail.com	26 / 30	26
1/12/2026 9:34	tourgsx@gmail.com	27 / 30	27
1/12/2026 9:39	panwasapond@gmail.com	28 / 30	28
1/12/2026 9:38	thuwanat123@gmail.com	27 / 30	27
1/12/2026 10:04	onetrasai999@gmail.com	27 / 30	27
1/12/2026 10:10	omedog999@gmail.com	27 / 30	27
1/12/2026 10:15	j729012018@gmail.com	27 / 30	27
1/12/2026 10:35	napatframe123@gmail.com	28 / 30	28
1/12/2026 10:40	thnatthchotithnanpayya@gmail.com	27 / 30	27
1/12/2026 23:48	pisit.s2543@gmail.com	24 / 30	24
1/12/2026 23:49	jojojo55344@gmail.com	25 / 30	25
1/13/2026 8:45:39	zeeearthnks@gmail.com	25 / 30	25

1/13/2026 8:47:41	noon08mnt@gmail.com	28 / 30	28
1/13/2026 8:59:19	game137733@gmail.com	28 / 30	28
1/13/2026 9:22:13	suvijak.dew2549@gmail.com	25 / 30	25
1/13/2026 11:24:51	worawich2225@gmail.com	27 / 30	27
1/19/2026 18:32:37	puripan5452@gmail.com	26 / 30	26
1/19/2026 20:57:39	jetnipataubol@gmail.com	24 / 30	24
1/20/2026 13:19:26	poramed.4732@gmail.com	23 / 30	23
1/21/2026 19:47:40	tonapiwitx3@gmail.com	23 / 30	23
1/21/2026 19:46:10	mrc62569@gmail.com	23 / 30	23
1/21/2026 19:53:53	bnn782724@gmail.com	17 / 30	17
1/21/2026 21:07:43	thitikon1027@gmail.com	18 / 30	18
1/22/2026 6:59:30	icezaza0940242196@gmail.com	23 / 30	23
1/24/2026 21:49:51	patcharapon5387@gmail.com	24 / 30	24
1/24/2026 21:57:56	domthasala@gmail.com	25 / 30	25
1/12/2026 15:56	rizetubeforwork@gmail.com	27 / 30	27
1/30/2026 11:05:46	terrt123m@gmail.com	8 / 30	8
1/30/2026 11:06:41	sopon.pronbunchanont@gmail.com	9 / 30	9

แบบทดสอบที่ 3			
12/21/2025 20:46:29	theerapat093@gmail.com	24 / 25	24
1/11/2026 14:18	kosinn32@gmail.com	19 / 25	19
1/12/2026 9:56	kongyapper@gmail.com	23 / 25	23
1/12/2026 23:50	tourgsx@gmail.com	24 / 25	24
1/12/2026 9:57	panwasapond@gmail.com	24 / 25	24
1/12/2026 9:55	thuwanat123@gmail.com	24 / 25	24

1/12/2026 9:48	onetrasai999@gmail.com	20 / 25	20
1/12/2026 9:56	omedog999@gmail.com	20 / 25	20
1/12/2026 10:27	j729012018@gmail.com	23 / 25	23
1/12/2026 10:00	napatframe123@gmail.com	20 / 25	20
1/12/2026 9:57	thnatthchotithnanpayya@gmail.com	20 / 25	20
1/12/2026 23:56	pisit.s2543@gmail.com	22 / 25	22
1/12/2026 23:57	jojojo55344@gmail.com	22 / 25	22
1/13/2026 8:52:30	zeeearthnks@gmail.com	23 / 25	23
1/13/2026 8:52:37	noon08mnt@gmail.com	23 / 25	23
1/13/2026 9:16:08	game137733@gmail.com	23 / 25	23
1/13/2026 8:57:20	suvijak.dew2549@gmail.com	23 / 25	23
1/13/2026 11:27:47	worawich2225@gmail.com	23 / 25	23
1/19/2026 18:47:10	puripan5452@gmail.com	20 / 25	20
1/19/2026 21:05:02	jetnipataubol@gmail.com	23 / 25	23
1/20/2026 13:28:42	poramed.4732@gmail.com	13 / 25	13
1/21/2026 19:50:07	tonapiwitx3@gmail.com	13 / 25	13
1/21/2026 19:52:28	mrc62569@gmail.com	14 / 25	14
1/21/2026 20:02:46	bnn782724@gmail.com	11 / 25	11
1/21/2026 21:22:28	thitikon1027@gmail.com	18 / 25	18
1/22/2026 7:13:54	icezza112@gmail.com	17 / 25	17
1/24/2026 21:59:33	patcharapon5387@gmail.com	15 / 25	15
1/24/2026 22:02:21	domthasala@gmail.com	10 / 25	10
1/12/2026 16:03	rizetubeforwork@gmail.com	23 / 25	23
1/30/2026 11:07:15	terrt123m@gmail.com	3 / 25	3
1/30/2026 11:09:42	sopon.pronbunchanont@gmail.com	12 / 25	12

แบบทดสอบที่ 4			
12/21/2025 21:04:55	theerapat093@gmail.com	24 / 25	24
1/11/2026 14:53	kosinn32@gmail.com	23 / 25	23
1/12/2026 10:07	kongyapper@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 23:56	tourgsx@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:12	panwasapond@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:02	thuwanat123@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 9:53	onetrasai999@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:14	omedog999@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:40	j729012018@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:32	napatframe123@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:46	thnatthchotithnanpayya@gmail.com	23 / 25	23
1/13/2026 0:04:13	pisit.s2543@gmail.com	22 / 25	23
1/13/2026 0:04:33	jojojo55344@gmail.com	20 / 25	20
1/13/2026 8:48:57	zeeearthnks@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 8:59:57	noon08mnt@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 9:18:47	game137733@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 9:05:03	suvijak.dew2549@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 11:29:48	worawich2225@gmail.com	25 / 25	25
1/19/2026 19:13:07	puripan5452@gmail.com	25 / 25	25
1/19/2026 21:08:10	jetnipataubol@gmail.com	25 / 25	25
1/20/2026 13:33:36	poramed.4732@gmail.com	20 / 25	20
1/21/2026 19:52:59	tonapiwitx3@gmail.com	4 / 25	4
1/21/2026 19:58:43	mrc62569@gmail.com	8 / 25	8
1/21/2026 20:07:01	bnn782724@gmail.com	8 / 25	8
1/21/2026 21:30:20	thitikon1027@gmail.com	15 / 25	15
1/22/2026 7:19:13	icezza112@gmail.com	18 / 25	18
1/24/2026 22:06:33	patcharapon5387@gmail.com	11 / 25	11

1/24/2026 22:04:55	domthasala@gmail.com	10 / 25	10
1/12/2026 16:08	rizetubeforwork@gmail.com	24 / 25	24
1/30/2026 11:08:50	terrt123m@gmail.com	6 / 25	6
1/30/2026 11:16:50	sopon.pronbunchanont@gmail.com	5 / 25	5

แบบทดสอบที่ 5			
12/21/2025 21:17:58	theerapat093@gmail.com	25 / 25	25
1/11/2026 15:11	kosinn32@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:30	kongyapper@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 0:00:31	tourgsx@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:30	panwasapond@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:26	thuwanat123@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:02	onetrasai999@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:17	omedog999@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:56	j729012018@gmail.com	24 / 25	24
1/12/2026 10:22	napatframe123@gmail.com	25 / 25	25
1/12/2026 10:49	thnatthchotithnanpayya@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 0:09:46	pisit.s2543@gmail.com	24 / 25	24
1/13/2026 0:10:34	jojojo55344@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 8:21:19	zeeearthnks@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 9:05:39	noon08mnt@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 9:22:17	game137733@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 9:08:40	suvijak.dew2549@gmail.com	25 / 25	25
1/13/2026 11:35:50	worawich2225@gmail.com	25 / 25	25
1/19/2026 19:25:01	puripan5452@gmail.com	20 / 25	20

1/19/2026 21:19:42	jetnipataubol@gmail.com	25 / 25	25
1/20/2026 13:41:18	poramed.4732@gmail.com	13 / 25	13
1/21/2026 19:54:51	tonapiwitx3@gmail.com	13 / 25	13
1/21/2026 20:02:47	mrc62569@gmail.com	13 / 25	13
1/21/2026 20:10:37	bnn782724@gmail.com	1 / 25	1
1/21/2026 21:39:54	thitikon1027@gmail.com	22 / 25	22
1/22/2026 7:24:00	icezza112@gmail.com	18 / 25	18
1/24/2026 22:11:10	patcharapon5387@gmail.com	17 / 25	17
1/24/2026 22:07:54	domthasala@gmail.com	17 / 25	17
1/12/2026 16:28	rizetubeforwork@gmail.com	25 / 25	25
1/30/2026 11:09:50	terrt123m@gmail.com	8 / 25	8
1/30/2026 11:18:37	sopon.pronbunchanont@gmail.com	11 / 25	11

ผลคะแนน Post-Test ของกลุ่มทดลอง จำนวน 5 แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 1			
1/21/2026 17:53:08	natthapat.aom@gmail.com	27 / 30	27
1/21/2026 17:53:13	68301320027@htc.ac.th	28 / 30	28
1/21/2026 17:53:47	seraya.s2006@gmail.com	28 / 30	28
1/21/2026 19:18:52	68314020019@htc.ac.th	6 / 30	6
1/21/2026 22:16:51	68314020012@htc.ac.th	20 / 30	20
1/22/2026 11:31:49	ekscpxd@gmail.com	30 / 30	30
1/22/2026 12:37:35	zavseven27@gmail.com	28 / 30	28
1/22/2026 13:14:58	abdulrohman0891@gmail.com	24 / 30	24
1/22/2026 13:58:57	toh007020@gmail.com	15 / 30	15
1/22/2026 13:29:13	smileguuij@gmail.com	26 / 30	26

1/22/2026 13:34:45	thanatchaya1721@gmail.com	26 / 30	26
1/22/2026 14:10:27	rockhohf@gmail.com	26 / 30	26
1/22/2026 13:59:31	leela2850wadee@gmail.com	21 / 30	21
1/22/2026 13:57:23	phxilxn05122548@gmail.com	27 / 30	27
1/22/2026 14:06:55	sikhiram.b@gmail.com	28 / 30	28
1/22/2026 13:46:38	speed.t00599@gmail.com	27 / 30	27
1/22/2026 14:12:01	gamerpeakgm@gmail.com	28 / 30	28
1/22/2026 14:47:23	veerapadthongpunchong@gmail.com	28 / 30	28
1/22/2026 14:38:41	tipcheankamonrat@gmail.com	24 / 30	24
1/22/2026 14:10:14	68314020011@chontech.ac.th	28 / 30	28
1/22/2026 14:46:42	nattawat.lnwza07@gmail.com	26 / 30	26
1/22/2026 13:53:45	suppawitchaikittirungrueang@gmail.com	27 / 30	27
1/22/2026 19:44:24	mxbhmay4@gmail.com	19 / 30	19
1/23/2026 12:26:09	68301320027@htc.ac.th	27 / 30	27
1/23/2026 12:26:12	68314020003@htc.ac.th	27 / 30	27
1/23/2026 12:34:24	peeranatlove2550@gmail.com	30 / 30	30
1/23/2026 20:39:51	moaeo147@gmail.com	24 / 30	24
1/22/2026 13:32:25	smartmoon808n@gmail.com	29 / 30	29
1/24/2026 14:48:52	saca98864@gmail.com	20 / 30	20
1/24/2026 15:00:54	omgpes2025@gmail.com	20 / 30	20
1/24/2026 14:41:47	w230264@gmail.com	17 / 30	17
1/22/2026 14:19:29	wiliwansriphoomee@gmail.com	21 / 30	21
1/24/2026 16:30:57	chrirawut@gmail.com	28 / 30	28
1/24/2026 19:11:05	kwang244230@gmail.com	24 / 30	24
1/24/2026 20:22:41	twnkheruxthnthrn1@gmail.com	28 / 30	28
1/25/2026 7:52:15	puuusrisaeng@gmail.com	23 / 30	23

1/25/2026 14:22:02	sirithryeawlaksn41@gmail.com	19 / 30	19
1/25/2026 14:22:03	thanyaretkook083@gmail.com	19 / 30	19
1/25/2026 22:31:42	waranya2000j@gmail.com	22 / 30	22
1/25/2026 22:31:44	rattanakorn2496500@gmail.com	22 / 30	22
1/26/2026 0:32:17	bes.nattapong.9@gmail.com	22 / 30	22
1/26/2026 15:18:18	kvtphakhchumphucanthr@gmail.com	28 / 30	28
1/26/2026 17:12:10	singha23082549@gmail.com	11 / 30	11
1/26/2026 12:02:11	zssd159632@gmail.com	26 / 30	26
1/26/2026 18:40:53	qawsed54118@gmail.com	17 / 30	17
1/27/2026 9:33:34	pphasirikhadaeng46@gmail.com	17 / 30	17
1/23/2026 0:26:10	k.pimpatthra@gmail.com	20 / 30	20
1/21/2026 20:19:02	65201020116@htc.ac.th	10 / 30	10
1/28/2026 11:00:55	noc153683@gmail.com	17 / 30	17
1/27/2026 9:18:04	thahain1234@gmail.com	19 / 30	19
1/28/2026 8:04:41	68314020011@chontech.ac.th	27 / 30	27
1/28/2026 10:23:44	zerodady36@gmail.com	10 / 30	10
1/29/2026 23:48:25	phokinsaema2@gmail.com	26 / 30	26
1/25/2026 23:41:54	pathakorn1@gmail.com	23 / 30	23
1/31/2026 10:00:59	danudetdech@gmail.com	25 / 30	25
1/31/2026 10:03:06	nutchaphonmic@gmail.com	20 / 30	20
1/31/2026 10:30:04	supakorn071780@gmail.com	23 / 30	23
1/31/2026 10:30:10	sxyangyxdyeiym@gmail.com	25 / 30	25
2/2/2026 9:53	srawuthcindadwng@gmail.com	20 / 30	20
2/2/2026 10:02	moaeo147@gmail.com	23 / 30	23
2/2/2026 10:15	boss.zxc2110@gmail.com	19 / 30	19

2/2/2026 9:55	68314020008@htc.ac.th	21 / 30	21
1/25/2026 22:31:46	kanyalag2002j@gmail.com	22 / 30	22
2/2/2026 15:54	kunakorn2498@gmail.com	17 / 30	17
2/2/2026 10:02	68314020006@htc.ac.th	23 / 30	23
2/2/2026 9:58	kritsada254810@gmail.com	22 / 30	22
2/7/2026 0:04	68314020015@htc.ac.th	10 / 30	10
2/2/2026 10:16	68314020018@htc.ac.th	29 / 30	29
2/9/2026 22:02	68314020024@htc.ac.th	4 / 30	4
1/21/2026 15:10:59	thanyarak.5911@gmail.com	23 / 30	23
1/28/2026 10:44:21	68314020015@chontech.ac.th	6 / 30	6
2/2/2026 10:14	68314020011@htc.ac.th	27 / 30	27
1/21/2026 22:36:57	68314020014@htc.ac.th	27 / 30	27
2/2/2026 10:21	68314020004@htc.ac.th	30 / 30	30
2/2/2026 10:29	68314020027@htc.ac.th	29 / 30	29
2/7/2026 6:25	jeeranan101972@gmail.com	21 / 30	21
1/22/2026 13:33:11	carepeach67@gmail.com	21 / 30	21
2/3/2026 9:09	yaowaretkobkum1901@gmail.com	28 / 30	28
2/2/2026 10:16	68314020022@htc.ac.th	29 / 30	29
2/2/2026 10:17	68314020026@htc.ac.th	30 / 30	30

แบบทดสอบที่ 2			
1/21/2026 18:10:00	natthapat.aom@gmail.com	25 / 30	25
1/21/2026 18:09:59	68301320027@htc.ac.th	24 / 30	24
1/21/2026 18:10:15	seraya.s2006@gmail.com	25 / 30	25
1/21/2026 19:25:31	68314020019@htc.ac.th	16 / 30	16

1/21/2026 22:23:40	68314020012@htc.ac.th	26 / 30	26
1/22/2026 11:43:47	ekscpxd@gmail.com	24 / 30	24
1/22/2026 12:48:14	zavseven27@gmail.com	28 / 30	28
1/22/2026 13:23:20	abdulrohman0891@gmail.com	21 / 30	21
1/22/2026 14:04:54	toh007020@gmail.com	23 / 30	23
1/22/2026 14:06:18	smileguuij@gmail.com	23 / 30	23
1/22/2026 14:07:43	thanatchaya1721@gmail.com	23 / 30	23
1/22/2026 14:19:27	rockhohf@gmail.com	21 / 30	21
1/22/2026 14:12:06	leela2850wadee@gmail.com	25 / 30	25
1/22/2026 14:15:11	phxilxn05122548@gmail.com	23 / 30	23
1/22/2026 14:17:37	sikhiram.b@gmail.com	25 / 30	25
1/22/2026 14:12:18	speed.t00599@gmail.com	25 / 30	25
1/22/2026 14:19:42	gamerpeakgm@gmail.com	27 / 30	27
1/22/2026 14:57:16	veerapadthongpunchong@gmail.com	27 / 30	27
1/22/2026 14:44:59	tipcheankamonrat@gmail.com	21 / 30	21
1/22/2026 14:25:31	68314020011@chontech.ac.th	26 / 30	26
1/22/2026 14:57:50	nattawat.lnwza07@gmail.com	27 / 30	27
1/22/2026 14:15:07	suppawitchaikittirungrueang@gmail.com	21 / 30	21
1/22/2026 19:56:53	mxbhmay4@gmail.com	27 / 30	27
1/23/2026 12:32:48	68301320027@htc.ac.th	28 / 30	28
1/23/2026 12:32:48	68314020003@htc.ac.th	28 / 30	28
1/23/2026 12:42:01	peeranatlove2550@gmail.com	25 / 30	25
1/23/2026 20:51:54	moaeo147@gmail.com	25 / 30	25
1/24/2026 14:47:19	smartmoon808n@gmail.com	27 / 30	27
1/24/2026 14:56:24	saca98864@gmail.com	26 / 30	26
1/24/2026 15:08:44	omgpes2025@gmail.com	27 / 30	27

1/24/2026 15:13:07	w230264@gmail.com	25 / 30	25
1/24/2026 16:21:20	wiliwansriphoomee@gmail.com	25 / 30	25
1/24/2026 16:39:49	chrirawut@gmail.com	27 / 30	27
1/24/2026 19:30:47	kwang244230@gmail.com	23 / 30	23
1/24/2026 20:44:54	twnkheruxthnthrn1@gmail.com	25 / 30	25
1/25/2026 8:01:07	puuusrisaeng@gmail.com	23 / 30	23
1/25/2026 14:29:25	sirithryeawlaksn41@gmail.com	24 / 30	24
1/25/2026 14:29:27	thanyaretkook083@gmail.com	24 / 30	24
1/26/2026 9:44:40	waranya2000j@gmail.com	27 / 30	27
1/26/2026 0:06:14	rattanakorn2496500@gmail.com	27 / 30	27
1/26/2026 0:14:18	bes.nattapong.9@gmail.com	27 / 30	27
1/26/2026 15:23:13	kvtphakhchumphucanthr@gmail.com	27 / 30	27
1/26/2026 17:13:12	singha23082549@gmail.com	24 / 30	24
1/26/2026 19:11:31	zssd159632@gmail.com	26 / 30	26
1/26/2026 19:04:25	qawsed54118@gmail.com	27 / 30	27
1/27/2026 9:48:19	pphasirikhadaeng46@gmail.com	23 / 30	23
1/23/2026 0:32:04	k.pimpatthra@gmail.com	20 / 30	20
1/21/2026 20:20:25	65201020116@htc.ac.th	8 / 30	8
1/28/2026 11:35:10	noc153683@gmail.com	23 / 30	23
1/27/2026 9:23:08	thahain1234@gmail.com	26 / 30	26
1/28/2026 8:17:28	68314020011@chontech.ac.th	22 / 30	22
1/28/2026 10:25:42	zerodady36@gmail.com	4 / 30	4
1/29/2026 23:55:47	phokinsaema2@gmail.com	27 / 30	27
1/25/2026 23:56:17	pathakorn1@gmail.com	27 / 30	27
1/31/2026 10:06:57	danudetdech@gmail.com	27 / 30	27

1/31/2026 10:07:58	nutchaphonmic@gmail.com	18 / 30	18
1/31/2026 10:33:51	supakorn071780@gmail.com	27 / 30	27
1/31/2026 10:33:48	sxyangyxdyeiym@gmail.com	27 / 30	27
2/2/2026 10:46	srawuthcindadwng@gmail.com	26 / 30	26
2/2/2026 10:43	moaeo147@gmail.com	27 / 30	27
2/2/2026 10:14	boss.zxc2110@gmail.com	27 / 30	27
2/2/2026 11:42	68314020008@htc.ac.th	21 / 30	21
1/31/2026 13:00:15	kanyalag2002j@gmail.com	26 / 30	26
2/2/2026 16:15	kunakorn2498@gmail.com	22 / 30	22
2/2/2026 10:21	68314020006@htc.ac.th	27 / 30	27
2/2/2026 11:49	kritsada254810@gmail.com	26 / 30	26
2/7/2026 0:10	68314020015@htc.ac.th	21 / 30	21
2/9/2026 16:28	68314020018@htc.ac.th	27 / 30	27
2/9/2026 22:04	68314020024@htc.ac.th	12 / 30	12
1/25/2026 12:37:04	thanyarak.5911@gmail.com	27 / 30	27
1/28/2026 10:10:30	68314020015@chontech.ac.th	21 / 30	21
2/2/2026 10:42	68314020011@htc.ac.th	25 / 30	25
1/21/2026 22:50:57	68314020014@htc.ac.th	26 / 30	26
2/2/2026 10:42	68314020004@htc.ac.th	27 / 30	27
2/2/2026 10:45	68314020027@htc.ac.th	26 / 30	26
2/7/2026 6:29	jeeranan101972@gmail.com	27 / 30	27

แบบทดสอบที่ 3			
1/21/2026 18:26:50	natthapat.aom@gmail.com	22 / 25	22
1/21/2026 18:26:59	68301320027@htc.ac.th	21 / 25	21

1/21/2026 18:28:12	seraya.s2006@gmail.com	21 / 25	21
1/21/2026 19:43:19	68314020019@htc.ac.th	8 / 25	8
1/21/2026 22:31:03	68314020012@htc.ac.th	23 / 25	23
1/22/2026 11:54:16	ekscpxd@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 13:04:53	zavseven27@gmail.com	22 / 25	22
1/22/2026 13:33:46	abdulrohman0891@gmail.com	21 / 25	21
1/22/2026 14:16:35	toh007020@gmail.com	16 / 25	16
1/22/2026 14:16:16	smileguuij@gmail.com	12 / 25	12
1/22/2026 14:19:08	thanatchaya1721@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 14:27:14	rockhohf@gmail.com	18 / 25	18
1/22/2026 14:26:40	leela2850wadee@gmail.com	22 / 25	22
1/22/2026 14:33:38	phxilxn05122548@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 14:33:15	sikhiram.b@gmail.com	21 / 25	21
1/22/2026 14:36:00	speed.t00599@gmail.com	20 / 25	20
1/22/2026 14:39:32	gamerpeakgm@gmail.com	22 / 25	22
1/22/2026 15:01:04	veerapadthongpunchong@gmail.com	17 / 25	17
1/22/2026 14:54:45	tipcheankamonrat@gmail.com	20 / 25	20
1/22/2026 15:06:58	68314020011@chontech.ac.th	22 / 25	22
1/22/2026 15:12:16	nattawat.lnwza07@gmail.com	22 / 25	22
1/22/2026 19:24:28	suppawitchaikittirungrueang@gmail.com	21 / 25	21
1/22/2026 20:13:18	mxbhmay4@gmail.com	21 / 25	21
1/23/2026 12:39:55	68301320027@htc.ac.th	23 / 25	23
1/23/2026 12:41:46	68314020003@htc.ac.th	23 / 25	23
1/23/2026 13:00:50	peeranatlove2550@gmail.com	18 / 25	18
1/23/2026 21:06:36	moaeo147@gmail.com	19 / 25	19

1/24/2026 14:54:56	smartmoon808n@gmail.com	23 / 25	23
1/24/2026 15:07:01	saca98864@gmail.com	19 / 25	19
1/24/2026 15:22:12	omgpes2025@gmail.com	21 / 25	21
1/24/2026 15:36:02	w230264@gmail.com	19 / 25	19
1/24/2026 16:34:11	wiliwansriphoomee@gmail.com	19 / 25	19
1/24/2026 16:50:54	chrirawut@gmail.com	20 / 25	20
1/24/2026 19:47:51	kwang244230@gmail.com	19 / 25	19
1/24/2026 21:16:43	twnkheruxthnthrn1@gmail.com	21 / 25	21
1/25/2026 8:11:04	puuusrisaeng@gmail.com	18 / 25	18
1/25/2026 14:39:09	sirithryeawlaksn41@gmail.com	23 / 25	23
1/25/2026 14:39:23	thanyaretkook083@gmail.com	23 / 25	23
1/26/2026 9:50:49	waranya2000j@gmail.com	23 / 25	23
1/26/2026 11:57:32	rattanakorn2496500@gmail.com	23 / 25	23
1/26/2026 0:05:45	bes.nattapong.9@gmail.com	23 / 25	23
1/26/2026 15:29:23	kvtphakhchumphucanthr@gmail.com	23 / 25	23
1/26/2026 17:17:08	singha23082549@gmail.com	13 / 25	13
1/26/2026 20:48:49	zssd159632@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 23:37:10	qawsed54118@gmail.com	23 / 25	23
1/27/2026 10:07:35	pphasirikhadaeng46@gmail.com	16 / 25	16
1/25/2026 17:51:59	k.pimpatthra@gmail.com	18 / 25	18
1/28/2026 17:38:38	65201020116@htc.ac.th	7 / 30	7
1/28/2026 11:55:29	noc153683@gmail.com	21 / 25	21
1/28/2026 8:12:57	thahain1234@gmail.com	22 / 25	22
1/28/2026 8:25:32	68314020011@chontech.ac.th	23 / 25	23
1/28/2026 10:33:55	zerodady36@gmail.com	8 / 25	8

1/30/2026 0:05:09	phokinsaema2@gmail.com	21 / 25	21
1/26/2026 0:03:11	pathakorn1@gmail.com	24 / 25	24
1/31/2026 10:11:50	danudetdech@gmail.com	24 / 25	24
2/2/2026 15:15	nutchaphonmic@gmail.com	11 / 25	11
1/31/2026 10:40:40	supakorn071780@gmail.com	24 / 25	24
1/31/2026 10:41:00	sxyangyxdyeiym@gmail.com	24 / 25	24
2/2/2026 10:19	srawuthcindadwng@gmail.com	23 / 25	23
2/2/2026 10:21	moaeo147@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 10:27	boss.zxc2110@gmail.com	23 / 25	23
2/2/2026 11:44	68314020008@htc.ac.th	12 / 25	12
1/26/2026 13:01:45	kanyalag2002j@gmail.com	23 / 25	23
2/2/2026 16:33	kunakorn2498@gmail.com	22 / 25	22
2/2/2026 11:06	68314020006@htc.ac.th	24 / 25	24
2/6/2026 17:06	kritsada254810@gmail.com	13 / 25	13
2/7/2026 0:18	68314020015@htc.ac.th	14 / 25	14
2/9/2026 16:19	68314020018@htc.ac.th	18 / 25	18
2/9/2026 22:06	68314020024@htc.ac.th	6 / 25	6
1/25/2026 13:28:11	thanyarak.5911@gmail.com	23 / 25	23
1/28/2026 10:14:00	68314020015@chontech.ac.th	9 / 25	9

แบบทดสอบที่ 4			
1/21/2026 18:39:29	natthapat.aom@gmail.com	25 / 25	25
1/21/2026 18:37:44	68301320027@htc.ac.th	25 / 25	25
1/21/2026 18:41:16	seraya.s2006@gmail.com	24 / 25	24
1/21/2026 19:45:49	68314020019@htc.ac.th	6 / 25	6

1/21/2026 22:36:44	68314020012@htc.ac.th	25 / 25	25
1/22/2026 12:01:17	ekscpxd@gmail.com	24 / 25	24
1/22/2026 20:18:54	zavseven27@gmail.com	24 / 25	24
1/22/2026 21:15:10	abdulrohman0891@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 14:22:59	toh007020@gmail.com	14 / 25	14
1/22/2026 14:22:26	smileguuij@gmail.com	21 / 25	21
1/22/2026 14:27:34	thanatchaya1721@gmail.com	25 / 25	25
1/22/2026 14:33:41	rockhohf@gmail.com	18 / 25	18
1/22/2026 14:36:36	leela2850wadee@gmail.com	24 / 25	24
1/22/2026 14:42:49	phxilxn05122548@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 14:45:13	sikhiram.b@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 14:45:34	speed.t00599@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 14:51:18	gamerpeakgm@gmail.com	25 / 25	25
1/22/2026 15:02:59	veerapadthongpunchong@gmail.com	19 / 25	19
1/22/2026 15:02:57	tipcheankamonrat@gmail.com	11 / 25	11
1/22/2026 15:10:19	68314020011@chontech.ac.th	20 / 25	20
1/22/2026 15:20:50	nattawat.lnwza07@gmail.com	21 / 25	21
1/22/2026 21:38:22	suppawitchaikittirungrueang@gmail.com	25 / 25	25
1/22/2026 20:29:09	mxbhmay4@gmail.com	25 / 25	25
1/23/2026 12:49:18	68301320027@htc.ac.th	25 / 25	25
1/23/2026 12:51:21	68314020003@htc.ac.th	25 / 25	25
1/23/2026 13:43:40	peeranatlove2550@gmail.com	22 / 25	22
1/23/2026 21:23:14	moaeo147@gmail.com	23 / 25	23
1/24/2026 15:03:52	smartmoon808n@gmail.com	25 / 25	25
1/24/2026 15:14:04	saca98864@gmail.com	24 / 25	24
1/24/2026 15:32:03	omgpes2025@gmail.com	25 / 25	25

1/24/2026 15:43:14	w230264@gmail.com	21 / 25	21
1/24/2026 16:40:22	wiliwansriphoomee@gmail.com	25 / 25	25
1/24/2026 17:11:39	chrirawut@gmail.com	24 / 25	24
1/24/2026 20:54:21	kwang244230@gmail.com	17 / 25	17
1/24/2026 21:25:47	twnkheruxthnthrn1@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 8:23:46	puuusrisaeng@gmail.com	18 / 25	18
1/25/2026 14:54:30	sirithryeawlaksn41@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 14:54:38	thanyaretkook083@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 9:55:19	waranya2000j@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 12:39:29	rattanakorn2496500@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 23:56:28	bes.nattapong.9@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 15:35:33	kvtphakhchumphucanthr@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 17:20:57	singha23082549@gmail.com	17 / 25	17
1/26/2026 20:00:42	zssd159632@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 23:43:47	qawsed54118@gmail.com	25 / 25	25
1/27/2026 10:25:03	pphasirikhadaeng46@gmail.com	20 / 25	20
1/27/2026 21:50:18	k.pimpatthra@gmail.com	11 / 25	11
1/28/2026 18:36:14	65201020116@htc.ac.th	12 / 25	12
1/28/2026 12:02:49	noc153683@gmail.com	17 / 25	17
1/28/2026 8:22:34	thahain1234@gmail.com	24 / 25	24
1/22/2026 15:10:19	68314020011@chontech.ac.th	20 / 25	20
1/28/2026 10:39:01	zerodady36@gmail.com	9 / 25	9
1/30/2026 0:12:28	phokinsaema2@gmail.com	24 / 25	24
1/26/2026 0:08:54	pathakorn1@gmail.com	25 / 25	25
1/31/2026 10:16:01	danudetdech@gmail.com	25 / 25	25

2/2/2026 15:24	nutchaphonmic@gmail.com	23 / 25	23
1/31/2026 10:45:01	supakorn071780@gmail.com	24 / 25	24
1/31/2026 10:45:01	sxyangyxdyeiym@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 10:30	srawuthcindadwng@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 10:29	moaeo147@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 10:33	boss.zxc2110@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 11:45	68314020008@htc.ac.th	15 / 25	15
1/26/2026 13:17:00	kanyalag2002j@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 16:48	kunakorn2498@gmail.com	23 / 25	23
2/2/2026 11:14	68314020006@htc.ac.th	25 / 25	25
2/6/2026 17:12	kritsada254810@gmail.com	20 / 25	20
2/7/2026 0:27	68314020015@htc.ac.th	7 / 25	7
2/9/2026 16:17	68314020018@htc.ac.th	20 / 25	20
2/9/2026 22:10	68314020024@htc.ac.th	10 / 25	10
1/25/2026 14:33:16	thanyarak.5911@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 11:42	68314020011@htc.ac.th	24 / 25	24

แบบทดสอบที่ 5			
1/21/2026 18:49:48	natthapat.aom@gmail.com	25 / 25	25
1/21/2026 18:46:59	68301320027@htc.ac.th	25 / 25	25
1/21/2026 18:49:53	seraya.s2006@gmail.com	25 / 25	25
1/21/2026 19:46:37	68314020019@htc.ac.th	6 / 25	6
1/21/2026 22:41:28	68314020012@htc.ac.th	25 / 25	25
1/22/2026 12:07:26	ekscpxd@gmail.com	25 / 25	25

1/22/2026 20:30:54	zavseven27@gmail.com	25 / 25	25
1/23/2026 11:41:31	abdulrohman0891@gmail.com	25 / 25	25
1/22/2026 14:26:56	toh007020@gmail.com	13 / 25	13
1/22/2026 14:27:05	smileguuij@gmail.com	18 / 25	18
1/22/2026 15:13:08	thanatchaya1721@gmail.com	25 / 25	25
1/22/2026 14:38:26	rockhohf@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 14:46:12	leela2850wadee@gmail.com	25 / 25	25
1/22/2026 14:49:35	phxilxn05122548@gmail.com	24 / 25	24
1/22/2026 14:54:03	sikhiram.b@gmail.com	24 / 25	24
1/22/2026 14:55:23	speed.t00599@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 14:58:29	gamerpeakgm@gmail.com	23 / 25	23
1/22/2026 15:04:35	veerapadthongpunchong@gmail.com	18 / 25	18
1/22/2026 15:06:21	tipcheankamonrat@gmail.com	18 / 25	18
1/22/2026 15:13:29	68314020011@chontech.ac.th	21 / 25	21
1/24/2026 18:03:35	nattawat.lnwza07@gmail.com	20 / 25	20
1/22/2026 21:44:45	suppawitchaikittirungrueang@gmail.com	25 / 25	25
1/22/2026 20:39:36	mxbhmay4@gmail.com	23 / 25	23
1/23/2026 12:54:39	68301320027@htc.ac.th	18 / 25	18
1/23/2026 12:56:01	68314020003@htc.ac.th	22 / 25	22
1/23/2026 13:54:52	peeranatlove2550@gmail.com	21 / 25	21
1/23/2026 21:41:48	moaeo147@gmail.com	22 / 25	22
1/24/2026 15:10:49	smartmoon808n@gmail.com	25 / 25	25
1/24/2026 15:22:27	saca98864@gmail.com	7 / 25	7
1/24/2026 15:38:48	omgpes2025@gmail.com	25 / 25	25
1/24/2026 15:51:20	w230264@gmail.com	21 / 25	21
1/24/2026 16:45:56	wiliwansriphoomee@gmail.com	24 / 25	24

1/24/2026 17:24:57	chrirawut@gmail.com	22 / 25	22
1/24/2026 21:08:39	kwang244230@gmail.com	24 / 25	24
1/24/2026 21:44:17	twnkheruxthnthrn1@gmail.com	21 / 25	21
1/25/2026 8:32:15	puuusrisaeng@gmail.com	21 / 25	21
1/25/2026 15:08:49	sirithryeawlaksn41@gmail.com	23 / 25	23
1/25/2026 15:08:47	thanyaretkook083@gmail.com	24 / 25	24
1/26/2026 9:59:51	waranya2000j@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 12:45:17	rattanakorn2496500@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 23:39:52	bes.nattapong.9@gmail.com	19 / 25	19
1/26/2026 15:40:45	kvtphakhchumphucanthr@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 17:24:30	singha23082549@gmail.com	12 / 25	12
1/26/2026 20:13:24	zssd159632@gmail.com	25 / 25	25
1/26/2026 23:48:15	qawsed54118@gmail.com	25 / 25	25
1/27/2026 10:39:05	pphasirikhadaeng46@gmail.com	18 / 25	18
1/27/2026 21:57:21	k.pimpatthra@gmail.com	21 / 25	21
1/28/2026 18:39:37	65201020116@htc.ac.th	18 / 25	18
1/28/2026 12:09:10	noc153683@gmail.com	18 / 25	18
1/28/2026 8:28:18	thahain1234@gmail.com	25 / 25	25
1/22/2026 15:13:29	68314020011@chontech.ac.th	21 / 25	21
1/28/2026 10:42:43	zerodady36@gmail.com	7 / 25	7
1/30/2026 0:18:01	phokinsaema2@gmail.com	24 / 25	24
1/26/2026 0:15:42	pathakorn1@gmail.com	25 / 25	25
1/31/2026 10:20:49	danudetdech@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 15:32	nutchaphonmic@gmail.com	25 / 25	25
1/31/2026 10:48:52	supakorn071780@gmail.com	25 / 25	25

1/31/2026 10:49:04	sxyangyxdyeiym@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 10:38	srawuthcindadwng@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 10:37	moaeo147@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 10:37	boss.zxc2110@gmail.com	25 / 25	25
2/2/2026 11:47	68314020008@htc.ac.th	14 / 25	14
1/26/2026 13:25:59	kanyalag2002j@gmail.com	23 / 25	23
2/2/2026 16:59	kunakorn2498@gmail.com	23 / 25	23
2/2/2026 11:27	68314020006@htc.ac.th	25 / 25	25
2/6/2026 17:16	kritsada254810@gmail.com	20 / 25	20
2/7/2026 0:30	68314020015@htc.ac.th	7 / 25	7
2/9/2026 15:43	68314020018@htc.ac.th	20 / 25	20
2/9/2026 22:11	68314020024@htc.ac.th	9 / 25	9
1/25/2026 16:05:14	thanyarak.5911@gmail.com	25 / 25	25
1/28/2026 10:03:18	68314020015@chontech.ac.th	19 / 25	19
2/2/2026 11:49	68314020011@htc.ac.th	10 / 25	10

ผลการประเมินภาคปฏิบัติของกลุ่มทดลอง โดยอาจารย์แต่ละวิทยาลัยฯ

การประเมินจากอาจารย์วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี

การประเมินผลทางภาคปฏิบัติของนักศึกษาในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

1) ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Catenary System)

รายการประเมิน	มาตรวัด (จากน้อยไปมาก)				
	1	2	3	4	5
ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS				/	
ความเข้าใจในหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด				/	
การวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์				/	
รู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น					/

2) ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS (Overhead Contact System)

รายการประเมิน	มาตรวัด (จากน้อยไปมาก)				
	1	2	3	4	5
ความเข้าใจในมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS					/
ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้				/	
รู้จักเลือก PPE และใช้ได้อย่างถูกต้อง					/
สามารถระบุขั้นตอน ก่อน-ระหว่าง-หลัง การทำงาน ได้อย่างถูกต้อง					/

การประเมินจากอาจารย์วิทยาลัยเทคนิคนครลำปาง

การประเมินผลทางภาคปฏิบัติของนักศึกษาในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

1) ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Catenary System)

รายการประเมิน	มาตรวัด (จากน้อยไปมาก)				
	1	2	3	4	5
ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS					✓
ความเข้าใจในหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด					✓
การวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์				✓	
รู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น				✓	

2) ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS (Overhead Contact System)

รายการประเมิน	มาตรวัด (จากน้อยไปมาก)				
	1	2	3	4	5
ความเข้าใจในมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS				✓	
ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้				✓	
รู้จักเลือก PPE และใช้ได้อย่างถูกต้อง					✓
สามารถระบุขั้นตอน ก่อน-ระหว่าง-หลัง การทำงาน ได้อย่างถูกต้อง				✓	

การประเมินจากอาจารย์วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่

การประเมินผลทางภาคปฏิบัติของนักศึกษาในการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว

1) ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Catenary System)

รายการประเมิน	มาตรวัด (จากน้อยไปมาก)				
	1	2	3	4	5
ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS				/	
ความเข้าใจในหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด			/		
การวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์			/		
รู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น			/		

2) ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS (Overhead Contact System)

รายการประเมิน	มาตรวัด (จากน้อยไปมาก)				
	1	2	3	4	5
ความเข้าใจในมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS				/	
ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้			/		
รู้จักเลือก PPE และใช้ได้อย่างถูกต้อง				/	
สามารถระบุขั้นตอน ก่อน-ระหว่าง-หลัง การทำงาน ได้อย่างถูกต้อง			/		

สรุปการประเมินภาคปฏิบัติในภาพรวมของวิทยาลัยเทคนิค (กลุ่มทดลอง)

1) ส่วนประกอบของระบบ OCS	วท.ช.	วท.นป.	วท.หญ.	เฉลี่ย
ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของ OCS	4	5	4	4.33
ความเข้าใจในหน้าที่ของอุปกรณ์ OCS แต่ละชนิด	4	5	3	4.00
การวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์	4	4	3	3.67
รู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น	5	4	3	4.00
	คะแนนประเมินโดยรวม			4.00

2) ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS	วท.ช.	วท.นป.	วท.หญ.	เฉลี่ย
ความเข้าใจในมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบ OCS	5	4	4	4.33
ความสามารถในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้	4	4	3	3.67
รู้จักเลือก PPE และใช้ได้อย่างถูกต้อง	5	5	4	4.67
สามารถระบุขั้นตอน ก่อน-ระหว่าง-หลัง การทำงานได้อย่างถูกต้อง	5	4	3	4.00
	คะแนนประเมินโดยรวม			4.17

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพและค่าความยากของแบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 1			
		เต็ม	30
12/21/2025 18:32:05	theerapat093@gmail.com	25 / 30	25
1/9/2026 10:27	kosinn32@gmail.com	21 / 30	21
1/10/2026 9:24	j729012018@gmail.com	29 / 30	29
1/12/2026 15:46	rizetubeforwork@gmail.com	30 / 30	30
1/14/2026 13:36:59	68314020014@ayuttech.ac.th	8 / 30	8
1/14/2026 13:44:15	hsuphaththi@gmail.com	22 / 30	22
1/14/2026 13:46:55	68314020002@ayuttech.ac.th	5 / 30	5
1/20/2026 11:29:57	chawalitflb@gmail.com	21 / 30	21
1/21/2026 11:12:28	pphasirikhadaeng46@gmail.com	18 / 30	18
1/21/2026 15:10:59	thanyarak.5911@gmail.com	23 / 30	23
1/21/2026 15:39:08	68314020018@htc.ac.th	25 / 30	25
1/21/2026 19:06:06	68314020019@htc.ac.th	4 / 30	4
1/21/2026 22:31:18	zavseven27@gmail.com	27 / 30	27
1/21/2026 22:36:58	68301320024@htc.ac.th	30 / 30	30
1/21/2026 23:02:57	68301320024@htc.ac.th	30 / 30	30
1/23/2026 10:04:50	peeranatlove2550@gmail.com	29 / 30	29
1/23/2026 12:42:55	68314020015@htc.ac.th	16 / 30	16
1/25/2026 10:59:47	danudetdech@gmail.com	20 / 30	20
1/25/2026 11:09:48	supakorn071780@gmail.com	19 / 30	19
1/25/2026 12:14:26	sxyangyxdyeiym@gmail.com	29 / 30	29
1/25/2026 12:17:13	new677345@gmail.com	26 / 30	26

1/25/2026 18:11:43	zssd159632@gmail.com	23 / 30	23
1/25/2026 20:52:30	singha23082549@gmail.com	10 / 30	10
1/25/2026 23:06:54	rattanakorn2496500@gmail.com	28 / 30	28
1/25/2026 23:06:54	waranya2000j@gmail.com	28 / 30	28
1/25/2026 23:07:00	kanyalag2002j@gmail.com	26 / 30	26
1/25/2026 23:17:53	rattanakorn2496500@gmail.com	28 / 30	28
1/25/2026 23:26:59	rattanakornnest14092548@gmail.com	28 / 30	28
1/25/2026 23:39:06	rattanakornnest14092548@gmail.com	28 / 30	28
1/26/2026 0:34:12	rattanakorn2496500@gmail.com	28 / 30	28
1/26/2026 1:12:58	rattanakorn2496500@gmail.com	28 / 30	28
1/26/2026 9:21:15	noc153683@gmail.com	11 / 30	11
1/26/2026 10:21:59	noc153683@gmail.com	10 / 30	10
1/26/2026 10:27:52	kvtphakhchumphucanthr@gmail.com	27 / 30	27
1/26/2026 11:51:17	rizetubeforwork@gmail.com	3/ 30	3
1/26/2026 13:25:29	qawsed54118@gmail.com	20 / 30	20
1/26/2026 15:00:53	zerodady36@gmail.com	9 / 30	9
1/27/2026 11:31:41	smkeiyrtiae2547@gmail.com	21 / 30	21
2/2/2026 9:57	68314020012@htc.ac.th	19 / 30	19
2/2/2026 10:01	seraya.s2006@gmail.com	28 / 30	28
2/2/2026 10:21	stanasit@htc.ac.th	30 / 30	30
2/9/2026 14:30	srawuthcindadwng@gmail.com	20 / 30	20
2/9/2026 15:30	jireasin@gmail.com	25 / 30	25
2/10/2026 14:17	apinan0710@gmail.com	28 / 30	28
2/16/2026 19:28:24	smkeiyrtiae2547@gmail.com	28 / 30	28
	Xbar	Avg	22.02
		S^2	61.52

KR-21		
k =	30.00	
k/(k-1)	1.03	
k-Xbar	7.98	KR-21 = 0.94
Xbar(k-Xbar)	175.69	
kS^2	1,845.67	
Xbar(k-Xbar)/kS^2	0.10	

แบบทดสอบที่ 1				**ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 1**				
กิจกรรมที่ 1								
ข้อ	ถูก	ผิด	รวม	**ข้อ**	**ถูก**	**N**	**p**	**ระดับ**
รวม	19	26	45	รวม	19	45	**0.42**	ปานกลาง
กิจกรรมที่ 2								
ข้อ	ถูก	ผิด	รวม	**ข้อ**	**ถูก**	**N**	**p**	**ระดับ**
1	37	8	45	1	37	45	0.82	ง่าย
2	38	7	45	2	38	45	0.84	ง่าย
3	38	7	45	3	38	45	0.84	ง่าย
4	21	24	45	4	21	45	0.47	ปานกลาง
5	38	7	45	5	38	45	0.84	ง่าย
6	34	11	45	6	34	45	0.76	ค่อนข้างง่าย
7	35	10	45	7	35	45	0.78	ค่อนข้างง่าย
8	37	8	45	8	37	45	0.82	ง่าย
9	34	11	45	9	34	45	0.76	ค่อนข้างง่าย
10	39	6	45	10	39	45	0.87	ง่าย
11	41	4	45	11	41	45	0.91	ง่ายมาก
12	42	3	45	12	42	45	0.93	ง่ายมาก
13	37	8	45	13	37	45	0.82	ง่าย

14	37	8	45	14	37	45	0.82	ง่าย
15	35	10	45	15	35	45	0.78	ค่อนข้างง่าย
16	40	5	45	16	40	45	0.89	ง่าย
17	43	2	45	17	43	45	0.96	ง่ายมาก
18	20	25	45	18	20	45	0.44	ปานกลาง
19	37	8	45	19	37	45	0.82	ง่าย
20	41	4	45	20	41	45	0.91	ง่ายมาก
						ค่า p เฉลี่ย	**0.79**	

แบบทดสอบที่ 2			
		เต็ม	30
12/21/2025 18:49:31	theerapat093@gmail.com	25 / 30	25
1/9/2026 11:25	kosinn32@gmail.com	25 / 30	25
1/10/2026 9:53	j729012018@gmail.com	25 / 30	25
1/14/2026 13:42:12	tawan.tw2007@gmail.com	7 / 30	7
1/14/2026 13:44:00	68314020014@ayuttech.ac.th	12 / 30	12
1/20/2026 11:46:27	chawalitflb@gmail.com	26 / 30	26
1/21/2026 12:34:14	pphasirikhadaeng46@gmail.com	19 / 30	19
1/21/2026 15:25:09	thanyarak.5911@gmail.com	26 / 30	26
1/21/2026 19:07:52	68314020019@htc.ac.th	6 / 30	6
1/21/2026 19:09:21	68314020019@htc.ac.th	10 / 30	10
1/21/2026 22:51:19	zavseven27@gmail.com	27 / 30	27
1/23/2026 12:30:53	peeranatlove2550@gmail.com	24 / 30	24

1/23/2026 12:59:08	68314020015@htc.ac.th	24 / 30	24
1/25/2026 11:08:09	danudetdech@gmail.com	27 / 30	27
1/25/2026 11:26:57	supakorn071780@gmail.com	27 / 30	27
1/25/2026 12:30:42	new677345@gmail.com	27 / 30	27
1/25/2026 12:44:56	sxyangyxdyeiym@gmail.com	25 / 30	25
1/25/2026 18:39:50	zssd159632@gmail.com	25 / 30	25
1/25/2026 21:04:26	singha23082549@gmail.com	22 / 30	22
1/26/2026 0:06:21	waranya2000j@gmail.com	27 / 30	27
1/26/2026 0:06:33	kanyalag2002j@gmail.com	27 / 30	27
1/26/2026 0:53:35	rattanakorn2496500@gmail.com	26 / 30	26
1/26/2026 0:57:56	rattanakorn2496500@gmail.com	26 / 30	26
1/28/2026 10:51:55	zerodady36@gmail.com	9 / 30	9
2/2/2026 10:05	seraya.s2006@gmail.com	27 / 30	27
2/2/2026 10:07	68314020014@htc.ac.th	21 / 30	21
2/2/2026 10:07	68314020012@htc.ac.th	25 / 30	25
2/2/2026 10:43	stanasit@htc.ac.th	27 / 30	27
2/2/2026 10:43	68314020019@htc.ac.th	26 / 30	26
2/2/2026 10:43	peeranatlove2550@gmail.com	27 / 30	27
2/2/2026 10:44	68314020026@htc.ac.th	27 / 30	27
2/2/2026 10:44	68314020018@htc.ac.th	28 / 30	28
2/2/2026 10:45	68314020022@htc.ac.th	26 / 30	26
2/2/2026 10:48	68314020004@htc.ac.th	28 / 30	28
2/9/2026 14:02	68314020019@htc.ac.th	19 / 30	19
2/9/2026 15:46	jireasin@gmail.com	26 / 30	26
2/9/2026 17:22	srawuthcindadwng@gmail.com	27 / 30	27

2/16/2026 19:35:56	smkeiyrtiae2547@gmail.com	27 / 30	27
	Xbar	Avg	23.29
		S^2	37.72475

KR-21		
k =	30.00	
k/(k-1)	1.03	
k-Xbar	6.71	KR-21 = 0.89
Xbar(k-Xbar)	156.28	
kS^2	1,131.74	
Xbar(k-Xbar)/kS^2	0.14	

แบบทดสอบที่ 2				**ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 2**				
กิจกรรมที่ 1								
ข้อ	ถูก	ผิด	รวม	**ข้อ**	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**
1	31	7	38	1	31	38	0.82	ง่าย
2	34	4	38	2	34	38	0.89	ง่าย
3	32	6	38	3	32	38	0.84	ง่าย
4	34	4	38	4	34	38	0.89	ง่าย
5	34	4	38	5	34	38	0.89	ง่าย
6	26	12	38	6	26	38	0.68	ค่อนข้างง่าย
7	33	5	38	7	33	38	0.87	ง่าย
8	32	6	38	8	32	38	0.84	ง่าย
9	34	4	38	9	34	38	0.89	ง่าย
10	25	13	38	10	25	38	0.66	ค่อนข้างง่าย
กิจกรรมที่ 2								
ข้อ	ถูก	ผิด	รวม	**ข้อ**	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**

1	33	5	38	1	33	38	0.87	ง่าย
2	34	4	38	2	34	38	0.89	ง่าย
3	29	9	38	3	29	38	0.76	ค่อนข้างง่าย
4	35	3	38	4	35	38	0.92	ง่ายมาก
5	31	7	38	5	31	38	0.82	ง่าย
6	30	8	38	6	30	38	0.79	ค่อนข้างง่าย
7	12	26	38	7	12	38	0.32	ค่อนข้างยาก
8	33	5	38	8	33	38	0.87	ง่าย
9	27	11	38	9	27	38	0.71	ค่อนข้างง่าย
10	34	4	38	10	34	38	0.89	ง่าย
11	34	5	39	11	34	39	0.87	ง่าย
12	34	6	40	12	34	40	0.85	ง่าย
13	33	8	41	13	33	41	0.8	ง่าย
14	28	14	42	14	28	42	0.67	ค่อนข้างง่าย
15	35	8	43	15	35	43	0.81	ง่าย
16	24	20	44	16	24	44	0.55	ปานกลาง
17	34	11	45	17	34	45	0.76	ค่อนข้างง่าย
18	35	11	46	18	35	46	0.76	ค่อนข้างง่าย
19	35	12	47	19	35	47	0.74	ค่อนข้างง่าย
20	33	15	48	20	33	48	0.69	ค่อนข้างง่าย
						ค่า p		
						เฉลี่ย	**0.79**	

แบบทดสอบที่ 3			
		เต็ม	25
12/21/2025 20:39:24	theerapat093@gmail.com	19 / 25	19
1/11/2026 19:37	j729012018@gmail.com	23 / 25	23

1/25/2026 14:05:42	supakorn071780@gmail.com	23 / 25	23
1/25/2026 14:09:34	new677345@gmail.com	24 / 25	24
1/25/2026 14:12:48	danudetdech@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 16:04:16	sxyangyxdyeiym@gmail.com	24 / 25	24
1/25/2026 22:07:59	singha23082549@gmail.com	12 / 25	12
1/26/2026 8:23:49	rattanakorn2496500@gmail.com	23 / 25	23
2/7/2026 7:05	seraya.s2006@gmail.com	10 / 25	10
	Xbar	Avg	20.33
		S^2	31

KR-21			
k =	25.00		
k/(k-1)	1.04		
k-Xbar	4.67	KR-21 =	0.91
Xbar(k-Xbar)	94.89		
kS^2	775.00		
Xbar(k-Xbar)/kS^2	0.12		

แบบทดสอบที่ 3				**ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 3**				
ข้อ	ถูก	ผิด	รวม	**ข้อ**	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**
1	8	1	9	1	8	9	0.89	ง่าย
2	8	1	9	2	8	9	0.89	ง่าย
3	6	3	9	3	6	9	0.67	ค่อนข้างง่าย
4	7	2	9	4	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
5	7	2	9	5	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
6	6	3	9	6	6	9	0.67	ค่อนข้างง่าย
7	8	1	9	7	8	9	0.89	ง่าย

8	8	1	9	8	8	9	0.89	ง่าย
9	5	4	9	9	5	9	0.56	ปานกลาง
10	6	4	9	10	6	9	0.67	ค่อนข้างง่าย
11	9	3	9	11	9	9	1	ง่ายมาก
12	9	0	9	12	9	9	1	ง่ายมาก
13	7	0	9	13	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
14	9	2	9	14	9	9	1	ง่ายมาก
15	8	1	9	15	8	9	0.89	ง่าย
16	9	0	9	16	9	9	1	ง่ายมาก
17	8	1	9	17	8	9	0.89	ง่าย
18	8	1	9	18	8	9	0.89	ง่าย
19	8	1	9	19	8	9	0.89	ง่าย
20	8	1	9	20	8	9	0.89	ง่าย
						ค่า p เฉลี่ย	**0.85**	

แบบทดสอบที่ 4			
		เต็ม	25
12/21/2025 21:01:38	theerapat093@gmail.com	17 / 25	17
1/11/2026 20:34	j729012018@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 14:12:49	supakorn071780@gmail.com	24 / 25	24
1/25/2026 14:17:59	new677345@gmail.com	20 / 25	20
1/25/2026 14:18:44	danudetdech@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 16:14:02	sxyangyxdyeiym@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 22:10:13	singha23082549@gmail.com	14 / 25	14
1/29/2026 13:29:31	rattanakorn2496500@gmail.com	25 / 25	25
2/7/2026 7:13	seraya.s2006@gmail.com	14 / 25	14

	Xbar	Avg	21.00
		S^2	23.5
KR-21			
k =	25.00		
k/(k-1)	1.04		
k-Xbar	4.00	KR-21 =	0.89
Xbar(k-Xbar)	84.00		
kS^2	587.50		
Xbar(k-Xbar)/kS^2	0.14		

แบบทดสอบที่ 4				**ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 4**				
ข้อ	ถูก	ผิด	รวม	**ข้อ**	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**
1	7	2	9	1	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
2	8	1	9	2	8	9	0.89	ง่าย
3	8	1	9	3	8	9	0.89	ง่าย
4	8	1	9	4	8	9	0.89	ง่าย
5	8	1	9	5	8	9	0.89	ง่าย
6	8	1	9	6	8	9	0.89	ง่าย
7	8	1	9	7	8	9	0.89	ง่าย
8	7	2	9	8	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
9	9	0	9	9	9	9	1	ง่ายมาก
10	8	1	9	10	8	9	0.89	ง่าย
11	9	0	9	11	9	9	1	ง่ายมาก
12	5	4	9	12	5	9	0.56	ปานกลาง
13	8	1	9	13	8	9	0.89	ง่าย
14	8	1	9	14	8	9	0.89	ง่าย
15	7	2	9	15	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
16	9	0	9	16	9	9	1	ง่ายมาก

17	8	1	9	17	8	9	0.89	ง่าย
18	7	2	9	18	7	9	0.78	ค่อนข้างง่าย
19	9	0	9	19	9	9	1	ง่ายมาก
20	9	0	9	20	9		1	ง่ายมาก
						ค่า p เฉลี่ย	**0.88**	

แบบทดสอบที่ 5			
		เต็ม	25
12/21/2025 21:13:42	theerapat093@gmail.com	23 / 25	23
1/11/2026 20:49	j729012018@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 14:41:13	danudetdech@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 14:42:48	supakorn071780@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 15:03:19	new677345@gmail.com	21 / 25	21
1/25/2026 16:43:39	sxyangyxdyeiym@gmail.com	25 / 25	25
1/25/2026 22:21:23	singha23082549@gmail.com	17 / 25	17
1/29/2026 13:48:44	rattanakorn2496500@gmail.com	25 / 25	25
	Xbar	Avg	23.25
		S^2	8.5

KR-21		
k =	25.00	
k/(k-1)	1.04	
k-Xbar	1.75	KR-21 = 0.84
Xbar(k-Xbar)	40.69	
kS^2	212.50	
Xbar(k-Xbar)/kS^2	0.19	

แบบทดสอบที่ 5				ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก แบบทดสอบที่ 5				
ข้อ	ถูก	ผิด	รวม	**ข้อ**	**ถูก**	N	**p**	**ระดับ**
1	8	0	8	1	8	8	1	ง่ายมาก
2	7	1	8	2	7	8	0.88	ง่าย
3	7	1	8	3	7	8	0.88	ง่าย
4	7	1	8	4	7	8	0.88	ง่าย
5	8	0	8	5	8	8	1	ง่ายมาก
6	7	1	8	6	7	8	0.88	ง่าย
7	7	1	8	7	7	8	0.88	ง่าย
8	7	1	8	8	7	8	0.88	ง่าย
9	8	0	8	9	8	8	1	ง่ายมาก
10	8	0	8	10	8	8	1	ง่ายมาก
11	8	0	8	11	8	8	1	ง่ายมาก
12	7	1	8	12	7	8	0.88	ง่าย
13	7	1	8	13	7	8	0.88	ง่าย
14	8	0	8	14	8	8	1	ง่ายมาก
15	7	1	8	15	7	8	0.88	ง่าย
16	7	1	8	16	7	8	0.88	ง่าย
17	8	0	8	17	8	8	1	ง่ายมาก
18	7	1	8	18	7	8	0.88	ง่าย
19	7	1	8	19	7	8	0.88	ง่าย
20	8	0	8	20	8	8	1	ง่ายมาก
						ค่า p		
						เฉลี่ย	**0.93**	

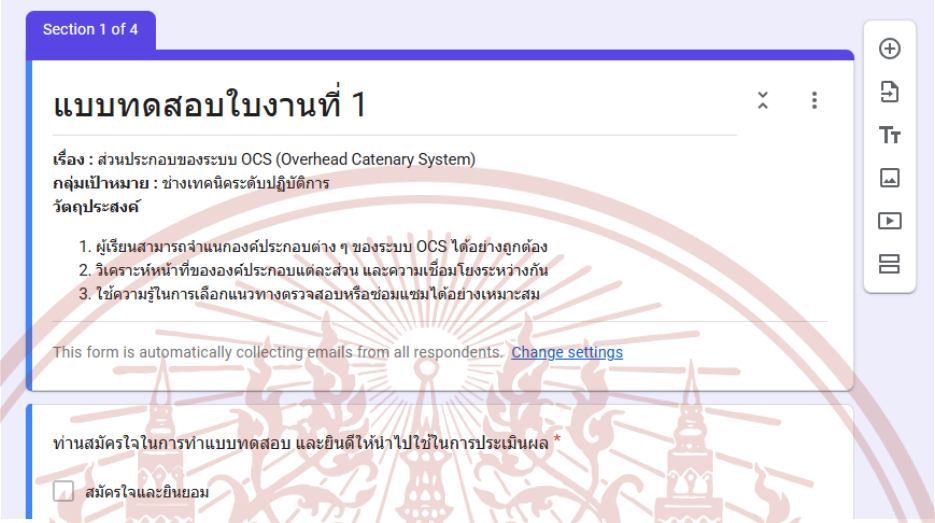
สูตรการหาค่า KR-21

$$KR\text{-}21 = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\bar{X}(k-\bar{X})}{kS_t^2}\right)$$

จำนวน Try out (คน)	จำนวนแบบทดสอบ	คุณภาพข้อสอบ		ค่าความยาก (p)
45	แบบทดสอบที่ 1	KR-21 =	0.94	0.79
38	แบบทดสอบที่ 2	KR-21 =	0.89	0.79
9	แบบทดสอบที่ 3	KR-21 =	0.91	0.85
9	แบบทดสอบที่ 4	KR-21 =	0.89	0.88
8	แบบทดสอบที่ 5	KR-21 =	0.84	0.93
109	**รวม 5 ชุด**	**KR-21 =**	**0.90**	**0.85**

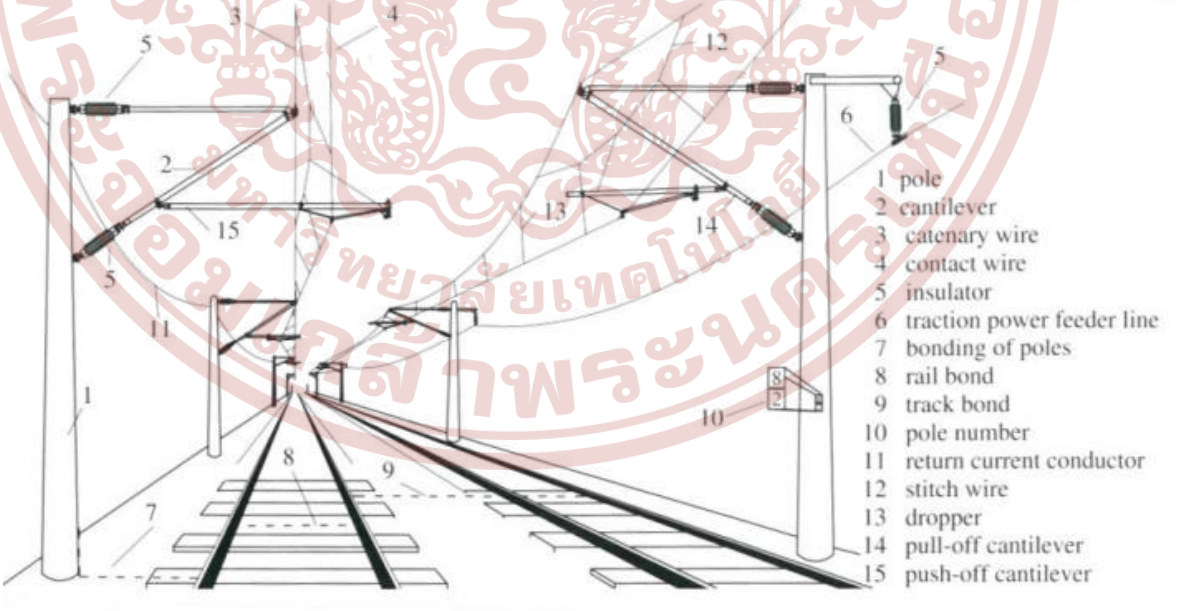
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แบบทดสอบชุดที่ 1 : ส่วนประกอบของระบบ OCS (Overhead Contact System)



📷 **กิจกรรมที่** 1: **ศึกษา** Diagram **ระบบ** OCS

คำแนะนำ: พิจารณาภาพ Diagram ด้านล่าง และระบุชื่อองค์ประกอบในช่องว่างที่กำหนด



องค์ประกอบหลักที่ควรระบุ: ✏️ **คำตอบ:**

- Contact Wire .....

- Catenary/Messenger Wire .....
- Droppers .....
- Insulator .....
- Push-off Cantilever .....
- Pull-off Cantilever .....
- Return Conductor .....
- Pole / Mast .....

📘 **กิจกรรมที่** 2: **คำถามวิเคราะห์ระบบ** OCS (**เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด)**

คำสั่ง: จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดในแต่ละข้อ

1. **องค์ประกอบใดในระบบ** OCS **ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าให้สัมผัสกับตัว** Pantograph **โดยตรง**

A. Messenger Wire

B. Cantilever

C. Contact Wire

D. Insulator

✅ **เฉลย:** C

2. **วัตถุประสงค์ของ** "Dropper" **คืออะไร**

A. ป้องกันไฟกระชาก

B. ถ่วงน้ำหนักให้เส้นลวดตึง

C. ยึด Contact Wire เข้ากับ Messenger Wire

D. ป้องกันการสั่นสะเทือน

✅ **เฉลย:** C

3. **หาก** Contact Wire **หย่อนเกินไป จะส่งผลอย่างไร**

A. ทำให้เกิดการสปาร์คถี่ขึ้น

B. ระบบไฟดับทันที

C. ความเร็วรถไฟเพิ่มขึ้น

D. ลดความต้านทานวงจร

✅ **เฉลย:** A

4. **อุปกรณ์ใดมีหน้าที่ช่วยปรับแนวระดับและความตึงของสายไฟ**

A. Steady Arm

B. Cantilever

C. Registration Arm

D. Dropper

✅ **เฉลย:** B

5. **อะไรคือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกความสูงของการติดตั้ง** Contact Wire

A. ความเร็วลม

B. ความสูงของรถไฟ

C. สีของสายไฟ

D. ระยะห่างเสา

✅ **เฉลย:** B

6. **การที่** Pantograph **สัมผัสกับ** Contact Wire **ไม่เป็นแนวระดับสม่ำเสมอ เกิดจากสาเหตุใด**

A. ลมแรงเกินไป

B. Dropper ขาด

C. Contact Wire หนาเกินไป

D. ใช้แรงดันไฟต่ำเกินไป

✅ **เฉลย:** B

7. **ระบบ** OCS **มีการยึดโยงเข้ากับเสาโดยใช้อุปกรณ์ใด**

A. Register Arm

B. Mast Clamp

C. Earth Bond

D. Balance Weight

✅ **เฉลย:** B

8. **ข้อใดต่อไปนี้ "ไม่ใช่" องค์ประกอบของโครงสร้างทางกลในระบบ** OCS

A. Pole

B. Cantilever

C. Transformer

D. Registration Arm

✅ **เฉลย:** C

9. **จุดใดของระบบที่ควรตรวจสอบความเสียหายจากแรงลมมากที่สุด**

A. Dropper

B. Contact Wire

C. Cantilever

D. Pantograph

✅ **เฉลย:** C

10. **การออกแบบระบบ** OCS **ต้องคำนึงถึงการปรับแนวสายไฟตามโค้งราง โดยใช้อุปกรณ์ใด**

A. Dropper

B. Earth Clamp

C. Registration Arm

D. Isolator

✅ **เฉลย:** C

11. **วัสดุของ** Contact Wire **โดยทั่วไปควรมีคุณสมบัติอย่างไร**

A. เป็นฉนวน

B. มีความต้านทานสูง

C. นำไฟฟ้าดีและทนการสึก

D. มีสีสะท้อนแสง

✅ **เฉลย:** C

12. **การที่** Dropper **หลุดหนึ่งเส้นจะส่งผลต่ออะไรทันที**

A. ไฟดับทั้งระบบ

B. ความตึงของสายไม่สมดุล

C. ระบบหยุดทำงานอัตโนมัติ

D. สายดินถูกตัดออก

✅ **เฉลย:** B

13. **หากตรวจพบสาย** Contact Wire **หย่อนมากในบางจุด ควรดำเนินการอย่างไร**

A. ปล่อยไปก่อน

B. ปรับ Dropper

C. เปลี่ยน Cantilever

D. ติดตั้ง Isolator

✅ **เฉลย:** B

14. **ระยะห่างระหว่าง** Dropper **โดยทั่วไปขึ้นอยู่กับอะไร**

A. อุณหภูมิ

B. ความเร็วรถไฟ

C. น้ำหนัก Pantograph

D. แรงดึงของ Contact Wire และรัศมีความโค้งของราง

✅ **เฉลย:** D

15. **จุดติดตั้ง** Cantilever **อยู่ตรงไหน**

A. บนสาย Contact

B. ปลายเสา

C. กลางสาย Messenger

D. ข้างราง

✅ **เฉลย:** B

16. **ข้อใดคือหน้าที่หลักของ** Insulator **ในระบบ** OCS

A. ต้านทานไฟรั่ว/เป็นฉนวน

B. ยึดสายให้มั่นคง

C. ป้องกันฝุ่น

D. ปรับแนวสาย

✅ **เฉลย:** A

17. **การตรวจสอบแรงดึงใน** Contact Wire **มักใช้เครื่องมือใด**

A. Earth Meter

B. Clamp Meter

C. Tension Meter

D. Thermometer

✅ **เฉลย:** C

18. Steady Arm **ใช้เพื่อลดผลกระทบจาก**

A. แรงลม

B. การสั่นของเสา

C. การบิดของสาย

D. แรงต้านของกระแส

✅ **เฉลย:** C

19. **ทำไมต้องควบคุมความตึงของสาย** Contact Wire **ให้เหมาะสม**

A. เพื่อให้สายดูเรียบร้อย

B. ป้องกันการสะบัด

C. เพื่อรักษาการสัมผัสไฟฟ้าที่ดี

D. เพื่อประหยัดพลังงาน

✅ **เฉลย:** C

20. **หากพบว่า** Dropper **มีสนิมจำนวนมาก ควร**

A. ขัดทำความสะอาดเฉย ๆ

B. เปลี่ยนใหม่

C. พ่นสี

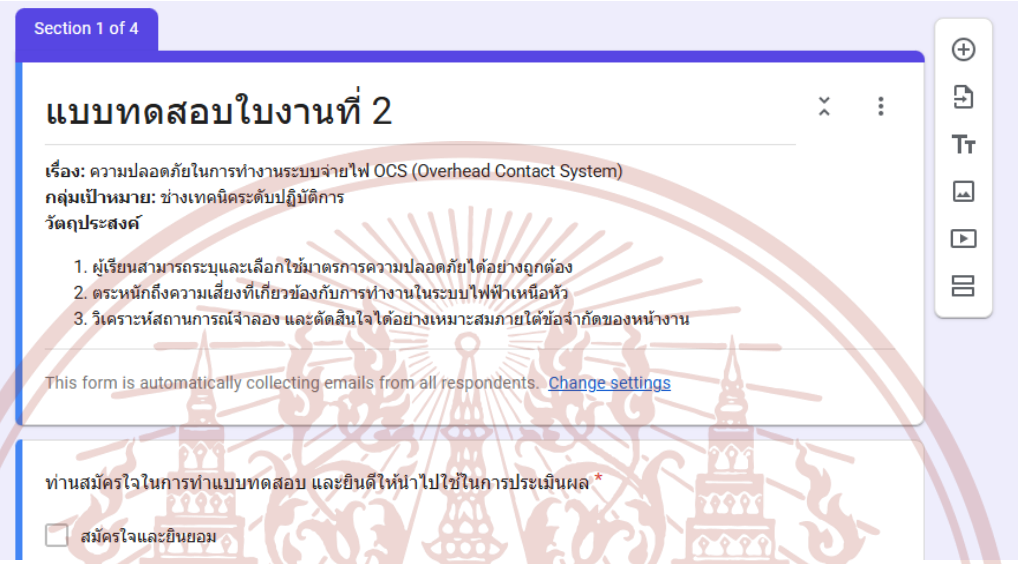
D. รัดลวดเพิ่ม

✅ **เฉลย:** B

✅ **กิจกรรมที่** 3: **แบบประเมินตนเอง**

หัวข้อประเมิน	**มากที่สุด**	**มาก**	**ปานกลาง**	**น้อย**
1. ฉันสามารถระบุส่วนประกอบของระบบ OCS ได้ถูกต้อง				
2. ฉันเข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชนิด				
3. ฉันสามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ได้				
4. ฉันรู้วิธีตรวจสอบและประเมินสภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น				

แบบทดสอบที่ 2 : ความปลอดภัยในการทำงานระบบจ่ายไฟ OCS



🔍 กิจกรรมที่ 1: วิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลอง (แบบปรนัย)

📘 สถานการณ์จำลอง:

“ช่างเทคนิค 3 คนกำลังจะขึ้นปฏิบัติงานบำรุงรักษา สาย Contact Wire เวลากลางคืน โดยใช้ รถกระเช้า บนทางวิ่งรถไฟซึ่งยัง ไม่ได้ตัดระบบจ่ายไฟ และไม่มีการตั้งจุดเฝ้าระวังทางเข้าออกของราง”

❓ คำถามวิเคราะห์ความเสี่ยง (เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด)

---

1. ความเสี่ยงที่สำคัญที่สุด ในสถานการณ์นี้คืออะไร?

A. ความเมื่อยล้าจากการทำงานกลางคืน

B. เสี่ยงไฟฟ้าช็อตจากการทำงานใกล้สายไฟที่ยังจ่ายไฟ

C. เสี่ยงเครื่องมือหล่น

D. สัญญาณวิทยุรบกวน

✅ **เฉลย: B**

2. หากไม่มีการตัดระบบจ่ายไฟก่อนขึ้นทำงาน จะเกิดอันตรายใดได้มากที่สุด?

A. เกิดไฟฟ้าสถิต

B. อุปกรณ์ไหม้

C. ช่างถูกไฟดูดหรือไฟฟ้าช็อต

D. ระบบรถไฟฟ้าหยุดทำงาน

✅ **เฉลย: C**

3. การใช้รถกระเช้าโดยไม่มีเข็มขัดนิรภัย ถือว่าละเมิดข้อใด?

A. มาตรฐานการทำงานช่วงกลางคืน

B. กฎหมายแรงงาน

C. มาตรฐานความปลอดภัยบนที่สูง (Work at Height)

D. ระเบียบควบคุมแรงดันไฟฟ้า

✅ **เฉลย: C**

4. หากไม่มีเจ้าหน้าที่เฝ้าระวังเส้นทางขณะปฏิบัติงาน อาจเกิดอันตรายใดได้?

A. สัญญาณไฟสลับผิด

B. รถไฟวิ่งเข้าพื้นที่ทำงานโดยไม่รู้ตัว

C. การสื่อสารผิดพลาดระหว่างทีม

D. เสาไฟล้ม

✅ **เฉลย: B**

5. แสงสว่างไม่เพียงพอในเวลากลางคืน ส่งผลให้เกิดอะไรได้?

A. สายไฟหลวม

B. มองไม่เห็นสายไฟแรงสูงชัดเจน

C. มอเตอร์ทำงานผิดจังหวะ

D. ความร้อนสูงในอุปกรณ์

✅ **เฉลย: B**

6. อุปกรณ์ใดควรมีมากที่สุด เมื่อต้องทำงานกลางคืนกับระบบไฟแรงสูง?

A. วิทยุสื่อสาร

B. ไฟฉายติดหมวก

C. เครื่องตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า

D. หมวกสะท้อนแสง

✅ **เฉลย: C**

7. ในสถานการณ์นี้ ช่างเทคนิคควรดำเนินการใด “ก่อนเริ่มงาน”?

A. เตรียมเอกสารรายงาน

B. ตรวจสอบค่ากระแสไฟ

C. ขออนุญาตตัดระบบจ่ายไฟ (Isolate and Ground)

D. เริ่มปีนขึ้นโดยเร็ว

✅ **เฉลย: C**

8. การไม่มีการติด Grounding หลังตัดไฟ อาจเกิดอะไรขึ้น?

A. อาจมีอันตรายหากมีการจ่ายไฟเข้าระบบ

B. ระบบป้องกันทำงานผิด

C. เสียงสัญญาณเตือนหาย

D. หม้อแปลงไหม้

✅ **เฉลย: A**

9. ข้อใดเป็นมาตรการที่ควรใช้ควบคู่กับการตัดไฟเพื่อป้องกันอุบัติเหตุซ้ำซ้อน?

A. ทดสอบฉนวน

B. Lockout – Tagout (LOTO)

C. กำหนดสีสายไฟ

D. พ่นสารป้องกันฝุ่น

✅ **เฉลย: B**

10. หากเกิดอุบัติเหตุจากความผิดพลาดในการประเมินความเสี่ยง ผู้รับผิดชอบเบื้องต้นคือใคร?

A. เจ้าหน้าที่ควบคุมระบบไฟ

B. หัวหน้าทีมช่างปฏิบัติงาน

C. ผู้จัดซื้ออุปกรณ์

D. พนักงานฝ่ายสื่อสาร

✅ **เฉลย: B**

📘 **กิจกรรมที่ 2: คำถามวิเคราะห์ความปลอดภัย (เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด)**

คำสั่ง: จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดในแต่ละข้อ

1. ก่อนเริ่มงานซ่อมระบบ OCS ต้องดำเนินการใดเป็นอันดับแรก

A. เช็คเครื่องมือให้ครบ

B. ขออนุญาตตัดไฟ (Power Isolation)

C. สวมหมวกนิรภัย

D. ทำรายงานแจ้งหัวหน้างาน

✅ **เฉลย: B**

2. PPE ใด จำเป็นสำหรับงานบนที่สูงและใกล้ระบบไฟฟ้าแรงสูง

A. หมวกกันฝุ่น

B. ถุงมือยางกันไฟฟ้า

C. เข็มขัดพยุงหลัง

D. ถุงมือผ้าธรรมดา

✅ **เฉลย: B**

3. ข้อใด “ไม่ใช่” สาเหตุของอุบัติเหตุในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ

A. ไม่ตรวจสอบระบบว่าปลอดไฟฟ้าจริง

B. ใช้เครื่องมือฉนวน

C. ทำงานโดยไม่ได้รับอนุญาต

D. ลืมต่อสายจ่ายไฟลงกราวด์

✅ **เฉลย: B**

4. “Lockout – Tagout” (LOTO) มีไว้เพื่อวัตถุประสงค์ใด

A. ป้องกันผู้ปฏิบัติงานจากแหล่งจ่ายไฟ

B. บันทึกสถานะไฟ

C. แจ้งเตือนผ่านเสียง

D. ควบคุมอุณหภูมิ

✅ **เฉลย: A**

5. การใช้ High voltage meter ตรวจแรงดันใน OCS ต้องมีขั้นตอนใดร่วมด้วย

A. ปรับโหมด Amp ก่อน

B. ใช้เฉพาะปลายแดง

C. ตรวจสอบเครื่องมือก่อนใช้

D. ชาร์จแบตให้เต็ม

✅ **เฉลย: C**

6. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับการ "Earth Bonding"

A. ใช้เชื่อมกราวด์กับสายไฟหลัก

B. มีไว้เพื่อลดแรงดึง

C. เชื่อมต่อสาย Signal

D. ใช้เฉพาะสถานีปลายทาง

✅ **เฉลย: A**

7. หากพบสายไฟไหม้ขณะทำงานควรทำอย่างไร

A. ใช้ถัง CO2 ดับ

B. สาดน้ำ

C. รีบตัดปลั๊ก

D. หยุดงานและแจ้งหัวหน้า

✅ **เฉลย: A**

8. ขณะปฏิบัติงานบนรถกระเช้า ควรทำสิ่งใดก่อน

A. ทดสอบวิทยุสื่อสาร

B. ปล่อยให้เครื่องเดินอัตโนมัติ

C. ไม่ต้องคาดเข็มขัดถ้าหยุดนิ่ง

D. ถอดหมวกนิรภัยเพื่อมองชัด

✅ **เฉลย: A**

9. การเว้นระยะห่างจากสายไฟมีชื่อเรียกทางการว่า

A. Safe Gap

B. Flash Limit

C. Approach Boundary

D. Arc Zone

✅ **เฉลย: C**

10. ระยะปลอดภัยจากสายไฟแรงสูงควรเป็นอย่างน้อยกี่เมตร (ทั่วไป)

A. 0.5 เมตร

B. 1 เมตร

C. 1.5 เมตร

D. ไม่ต่ำกว่า 2 เมตร

✅ **เฉลย: D**

11. อันตรายจากการทำงานบนที่สูง คือ

A. คลื่นเสียง

B. การตกจากที่สูง

C. การหมุนเวียนอากาศ

D. การแผ่รังสี

✅ **เฉลย: B**

12. ข้อใดคือการป้องกันไฟฟ้าช็อตที่ดีที่สุด

A. ใช้มือเดียวจับสาย

B. สวมรองเท้ายาง

C. ตัดไฟก่อนทำงาน

D. พ่นฉนวนเพิ่ม

✅ **เฉลย: C**

13. การทำงานในเวลากลางคืน ต้องมีมาตรการใดเพิ่ม

A. ใช้ไฟสว่างระดับเดียวกันกับกลางวัน

B. ใช้ไฟฉายเฉพาะจุด

C. ไม่จำเป็นถ้าคุ้นเคย

D. ใช้สัญญาณมือ

✅ **เฉลย: A**

14. ระบบจ่ายไฟของ OCS โดยทั่วไปอยู่ในช่วงแรงดันเท่าใด

A. 220-380 V

B. 0.6-1 kV

C. 24-27 kV

D. 50-100 kV

✅ **เฉลย: C**

15. เครื่องตรวจสอบแรงดันแบบไม่สัมผัส เรียกว่า

A. Voltmeter

B. NCV Tester (Non Contact Voltage)

C. Tension Gauge

D. Clamp Tester

✅ **เฉลย: B**

16. สาเหตุหลักของไฟฟ้าช็อตขณะขึ้นรถกระเช้า

A. ไม่ติดฉนวนล้อ

B. ไม่ใส่ถุงมือ

C. สัมผัสสายไฟโดยตรง

D. ยกบูมสูงเกิน

✅ **เฉลย: C**

17. อันตรายที่ซ่อนอยู่ขณะบำรุงรักษา โดยสับสวิทช์ปิดอุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า คือ

A. ด้านไฟเข้ายังมีไฟจ่ายอยู่

B. เสียงดังจากอุปกรณ์

C. การสั่นของพื้น

D. ความร้อนจากท่อ

✅ **เฉลย:**

18. การวางแผนล่วงหน้าด้านความปลอดภัยควรทำเมื่อใด

A. ระหว่างทำงาน

B. ก่อนเริ่มงาน

C. หลังเกิดเหตุ

D. ตอนพักเบรก

✅ **เฉลย: B**

19. หากเครื่องมือชำรุดระหว่างทำงาน ควรทำอย่างไร

A. ใช้งานต่ออย่างระวัง

B. เปลี่ยนทันทีและบันทึกแจ้งความชำรุด

C. ยืมเพื่อนใช้งาน

D. ทิ้งไว้หน้างาน

✅ **เฉลย: B**

20. สัญญาณเสียงเตือนในพื้นที่ทำงานมีไว้เพื่อ

A. เพิ่มประสิทธิภาพ

B. ทดสอบระบบ

C. แจ้งอันตรายและสื่อสาร

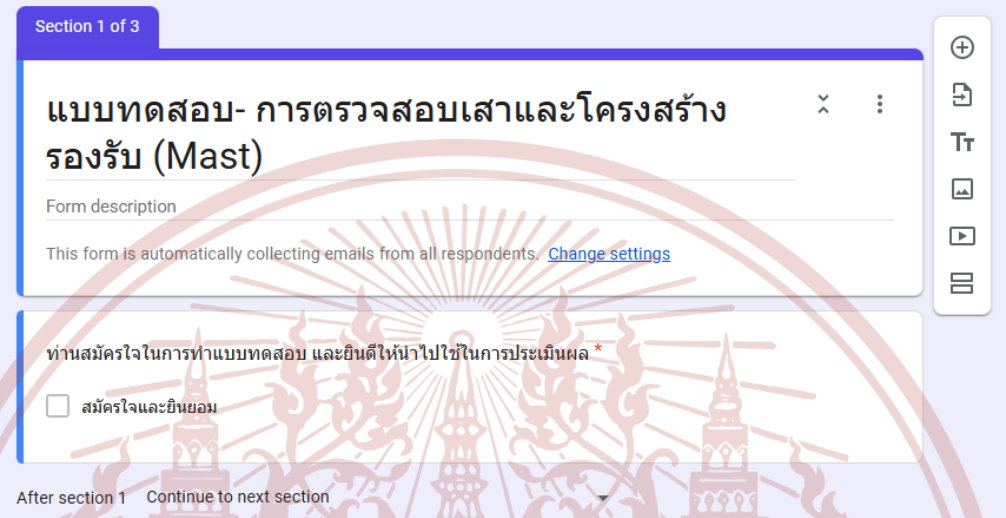
D. บันทึกการทำงาน

✅ **เฉลย: C**

✅ **กิจกรรมที่ 3: แบบประเมินตนเอง**

หัวข้อประเมิน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ฉันเข้าใจมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับระบบจ่ายไฟ OCS				
2. ฉันสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จำลองได้				
3. ฉันรู้จักเลือก PPE และใช้อย่างถูกต้อง				
4. ฉันสามารถระบุขั้นตอนก่อน-ระหว่าง-หลังการทำงานได้ครบถ้วน				

แบบทดสอบที่ 3 : การตรวจสอบเสาและโครงสร้างรองรับ (Mast)



1. แบบทดสอบความรู้ (Knowledge Test) — Multiple Choice

คำชี้แจง: เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

---

1. **หน้าที่หลักของเสา (Mast) ในระบบ OCS คืออะไร?**

   A) รับน้ำหนักสาย Contact Wire เท่านั้น

   B) รองรับและถ่ายน้ำหนักของโครงสร้างจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวทั้งหมด

   C) ใช้เป็นเสาไฟส่องสว่าง

   D) เป็นโครงสร้างสำหรับติดตั้งป้ายจราจร

   เฉลย: B

2. **วัสดุที่ใช้ทำเสา Mast ของ OCS มักเป็นชนิดใดเพื่อความแข็งแรงและทนทาน?**

   A) เหล็กกล้าเคลือบสังกะสี

   B) ไม้เนื้อแข็ง

   C) อะลูมิเนียม

   D) พลาสติกเสริมใยแก้ว

   เฉลย: A

3. **ค่ามาตรฐานการเอียงของเสา Mast ไม่ควรเกินเท่าใด?**

   A) 0.5° จากแนวตั้ง

   B) 1° จากแนวตั้ง

   C) 2° จากแนวตั้ง

   D) 5° จากแนวตั้ง

   เฉลย: B

4. **การเกิดสนิมบริเวณฐานเสา Mast มีความเสี่ยงหลักคืออะไร?**

   A) ทำให้เสาสวยงามน้อยลง

   B) ทำให้เสาหนักขึ้น

   C) ลดความแข็งแรงโครงสร้างและเสี่ยงต่อการพังทลาย

   D) เพิ่มความนำไฟฟ้า

   เฉลย: C

5. **ส่วนประกอบใดต่อไปนี้เป็นโครงสร้างรองรับใน OCS?**

   A) Cantilever Assembly

   B) Pantograph

   C) Bogie

   D) Traction Motor

   เฉลย: A

6. **การตรวจสอบเสา Mast ต้องดำเนินการบ่อยเพียงใดตามมาตรฐานทั่วไป?**

   A) ทุก 6 เดือน

   B) ทุกปี

   C) ทุก 2 ปี

   D) ทุก 5 ปี

   เฉลย: B

7. **การใช้กล้องวัดมุม (Theodolite) ในงานตรวจสอบ Mast มีวัตถุประสงค์หลักคืออะไร?**

   A) วัดระดับความสูงของสาย Contact Wire

   B) วัดความเอียงของเสา Mast

C) วัดระยะห่างระหว่าง Mast

D) วัดความตึงของสาย Messenger Wire

เฉลย: B

8. **การเสื่อมสภาพของฐานราก Mast อาจเกิดจากสาเหตุใด?**

A) การสั่นสะเทือนจากการวิ่งของรถไฟ

B) ความชื้นและการกัดกร่อน

C) การทรุดตัวของดิน

D) ถูกทุกข้อ

เฉลย: D

9. **อุปกรณ์ยึดสายไฟฟ้าบนโครงสร้างรองรับเรียกว่าอะไร?**

A) Insulator

B) Dropper

C) Bracket Arm

D) Clamp

เฉลย: C

10. **ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่วัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษา Mast และ Support Structure?**

A) ลดความเสี่ยงการล้มของโครงสร้าง

B) รักษามาตรฐานความสูงและตำแหน่งสาย

C) เพิ่มความเร็วสูงสุดของรถไฟ

D) ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมใหญ่

เฉลย: C

11. **เครื่องมือใดใช้วัดระยะห่างระหว่างเสา Mast ได้แม่นยำ?**

A) ไม้เมตร

B) สายวัดเหล็ก

C) เครื่องวัดระยะด้วยเลเซอร์

D) ไม้บรรทัด

เฉลย: C

12. **การพบรอยแตกในโครงสร้างรองรับ ควรดำเนินการอย่างไร?**

    A) ปล่อยไว้จนกว่าจะซ่อมใหญ่

    B) บันทึกและติดตามเฉพาะ

    C) ประเมินความรุนแรงและซ่อมทันทีหากเป็นรอยแตกโครงสร้าง

    D) ทาสีทับเพื่อปกปิด

    เฉลย: C

13. **มาตรการความปลอดภัยที่ต้องทำก่อนปีนตรวจสอบ Mast คืออะไร?**

    A) แจ้งหัวหน้างานและตัดไฟในพื้นที่

    B) ใช้บันไดไม้

    C) ตรวจสอบสภาพอากาศ

    D) ทำทุกข้อ

    เฉลย: D

14. **การวัดความเอียงของ Mast ควรใช้จุดอ้างอิงใด?**

    A) ฐานราก

    B) ระดับสาย Contact Wire

    C) เส้นระดับน้ำทะเล

    D) เส้นตรงสมมติจากฐานถึงยอดเสา

    เฉลย: D

15. **โครงสร้างรองรับ OCS อาจออกแบบให้ติดตั้งแบบใดได้บ้าง?**

    A) แบบเดี่ยว (Single Mast)

    B) แบบคู่ (Portal Structure)

    C) แบบค้ำยันเฉียง (Bracket Support)

    D) ถูกทุกข้อ

    เฉลย: D

16. **สัญญาณเตือนว่ามีการเสื่อมสภาพใน Cantilever Assembly คืออะไร?**

    A) เสียงดังผิดปกติเมื่อรถไฟผ่าน

    B) การบิดงอหรือหย่อนตัวของโครงสร้าง

C) การลดลงของความเร็วรถไฟ

D) การสั่นสะเทือนของราง

เฉลย: B

17. **สีเคลือบป้องกันสนิมของ Mast ควรตรวจสอบอย่างไร?**

A) ตรวจด้วยสายตาว่ามีรอยลอกหรือไม่

B) ใช้เครื่องมือวัดความหนาของฟิล์มสี

C) ตรวจทุกปี

D) ถูกทุกข้อ

เฉลย: D

18. **Mast ที่เอียงเกินมาตรฐานอาจทำให้เกิดปัญหาใด?**

A) เพิ่มแรงตึงของสาย Messenger Wire

B) ทำให้ตำแหน่ง Contact Wire คลาดเคลื่อน

C) เสี่ยงต่อการชนกับ Pantograph

D) ถูกทุกข้อ

เฉลย: D

19. **การปรับตั้ง Mast ใหม่ควรใช้เครื่องมือใดร่วมกับเครื่องมือยก?**

A) ค้อนยาง

B) Hydraulic Jack

C) Chain Block

D) ทั้ง B และ C

เฉลย: D

20. **ขั้นตอนสุดท้ายหลังการตรวจสอบ Mast คืออะไร?**

A) เก็บเครื่องมือ

B) บันทึกผลการตรวจและข้อเสนอแนะ

C) ทำความสะอาดพื้นที่

D) แจ้งพนักงานขับรถไฟ

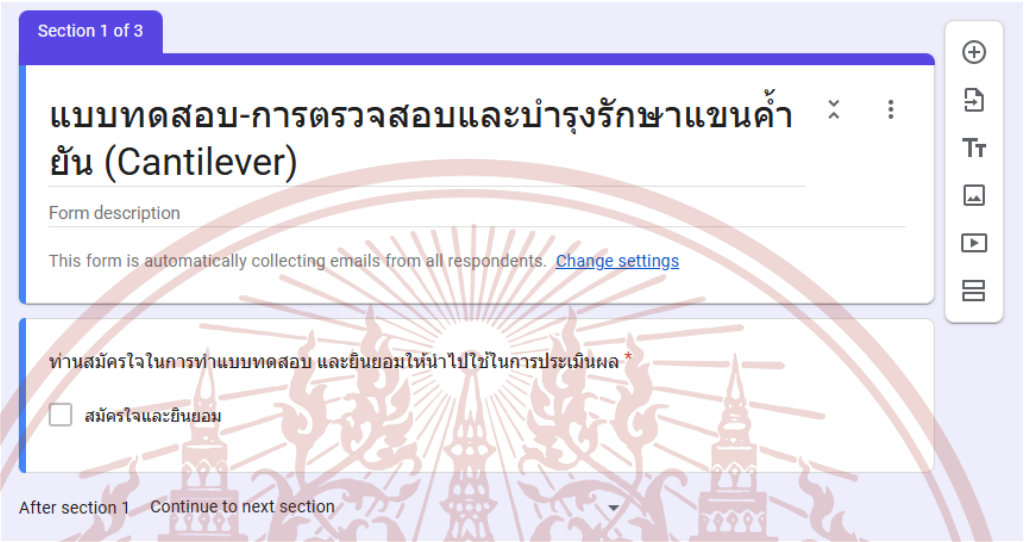
เฉลย: B

2. แบบทดสอบทักษะ (Skill Test) : บรรยาย

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบเสาและโครงสร้างอย่างไร
2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน
3. มีวิธีการตรวจสอบเสาและโครงสร้างรองรับอย่างไร
4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร
5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แบบทดสอบชุดที่ 4 : การตรวจสอบและบำรุงรักษาแขนค้ำยัน (Cantilever)



ส่วนที่ 1: แบบทดสอบความรู้ (20 ข้อ) แบบ 4 ตัวเลือก

คำชี้แจง: เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

---

1. **หน้าที่หลักของแขนค้ำยัน (Cantilever) ในระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวคืออะไร?**

   A) รองรับน้ำหนักของสาย Contact wire โดยตรง

   B) จัดตำแหน่งสาย Contact wire ให้ตรงกับแนววิ่งของรถไฟ

   C) ป้องกันการตกของสาย Messenger wire

   D) ใช้เป็นเสา Mast สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ OCS

   เฉลย: B

2. **ส่วนประกอบใดของ Cantilever ที่ทำหน้าที่รับแรงดึงและปรับระยะสาย?**

   A) Steady Arm

   B) Tube Assembly

   C) Adjuster / Turnbuckle

   D) Bracket

   เฉลย: C

3. **Steady Arm ในระบบ Cantilever ทำหน้าที่ใด?**

A) ป้องกันสายจากการแกว่ง

B) จัดแนวสาย Contact wire ให้อยู่ตำแหน่ง Stagger ที่กำหนด

C) รับน้ำหนักสายทั้งหมด

D) เชื่อมต่อ Mast กับ Foundation

เฉลย: B

4. **การบำรุงรักษาแขนค้ำยันต้องตรวจสอบสิ่งใดเป็นอันดับแรก?**

A) ระยะ Sag ของสาย

B) สภาพการยึดติดของ Clamp และ Bolt

C) ระยะ Stagger ของสาย

D) ความตึงของ Messenger wire

เฉลย: B

5. **อุปกรณ์ใดใช้เชื่อมต่อ Cantilever กับ Mast?**

A) Bracket Assembly

B) Dropper

C) Insulator

D) Crossarm

เฉลย: A

6. **ในการตรวจสอบความแน่นของ Bolt ควรใช้เครื่องมือใด?**

A) Spanner

B) Torque Wrench

C) Hammer

D) Level Gauge

เฉลย: B

7. **ระยะ Stagger ของสาย Contact wire ถูกกำหนดเพื่อวัตถุประสงค์ใด?**

A) ลดการสึกหรอของ Pantograph

B) ป้องกันการแกว่งของสาย

C) ปรับแรงดึงของสาย Messenger

D) เพิ่มความสูงของสาย

เฉลย: A

8. **ชิ้นส่วนใดทำหน้าที่แยกไฟฟ้าระหว่าง Cantilever กับ Mast?**

A) Tube Assembly

B) Section Insulator

C) Bracket Insulator

D) Dropper

เฉลย: C

9. **การกัดกร่อนของโลหะในแขนค้ำยันสามารถป้องกันได้โดยวิธีใด?**

A) ใช้สารเคลือบกันสนิม

B) ลดแรงดึงสาย

C) เพิ่มระยะ Stagger

D) ใช้ Bolt ขนาดเล็ก

เฉลย: A

10. **Dropper ในระบบ OCS ทำหน้าที่อะไร?**

A) รับน้ำหนักสาย Contact wire จากสาย Messenger

B) ปรับแรงดึงของสาย Messenger

C) จัดตำแหน่งสายให้ตรง

D) ป้องกันการลัดวงจร

เฉลย: A

11. **การตรวจสอบ Cantilever ในสภาพฝนตกควรทำอย่างไร?**

A) ดำเนินการตามปกติ

B) หยุดตรวจสอบและรอจนกว่าสภาพอากาศปลอดภัย

C) เพิ่มแรงดึงของสายเพื่อชดเชยความชื้น

D) ตรวจสอบเฉพาะ Bolt

เฉลย: B

12. **ในการติดตั้ง Cantilever ใหม่ ต้องทำการวัดและปรับระยะใดให้ถูกต้อง?**

A) ระยะ Sag และระยะ Stagger

B) ระยะ Dropper และแรงดึงสาย

C) ความสูง Mast และระยะ Base Plate

D) ระยะ Ground Clearance และแรงดึงสาย

เฉลย: A

13. **สาเหตุที่ Cantilever บิดเอียงอาจเกิดจากอะไร?**

A) การติดตั้งผิดแนว

B) การปรับแรงดึงสายไม่ถูกต้อง

C) การคลายตัวของ Bolt

D) ถูกทุกข้อ

เฉลย: D

14. **ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่ขั้นตอนการบำรุงรักษา Cantilever?**

A) ตรวจสอบ Bolt และ Clamp

B) ตรวจสอบการกัดกร่อน

C) ปรับแรงดึงสาย Messenger

D) ทดสอบแรงดันไฟฟ้าของสาย Contact wire

เฉลย: D

15. **อุปกรณ์ใดใช้ปรับความยาวและตำแหน่งของ Steady Arm?**

A) Adjuster

B) Clamp

C) Tube Assembly

D) Insulator

เฉลย: A

16. **ระยะความสูงของสาย Contact wire ถูกควบคุมเพื่ออะไร?**

A) ให้ Pantograph สัมผัสสายได้สม่ำเสมอ

B) ลดแรงดึงในสาย Messenger

C) ป้องกันสายหย่อน

D) ลดการกัดกร่อนของสาย

เฉลย: A

17. **ความถี่ในการบำรุงรักษา Cantilever ควรกำหนดจากอะไร?**

A) ตามกำหนดของผู้ผลิตและสภาพการใช้งาน

B) ตามความสะดวกของทีมซ่อม

C) ทุก 6 เดือนโดยไม่พิจารณาสภาพ

D) เมื่อมีเหตุขัดข้องเท่านั้น

เฉลย: A

18. **Bracket Assembly มีหน้าที่อะไร?**

A) ยึด Cantilever กับ Mast

B) รับแรงดึงสาย Messenger

C) ปรับตำแหน่งสาย Contact wire

D) ป้องกันการกระชากแรงดึง

เฉลย: A

19. **การตรวจสอบความตรงของ Cantilever ควรใช้เครื่องมือใด?**

A) Theodolite หรือ Laser Level

B) Torque Wrench

C) Vernier Caliper

D) Clamp Meter

เฉลย: A

20. **การบันทึกผลการตรวจสอบ Cantilever ควรประกอบด้วยอะไรบ้าง?**

A) วันที่ตรวจ, รายการตรวจ, ค่าที่วัดได้, ข้อสังเกต

B) เฉพาะรายการที่เสีย

C) เฉพาะค่าที่วัดได้

D) เฉพาะหมายเลขเสา

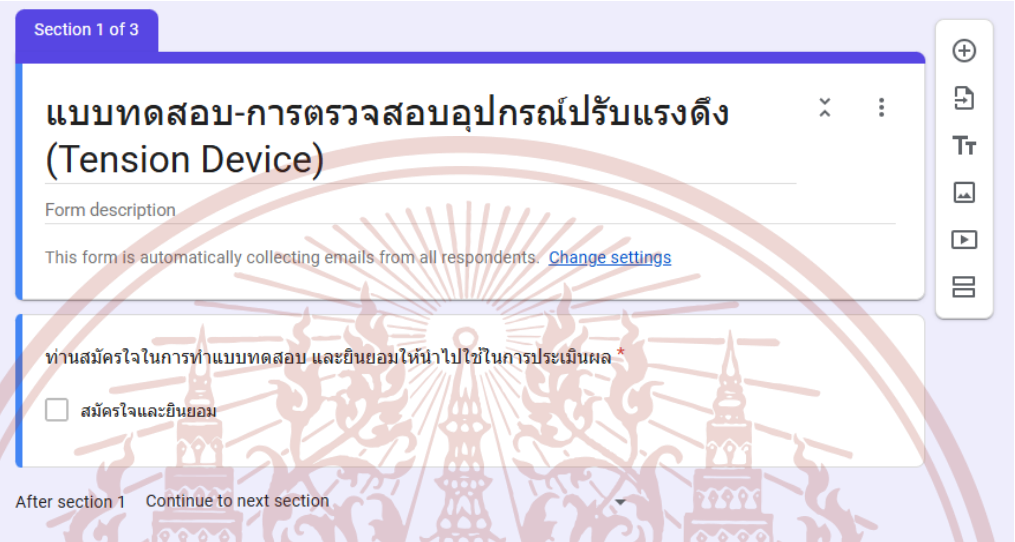
เฉลย: A

2. แบบทดสอบทักษะ (Skill Test) : บรรยาย

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบแขนค้ำยัน (Cantilever) อย่างไร
2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน
3. มีวิธีการตรวจสอบแขนค้ำยัน (Cantilever) อย่างไร
4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร
5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน



แบบทดสอบชุดที่ 5 : การตรวจสอบอุปกรณ์ปรับแรงดึง (Tension device)



1. แบบทดสอบความรู้ (Knowledge Test) — 20 ข้อ

คำสั่ง: เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อ 1 หน้าที่หลักของ Tension Device คืออะไร?

A. ปรับแรงดึงสาย Contact Wire ให้อยู่ในค่ามาตรฐาน

B. ลดแรงดึงของสาย Messenger Wire

C. ป้องกันการลัดวงจรไฟฟ้า

D. เปลี่ยนทิศทางการเดินสายไฟ

เฉลย: A

ข้อ 2 ส่วนใดของ Tension Device ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับแรงดึง?

A. Pulley

B. Spring / Counterweight

C. Locking Pin

D. Insulator Post

เฉลย: B

ข้อ 3 การตรวจสอบ Tension Device ควรทำบ่อยแค่ไหน?

A. ทุกสัปดาห์

B. ทุกเดือน

C. ตามคู่มือบำรุงรักษาหรือรอบการตรวจสอบตามระบบ

D. เมื่อพบปัญหาเท่านั้น

เฉลย: C

ข้อ 4 สาเหตุใดที่ทำให้ Tension Device ทำงานผิดปกติ?

A. สปริงหมดแรง

B. Pulley หมุนสะดวกเกินไป

C. ตัวเครื่องสกปรกแต่ไม่ได้หล่อลื่น

D. ทุกข้อถูกต้อง

เฉลย: D

ข้อ 5 อุปกรณ์ใดใช้ในการปรับแรงดึง Tension Device แบบ Counterweight?

A. สกรูปรับ

B. น้ำหนักถ่วง (Counterweight)

C. แผ่นฉนวน

D. Blade

เฉลย: B

ข้อ 6 ข้อใดเป็นมาตรการความปลอดภัยก่อนตรวจสอบ Tension Device?

A. Lockout/Tagout ระบบ OCS

B. ตรวจสอบแรงดึงสาย

C. ทำงานขณะสายมีแรงดัน

D. ใช้ถุงมืออย่างเดียวพอ

เฉลย: A

ข้อ 7 การหล่อลื่น Tension Device ใช้กับส่วนใด?

A. สปริง

B. Pulley และ Shaft

C. ส่วนสัมผัสไฟฟ้า

D. Insulator Post

เฉลย: B

ข้อ 8 ข้อใดเป็นสัญญาณที่บ่งบอกว่า Tension Device ต้องปรับหรือซ่อมบำรุง?

A. แรงดึงสายต่ำกว่ามาตรฐาน

B. Pulley ติดหรือหมุนไม่เรียบ

C. เสียงผิดปกติขณะใช้งาน

D. ทุกข้อถูกต้อง

เฉลย: D

ข้อ 9 วิธีวัดแรงดึงสาย Contact Wire โดยใช้ Tension Device คือ?

A. ใช้เครื่องมือวัดแรงดึงเฉพาะทาง

B. วัดด้วยสายตา

C. ใช้แรงมือดึง

D. ไม่มีความจำเป็น

เฉลย: A

ข้อ 10 ส่วนประกอบใดของ Tension Device ทำหน้าที่ล็อกตำแหน่ง Pulley หรือ Counterweight?

A. Locking Pin

B. Spring

C. Shaft

D. Blade

เฉลย: A

ข้อ 11 การตรวจสอบความสึกหรอของ Pulley ควรทำอย่างไร?

A. ตรวจสอบรอยแตกและการหมุนสะดวก

B. ตรวจสอบแรงดึงสายเท่านั้น

C. เช็คแค่ Counterweight

D. ตรวจสอบเฉพาะสปริง

เฉลย: A

ข้อ 12 สปริง Tension Device หมดแรง ควรทำอย่างไร?

A. เพิ่มน้ำหนัก Counterweight

B. เปลี่ยนสปริงใหม่ตามคู่มือ

C. ปล่อยให้ทำงานต่อไป

D. ขัน Locking Pin ให้แน่น

เฉลย: B

ข้อ 13 ขั้นตอนการปรับแรงดึงสายด้วย Tension Device ต้องคำนึงถึงอะไร?

A. ความยาว Span

B. อุณหภูมิและสภาพสาย

C. ค่าแรงดึงมาตรฐานตามคู่มือ

D. ทุกข้อถูกต้อง

เฉลย: D

ข้อ 14 การตรวจสอบสาย Contact Wire ที่ต่อกับ Tension Device ควรตรวจอะไร?

A. ความตึงสาย

B. การสึกหรอ

C. การยึดแน่นของข้อต่อ

D. ทุกข้อถูกต้อง

เฉลย: D

ข้อ 15 เครื่องมือใดใช้สำหรับวัดแรงดึงของสาย Contact Wire?

A. Tensiometer

B. Multimeter

C. Clamp Meter

D. Screwdriver

เฉลย: A

ข้อ 16 การบำรุงรักษา Tension Device ควรทำอย่างไร?

A. ตรวจสอบสภาพทั่วไปและทำความสะอาด

B. หล่อลื่น Pulley และ Shaft

C. ตรวจสอบสปริงและ Counterweight

D. ทุกข้อถูกต้อง

เฉลย: D

ข้อ 17 การบันทึกผลตรวจสอบ Tension Device มีความสำคัญอย่างไร?

A. ใช้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและวางแผนบำรุงรักษา

B. แค่ทำตามระเบียบ

C. ใช้เพื่อสรุปงบประมาณ

D. ไม่มีความสำคัญ

เฉลย: A

ข้อ 18 การติดตั้ง Counterweight ของ Tension Device ต้องคำนึงถึงอะไร?

A. ระยะตกลงและระยะยก

B. ความยาวสาย

C. ความตึงสาย

D. ทุกข้อถูกต้อง

เฉลย: D

ข้อ 19 ข้อใดเป็นการปฏิบัติผิดพลาดที่อาจทำให้ Tension Device เสียหาย?

A. ไม่ตรวจสภาพ Pulley และ Counterweight

B. ขัน Locking Pin แน่นเกินไป

C. ใช้แรงดึงมือแทนการวัดแรงดึงจริง

D. ทุกข้อถูกต้อง

เฉลย: D

ข้อ 20 การบำรุงรักษา Tension Device ตามรอบเวลามีประโยชน์อย่างไร?

A. ลดความเสียหายและเพิ่มอายุการใช้งาน

B. เพิ่มความเสี่ยงอุปกรณ์เสีย

C. ไม่จำเป็น

D. ทำให้สาย Contact Wire หลวม

เฉลย: A

---

2. แบบทดสอบทักษะ (Skill Test) : บรรยาย

1. มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ปรับแรงดึง (Tension device)อย่างไร
2. มีการเตรียมตัวเรื่องความปลอดภัยกับตนเองอย่างไรก่อนออกปฏิบัติงาน
3. มีวิธีการตรวจสอบอุปกรณ์ปรับแรงดึง (Tension device) อย่างไร
4. มีการใช้เครื่องมือวัดและบันทึกค่าอย่างไร
5. มีการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยที่หน้างาน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายวุฒิไกร วะชังเงิน
ชื่อดุษฎีนิพนธ์	การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟเหนือหัวในระบบรางสมัยใหม่
สาขาวิชา	เทคโนโลยีดิจิทัลเทคนิคศึกษา
ประวัติ	- พ.ศ.2569 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ - พ.ศ.2555 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ - พ.ศ. 2536 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีปทุม