



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงอุปกรณ์ Turbine Supervisory Instrumentation  
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนหน่วยที่ 3 และ 4  
(Renovate Turbine Supervisory Instrumentation BPK-T3, 4)

นางสาวกุลณัฐ จรรยา

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2561



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงอุปกรณ์ Turbine Supervisory Instrumentation  
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนหน่วยที่ 3 และ 4  
(Renovate Turbine Supervisory Instrumentation BPK-T3, 4)

นางสาวกุลณัฐ จรรย์ยา

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การปรับปรุงอุปกรณ์ Turbine Supervisory Instrumentation ใน  
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนหน่วยที่ 3 และ 4

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวกุลณัฐ จรรยา

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายสุเมธ พิทักษ์ธำรง

ชื่อสถานประกอบการ โรงไฟฟ้าบางปะกง

### บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา ที่กำหนดให้นักศึกษาทำโครงการร่วมกับสถานประกอบการตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียนการศึกษา โดยรายงานฉบับนี้จะอธิบายถึงหลักการวัดการสอเทียบของอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในระบบ Turbine Supervisory Instrumentation สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์แสดงวัดการเยื้องศูนย์ (Eccentricity Monitor), อุปกรณ์แสดงวัดการเคลื่อนตัวตามแนวแกนของเพลลา (Dual Thrust Monitor), อุปกรณ์การวัดความเร็วแบบดิจิตอล (Digital Tachometer), อุปกรณ์แสดงวัดการขยายตัวของเพลลา (Ramp diff. Expansion Monitor), อุปกรณ์แสดงวัดการเคลื่อนตัวของเคส (Dual Case Expansion Monitor), อุปกรณ์แสดงวัดความเร็วที่ศูนย์ (Dual Zero Speed Monitor) และอุปกรณ์แสดงวัดการสั่นสะเทือน (Dual Vibration Monitor) ซึ่งนักศึกษาได้เข้าไปร่วมศึกษาและกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์พร้อมทั้งวิธีการติดตั้ง การสอเทียบระบบ TSI ร่วมกับทีมวิศวกรและช่างเทคนิคของทางโรงไฟฟ้าบางปะกง เพื่อให้การติดตั้งอุปกรณ์ของใหม่มีความเหมาะสมกับกระบวนการวัดแบบต่างๆตรงตามมาตรฐานสากลที่ได้รับไว้

**Co-operation Title:** Renovate Turbine Supervisory Instrumentation BPK-T3,4

**Student Intern Name:** Miss Kulranut Junya

**Faculty:** Engineering

**Department:** Instrumentation and Control Engineering

**Advisor Name:** Assoc. Prof. Dr. Kaset Sirisantisamrid

**Mentor Name:** Mr. Sumet Pitakthamrong

**Company:** Bang-pakong Powerplant

## ABSTRACT

This cooperative educational report is a part of cooperative educational program that assigned the student to make a project with a company within one semester. This report describes about measuring principle, installation and calibration of instruments in Turbine Supervisory System for Thermal Power Plant that consist of Eccentricity Monitor, Dual Thrust Monitor, Digital Tachometer, Ramp diff. Expansion Monitor, Dual Case Expansion Monitor, Dual Zero Speed Monitor and Dual Vibration Monitor. In order to installation of new equipment is suitable with the various measurement processes and according to the specified international standards, the student is participated in study and specified the details of the equipment such as how to install the TSI system and calibration them with engineers and technicians of Bang-pakong Power Plant.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษามบับสมบูรณนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากทางโรงไฟฟ้าบางปะกงเปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมปฏิบัติสหกิจศึกษาตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียนการศึกษาทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำงานทางด้านวิศวกรรมการวัดคุมมากยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ คุณสุเมธ พิทักษ์ธำรง หัวหน้าแผนก หบปรก-ฟ. ผู้นี้เทศงาน อีกทั้งคุณชาญชัย น้ำฟ้า คุณนรินทร์ ศรีแย้ม คุณประสงค์ พงษ์เจริญ คุณไชยฤทธิ์ ชื่นแพ คุณวุฒิกกร มีพลกิจ รวมไปถึงพี่ทุกคนในแผนกที่ให้คำปรึกษาต่างๆเกี่ยวกับโครงการที่ได้รับมอบหมายจนทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์นิเทศ และคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานและการจัดทำรายงานสหกิจศึกษามบับสมบูรณนี้ด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาและบุคคลในครอบครัวทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษา ตลอดจนเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาที่ดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงจะได้รับจากรายงานสหกิจศึกษามบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุน ตลอดจนกำลังใจที่มอบให้

นางสาวกุลณัฐ จรรยา

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VII
สารบัญรูป .....	VIII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ .....	2
1.4 วิธีดำเนินงาน .....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
บทที่ 2 หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าและการควบคุมแบบกระจายส่วน .....	4
2.1 หลักการของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant ) แบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) .....	4
2.1.1 การผลิตกระแสไฟฟ้า .....	4
2.1.2 เครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า .....	6
2.1.2.1 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) .....	6
2.1.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) .....	12
2.1.2.3 เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) .....	13
บทที่ 3 ระบบ Turbine Supervisory Instrumentation .....	14
3.1 ระบบ Turbine Supervisory Instrumentation .....	14
3.2 Proximity Transducer .....	17
3.2.1 Power Supply Module .....	23
3.2.2 วงจร OK .....	24
3.3 Shaft Axial Position Monitor .....	24
3.3.1 Thrust Position Monitor .....	24
3.3.2 Ramp Differential Expansion Monitor .....	27
3.4 Speed Monitor .....	30
3.4.1 Zero Speed Monitor .....	30
3.4.2 Tachometer .....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 Case Expansion Monitor .....	32
3.6 Eccentricity Monitor .....	34
3.7 Vibration Monitor .....	36
3.8 Key Phasor .....	38
<b>บทที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน .....</b>	<b>41</b>
4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน .....	41
4.1.1 ขั้นตอนการเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	41
4.1.2 จุดประสงค์ของการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation .....	41
4.1.3 แนวคิดการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation .....	42
4.2 ขั้นตอนการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrument (Renovate TSI).....	42
4.2.1 ขั้นตอนก่อนการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrument .....	43
4.2.1.1 การเก็บค่า Range ของเดิมก่อนทำการเปลี่ยน Rack.....	43
4.2.1.2 การเก็บค่า Alarm ของเดิมก่อนทำการเปลี่ยน Rack.....	44
4.2.1.3 การเก็บค่า Trip ของเดิมก่อนทำการเปลี่ยน Rack.....	44
4.2.1.4 ทำการ Mark สายเคเบิลของเดิม .....	45
4.2.1.5 ทำการเก็บค่า Gap ของเดิมก่อนที่จะถอดอุปกรณ์ออก .....	45
4.2.2 ติดตั้ง TSI Measurement ที่บริเวณ Control Room .....	46
4.2.2.1 ทำการ Off Breaker ก่อนที่จะถอดสายสัญญาณ พร้อมกับแขวน Tag .....	46
4.2.2.2 การปลดสายไฟ.....	46
4.2.2.3 ติดตั้ง TSI Monitoring Rack .....	47
4.2.2.4 การ Wiring สายไฟ .....	47
4.2.2.5 การจ่ายไฟ .....	48
4.2.3 ติดตั้ง TSI Measurement ที่บริเวณ Local .....	49
4.2.3.1 ทำการยก Bearing Cover ออก .....	49
4.2.3.2 ติดตั้ง Proximitor .....	50
4.2.3.3 ติดตั้ง Extension Cable .....	50
4.2.3.4 ทำ Linearity Check.....	51
4.2.3.5 การตั้งค่า Gap ของ Proximity Probe .....	52
4.2.3.6 ทำการประกอบ Bearing Cover เข้าที่เดิม.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ V ารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.4 ทำการตรวจสอบ Loop (Loop Test) .....	66
4.2.5 ทำการตรวจสอบ Loop Function (Loop Function Test).....	68
<b>บทที่ 5 ผลการดำเนินงาน .....</b>	<b>84</b>
5.1 ผลของการจัดเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ.....	84
5.1.1 แผนงาน (Schedule).....	84
5.1.2 เอกสาร Loop Test.....	84
5.1.3 เอกสาร Function Test Check List .....	85
5.1.4 แผนผังการเดินสายไฟ (Wiring Diagram).....	86
5.2 ผลการเก็บค่า Range, Alarm, Trip.....	87
5.3 ผลการเก็บค่า Gap.....	89
5.4 ผลการทำ Linearity Check.....	90
5.5 ผลของการตรวจสอบ Loop (Loop Test) .....	91
5.6 ผลของการตรวจสอบ Loop Function (Loop Function Test).....	92
5.7 ผลลัพธ์การอัปเดตทางด้านซอฟต์แวร์ .....	93
5.7.1 หน้าจอแสดงผล (Monitoring) .....	93
5.7.2 หน้าจอการทำงานของฟังก์ชัน Trend.....	94
5.7.3 หน้าจอ 3500 System Configuration Monitoring .....	95
5.7.4 ตัวอย่างหน้าจอการ Configuration .....	96
5.7.5 ตัวอย่างหน้าจอการ Configuration ค่า Setpoint .....	97
5.8 ผลลัพธ์การอัปเดตฮาร์ดแวร์ (ระบบ TSI) ก่อนและหลังการอัปเดต .....	98
<b>บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินงาน .....</b>	<b>101</b>
6.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	101
6.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	101
6.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค .....	101
6.4 ข้อเสนอแนะ .....	102
<b>เอกสารอ้างอิง .....</b>	<b>103</b>
<b>ประวัติผู้เขียน.....</b>	<b>104</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ VPI ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การเปรียบเทียบ Proximity Probe ขนาดต่างๆ .....	23
3.2 เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้าของวงจร OK .....	24
3.3 การทดสอบ Thrust Position Card .....	26
3.4 การทดสอบ Ramp Differential Expansion Card (LP) .....	30
3.5 การทดสอบ Ramp Differential Expansion Card (HP).....	30
3.6 การทดสอบ Card Speed .....	32
3.7 การทดสอบ Casing Expansion Card .....	34
3.8 การทดสอบ Eccentricity Card.....	36
3.9 การทดสอบ Vibration Card .....	38
3.10 การทดสอบ Key Phasor Card .....	40
4.1 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Thrust Position.....	69
4.2 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Ramp Differential Expansion Card (HP).....	72
4.3 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Ramp Differential Expansion Card (LP).....	73
4.4 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Speed Card.....	75
4.5 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Casing Expansion Card .....	77
4.6 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Eccentricity Card.....	79
4.7 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Vibration Card .....	81
4.8 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Key Phasor Card .....	83
5.1 ตัวอย่างเอกสารการตรวจสอบ Loop (Loop Test).....	85
5.2 ตัวอย่างเอกสาร Function Test.....	86
5.3 ค่า Range, Alarm, Trip ของ Turbine Supervisory Instrumentation Rack 1 .....	88
5.4 ค่า Range, Alarm, Trip ของ Turbine Supervisory Instrumentation Rack 2 .....	88
5.5 ค่า Gap ของ Turbine Supervisory Instrumentation .....	89
5.6 ผลการทำ Linearity Check ของ Proximity Probe .....	90
5.7 ผลการตรวจสอบ Loop .....	91
5.8 ผลของการตรวจสอบ Loop Function .....	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ VII ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant) แบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง.....	5
2.2 กังหันไอน้ำ .....	7
2.3 Casing .....	8
2.4 Turbine Diaphragm .....	8
2.5 Bearing .....	9
2.6 Governor Pedestal .....	9
2.7 ตำแหน่งของ Turbine Rotor .....	10
2.8 Rotating Blade .....	10
2.9 Turning Gear.....	11
2.10 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator).....	12
2.11 เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler).....	13
3.1 อุปกรณ์วัดบน Main Turbine .....	15
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเคลื่อนที่ของวัตถุ.....	17
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างกับแอมพลิจูด.....	18
3.4 Proximitor .....	18
3.5 Extension Cable และ Proximity Probe .....	19
3.6 Proximity Probe ขนาด 8 mm .....	21
3.7 Proximity Probe ขนาด 11 mm .....	21
3.8 Proximity Probe ขนาด 25 mm .....	21
3.9 ตัวอย่างการตรวจสอบ Scale Factor ของ Proximity ขนาด 8 mm. ที่บริเวณ Bearing NO.1 .....	22
3.10 การติดตั้ง Thrust Position .....	25
3.11 ตำแหน่ง Thrust Position ที่อ่านได้จากหน้าจอ DCS .....	25
3.12 การต่อสายเพื่อทดสอบ Thrust Position Card .....	26
3.13 การติดตั้ง Proximity Probe ที่ Ramp Differential Expansion.....	28
3.14 การสอบเทียบ Proximity Probe ที่ Ramp Differential Expansion Card .....	28
3.15 การติดตั้ง Speed Monitor .....	31
3.16 การต่อสายเพื่อทดสอบ Card Speed .....	31
3.17 LVDT .....	32
3.18 Casing Expansion.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ VIII ศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19 การต่อสายเพื่อทดสอบ Casing Expansion Card .....	33
3.20 การติดตั้ง Eccentricity .....	35
3.21 การต่อสายเพื่อทดสอบ Eccentricity Card .....	35
3.22 การติดตั้ง Vibration .....	37
3.23 การต่อสายเพื่อทดสอบ Vibration Card .....	37
3.24 การติดตั้ง Key Phasor .....	39
3.25 การต่อสายเพื่อทดสอบ Key Phasor Card .....	39
4.1 ขั้นตอนการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrument (Renovate TSI).....	43
4.2 ตัวอย่างค่า Range ของ Vibration No.1.....	43
4.3 ตัวอย่างค่า Alarm ของ Vibration No.1.....	44
4.4 ค่า Trip ของ Vibration ที่เก็บค่าจากหน้า Card .....	44
4.5 Mark สายเคเบิล .....	45
4.6 การเก็บค่า Gap .....	46
4.7 ทำการ Off Breaker .....	46
4.8 การแขวน Tag.....	46
4.9 การปลดสายไฟออกจาก Rack เดิม .....	47
4.10 การพันเทปกาวปิดสายไฟ.....	47
4.11 การถอด Rack เดิมและใส่ Rack ใหม่เข้าไป.....	47
4.12 การ Wiring สายไฟ .....	48
4.13 การ ON Breaker .....	49
4.14 การยก Cover Bearing ออก.....	49
4.15 การติดตั้ง Proximity.....	4
4.16 การติดตั้ง Extension Cable .....	50
4.17 การต่อวงจรเพื่อทำ Linearity Check.....	51
4.18 ผลลัพธ์การตรวจสอบ Scale Factor ของ Proximity ขนาด 8 mm. ที่บริเวณ Bearing NO.1 .....	51
4.19 กราฟการหา Scale Factor ของ Proximity ขนาด 11 mm ของ Probe A.....	53
4.20 กราฟการหา Scale Factor ของ Proximity ขนาด 11 mm ของ Probe B.....	54
4.21 ตำแหน่งของ Thrust Position ที่อ่านได้จาก DCS.....	54
4.22 การตั้งค่า Gap ของ Thrust Position Probe A.....	55
4.23 การตั้งค่า Gap ของ Thrust Position Probe B.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ IX ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.24 กราฟการหา Scale Factor ของ Proximity ขนาด 25 mm.....	56
4.25 การตั้งค่า Gap ของ Ramp Differential Expansion (HP).....	57
4.26 กราฟการหา Scale Factor ของ Proximity ขนาด 25 mm.....	58
4.27 การตั้งค่า Gap ของ Ramp Differential Expansion (LP).....	59
4.28 การวัดระยะโดยใช้ Feeler Gauge .....	59
4.29 ทำการคลายน็อตเพื่อถอดหัว Proximity Probe.....	60
4.30 Casing Expansion ก่อนเปลี่ยน .....	60
4.31 การวัดระยะโดยใช้เวอร์เนียร์.....	60
4.32 การตั้งค่า Downscale Voltage .....	61
4.33 การตั้งค่า Upscale Voltage .....	61
4.34 กราฟที่ได้จากการหาค่า Scale Factor ของหัว 8 mm. ....	62
4.35 การติดตั้ง Eccentricity .....	62
4.36 กราฟที่ได้จากการหาค่า Scale Factor ของหัว 8 mm. ....	63
4.37 การติดตั้ง Key Phasor.....	64
4.38 กราฟที่ได้จากการหาค่า Scale Factor ของหัว 8 mm. ที่บริเวณ Bearing NO.1.....	65
4.39 การติดตั้ง Vibration.....	65
4.40 การประกอบ Cover Bearing.....	66
4.41 การปลดสาย Extension Cable ออกจาก Proximitor. ....	66
4.42 ตัวอย่างก่อนปลด Extension Cable ออกจาก Proximitor ที่ Diff. Exp. HP .....	67
4.43 ตัวอย่างหลังปลด Extension Cable ออกจาก Proximitor ที่ Diff. Exp. HP .....	67
4.44 การต่อสายเพื่อทดสอบ Thrust Position Card .....	68
4.45 การสอบเทียบ Proximity Probe ที่ Ramp Differential Expansion.....	70
4.46 การต่อสายเพื่อทดสอบ Speed Card .....	74
4.47 การต่อสายเพื่อทดสอบ Casing Expansion Card.....	76
4.48 การต่อสายเพื่อทดสอบ Eccentricity Card.....	78
4.49 การต่อสายเพื่อทดสอบ Vibration Card.....	80
4.50 การต่อสายเพื่อทดสอบ Key Phasor Card.....	82
5.1 แผนงาน (Schedule).....	84
5.2 Wiring Diagram ของ Vibration Bearing No.1, No.2 .....	87
5.3 หน้าจอแสดงผล (Monitoring) (ก่อนอัปเกรด).....	93
5.4 หน้าจอแสดงผล (Monitoring) (หลังการอัปเกรด) .....	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5 หน้าจอการทำงานของฟังก์ชัน Trend (หลังการอัปเดต).....	94
5.6 Hardware Configuration ของ Vibration (Shinkawa) .....	95
5.7 หน้าจอโปรแกรมที่ใช้ Configuration (หลังการอัปเดต).....	96
5.8 หน้าจอการ Configuration Card Vibration (หลังการอัปเดต).....	97
5.9 หน้าจอการ Configuration ค่า Setpoint (หลังการอัปเดต).....	97
5.10 หน้าจอ Monitor ของใหม่.....	98
5.11 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ TSI ที่ด้านหน้าของตู้ก่อนการอัปเดต .....	98
5.12 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ TSI ที่ด้านหลังของตู้ก่อนการอัปเดต .....	99
5.13 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ TSI ที่ด้านหน้าของตู้ TSI หลังการอัปเดต.....	99
5.14 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ TSI ที่ด้านหลังของตู้ TSI หลังการอัปเดต.....	100
5.15 สายไฟแบบ Ring Crimp Terminal .....	100
5.16 สายไฟแบบ Wire Ferrule.....	100

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โรงไฟฟ้าบางปะกง เป็นโรงไฟฟ้าแห่งแรกของประเทศไทยที่ใช้ก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อสนองนโยบายของรัฐที่ต้องการพัฒนาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด ปัจจุบันโรงไฟฟ้าบางปะกงมีกำลังผลิตรวมทั้งสิ้น 3,674,000 กิโลวัตต์ ถือเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานขนาดใหญ่และทันสมัยที่สุดในประเทศ

โรงไฟฟ้าบางปะกงประกอบด้วยโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 4 เครื่อง และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจำนวน 4 ชุด โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ระยะ โดยเริ่มดำเนินการก่อสร้างเมื่อปีพ.ศ. 2520 ประกอบด้วยงานก่อสร้างดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 2 เครื่อง กำลังผลิตเครื่องละ 550,000 กิโลวัตต์ สามารถใช้ทั้งน้ำมันเตาและก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

2. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม จำนวน 2 ชุด กำลังผลิตชุดละ 377,500 กิโลวัตต์ โดยแต่ละชุดประกอบด้วยเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันแก๊ส ขนาด 60,700 กิโลวัตต์ 4 เครื่อง สามารถใช้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ และเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันไอน้ำขนาด 137,500 กิโลวัตต์ 1 เครื่อง งานก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกง ระยะที่ 1 แล้วเสร็จสมบูรณ์ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2527 รวมกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น 1,860,600 กิโลวัตต์ เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2530-2531 ได้ขยายตัวสูงขึ้นมาก การใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่คาดการณ์ไว้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จึงวางแผนเร่งพัฒนาแหล่งผลิตไฟฟ้า เพื่อสนองความต้องการการใช้ไฟฟ้าอย่างเพียงพอ และเพิ่มความมั่นคงแก่ระบบไฟฟ้าของประเทศ โครงการโรงไฟฟ้าบางปะกงระยะที่ 2 ได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2531 การก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกง ระยะที่ 2 จึงได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2531 ซึ่งประกอบด้วย

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อน เครื่องที่ 3-4 กำลังการผลิตเครื่องละ 600,000 กิโลวัตต์ สามารถใช้ได้ทั้งน้ำมันเตาและก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ชุดที่ 3-4 กำลังการผลิตชุดละ 307,000 กิโลวัตต์ แต่ละชุดประกอบด้วยเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันก๊าซขนาด 104,000 กิโลวัตต์ 2 เครื่อง สามารถใช้ทั้งน้ำมันดีเซล และก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงและเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันไอน้ำ ขนาด 99,000 กิโลวัตต์ 1 เครื่อง งานก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกง ระยะที่ 2 แล้วเสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2534

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ชุดที่ 5 ขนาดกำลังผลิตประมาณ 763.3 เมกะวัตต์ ประกอบด้วยเครื่องเดินไฟฟ้ากังหันแก๊ส จำนวน 2 เครื่อง เครื่องผลิตไอน้ำแรงดันสูง (Heat Recovery Steam Generator, HRSG) จำนวน 2 เครื่อง และเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันไอน้ำ จำนวน 1 เครื่อง เชื้อเพลิงใช้ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งอ่าวไทย เป็นเชื้อเพลิงหลักและใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำรอง

ในระบบอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้าจะมีเครื่องจักรแบบหมุน ที่ทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานเพื่อให้การผลิตกระแสไฟฟ้าทำได้อย่างต่อเนื่อง การดูแลรักษาเครื่องจักรจำเป็นต้องตรวจสอบติดตามผลการทำงานอย่างใกล้ชิด ในการติดตามและตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรก็เพื่อให้ทราบถึงสภาพการทำงานของเครื่องจักร และจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเฉพาะช่วยในการตรวจจับและวิเคราะห์ผล ซึ่งก็คือระบบ Turbine Supervisory Instrumentation เป็นเครื่องมือหรือระบบติดตามตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับการทำงานของเครื่องจักรตลอดเวลา หากมีสภาพการทำงานเกินข้อจำกัดของเทอร์ไบน์ ระบบจะส่งสัญญาณเตือนหรือสัญญาณไปเพื่อ Trip เทอร์ไบน์ เพื่อป้องกันความเสียหายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับเทอร์ไบน์ได้ ซึ่งถ้าเทอร์ไบน์เกิดความเสียหายจะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เพราะว่าเทอร์ไบน์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญใช้ในผลิตกระแสไฟฟ้า

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า จากวันแรกที่ได้เริ่มใช้งานระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) มาจนถึงปัจจุบันนับได้ว่าใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ระยะเวลาเกือบ 30 ปี ซึ่งระบบ Turbine Supervisory Instrument (TSI) เป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของระบบ Turbine Control and Instrument ทำหน้าที่ตรวจวัดสัญญาณต่างๆ ของ Turbine และ Generator อย่างต่อเนื่อง เช่น สัญญาณการสั่นสะเทือนของแบริ่ง (Bearing Vibration), การขยายตัวของ Rotor เทียบกับ Casing (Differential Expansion) เป็นต้น ระบบดังกล่าวที่ใช้งานอยู่เดิมเป็นของบริษัท Shinkawa Electric ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เช่น Sensor Module, Driver เป็นต้น ปัจจุบันบริษัทฯ ไม่ผลิตอุปกรณ์ดังกล่าวแล้วจึงไม่สามารถหาซื้อมาใช้แทนได้ จากเหตุผลดังกล่าวทางโรงไฟฟ้าบางปะกงจึงได้มีแผนการปรับปรุงระบบ TSI ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนหน่วยที่ 3 และ 4 ใหม่ในปี (พ.ศ.2561) เพื่อป้องกันการขาดแคลนหรือหาส่วนประกอบและอุปกรณ์ของระบบ TSI มาเปลี่ยนไม่ได้ในอนาคต ดังนั้นนักศึกษาจึงได้เข้าไปร่วมศึกษาและกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์พร้อมทั้งวิธีการติดตั้ง การสอบเทียบระบบ TSI ร่วมกับทีมวิศวกรและช่างเทคนิคของทางโรงไฟฟ้าบางปะกง เพื่อให้การติดตั้งอุปกรณ์ของใหม่มีความเหมาะสมกับกระบวนการวัดแบบต่างๆ ให้ถูกต้องตามมาตรฐานสากลที่ได้ระบุไว้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน
2. เพื่อศึกษาการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนหน่วยที่ 3 และ 4
3. เพื่อศึกษาการสอบเทียบ (Calibration) ของ Sensor แต่ละชนิดในระบบ Turbine Supervisory Instrumentation
4. เพื่อศึกษาหลักการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบ Turbine Supervisory Instrumentation
5. เพื่อศึกษาหลักการทดสอบอุปกรณ์ในระบบ Turbine Supervisory Instrumentation

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนหน่วยที่ 3 และ 4 ซึ่งจะทำการติดตั้ง สอบเทียบ ทดสอบอุปกรณ์ และ Configurations โดยการใช้ Software ซึ่งจะทำการเปลี่ยน Sensor Module จำนวน 2 Rack ประกอบด้วย

- Rack 1 ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply), อุปกรณ์แสดงวัดการสั่นสะเทือน (Dual Vibration Monitor)
- Rack 2 ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply), อุปกรณ์แสดงวัดการเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity Monitor), อุปกรณ์แสดงวัดการเคลื่อนตัวตามแนวแกนของเพลลา (Dual Thrust Monitor), อุปกรณ์การวัดความเร็วแบบดิจิตอล (Digital Tachometer), อุปกรณ์แสดงวัดการขยายตัวของเพลลา (Ramp diff. Expansion Monitor), อุปกรณ์แสดงวัดการเคลื่อนตัวของเคส (Dual Case Expansion Monitor), อุปกรณ์แสดงวัดความเร็วที่ศูนย์ (Dual Zero Speed Monitor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษากระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบ Turbine Supervisory Instrumentation ทั้งในส่วนของ Logic, Graphic และ HMI
3. ศึกษาข้อมูลทางด้านวิศวกรรม รวมถึงขั้นตอนการทำงานต่างๆที่เกี่ยวข้องโครงการ
4. เตรียมเอกสารใบสั่งงาน แผนงานและกำหนดการทำงาน
5. เก็บข้อมูลของเดิมก่อนทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ ในส่วนของค่า Range, Gap Voltage, Alarm, Trip
6. ทำการ Mark สายเคเบิลของเดิม
7. ทำการยก Bearing Cover ออก
8. ติดตั้ง TSI Measurement ที่บริเวณ Local
9. ติดตั้ง TSI Monitoring Rack และ Wiring สาย
10. ทำการตรวจสอบ Linearity Check และ Loop Function Check
11. ทำการประกอบ Bearing Cover เข้าที่เดิม

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจกระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน
2. เข้าใจและสามารถอ่าน Logic Function, Graphic และ HMI ได้
3. เข้าใจการทำงานของระบบ Turbine Supervisory Instrumentation ได้
4. เข้าใจวิธีการสอบเทียบของ Sensor แต่ละชนิดในระบบ Turbine Supervisory Instrumentation
4. เข้าใจการทำ Loop Test ของระบบ DCS
5. เข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์การวัดและควบคุมที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน
6. มีตรรกะทางด้านความคิด การวิเคราะห์ แยกแยะและประมวลผลความรู้มากขึ้น
7. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย
8. ได้รับประสบการณ์ทำงานจากสถานประกอบการจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 หลักการดำเนินงานของโรงไฟฟ้าเบื้องต้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีต่างๆที่ใช้ในโรงไฟฟ้า ตั้งแต่ความรู้โดยทั่วไปของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน และรายละเอียดของอุปกรณ์หลักๆที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

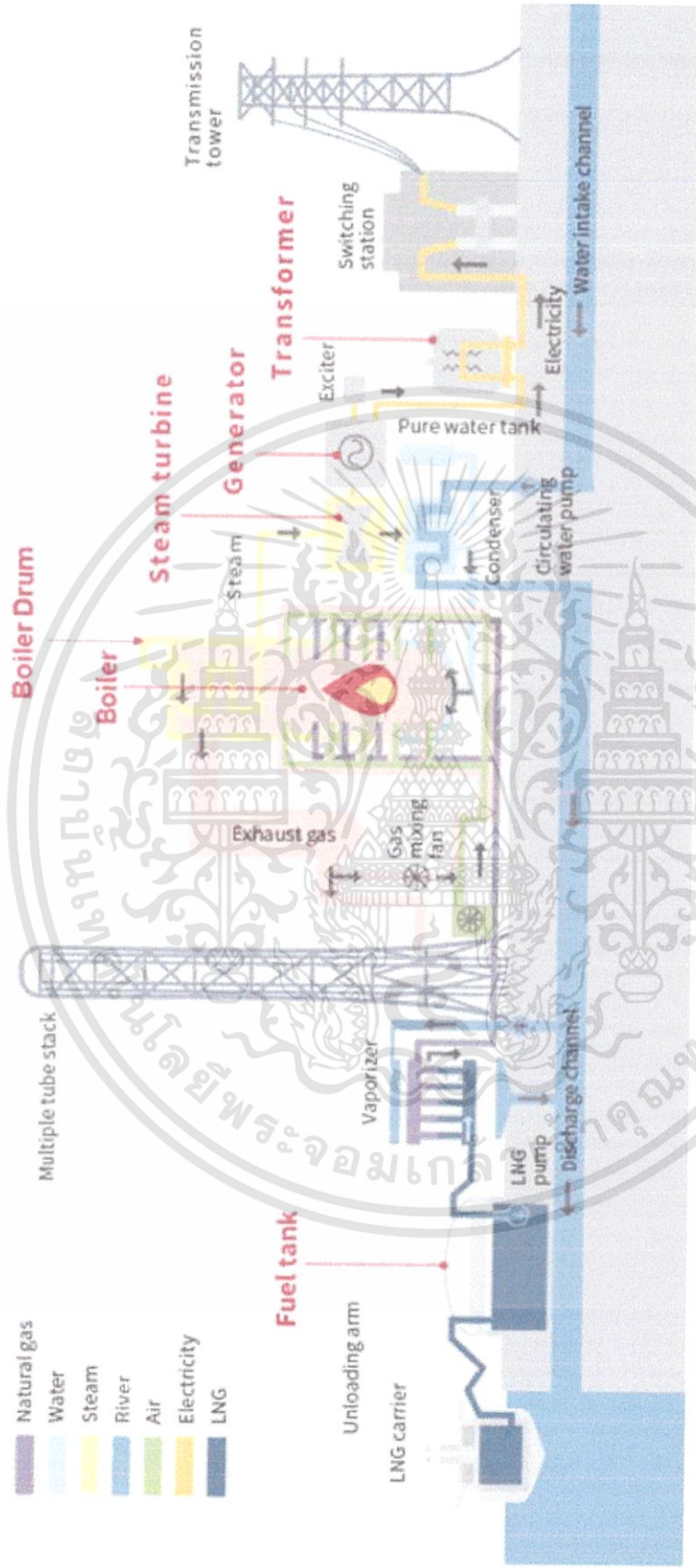
### 2.1 หลักการของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant) แบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant) คือโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น มาต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ ความดันสูงไปขับเคลื่อนกังหันให้หมุนเป็นพลังงานกลซึ่งเพลลาของกังหันไอน้ำต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันและความถี่ตามที่กำหนด หรือใช้ความร้อนจากการสันดาปภายในของน้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ดีเซลไปจุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าได้เช่นกัน โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน สามารถแบ่งแยกออกไปได้หลายรูปแบบและหนึ่งในนั้นคือโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำและไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำจนเกิดพลังงานกลที่ใช้สำหรับหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เกิดพลังงานไฟฟ้า

#### 2.1.1 การผลิตกระแสไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าบางปะกงใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงสำรอง โดยโรงไฟฟ้าที่ใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เพื่อทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำและไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำให้หมุนและให้พลังงานกลออกมาหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้า

ในขั้นแรกจะใช้น้ำที่เป็นน้ำที่ผ่านกระบวนการกำจัดแร่ธาตุต่างๆออกแล้ว ซึ่งเรียกว่า “Demineralized Water” น้ำจะถูกสูบเข้าไปสู่เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) โดยรักษาระดับน้ำในเครื่องกำเนิดไอน้ำให้เหมาะสม จากนั้นแก๊สธรรมชาติและอากาศจะถูกดูดเข้าไปในห้องเผาไหม้ เมื่อมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะมี Exhaust Gas ถูกปล่อยออกทาง Stack ซึ่งน้ำเมื่อได้รับความร้อนจะร้อนขึ้นจนเดือด น้ำบางส่วนจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำเข้าสู่อุปกรณ์ที่เรียกว่า “Boiler Drum” ซึ่งติดตั้งอยู่ส่วนบนของเตาเผา ทำหน้าที่แยกไอน้ำและน้ำออกจากกัน ส่วนที่เป็นน้ำจะกลับไปรับความร้อนจากเตาเผาอีกครั้งหนึ่ง ส่วนที่เป็นไอน้ำจะไปผ่าน Superheat Coil เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ไอน้ำเมื่อผ่านกังหันจะคายพลังงานให้ตัวกังหันทำให้กังหันหมุน แต่เพลลาของกังหันถูกต่อร่วมกับเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน สนามแม่เหล็กจะหมุนไปตัดกับขดลวดที่อยู่ภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น กระแสไฟฟ้าส่วนนี้จะถูกยกระดับแรงดันขึ้นด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า (Generator Transformer) เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าเหมาะสมต่อการส่งกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ต่อไป ไอน้ำที่ผ่านกังหันไอน้ำแล้วจะมีอุณหภูมิและความดันลดลงจะถูกควบแน่นให้กลายเป็นน้ำภายในเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อส่ง กลับไปรับความร้อนในห้องเผาไหม้ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant) แบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ที่ใช้เชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.2 เครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

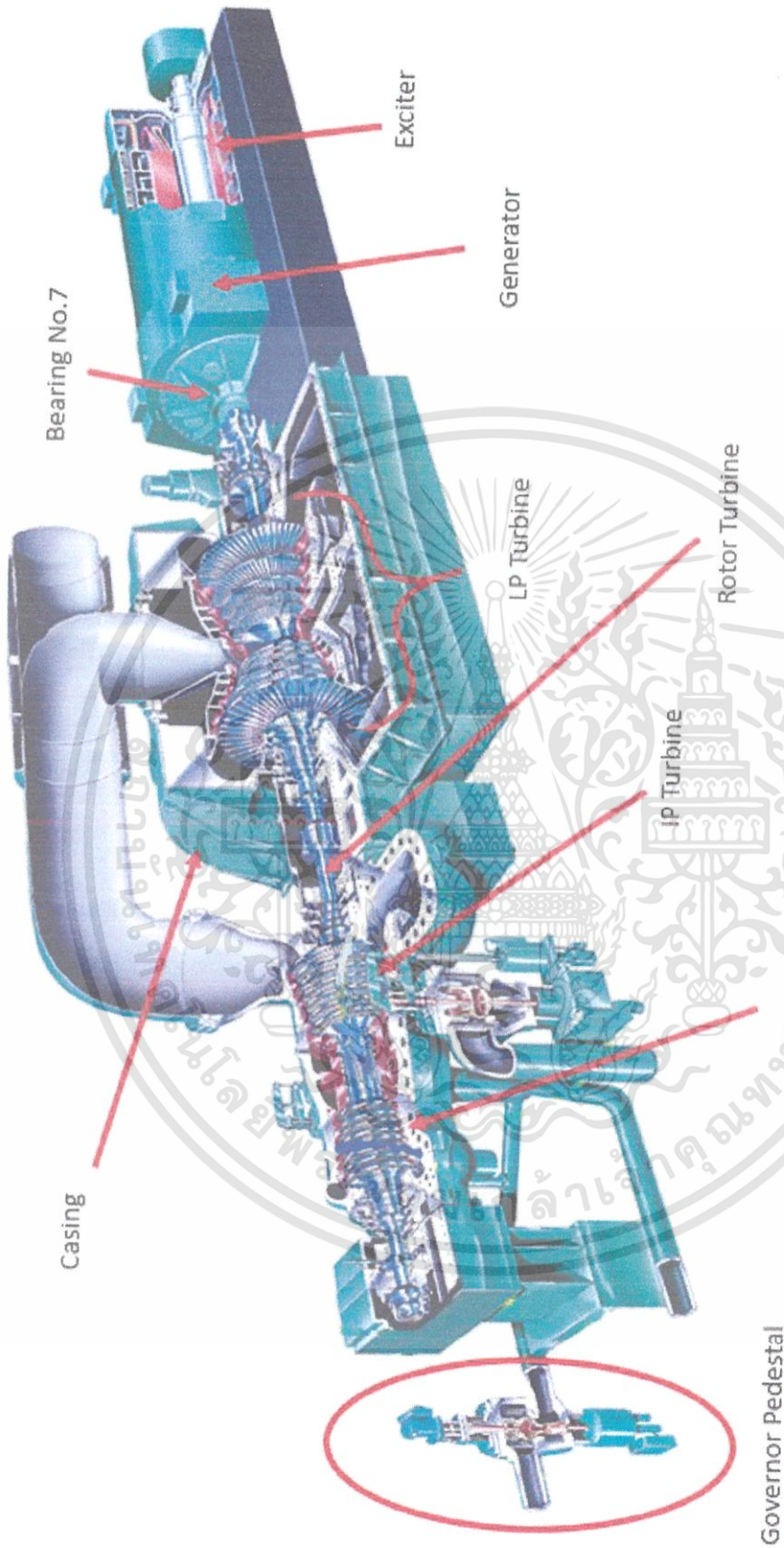
### 2.1.2.1 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

Main Turbine หรือ Steam Turbine เป็นอุปกรณ์สำคัญของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน โดยเป็นส่วนที่จะรับไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูง จาก Boiler มาเปลี่ยนเป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนของ Turbine Rotor ซึ่งขณะที่ Turbine ทำงานจะได้รับอุณหภูมิที่แตกต่างกันตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิร้อนหรือเย็น ทำให้เกิดการขยายตัวและหดตัวตลอดเวลาของ Turbine, Rotor และ Casing ซึ่งอาจจะทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของ Turbine เกิดการบิดตัว ส่งผลให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างส่วนที่หมุนของ Rotor กับส่วนที่อยู่กับที่ ซึ่งมีสาเหตุมาจาก Rotor มีมวลน้อยกว่า Casing ดังนั้นการขยายตัวและหดตัวจึงทำได้เร็วกว่า Casing

ดังนั้นถ้าสามารถทำให้ Rotor และ Casing ร้อนอย่างช้าๆ และสัมพันธ์กัน ก็จะทำให้ลดการเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัว Turbine ที่ตัว Turbine จะมีเครื่องมือสำหรับตรวจจับการเปลี่ยนแปลงการทำงานของ Turbine ตลอดเวลาทำงาน ที่เรียกว่าระบบ “Turbine Supervisory Instrumentation” หากมีสภาพการทำงานเกินข้อจำกัดของ Turbine ระบบจะส่งสัญญาณเตือนหรือสัญญาณไปเพื่อ Trip Turbine เพื่อป้องกันความเสียหายต่างๆที่อาจเกิดขึ้นกับ Turbine ได้ โดยแสดงบนจอ Monitor ในห้อง Control Room

ส่วนประกอบหลักของ Main Turbine ที่แสดงในรูปที่ 2.2 แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

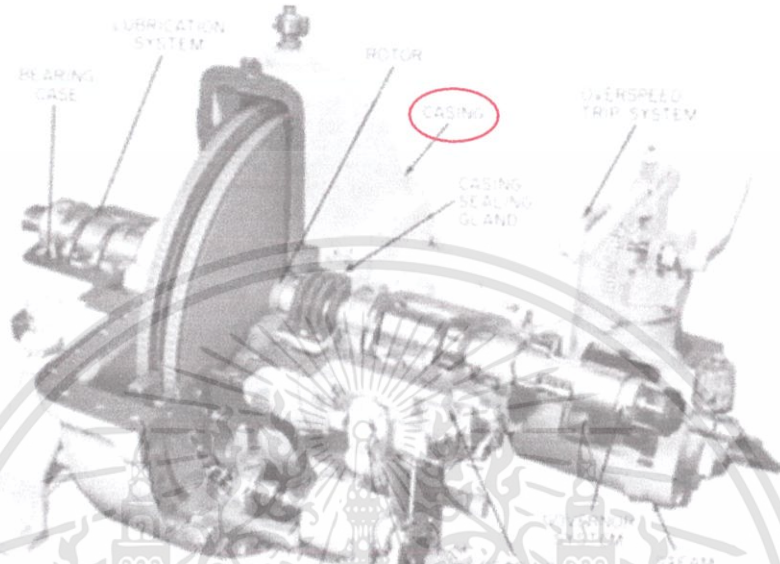
- Stationary Part
- Rotating Part



รูปที่ 2.2 กังหันไอน้ำ

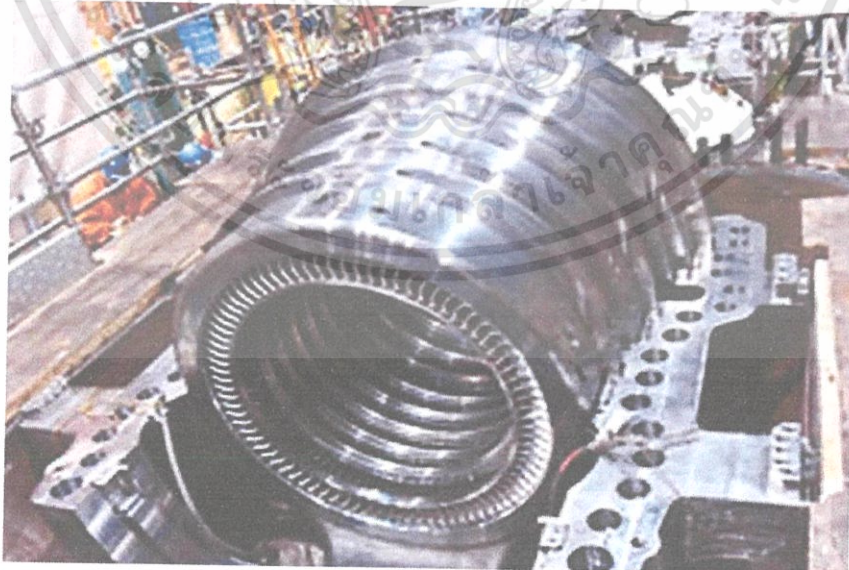
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Stationary Part คือส่วนประกอบที่อยู่กับที่ ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่
  - Casing (Cylinder) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 จะเป็นส่วนที่ห่อหุ้มส่วนประกอบต่างๆ ของ Turbine และควบคุมไอน้ำให้อยู่ภายในขอบเขตที่ถูกต้อง



รูปที่ 2.3 Casing

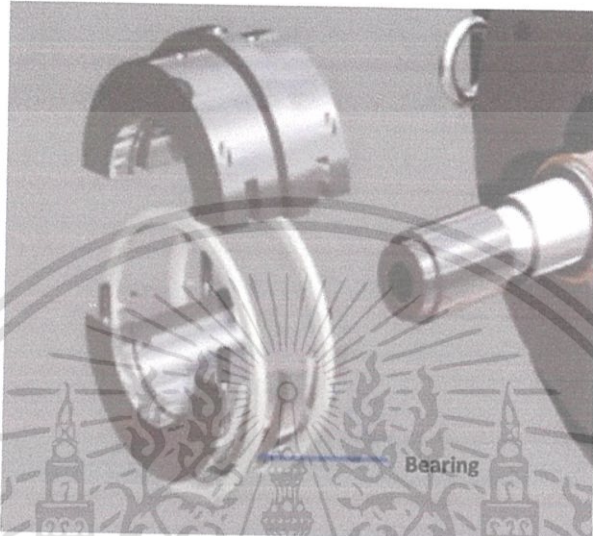
- Stationary หรือ Diaphragm ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะประกอบติดอยู่กับ Casing โดยมีหน้าที่ควบคุมทิศทางของไอน้ำที่ไหลผ่านให้กระทบกับ Rotating ในตำแหน่งที่ทำให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด



รูปที่ 2.4 Turbine Diaphragm

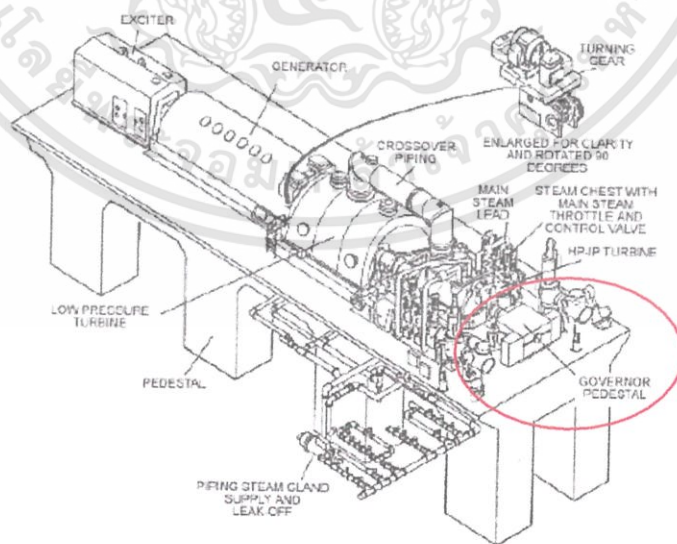
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bearing ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะประกอบอยู่ด้านนอก Casing ทางด้านปลายของ Turbine Rotor ทุกๆ ช่วงมี Bearing ทั้งหมด 10 ชุด ทำหน้าที่เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักของเพลลาและควบคุมตำแหน่งของ Turbine Rotor ให้ถูกต้อง โดยจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้วัดการสั่นสะเทือน หากมีการสั่นสะเทือนเกินกว่าค่าที่กำหนด จะถูกสั่งให้ Trip เพื่อป้องกันความเสียหายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับ Turbine ได้



รูปที่ 2.5 Bearing

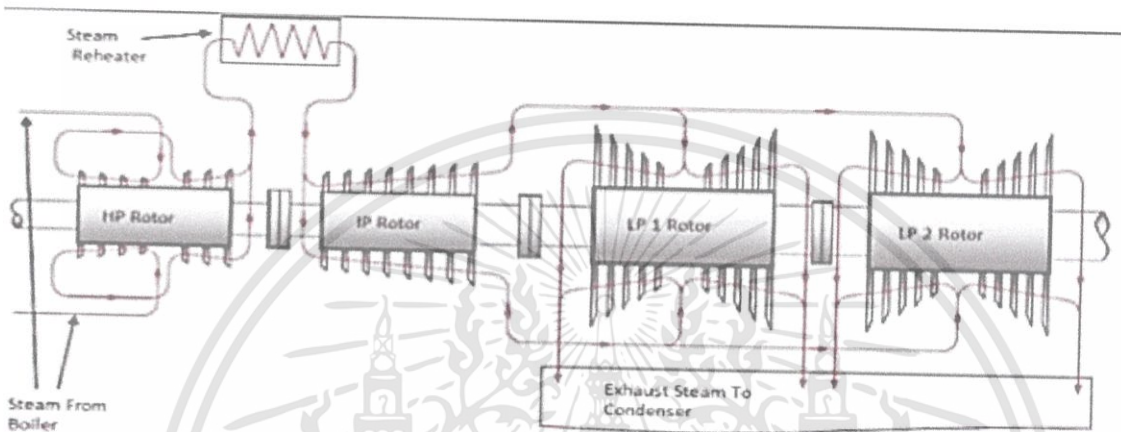
- Turbine Valves จะใช้อยู่หลายที่ เพื่อเปิดหรือปิดไอน้ำที่จะไหลเข้า Turbine  
 - Governor Pedestal ที่แสดงในรูปที่ 2.6 เป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม Turbine ชนิดต่าง ๆ โดยจะประกอบรวมกันอยู่ที่บริเวณด้านปลายของ High Pressure Turbine Rotor



รูปที่ 2.6 Governor Pedestal

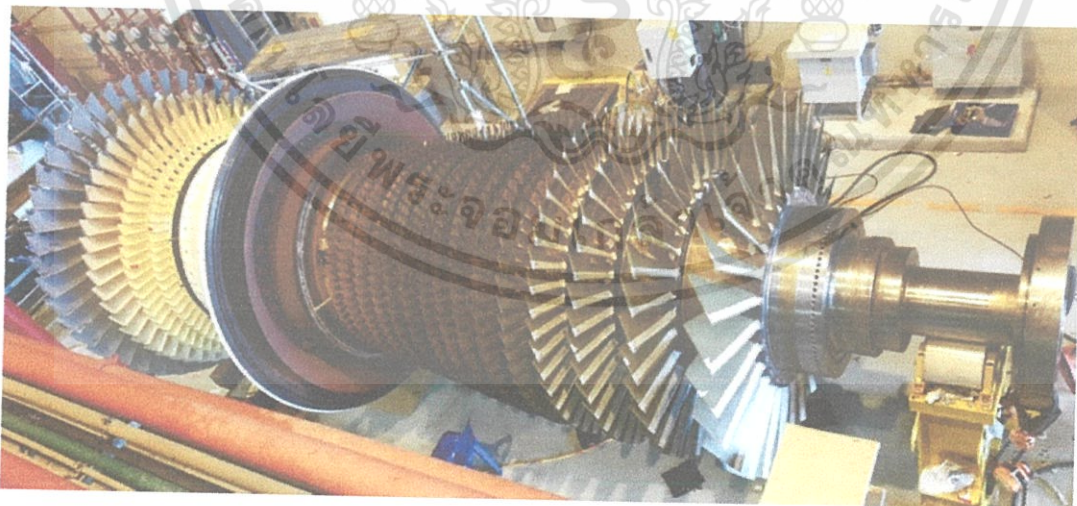
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 9  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Rotating Part คือส่วนประกอบของ Turbine ซึ่งเป็นส่วนที่หมุน มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ Rotor Turbine ที่แสดงในรูปที่ 2.7 ประกอบไปด้วย Rotor ของ High Pressure (HP), Intermediate Pressure (IP) และ Low Pressure (LP) ติดตั้งอยู่ โดยทางด้านปลายของ Rotor Turbine ตรง LP2 Rotor จะต่อกับ Rotor ของ Generator เมื่อไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ผ่านเข้าสู่กังหันไอน้ำ ไอน้ำจะดันใบพัดของกังหันให้หมุนเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ผ่านกังหันแล้วมีอุณหภูมิลดลงจะเข้าสู่ Condenser



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งของ Turbine Rotor

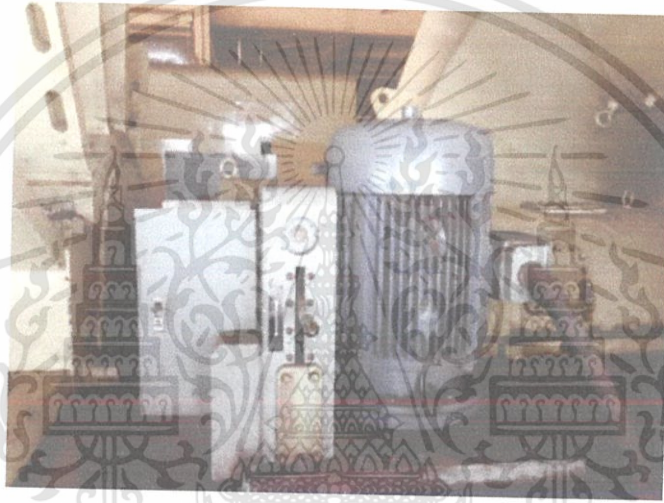
- Rotating Blade ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เป็นใบพัดประกอบเป็นชั้น ๆ ยึดติดอยู่กับ Rotor Turbine เมื่อไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูงถูกฉีดปะทะใบพัด จะผลัดกันให้เกิดการหมุน



รูปที่ 2.8 Rotating Blade

ส่วนประกอบอีกอย่างหนึ่งของ Main Turbine คือ Turning Gear ที่แสดงในรูปที่ 2.9 ทำหน้าที่ช่วยในการหมุนเพลลา Turbine ในช่วงก่อนการ Start Up เพื่อให้ Turbine Bearing ต่างๆ มีน้ำมันหล่อลื่น และมีการเคลื่อนตัวของเพลลา Turbine ให้มีการหมุนก่อนการใช้ Main Steam หมุน Turbine เนื่องจากเพลลา Turbine มีขนาดใหญ่และหนัก จึงมีแรงต้านมาก หากไม่ใช้ Turning Gear ช่วยในการเคลื่อนตัวก่อน จะทำให้ Turbine เสียหายได้

Turning Gear ใช้สำหรับช่วงหลังการ Shutdown Unit Speed Turbine หยุดที่ 0 รอบ ก็จะเดิน Turning Gear ขึ้นมาเพื่อให้เพลลาของ Main Turbine ไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่ เนื่องจากช่วง Shutdown ใหม่ๆ เพลลาของ Main Turbine ยังมีอุณหภูมิที่สูง ถ้าปล่อยให้ในตำแหน่งที่ไม่เคลื่อนที่จะทำให้เพลลาเกิดการโค้งหรือแอ่นไม่ตรง เมื่อมีการ Start Up ขึ้นมาอีกครั้ง จะทำให้เกิดอาการแกว่งและมี Vibration สูง



รูปที่ 2.9 Turning Gear

## TURBINE STEAM CONTROL

เนื่องจากปริมาณของไอน้ำที่ใช้หมุน Turbine Rotor ต้องควบคุมให้มีปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ Turbine Rotor หมุนด้วยรอบที่คงที่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ Electrical Load มีการเปลี่ยนแปลง

ที่ Main Steam Line ช่วงก่อนที่ไอน้ำจะเข้า Main Turbine จะมี Valve อยู่ 2 ชุด คือ Throttle Valve และ Governor Valve โดยประกอบอยู่ที่ Steam Chest

Throttle Valve เป็น Valve ชุดแรกที่ Main Steam ไหลผ่าน โดยปกติจะอยู่ที่ตำแหน่งเปิดสุดหรือปิดสุด บางครั้งเรียกว่า “Main Steam Stop Valve”

Governor Valve จะอยู่ถัดจาก Throttle Valve โดยสามารถปรับตำแหน่งต่าง ๆ ของ Valve ได้ เพื่อให้ได้ปริมาณของไอน้ำที่ไหลเข้า Turbine มีปริมาณที่เหมาะสม บางครั้งจะเรียกว่า “Main Steam Control Valve”

สำหรับ Turbine ที่ใช้ Reheated Steam ด้วย ที่บริเวณ Reheat Steam Line ก่อนเข้า Turbine จะมี Valve อยู่ 2 ชุด คือ Reheat Stop Valve และ Interceptor Valve

Reheat Stop Valve เป็น Valve ชุดแรกที่ Reheat Steam ไหลผ่าน การทำงานของ Valve คือ จะอยู่ที่ตำแหน่งเปิดสุดหรือปิดสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

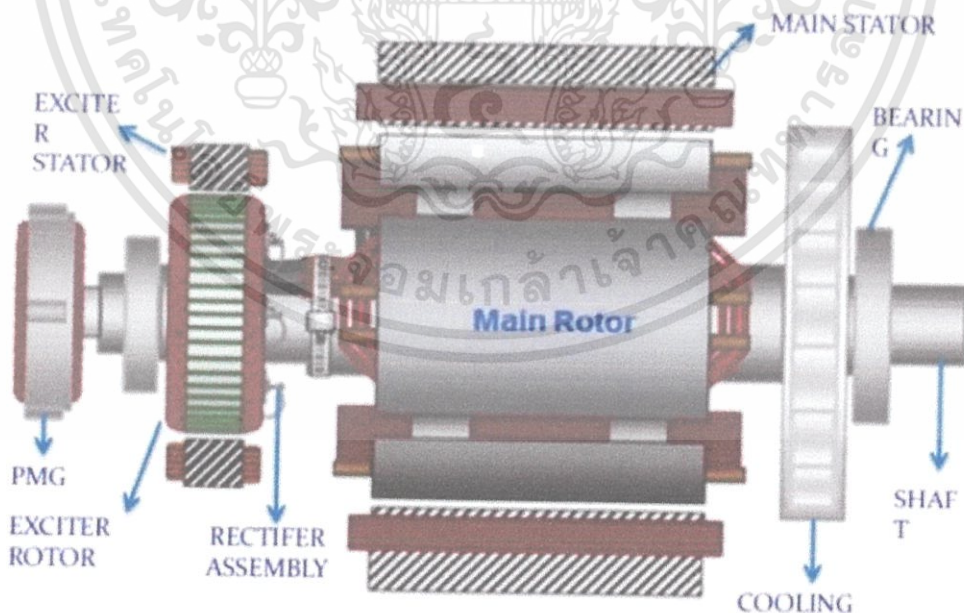
Interceptor Valve อยู่ถัดจาก Reheat Stop Valve ลักษณะการทำงานของ Valve นี้คือเมื่อรอบของ Turbine สูงผิดปกติ Valve จะปิดลงอย่างรวดเร็วและจะเปิดสุดอีกครั้ง เมื่อรอบของ Turbine เข้าสู่จุดปกติ Valve ชุดนี้จะปิดและเปิดสุดอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษารอบของ Turbine ให้คงที่ เรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า “Fast Valving”

สำหรับที่ Extraction Line ซึ่งนำไอน้ำจาก Turbine เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของ Feedwater ให้สูงขึ้นนั้นจะมี Valve ที่เรียกว่า “Extraction Non-return Valve” ซึ่งเป็น Valve ที่จะให้ไอน้ำไหลผ่านออกจาก Turbine เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำภายใน Feedwater Heater ไหลย้อนกลับเข้าสู่ Turbine ซึ่งจะทำให้ Turbine เกิดการชำรุดเสียหาย

### 2.1.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

โดยทั่วไปแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้างแสดงในรูปที่ 2.10 จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่เรียกว่า “โรเตอร์” (Rotor) ซึ่งจะมีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องรอบแกนโรเตอร์ที่ทำจากแผ่นเหล็กซิลิคอน (Silicon Steel Sheet) นำมาอัดแน่น โดยระหว่างแผ่นเหล็กซิลิคอนจะมีฉนวนเคลือบ ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) ภายในแกนเหล็กของโรเตอร์จะได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจากเอ็กไซเตอร์ (Exciter) เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น อีกส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือส่วนที่อยู่กับที่เรียกว่า “สเตเตอร์” (Stator) ภายในร่องแกนสเตเตอร์ มีขดลวดซึ่งทำจากแผ่นเหล็กอัดแน่นเช่นเดียวกับโรเตอร์ฝังอยู่ อาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กผ่านลวดตัวนำ จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สเตเตอร์และนำแรงดันไฟฟ้านี้ไปใช้ต่อไป

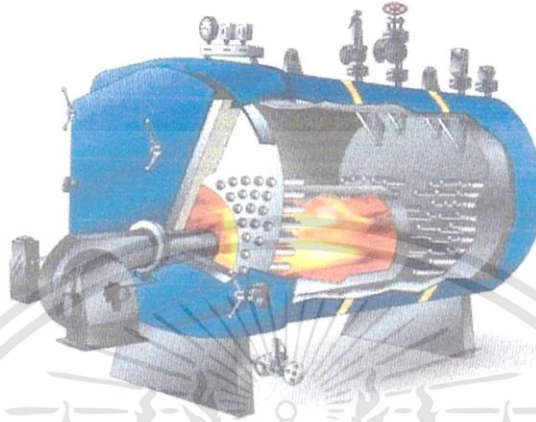
สำหรับ Generator Rotor นี้จะต่อหรือ Coupling อยู่กับด้านปลายของ Turbine Rotor และจะหมุนไปพร้อมกับ Turbine Rotor เพื่อสร้างกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2.10 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

### 2.1.2.3 เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

เครื่องกำเนิดไอน้ำหรือหม้อไอน้ำ (Boiler) ดังแสดงในรูปที่ 2.11 เป็นอุปกรณ์หลักสำหรับการผลิตไอน้ำ กระบวนการผลิตไอน้ำจะเริ่มต้นจากการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ ทำให้น้ำในหม้อไอน้ำระเหยกลายเป็นไอ เพื่อนำไอน้ำที่ได้ไปใช้ในการขับเคลื่อน Steam Turbine ในโรงไฟฟ้า



รูปที่ 2.11 เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)



## บทที่ 3

### ระบบ TURBINE SUPERVISORY INSTRUMENTATION

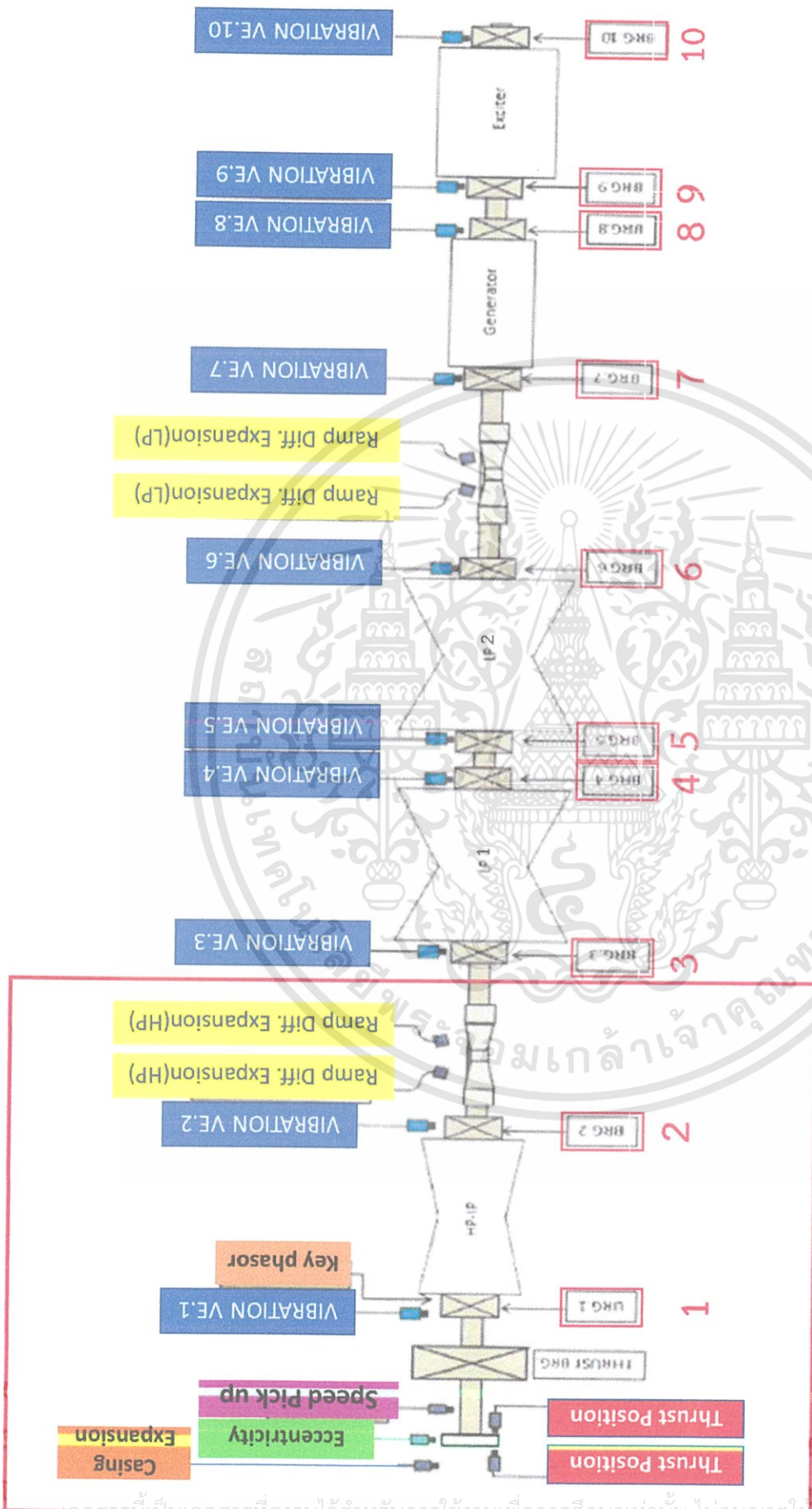
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์วัด โครงสร้าง และหลักการทำงานของอุปกรณ์ รวมถึงวิธีการสอบเทียบอุปกรณ์แต่ละตัวที่ติดตั้งในระบบ Turbine Supervisory Instrumentation

#### 3.1 ระบบ Turbine Supervisory Instrumentation

เป็นระบบที่ใช้ตรวจสอบสภาพทางกายภาพ ในขณะที่ Turbine กำลังทำงานโดยดูการขยายตัวของ Shaft และ Casing ความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นตาม Bearing ต่างๆและการแกว่งของ Shaft ในขณะที่ใช้งานว่าอยู่ในสภาวะที่ปลอดภัยหรือไม่ หากมีสภาพการทำงานเกินข้อจำกัดของเทอร์ไบน์ ระบบจะส่งสัญญาณเตือนหรือสัญญาณไปเพื่อ Trip เทอร์ไบน์ เพื่อป้องกันความเสียหายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับเทอร์ไบน์ได้ เช่น ความเสียหายที่เกิดจากการเสียดสีระหว่าง Blade ของ Rotor กับ Stator เนื่องจากการขยายตัวของ Shaft และ Stator ไม่สัมพันธ์กันและการเคลื่อนตัวของ Shaft ซึ่งเคลื่อนตัวไปข้างใดข้างหนึ่งมากเกินไป เป็นต้น ดังนั้นในระบบ Turbine Supervisory Instrumentation จึงประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. Shaft Axial Position Monitor
  - 1.1 Rotor Position Monitor
  - 1.2 Ramp Differential Expansion Monitor
2. Speed Monitor
  - 2.1 Zero Speed Monitor
  - 2.2 Tachometer Monitor
3. Case Expansion Monitor
4. Eccentricity Monitor
5. Vibration Monitor
6. Key Phasor

จากการแสดงผลสิ่งต่างๆเหล่านี้ (Monitoring) จะทำให้ทาง Operator ทราบถึงการทำงานของ Turbine ว่าอยู่ในสภาพปกติหรือผิดปกติ โดยที่อุปกรณ์วัดเหล่านี้จะถูกติดตั้งอยู่บน Main Turbine ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์วัดบน Main Turbine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 15  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดต่างๆที่ Main Turbine เพื่อตรวจสอบและแสดงผลการทำงานของ Turbine ว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่ หัวใจหลักของ Main Turbine ก็คือ HP-IP Turbine หรือบริเวณที่ตีกรอบล้อมรอบด้วยสีแดงซึ่งจะพบว่ามียุกรณ์วัดต่างๆเป็นจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่นๆ อุปกรณ์วัดต่างๆหลากหลายชนิดที่ถูกนำใช้เพื่อการแสดงผลการทำงานของ Main Turbine จะถูกติดตั้งที่ตำแหน่ง Bearing ต่างๆดังนี้

- บริเวณ Bearing ที่ 1 ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของ HP-IP Turbine อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดตำแหน่งของ Rotor (Rotor Position), อุปกรณ์วัดการโก่งงอ (Eccentric), อุปกรณ์วัด Key Phasor, อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration), อุปกรณ์วัดการขยายตัวของ Casing (Casing Expansion)
- บริเวณ Bearing ที่ 2 ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของ HP-IP Turbine อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)
- บริเวณระหว่าง Bearing ที่ 2 และ 3 ซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่าง HP-IP Turbine กับ LP Turbine อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการขยายตัวของ Ramp diff. ด้าน HP (Ramp diff. Expansion), อุปกรณ์วัดความเร็วเป็นศูนย์ (Zero Speed)
- บริเวณ Bearing ที่ 3 ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของ LP Turbine ตัวที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)
- บริเวณ Bearing ที่ 4 ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของ LP Turbine ตัวที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)
- บริเวณ Bearing ที่ 5 ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของ LP Turbine ตัวที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)
- บริเวณ Bearing ที่ 6 ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของ LP Turbine ตัวที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)
- บริเวณระหว่าง Bearing ที่ 6 และ 7 ซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่าง LP Turbine กับ Generator อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการขยายตัวของ Ramp diff. ด้าน LP (Ramp diff. Expansion)
- บริเวณ Bearing ที่ 7 ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของ Generator อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)
- บริเวณ Bearing ที่ 8 ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของ LP Turbine อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)
- บริเวณ Bearing ที่ 9 ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของ Exciter อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)
- บริเวณ Bearing ที่ 10 ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของ Exciter อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Vibration)

ในระบบ Turbine Supervisory Instrumentation จะใช้ Proximity Transducer เป็นตัวส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟตรงที่แปรผันโดยตรงกับระยะทาง โดย Sensor ในระบบนี้จะไม่สัมผัสกับเป้าโลหะ

### 3.2 Proximity Transducer

#### โครงสร้างและหลักการทำงาน

Proximity Transducers คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณทางกายภาพ (Physical) เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยสามารถตอบสนองสัญญาณทางกายภาพในลักษณะต่างๆขึ้นกับการออกแบบ การใช้งานและคุณสมบัติของ Transducer นั้นๆ ดังนั้น Proximitoer ดังแสดงในรูปที่ 3.2 (ค) จึงเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณวิทยุความถี่สูง (High Radio Frequency) ส่งไปตามสาย Extension Cable ดังแสดงในรูปที่ 3.2 (ข) ออกที่ขดลวด ซึ่งอยู่ที่ปลายของ Proximity Probe ดังแสดงในรูปที่ 3.2 (ก) ภายใน Proximity Probe จะเป็นขดลวดเล็กๆซึ่งเคลือบด้วยสารไฟเบอร์กลาส ขดลวดเล็กๆนี้ เมื่อได้รับสัญญาณความถี่สูง ก็จะมีผลผลิตสนามแม่เหล็กออกมาที่ปลาย Probe โลหะที่อยู่ในรัศมีของสนามแม่เหล็กนี้จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิด Eddy Current ขึ้นที่ผิวของโลหะนั้นทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปจากขดลวด เมื่อปลาย Probe ยิ่งเข้าใกล้ผิวโลหะมากพลังงานก็ยิ่งสูญเสียมากขึ้น ขณะเดียวกัน Proximity ก็ จะเปลี่ยนพลังงานที่เหลืออยู่ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแล้ว ส่งไปที่มอดูเลเตอร์เพื่ออ่านค่าต่อไป

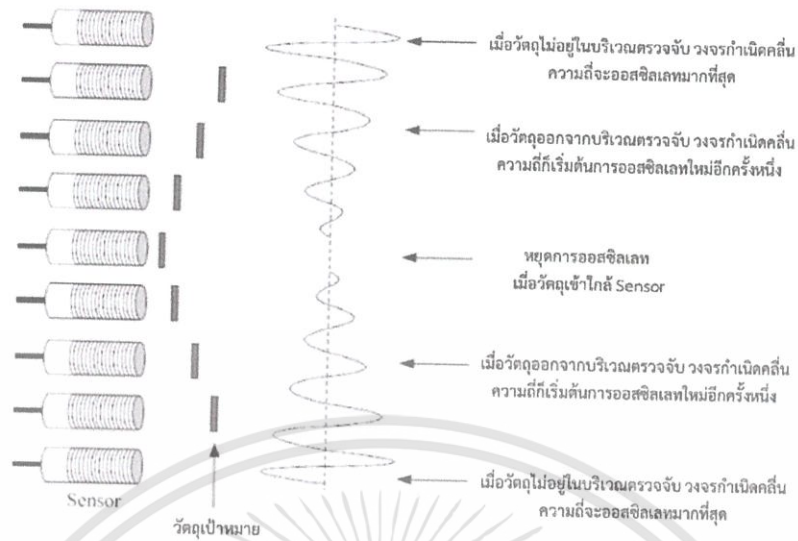


(ก) Proximity Probe (ข) Extension Cable (ค) Proximitoer

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

จากรูปที่ 3.3 เมื่อนำ Probe ติดตั้งไว้ใกล้ๆกับเนื้อโลหะ (Target) ซึ่งในการใช้งานจริงก็เป็นผิวของ Shaft นั้นเอง หลังจากเชื่อมต่อทั้ง 3 ส่วนของรูปที่ 3.2 เข้าด้วยกันแล้ว การเปลี่ยนแปลงระยะระหว่าง Probe และผิวโลหะจะทำให้ได้สัญญาณที่ Proximitoer เปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของระยะทางนั้น หน่วยที่ใช้ในการวัดคือ *mm* (Millimeter)

ชุด Proximitoer, Extension Cable และ Proximity Probe เมื่อได้รับการต่อเข้าด้วยกันเป็นชุดเดียวแล้ว ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟตรงที่ออกมาจะเป็นเชิงเส้น (Linear) กับระยะทางระหว่าง Probe กับโลหะที่กำหนด



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างกับแอมพลิจูด

โลหะต่างชนิดกันที่ระยะห่างเท่ากัน จะให้แรงดันไฟออกไม่เท่ากัน เช่น ที่ระยะทาง 50 Mils เหล็ก ANSI 4140 ให้แรงดัน 7 โวลต์ แต่โลหะทองเหลืองจะให้แรงดันเป็น 11 โวลต์ การกำหนดคุณสมบัติของชุด Proximity Transducer System ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้สามารถนำอุปกรณ์มาใช้งานแทนกันได้ เมื่อตัวใดตัวหนึ่งเกิดความเสียหายขึ้น

ส่วน Extension Cable เป็นสายแบบ Coaxial Cable ขนาดอิมพีแดนในสาย 95  $\Omega$  ความยาวสายตั้งแต่ Proximitoer ถึงปลายสุดของ Probe ที่ใช้อยู่มี 2 ขนาด คือ 5 เมตรและ 9 เมตร

การอ่านค่า Part Number

- Proximitoer Sensor



รูปที่ 3.4 Proximitoer

330180-AXX-BXX

Option Descriptions

A: Total Length and Mounting Option

- |     |  |
|-----|--|
| 5 0 | 5.0 metres (16.4 feet) system length, panel mount          |
| 5 1 | 5.0 metres (16.4 feet) system length, DIN mount            |
| 5 2 | 5.0 metres (16.4 feet) system length, no mounting hardware |

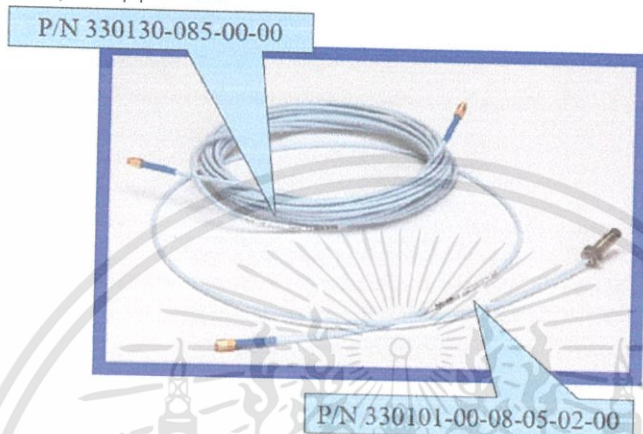
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 9 0 9.0 metres (29.5 feet) system length, panel mount
- 9 1 9.0 metres (29.5 feet) system length, DIN mount
- 9 2 9.0 metres (29.5 feet) system length, no mounting hardware

**B: Agency Approval Option**

- 0 0 Hazardous area approval not required
- 0 5 Multiple approvals



รูปที่ 3.5 Extension Cable และ Proximity Probe

- Extension Cable

Part Number-330130-AXXX-BXX-CXX

**Option Descriptions**

**A: Cable Length Option**

- 0 3 0 3.0 meters (9.8 feet)
- 0 3 5 3.5 meters (11.5 feet)
- 0 4 0 4.0 meters (13.1 feet)
- 0 4 5 4.5 meters (14.8 feet)
- 0 7 0 7.0 meters (22.9 feet)
- 0 7 5 7.5 meters (24.6 feet)
- 0 8 0 8.0 meters (26.2 feet)
- 0 8 5 8.5 meters (27.9 feet)

**B: Connector Protector and Cable Option**

- 0 0 Standard cable
- 0 1 Armored cable
- 0 2 Standard cable with connector protectors
- 0 3 Armored cable with connector protectors
- 1 0 FluidLoc® cable
- 1 1 Armored FluidLoc® cable
- 1 2 FluidLoc® cable with connector protectors
- 1 3 Armored FluidLoc® cable with connector protectors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C: Agency Approval Option

- 0 0 Not required
- 0 5 Multiple Approvals

- Proximity Probe

Part Number-330101-AXX-BXX-CXX-DXX-EXX

Option Descriptions

A: Unthreaded Length Option

Order in increments of 0.1 in

Length configurations : Maximum unthreaded length: 8.8 in  
 Minimum unthreaded length: 0.0 in

Example: 0 4 = 0.4 in

B: Overall Case Length Option

Order in increments of 0.1 in

Threaded length configurations : Maximum case length: 9.6 in  
 Minimum case length: 0.8 in

Example: 2 4 = 2.4 in

C: Total Length Option

- 0 5 0.5 meters (1.6 feet)
- 1 0 1.0 meters (3.3 feet)
- 1 5 1.5 meters (4.9 feet)
- 2 0 2.0 meters (6.6 feet)
- 5 0 5.0 meters (16.4 feet)1
- 9 0 9.0 meters s (29.5 feet)

D: Connector and Cable-Type Option

- 0 1 Miniature coaxial ClickLoc™ connector with connector protector, standard cable
- 0 2 Miniature coaxial ClickLoc™ connector, standard cable
- 1 1 Miniature coaxial ClickLoc™ connector with connector protector, FluidLoc® cable
- 1 2 Miniature coaxial ClickLoc™ connector, FluidLoc® cable

E: Agency Approval Option

- 0 0 Not required
- 0 5 Multiple Approvals

- หัวขนาด 8 mm



รูปที่ 3.6 Proximity Probe ขนาด 8 mm

- หัวขนาด 11 mm



รูปที่ 3.7 Proximity Probe ขนาด 11 mm

- หัวขนาด 25 mm



รูปที่ 3.8 Proximity Probe ขนาด 25 mm

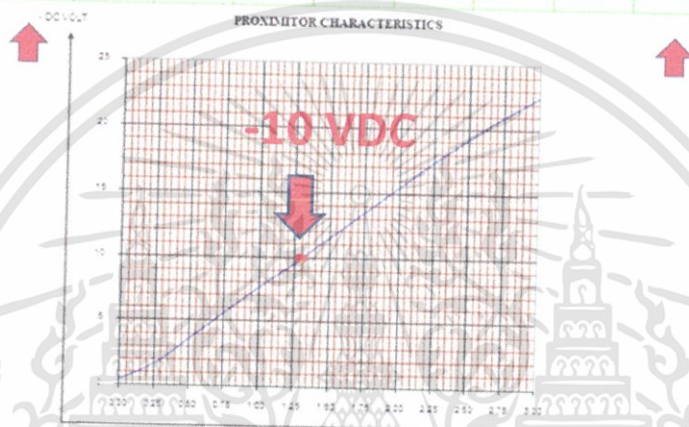
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การติดตั้ง

ก่อนติดตั้งควรตรวจสอบ Scale Factor ของ Proximity เพื่อดู Linearity ที่แสดงในรูปที่ 3.9 ว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ และหาระยะ Gap ที่อยู่กึ่งกลาง Linear Scale ยกตัวอย่างเช่น เอาท์พุทแรงดันไฟฟ้าที่จุดนี้มีค่าประมาณ -10 Vdc (หัว 8 mm) เมื่อ Proximity ใช้แรงดันไฟฟ้า -24 Vdc

**Scale Factor 7.875 V/mm.**

GAP (mm.)	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
OUTPUT (-Vdc)	0.46	1.62	3.49	5.61	7.59	9.56	11.51	13.49	15.46	17.41	19.24	20.93	22.47



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการตรวจสอบ Scale Factor ของ Proximity ขนาด 8 mm ที่บริเวณ Bearing NO.1

### Scale Factor

เป็นตัวกำหนดความสามารถของ Proximity Transducer ในการเปลี่ยนระยะทาง 1 หน่วย เป็นแรงดันไฟตรงมีหน่วยเป็น  $V/mm$

### การหา Scale Factor

1. ติดตั้ง Proximity Probe เข้ากับ Micrometer ที่ตั้งไว้ 0 mm
2. ใช้ Multimeter วัดที่ Output Proximity ปรับ Micrometer โดยเพิ่มค่า GAP ทีละ 0.25 mm หรือทีละ 0.5 mm ไปจนถึง 3 mm จากนั้นบันทึกค่าที่อ่านได้จาก Multimeter (Vdc)
3. การเลือก Range เพื่อนำมาคำนวณหา Scale Factor ในที่นี้จะเลือกค่า Vdc Max 80 % ของ Range Gap (3 mm) และเลือกค่า Vdc Min 20 % ของ Range Gap เนื่องจากในช่วง Range 20-80% เป็นช่วงที่ Linear

$$80 \% \text{ Range Gap} = \frac{3.0 \times 80}{100} = 2.4 \text{ mm (Max)}$$

$$20 \% \text{ Range Gap} = \frac{3.0 \times 20}{100} = 0.6 \text{ mm (Min)}$$

4. 80% Range Gap จะได้ค่า 2.4 mm (Max) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียง 2.5 mm  
20 % Range Gap จะได้ค่า 0.6 mm (Min) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียง 0.5 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

5. นำค่าที่ได้มาคำนวณ Scale Factor จากสมการ




$$\text{Scale Factor} = \frac{\Delta V_{dc}}{\Delta mm} \quad (3.1)$$

$$= \frac{V(\text{Max}) - V(\text{Min})}{\text{Gap}(\text{Max}) - \text{Gap}(\text{Min})} \quad (3.2)$$

### ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ

1. ปัญหาด้านอุณหภูมิ ตามมาตรฐาน API 670 ตัว Probe และ Extension Cable ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 170 °C และ Proximator สามารถทำงานได้แม้อุณหภูมิสูงถึง 100 °C อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นผลให้สัญญาณที่ออกจากชุด Proximator เปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่ในทางปฏิบัติไม่มีผลมากนัก เพราะอุณหภูมิที่ทำการทดสอบค่า Scale Factor กับที่ใช้งานจริงแตกต่างกันไม่มากนัก
2. ปัญหาการติดตั้ง เช่น Bracket ติดตั้งไม่แข็งแรงพอเกิดการสั่นสะเทือน และเกิดสัญญาณรบกวนกัน เนื่องจากติดตั้งใกล้กันเกินไป สาเหตุดังกล่าวทำให้ Sensor ตรวจจับระยะทางและส่งสัญญาณผิดพลาดไปค่าที่อ่านได้จึงไม่ถูกต้อง
3. Monitor Noise เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามารบกวนสัญญาณในวงจรไฟฟ้า เกิดจากการติดตั้ง Probe ไม่ถูกต้อง การ Wiring ไม่ดีและอื่นๆ สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นมี 2 ลักษณะคือแบบซ้ำๆกันและแบบ Random การแก้ไขต้องติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆให้ถูกวิธี

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบ Proximity Probe ขนาดต่างๆ

			
ขนาด	8 mm.	11mm	25mm
สี	Blue	Purple	Green
Scale Factor	0.87 V/mm	3.94 V/mm	0.787 V/mm
ช่วงที่เป็นเชิงเส้น	2.0mm.	4.0mm	12.7 mm.
ความถี่ที่ตอบสนอง	0-10 kHz	0-8 kHz	0-2.7 kHz
ประเภทการวัด	Vibration, Key Phasor, Eccentricity	Thrust Position, Speed Indicator	Ramp diff. Expansion(HP,LP)

### 3.2.1 Power Supply Module

Power Supply Module จะติดตั้งอยู่รวมกันใน Instrument Rack ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากภายนอก Rack เช่น 95 ถึง 125 Vac, 190 ถึง 250 Vac, 24 Vdc, 28 Vdc, 48 Vdc หรือ 120 Vdc ให้มีแรงดันขนาด - 28 ถึง - 45 Vdc, - 16 ถึง -29 Vdc และ +18 ถึง +29 Vdc เพื่อจ่ายให้แก่ละ Module และมีวงจร Power up Inhibit ซึ่งทำหน้าที่หน่วงเวลาในขณะที่ไฟเข้าเครื่องหรือในขณะที่ไฟฟากกลับมาเป็นเวลาประมาณ 30-45 วินาที เพื่อป้องกัน False Alarm และป้องกัน Transient ที่เกิดขึ้นไม่ให้เข้าสู่ Monitor อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 วงจร OK

วงจร OK ใช้ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก Proximitor ว่าอยู่ในช่วงใช้งานหรือไม่ โดยกำหนดแรงดันทั้งด้านสูงและด้านต่ำดังแสดงในตารางที่ 3.2 เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการตั้ง Gap การหลุดหลวมของ Probe เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น ไฟแสดงสัญญาณ OK จะดับและวงจร Alarm จะทำงาน วงจรนี้มีอยู่ทุกๆ โมดูลที่ใช้ Proximitor

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้าของวงจร OK

ขนาดของ Transducer	แรงดันทั้งด้านสูง (Upper OK)	แรงดันทั้งด้านต่ำ (Lower OK)	ค่า Gap Voltage (Vdc)
8 mm	-18.99 ถึง -19.09	-1.23 ถึง -1.33	-10.00
11 mm	-20.34 ถึง -20.44	-3.50 ถึง -3.60	-11.60
25 mm	-12.50 ถึง -13.45	-1.30 ถึง -1.70	-6.50

3.3 Shaft Axial Position Monitor เป็นการวัดการขยายตัวในแนวแกนของเทอร์ไบน์ มีอุปกรณ์ ดังนี้

#### 3.3.1 Thrust Position Monitor

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

บางแห่งเรียกว่า “Rotor Position Monitor” เป็นอุปกรณ์วัดระยะทางการเคลื่อนตัวตามแนวแกนของ Shaft เทียบกับ Thrust Bearing โดย Thrust Position จะถูกติดตั้งตรงตำแหน่ง Thrust Collar โดยอุปกรณ์ชุดนี้สำคัญมากสำหรับ Rotating Machinery เพราะไม่ว่าจะ Startup หรือ Shutdown หรือเปลี่ยนแปลงโหลด Rotor จะเคลื่อนตัวให้อยู่ในสมดุลย์เสมอไม่ว่า Rotor จะเคลื่อนที่ไปทางด้านใดก็ตาม ถ้า Rotor เคลื่อนที่ไปด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไปเกินค่าที่กำหนดไว้ (ไม่เกิน 0.9 mm) จะทำให้เกิดการเสียดสีระหว่าง Rotor Blade และ Stationary Blade เกิดความเสียหาย

ซึ่งในขณะที่เดินเครื่อง Turbine ได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวของโลหะ ทำให้ค่าช่องว่าง (Clearance) ระหว่าง Rotor และ Stator มีค่ามากกว่าตอนที่ยังไม่ Startup ดังนั้น Rotor หลังจาก Startup แล้วจะเคลื่อนที่ได้มากกว่า

ในขณะที่ Turbine จ่ายโหลดนั้น Rotor จะไม่ยุบชิด Thrust Bearing ด้านใดด้านหนึ่ง เนื่องจาก Turbine ถูกออกแบบมาให้เป็นแบบ Steam Balance ดังนั้น Rotor จะอยู่ประมาณตรงกลางระหว่าง Thrust Bearing

#### การติดตั้ง

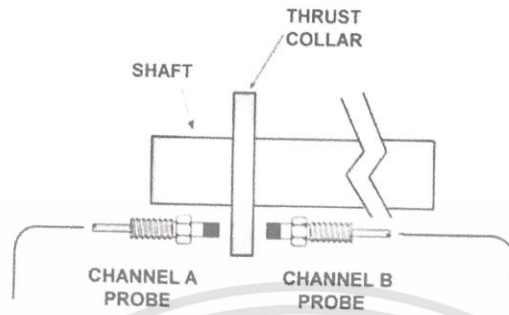
การติดตั้ง Proximity Probe เพื่อวัด Thrust Position จะติดตั้งบริเวณ Thrust Collar ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ในช่วงของ Bearing ที่ 1 โดย Probe ที่ใช้คือ Probe ขนาด 11 mm

ซึ่งก่อนที่จะติดตั้ง Proximity Probe เพื่อวัด Thrust Position ต้องตรวจสอบตำแหน่งของ Rotor หลังจาก Shutdown ระบบที่หน้าจอ DCS ภายในห้อง Control Room ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ก่อนเพื่อนำค่า Rotor Position มาคำนวณหาค่า Gap เพื่อทำการติดตั้งหัว Probe โดยใช้สมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

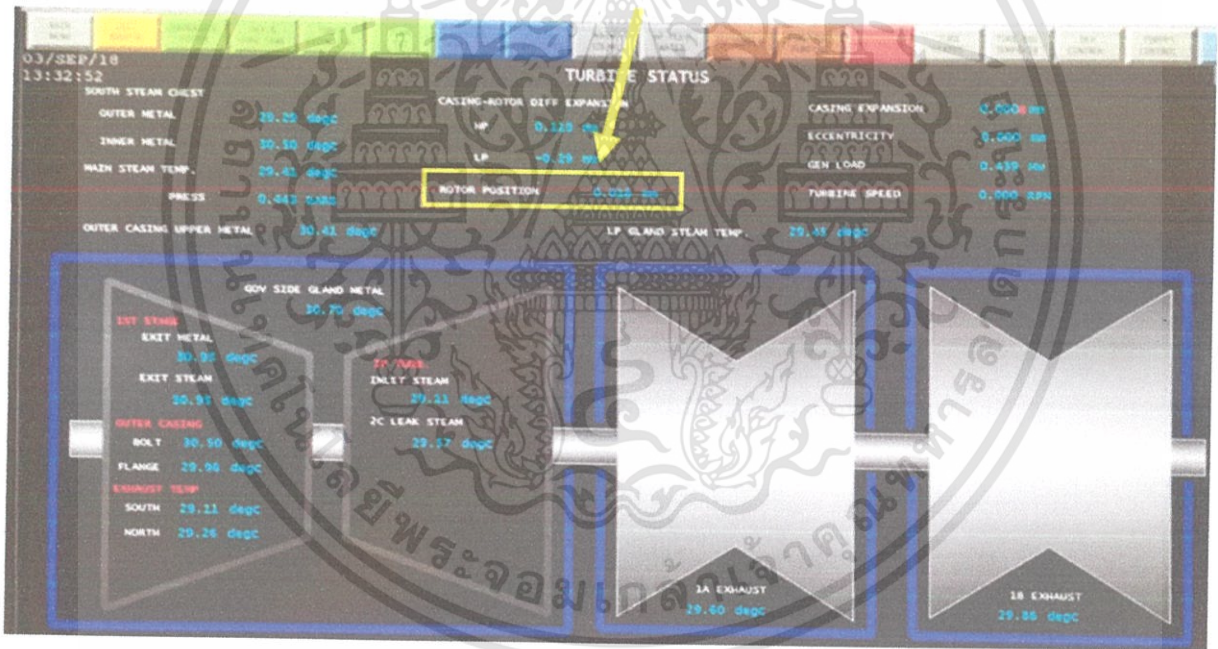
Gap Probe A = Zero Position ของ Card + Rotor Position  
 Gap Probe B = Zero Position ของ Card - Rotor Position

(3.3)



รูปที่ 3.10 การติดตั้ง Thrust Position

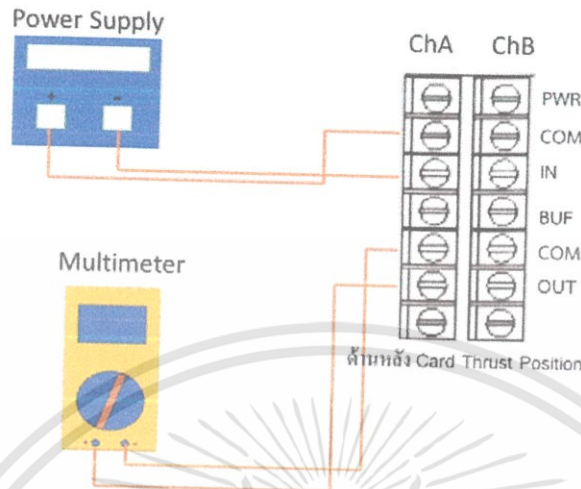
ค่า Rotor Position



รูปที่ 3.11 ตำแหน่ง Thrust Position ที่อ่านได้จากหน้าจอ DCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบ Thrust Position Card



รูปที่ 3.12 การต่อสายเพื่อทดสอบ Thrust Position Card

1. ปลดสาย In และ Com ของ Ch-A ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ของ Thrust Position ที่ Local ออกแล้วต่อ Power Supply และ Multimeter ที่ตำแหน่งต่างๆของจุดต่อ ดังรูปที่ 3.12
2. ป้อนค่า  $-V_{dc}$  ที่ Power Supply ตามที่คำนวณได้ดังแสดงในกรอบสีแดง จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 3.3
3. ทำเหมือนเดิมตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนจาก Ch-A เป็น Ch-B แทน

หมายเหตุ: การทดสอบ Thrust Position Card จะต้องทดสอบทีละ Channel

ตารางที่ 3.3 การทดสอบ Thrust Position Card

Specification				O/P Signal			
I/P signal (Vdc)		Indicator	Output	Ch-A		Ch-B	
Ch-A	Ch-B	mm	mA	mm	mA	mm	mA
-5.69	-17.51	+1.5	20				
-8.65	-14.55	+0.75	16				
-11.6	-11.6	0	12				
-14.55	-8.65	-0.75	8				
-17.51	-5.69	-1.5	4				

การคำนวณ Voltage ที่ใช้ในการทดสอบ Thrust Position Card

1. หาค่า Scale Factor ของ Proximity Probe
2. คำนวณระยะห่างที่จะใช้ในการทดสอบจากสมการที่ (3.3)

Gap Probe A = Zero Position ของ Card + Rotor Position

Gap Probe B = Zero Position ของ Card - Rotor Position

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบ Thrust Position Card ที่ระยะ +1.5 mm สมมติให้

$$\text{Scale Factor} = 3.94 \text{ V/mm}$$

$$\text{Zero Position Voltage} = -11.60 \text{ V (มาจาก Specification Sheet)}$$

ทำการแทนค่าลงไป

เนื่องจากหัว Probe 11 mm จะมีค่า Scale Factor 3.94 V/mm

$$\text{เทียบบรรทัดไตรยางค์จะได้ว่า } 1 \text{ mm} = 3.94 \text{ V}$$

$$\text{ถ้า } 1.5 \text{ mm} = 3.94 \times 1.5 = 5.91 \text{ V}$$

ดังนั้น Gap Probe A = Zero Position ของ Card + Rotor Position

$$= -11.6 + 5.91$$

$$= -5.69 \text{ Vdc}$$

Gap Probe B = Zero Position ของ Card - Rotor Position

$$= -11.6 - 5.91$$

$$= -17.51 \text{ Vdc}$$

### 3.3.2 Ramp Differential Expansion Monitor

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

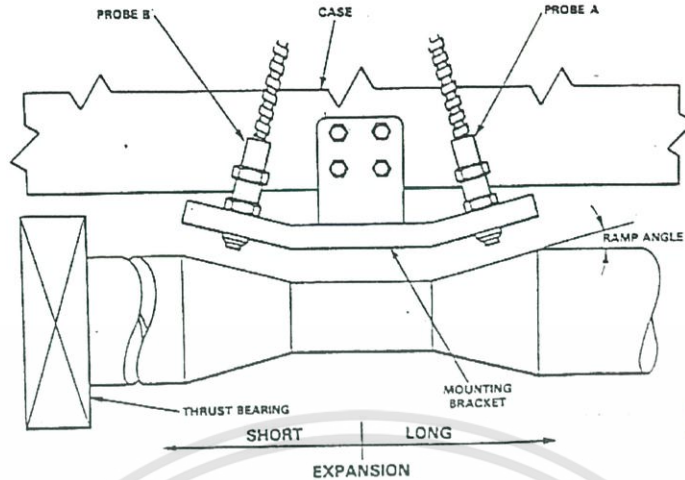
เป็นอุปกรณ์วัดการขยายตัวตามแนวแกนของ Shaft เทียบกับ Case เนื่องจากความร้อนที่เปลี่ยนแปลงในขณะที่ Startup และ Shutdown อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ทำให้ Rotor มีการขยายตัวและหดตัวรวดเร็วกว่า Casing เพราะ Rotor มีมวลน้อยกว่า Casing ความร้อนจึงกระจายได้รวดเร็วกว่า หากการขยายตัวของโลหะทั้งตัว Rotor และ Stator ไม่สัมพันธ์กันจะเกิดการเสียดสีได้

ทิศทางการขยายตัวของ Rotor ไปทาง Governor เรียกว่า “Short Direction” เนื่องจากมีระยะเคลื่อนตัวไปทางนั้นได้น้อย ถ้าขยายตัวไปทาง Generator เรียกว่า “Long Direction”

โดยที่ Probe ของ Differential Expansion แต่ละตัวจะติดตั้ง เพื่อวัดระยะทางระหว่าง Casing กับ Rotor แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งมาเข้าที่ด้านหลัง Card ของ Ramp Differential Expansion Monitor

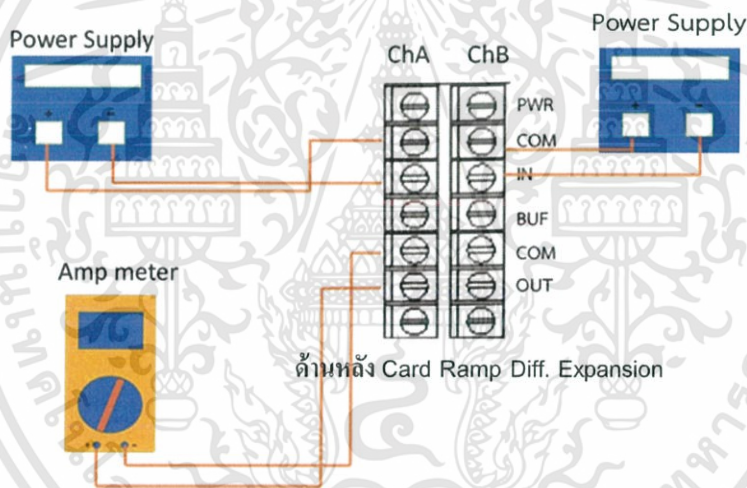
การติดตั้ง

Ramp Differential Expansion จะติดตั้งบริเวณ Rotor ทางด้านขวาของ High Pressure Turbine โดยตัว Sensor จะใช้ Proximity Probe ขนาด 25 mm ติดตั้งให้หัว Sensor ทำมุม 9.5 องศา ทั้งหัว A และ B ดังรูปที่ 3.13 และติดตั้งบริเวณ Rotor ทางด้านขวาของ Lower Pressure Turbine ตัวที่ 2 โดยให้หัว Sensor ทำมุม 9.5 องศา ทั้งหัว A และ B ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การติดตั้ง Proximity Probe ที่ Ramp Differential Expansion

การทดสอบ Ramp Differential Expansion Card



รูปที่ 3.14 การสอบเทียบ Proximity Probe ที่ Ramp Differential Expansion Card

1. ปลดสาย Com และ In ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ของ Ramp Differential Expansion ที่ Local ออกจาก CH-A และ CH-B แล้วต่อ Power Supply และ Amp Meter ที่ตำแหน่งต่างๆของจุดต่อ ดังรูปที่ 3.14
2. หาค่า Zero Position Voltage จากสมการที่ (3.4)

$$\text{Zero Position Voltage A} = (\text{Center Gap Voltage}) - (0.5)(S.F)(\text{Meter Scale Range})(\sin\theta) + (S.F)(\text{Bottom Range})(\sin\theta)$$

$$\text{Zero Position Voltage B} = (\text{Center Gap Voltage}) + (0.5)(S.F)(\text{Meter Scale Range})(\sin\theta) - (S.F)(\text{Bottom Range})(\sin\theta) \quad (3.4)$$

ตัวอย่างเช่น

Center Gap Voltage = - 6.5 Volt มาจาก Specification Sheet

Scale Factor = 0.785 V/mm เนื่องจากเป็นหัวขนาด 25 mm

Meter Scale Range = 30 Volt เนื่องจาก Range คือ (-10 ถึง +20)

มุม = 9.5 องศา มาจาก Specification Sheet เนื่องจากเป็น Ramp Differential Expansion (HP)

Bottom Range = 10 Volt

ทำการแทนค่าลงไป

$$\begin{aligned} \text{Zero Position Voltage A} &= (-6.5) - (0.5)(0.785)(30)(\sin 9.5) + (0.785)(10)(\sin 9.5) \\ &= -7.148 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zero Position Voltage B} &= (-6.5) + (0.5)(0.785)(30)(\sin 9.5) - (0.785)(10)(\sin 9.5) \\ &= -5.852 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

3. นำค่า Zero Position Voltage ที่ได้มาใช้ในการคำนวณหา Voltage ที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจสอบ Ramp Differential Expansion Card โดยคำนวณได้จากสมการที่ (3.5)

$$\text{Input Ch-A} = - \text{Zero Position Voltage} + (\text{Diff. Expansion Value} \times \text{S.F} \times \sin\theta)$$

$$\text{Input Ch-B} = - \text{Zero Position Voltage} - (\text{Diff. Expansion Value} \times \text{S.F} \times \sin\theta) \quad (3.5)$$

หมายเหตุ: S.F = Scale Factor

ตัวอย่างเช่น การทดสอบ Ramp Differential Expansion Card ที่ระยะ 20 mm

Scale Factor = 0.785 V/mm เนื่องจากเป็นหัวขนาด 20 mm

Diff. Expansion Value = 25 mm

มุม = 9.5 องศา มาจาก Specification Sheet เนื่องจากเป็น Ramp Differential Expansion (HP)

ทำการแทนค่าลงไป

$$\begin{aligned} \text{Input Ch-A} &= - 7.148 + (20 \times 0.785 \times \sin 9.5^\circ) \\ &= - 4.56 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Input Ch-B} &= - 5.852 - (20 \times 0.785 \times \sin 9.5^\circ) \\ &= - 8.44 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

4. ป้อนค่า Input Ch-A และ Input Ch-B ที่คำนวณได้ตามตารางที่ 3.4-1 และ 3.4-2 เพื่อทดสอบ Ramp Differential Expansion Card (LP) และ (HP) ตามลำดับ ป้อน Power Supply แต่ละตัวเพื่อเป็นการตรวจสอบ Ramp Differential Expansion Card

5. บันทึกค่ากระแสไฟฟ้า (mA) ที่ได้ลงในตารางที่ 3.4-1 และ 3.4-2

ตารางที่ 3.4 การทดสอบ Ramp Differential Expansion Card (LP)

Specification				O/P Signal	
I/P signal		Indicator	Output	Gap (mm) ที่ Monitor	Current (mA)
-Vdc.					
Ch-A	Ch-B	mm	mA		
-4.55	-8.45	+25	20		
-5.53	-7.47	+17.5	16		
-6.50	-6.50	10	12		
-7.47	-5.52	2.5	8		
-8.45	-4.55	-5	4		

หมายเหตุ: ตารางที่ 3.4 และ 3.5 มีค่า Indicator (mm) แตกต่างกัน เนื่องจาก Ramp Differential Expansion (LP) มี Range อยู่ในช่วง -5 ถึง +25 mm และ Ramp Differential Expansion (HP) มี Range อยู่ในช่วง -10 ถึง +20 mm

ตารางที่ 3.5 ตารางการทดสอบ Ramp Differential Expansion Card (HP)

Specification				O/P Signal	
I/P signal		Indicator	Output	Gap (mm) ที่ Monitor	Current (mA)
-Vdc.					
Ch-A	Ch-B	mm	mA		
-4.56	-8.44	+20	20		
-5.53	-7.47	+12.5	16		
-6.50	-6.50	5	12		
-7.47	-5.85	-2.5	8		
-8.45	-4.55	-10	4		

3.4 Speed Monitor เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วรอบในเทอร์ไบน์ มีฟังก์ชันหลายอย่าง ได้แก่ ใช้วัดความเร็วเมื่อ Turbine หยุดนิ่ง (Zero Speed Monitor) และวัดความเร็วรอบของ Turbine (Tachometer)

#### 3.4.1 Zero Speed Monitor

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

เป็นอุปกรณ์ Interlock เทอร์ไบน์ในขณะที่กำลังทำการ Shutdown Turbine เพื่อตรวจสอบหรือบำรุงรักษา การวัดความเร็วรอบนี้ควรมี Proximity Probe 2 ตัว เพื่อความมั่นใจว่า Turbine หยุดนิ่งแน่นอน เมื่อลดความเร็วลงถึงจุดที่ความเร็วรอบเป็นศูนย์ก็นำ Turning Gear ต่อเข้ากับเฟืองของ Shaft ให้หมุน Shaft อย่างต่อเนื่อง ทำให้ความร้อนที่ยังค้างอยู่กระจายไปรอบๆ Turbine เป็นการป้องกันการโค้งงอของ Shaft (การตกท้องช้าง) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เครื่องจักรได้รับความเสียหาย เนื่องจากการเสียดสีระหว่าง Rotor กับ Stator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

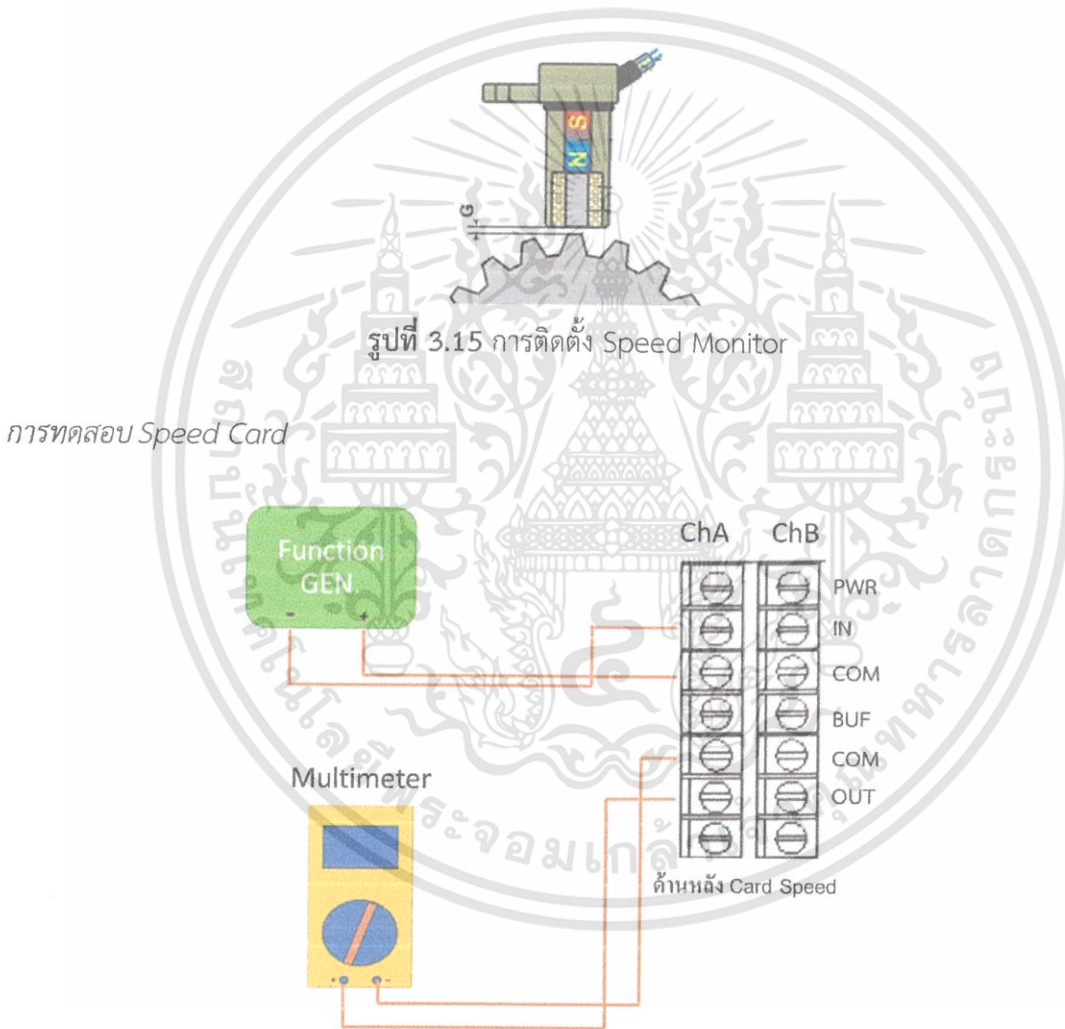
### 3.4.2 Tachometer

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วรอบของเทอร์ไบน์ โดยแสดงผลเป็นตัวเลขบน Digital Tachometer และมีสัญญาณ 4-20 mA รีโมทไปแสดงผลที่ DCS ได้ด้วย

การติดตั้ง

ในการติดตั้งหัว Sensor ดังแสดงในรูปที่ 3.15 ที่จะใช้วัด Speed จะติดตั้งบริเวณ Bearing ที่ 3 ซึ่งจะติดตั้งแบบทั่วไป คือให้หัวเซ็นเซอร์ห่างจากสันของฟันเฟืองโดยวัด  $Vdc$  ได้  $-11.6 Vdc$  (จาก Specification Sheet) เนื่องจากใช้ Proximity Probe ขนาด  $11 mm$



รูปที่ 3.16 การต่อสายเพื่อทดสอบ Card Speed

1. ปลดสาย In และ Com ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ที่ Local ของ หัว Speed ออก
2. ต่อ Function Generator และ Multimeter ที่ตำแหน่งต่างๆของจุดต่อดังรูปที่ 3.16 เพื่อทดสอบ Card Speed
3. ป้อนค่า Frequency ของ Function Generator ตามที่กำหนดไว้ในตารางดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 การทดสอบ Card Speed

Specification		Output Signal
Frequency (Hz)	Speed (RPM)	Monitor (RPM)
0	0	
1,000	1,000	
2,000	2,000	
3,000	3,000	
4,000	4,000	

4. อ่านค่าที่ Speed Monitor จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 3.6

**การคำนวณ**

ตัวอย่างเช่น สมมติให้มีความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที แปลงเป็นหน่วย Hz

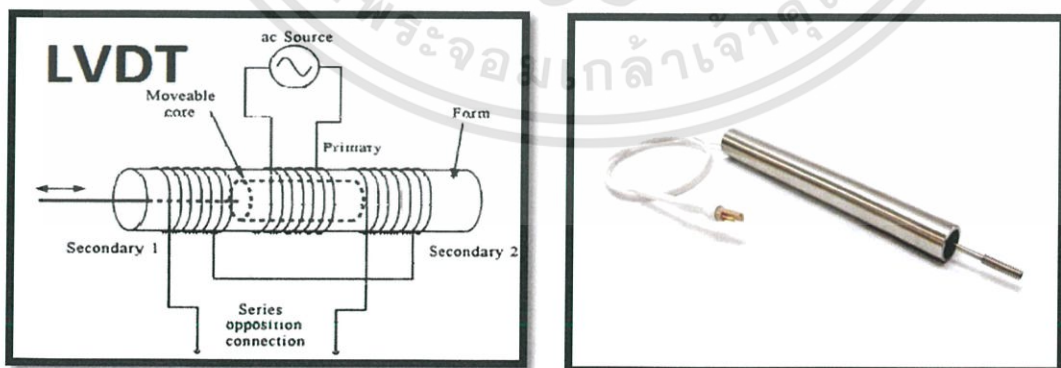
$$\text{จาก } 3000 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ sec}} \times 60 (\text{จำนวนฟันเฟือง}) = 3000 \text{ Hz}$$

**3.5 Case Expansion Monitor**

**ทฤษฎีและหลักการทำงาน**

ในเครื่องจักรขนาดใหญ่มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดการขยายตัวของ Case เทียบกับโครงสร้างหลัก (Foundation) การขยายตัวของ Case ต้องสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและการขยายตัวของ Shaft เมื่อเราทราบการขยายตัวของ Case และการขยายตัวที่แตกต่างกันระหว่าง Shaft กับ Case จาก Differential Expansion Monitor Sensor ทำให้เราสามารถคำนวณการขยายตัวของ Rotor ได้ พารามิเตอร์เหล่านี้มีผลต่อการพิจารณาสภาพของเทอร์ไบน์ Sensor ที่ใช้เป็น LVDT ดังแสดงในรูปที่ 3.17

การแสดงผลการขยายตัวของ Case จะใช้ Sensor แบบ LVDT (Linear Variable Differential Transformer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แบบไฟฟ้าเชิงกล (Electro-mechanical Transducer) ที่ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางการเคลื่อนที่ของแกนเหล็ก

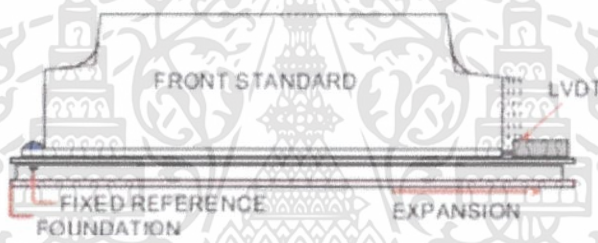


รูปที่ 3.17 LVDT

LVDT เป็นทรานสดิวเซอร์ประเภทพาสซีฟ (Passive Transducers) ทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแกนเหล็ก โครงสร้างประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) หนึ่งชุดอยู่ตรงกลาง และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) จำนวนสองชุดต่ออนุกรมกัน โดยมีตำแหน่งอยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาของขดลวดปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิทั้งสองชุดนี้มีจำนวนรอบที่เท่ากัน แต่มีทิศทางการพันขดลวดตรงข้ามกัน (พันในทิศทางตามเข็มนาฬิกาหนึ่งชุด และทิศทางทวนเข็มนาฬิกาหนึ่งชุด) เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับการกระตุ้นด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากภายนอก จะมีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิทั้งสองชุด โดยค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นๆอยู่กับตำแหน่งของแกนเหล็ก (Movable Core) โดยถ้าแกนเหล็กอยู่ตรงกึ่งกลางระหว่างขดลวดทั้งสองชุดพอดี แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับขดลวดทุติยภูมิทั้งสองชุดจะมีค่าเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของ LVDT จึงมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ หรือเรียกว่า ตำแหน่งศูนย์ (Null Position)

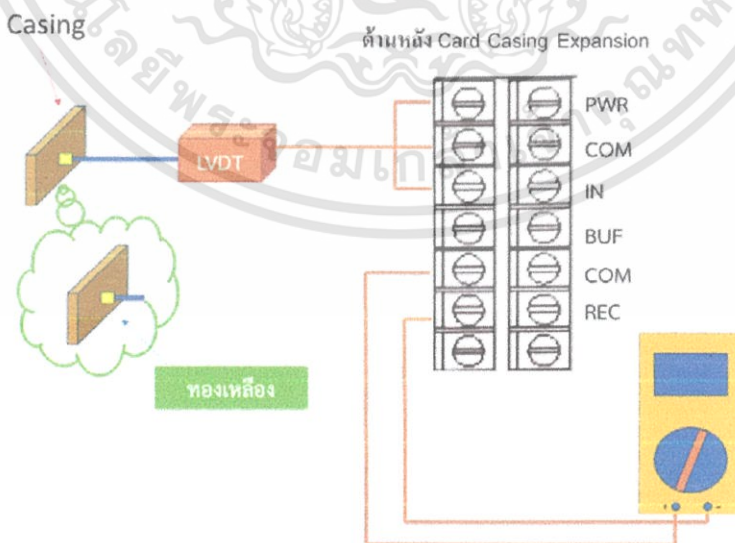
**การติดตั้ง**

ติดตั้ง LVDT บริเวณ Bearing 1 เพื่อวัดการขยายตัวของ Casing เทียบกับ Shaft ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 Casing Expansion

**การทดสอบ Casing Expansion Card**



รูปที่ 3.19 การต่อสายเพื่อทดสอบ Casing Expansion Card

1. ปลดสาย Com และ Rec ที่ส่งสัญญาณไปที่ System 1 ออกก่อนเพื่อนำ Multimeter มาต่อทางด้านหลัง Casing Expansion Card เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้า ( $V_{dc}$ ) ดังแสดงในรูปที่ 3.19
2. นำทองเหลืองหนาขนาด 10 mm มากั้นระหว่างแกนเหล็ก LVDT กับ Case ที่บริเวณ Local และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า ( $V_{dc}$ )
3. เพิ่มค่าความหนาของทองเหลืองที่ละ 10 mm จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 3.7 เพิ่มความหนาจนถึง 50 mm เนื่องจาก Case สามารถขยายได้สูงสุดมากที่สุด 50 mm
4. ประกอบสาย Com และ Rec เข้าดังเดิม

ตารางที่ 3.7 การทดสอบ Casing Expansion Card

Specification		Output Signal
ความหนา (mm)	Voltage ( $V_{dc}$ )	Voltage ( $V_{dc}$ )
0	1	
20	2	
30	3	
40	4	
50	5	

### 3.6 Eccentricity Monitor

#### ทฤษฎีและหลักการทำงาน

Eccentricity Monitor เป็นอุปกรณ์ที่วัดการหมุนของเพลลาเพื่อตรวจสอบการเอียงศูนย์ การแกว่งของ Shaft ในขณะที่ Rotor หมุนด้วยความเร็วต่ำ (Slow Roll) ประมาณ 3 RPM ค่าที่อ่านได้เป็นระยะทางแบบ Peak-to-Peak หากค่านี้เกินกว่า  $75 \mu m p-p$  จะไม่สามารถ Startup ได้ จนกว่าจะได้รับการแก้ไข และใช้ตรวจสอบตำแหน่งของ Rotor การวัดค่าเป็นแบบ Instantaneous โดยบันทึกด้วย Recorder นอกจากนี้ค่า Eccentricity ยังเป็นตัวบอกลถึงความสึกหรอของ Bearing หรือการที่ Bearing รับภาระ (Load) มากเกินไป

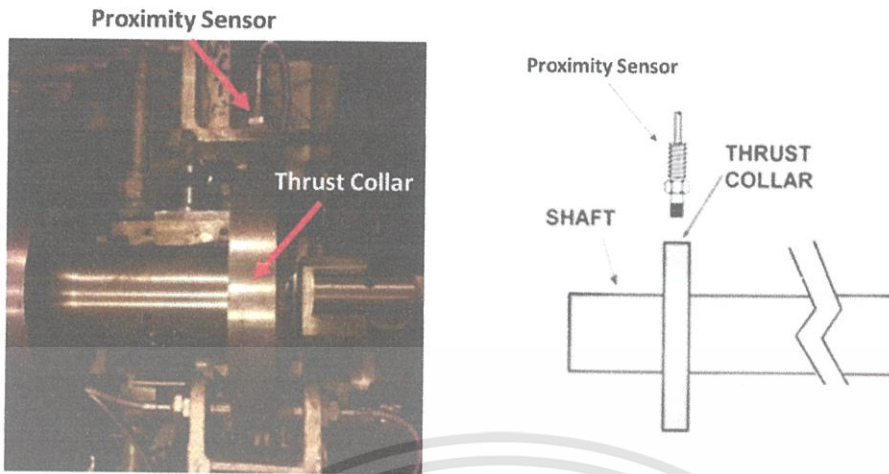
ค่าความโค้งงอของ Shaft จะมีค่าสูงในช่วงความเร็วรอบต่ำตั้งแต่ 0 ถึง 600 RPM และลดลงเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นเนื่องจากแรงเหวี่ยงของ Shaft

Sensor เป็นทั้งแบบ Magnetic Pickup และแบบ Proximity Transducer หรือ Non-contact Transducer ติดตั้งบริเวณปลายใกล้ Thrust Collar

Eccentricity Monitor จะรับสัญญาณจาก Proximitoer หัว Probe ขนาด 8 mm

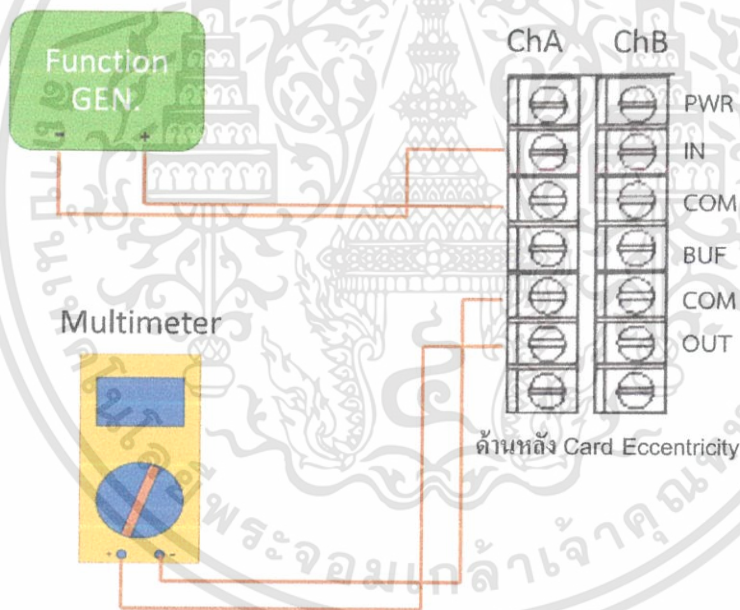
#### การติดตั้ง

ติดตั้งในแนวนอนเพื่อตรวจสอบการแกว่งตัวของ Rotor ซึ่งจะติดตั้งบริเวณ Bearing ที่ 1 โดยจะติดตั้งตรง Thrust Collar ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การติดตั้ง Eccentricity

การทดสอบ Eccentricity Card



รูปที่ 3.21 การต่อสายเพื่อทดสอบ Eccentricity Card

1. ปลดสาย In และ Com ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ที่ Local ของ Eccentricity ออก และต่อ Function Generator และ Multimeter ที่ตำแหน่งต่างๆของจุดต่อดังรูปที่ 3.21
2. ตั้งค่า  $V_{rms}$  ตามตารางที่ 3.10 ที่ Function Generator เพื่อ Simulate สัญญาณจากหัว Proximity Probe เข้าสู่ Card Eccentricity
3. บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 3.10

### การคำนวณหา $V_{rms}$

1. หาค่า Scale Factor ของหัว Proximito
2. ทำการเทียบสัญญาณไตรยางค์เพื่อหาค่า  $V_{rms}$  สำหรับการสร้างตารางทดสอบ Eccentricity Card ตัวอย่างเช่น สมมติให้ค่า Scale Factor เท่ากับ  $7.87 V/mm$  สำหรับหัว  $8 mm$  และ Eccentricity มี Range ในช่วง  $0-0.2 mm$

ในที่นี้จะยกตัวอย่างที่ค่า Gap ที่  $0.2 mm$  เพื่อหาค่า  $V_{rms}$

เทียบสัญญาณไตรยางค์จะได้ว่าระยะห่างเปลี่ยนไป  $1 mm$  จะทำให้ Voltage เปลี่ยนไป  $7.87 V$

ดังนั้นถ้าระยะห่างเปลี่ยนไป  $0.2 mm$  จะทำให้ Voltage เปลี่ยนไป  $\frac{7.87 \times 0.2}{1} = 1.574 V_{p-p}$

3. แปลง  $V_{p-p}$  เป็น  $V_{rms}$  โดยการนำ  $2\sqrt{2}$  ไปหารค่า  $V_{p-p}$  จะได้ว่า  $1.574 V_{p-p}$  คือ  $\frac{1.574}{2\sqrt{2}} = 0.5565 V_{rms}$
4. จากนั้นคำนวณที่ตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งจะได้อัตราส่วนออกมาดังแสดงในช่องสีแดงของตารางที่ 3.8
5. สร้างตารางที่ 3.8 ดังนี้

ตารางที่ 3.8 การทดสอบ Eccentricity Card

Indicator	Specification		Output	
	$V_{rms}$ (mV)	Current (mA)	Gap ( $\mu m$ ) ที่ Monitor	Current (mA)
0 mm	0	4		
0.05 mm	139.14	8		
0.1 mm	278.28	12		
0.15 mm	417.4	16		
0.20 mm	556.5	20		

### 3.7 Vibration Monitor

#### ทฤษฎีและหลักการทำงาน

Vibration Monitor ใช้วัดค่าความสั่นสะเทือนตาม Bearing ต่างๆ ของเครื่องจักรเพื่อตรวจสอบความไม่สมดุลของ Rotor การสึกหรอของ Bearing ค่าความสั่นสะเทือนยังมีประโยชน์ในการวิเคราะห์วิธีปรับแต่ง Rotor ให้อยู่ในสมดุลอีกด้วย ค่าความสั่นสะเทือนที่สูงเกินไปบ่งชี้ถึงความผิดปกติของ Bearing

Vibration Monitor จะรับสัญญาณจาก Proximity Probe ขนาด  $8 mm$  การวัดค่าความสั่นสะเทือนมี 3 แบบ คือ

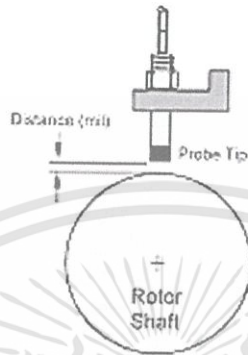
1. ระยะทางของความสั่นสะเทือน (Displacement) เป็นการวัดระยะทางความสั่นสะเทือนของ Shaft เทียบกับ Case มีหน่วยเป็น  $\mu m$ , Peak-to-Peak, Peak และ RMS
2. ความเร็วของความสั่นสะเทือน (Velocity) เป็นการวัดความเร็วของความสั่นสะเทือนของ Case เทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กับ Free Space มีหน่วยเป็นระยะทางต่อวินาที ( $\mu\text{m}/\text{sec}$ )

3. อัตราเร่งของความสั่นสะเทือน (Acceleration) เป็นการวัดอัตราเร่งของความสั่นสะเทือนของ Case เทียบกับ Free Space มีหน่วยเป็นระยะทางต่อวินาทีกำลังสอง ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )

### การติดตั้ง

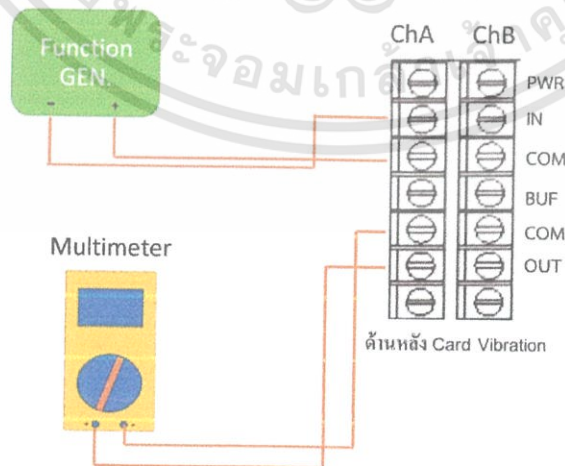


รูปที่ 3.22 การติดตั้ง Vibration

การติดตั้ง Proximity Probe เพื่อวัด Vibration จะติดตั้งที่บริเวณ Bearing 1 ถึง 10 โดยใช้ Proximity Probe ขนาด 8 mm ติดเพื่อวัดการสั่นสะเทือนในแนวตั้ง (Vertical) ดังรูปที่ 3.22

### การทดสอบ Vibration Card

1. ปลดสาย In และ Com ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ที่ Local ของ Vibration ออกและต่อต่อ Function Generator และ Multimeter ที่ตำแหน่งต่างๆของจุดต่อดังรูปที่ 3.23
2. ตั้งค่า  $V_{\text{rms}}$  ตามตารางที่ 3.11 ที่ Function Generator เพื่อ Simulate สัญญาณจากหัว Proximity Probe เข้าสู่ Card Vibration
3. บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 3.11



รูปที่ 3.23 การต่อสายเพื่อทดสอบ Vibration Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การคำนวณหา $V_{rms}$

1. หาค่า Scale Factor ของหัว Proximito
2. ทำการเทียบสัญญาณไทรยางค์เพื่อหาค่า  $V_{rms}$  สำหรับการสร้างตารางทดสอบ Card Vibration ตัวอย่างเช่น สมมติให้ค่า Scale Factor เท่ากับ  $7.87 V/mm$  สำหรับหัว  $8 mm$  และ Vibration มี Range ในช่วง  $0-0.4 mm$

ในที่นี้จะยกตัวอย่างที่ค่า Gap ที่  $0.4 mm$  เพื่อหาค่า  $V_{rms}$

เทียบสัญญาณไทรยางค์จะได้ว่าระยะห่างเปลี่ยนไป  $1 mm$  จะทำให้ Voltage เปลี่ยนไป  $7.87 V$

ดังนั้นถ้าระยะห่างเปลี่ยนไป  $0.4 mm$  จะทำให้ Voltage เปลี่ยนไป  $\frac{7.87 \times 0.4}{1} = 3.148 V_{p-p}$

3. แปลง  $V_{p-p}$  เป็น  $V_{rms}$  โดยการนำ  $2\sqrt{2}$  ไปหารค่า  $V_{p-p}$

จะได้ว่า  $3.148 V_{p-p}$  คือ  $\frac{3.148}{2\sqrt{2}} = 0.5565 V_{rms}$

4. จากนั้นคำนวณที่ตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งจะได้ตัวเลขออกมาดังแสดงในช่องสีแดงของตารางที่ 3.9

5. สร้างตารางที่ 3.9 ดังนี้

ตารางที่ 3.9 การทดสอบ Vibration Card

Indicator	Specification		Output	
	$V_{rms}$ (mV)	Current (mA)	Gap ( $\mu m$ ) ที่ Monitor	Current (mA)
0 $\mu m$	0	4		
0.1 $\mu m$	278.28	8		
0.2 $\mu m$	556.5	12		
0.3 $\mu m$	834.8	16		
0.4 $\mu m$	1113	20		

### 3.3.8 Key Phasor

#### ทฤษฎีและหลักการทำงาน

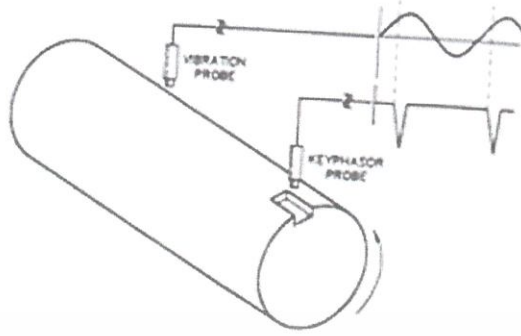
Key phasor เป็นชุด Proximity Probe ขนาด  $8 mm$  ที่ติดตั้งบน Bearing No.1 เพื่อให้เกิดสัญญาณ 1 Pulse ในการหมุน 1 รอบสำหรับเป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งต่างๆ บน Shaft เพื่อใช้วิเคราะห์ตำแหน่งที่เกิดปัญหา เช่น High Vibration ตรงจุดใดก็ได้ดูจาก Phase Angle ของ Vibration กับ Key phasor ซึ่งสามารถตรวจจับตรงจุดที่ได้ทำการ Marked ไว้บน Rotor ด้วยการเจาะร่อง 1 ร่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.24

ฟังก์ชันของ Key Phasor โดยสรุป มีดังนี้

- วัดค่าความเร็วรอบได้
- ใช้ร่วมกับฟังก์ชันอื่นที่สัมพันธ์กับความเร็ว เช่น Zero Speed Locked Rotor, Eccentricity และ Rotor Acceleration
- จุดอ้างอิง Phase Angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

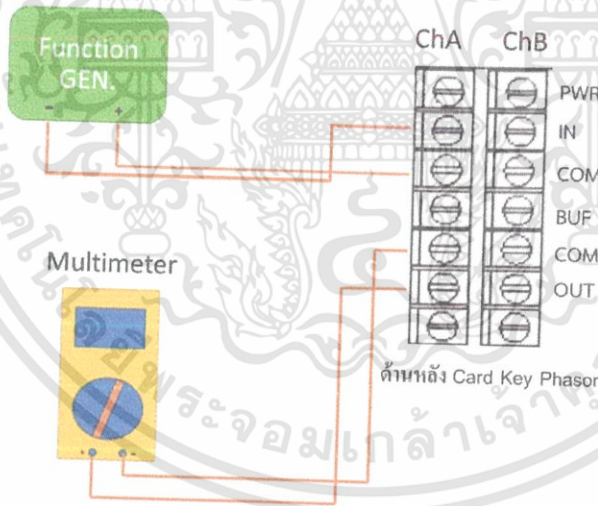
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 การติดตั้ง Key Phasor

การทดสอบ Key Phasor Card

1. ปลดสาย In และ Com ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ที่ Local ของ Key Phasor ออกจาก CH-A ที่ ด้านหลัง Key Phasor Card แล้วต่อ Function Generator และ Multimeter ที่ตำแหน่งต่างๆของจุดต่อดังรูปที่ 3.25
2. ป้อนค่า Frequency ของ Function Generator ตามที่กำหนดไว้ในตารางดังนี้
3. อ่านค่าที่ Key Phasor Monitor จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 3.10



รูปที่ 3.25 การต่อสายเพื่อทดสอบ Key Phasor Card

ตารางที่ 3.10 การทดสอบ Key Phasor Card

Specification		Output Signal
Frequency (Hz)	Speed (RPM)	Monitor (RPM)
0	0	
12.5	750	
25	1,500	
37.5	2,250	
50	3,000	

การคำนวณ

ตัวอย่างเช่น สมมติให้มีความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที แปลงเป็นหน่วย Hz

$$\text{จาก } 1500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ sec}} \times 1 (\text{จำนวนฟันเฟือง}) = 25 \text{ Hz}$$



## บทที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ ที่ได้กระทำเพื่อให้เกิดบทสรุปของโครงการ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการจัดเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้อง วิธีการติดตั้งอุปกรณ์ จนไปถึงขั้นตอนการทดสอบระบบ หลังการติดตั้ง ซึ่งผู้ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์การวัดต้องทราบถึงขั้นตอนการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน การจัดทำเอกสารต่างๆ เพื่อให้อุปกรณ์วัดมีการวัดได้ถูกต้องแม่นยำมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุด

### 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

#### 4.1.1 ขั้นตอนการเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. จัดเตรียมแผนงานเพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาและกิจกรรมที่จะทำระหว่างการชัตดาวน์ (Shutdown) ระบบ

2. จัดทำเอกสาร Loop Test และ Check List ของแต่ละระบบซึ่งเป็นเอกสารที่ทำให้ทราบถึงรายละเอียดต่างๆ ของอุปกรณ์และใช้สำหรับบันทึกผลการทำ Loop Test รายละเอียดของเอกสารจะประกอบไปด้วย บริเวณที่ติดตั้ง (Area), รายละเอียดของอุปกรณ์ (Tag Service), การแสดงผลจาก Local มาที่ 3500 Rack (From Field to 3500), การแสดงผลจาก 3500 Rack ไปที่จอ Monitor (From 3500 to system1), การแสดงผลจาก 3500 ไปที่จอ DCS (From 3500 to DCS)

3. จัดทำเอกสาร Function Test และ Check List ของแต่ละอุปกรณ์ ซึ่งเป็นเอกสารที่จะใช้ในการทำฟังก์ชันทดสอบเพื่อตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ TSI ดำเนินการทดสอบโดยการป้อนสัญญาณเริ่มจาก 0%, 50%, 100%, ค่า Alarm และค่า Trip เข้าไปยังอุปกรณ์

4. จัดเตรียม Wiring Diagram ของทุกอุปกรณ์ที่จะทำ Loop Test เพื่อให้ทราบว่าต้องป้อนหรือรับสัญญาณจากสายสัญญาณไหนระหว่างทำ Loop Test โดยนำ Wiring Diagram เหล่านั้นมาทำการมาร์คกรอบสีแดงที่จุดที่จะทำการทดสอบ รวมถึงเขียนตัวอักษรสีแดงกำกับชื่อระบบโดยย่อและเลขของสัญญาณเอาไว้ด้วย เพื่อให้ง่ายต่อการดูและเข้าใจ

#### 4.1.2 จุดประสงค์ของการปรับปรุง

จุดมุ่งหมายของการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation มีดังนี้

1. เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นของ Turbine
2. เพื่อให้การเดินเครื่องของโรงไฟฟ้ามีเสถียรภาพ
3. เพื่อรองรับการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง หน่วยที่ 3 และ 4 ไปจนถึง ปี

พ.ศ. 2572

4. พัฒนาระบบ I/O เพื่อความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพการทำงาน

5. การรักษาความพร้อมการใช้งานของระบบ TSI สำหรับการจัดหาและการบำรุงรักษาในระยะยาว

### 4.1.3 แนวความคิดในการปรับปรุง

แนวความคิดของการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) มีดังนี้

1. ระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) ที่จะติดตั้งใหม่ต้องได้รับมาตรฐาน API 670 โดยสามารถปรับตั้งค่าในระบบ และตรวจวัดค่าสัญญาณต่างๆ ผ่านอุปกรณ์ Sensor และ Transducer พร้อมมีระบบสั่งหยุดการทำงานของเครื่องจักรผ่านสายสัญญาณที่เชื่อมต่อกับ Hard wire (Relay Dry Contact) ไปยังระบบ Emergency Shutdown ของโรงไฟฟ้า และสัญญาณ Analog 4-20 mA ไปยังระบบ DCS หรือ Recorder โดยใช้ Signal Isolator เป็นอุปกรณ์ส่งผ่านสัญญาณ พร้อมทั้งติดตั้งระบบ Monitoring เพื่อให้สามารถแสดงผลจากการวัดต่างๆ สัญญาณ และ Status ต่างๆ แบบ Real Time และ สามารถเก็บข้อมูลย้อนหลังได้ในรูปแบบของ Trend และ Historian Data ได้

2. การแจ้งเตือนและการสั่งหยุดระบบจะต้องมีสัญญาณ Output/Channel อย่างน้อย ดังนี้

2.1) Alarm (Alert) ส่งข้อมูลไประบบ DCS หรือระบบแจ้งเตือนผ่าน Relay ชนิด Volt Free (Dry Contact)

2.2) Trip (Danger) ส่งข้อมูลไประบบ DCS หรือระบบ Emergency Shutdown ผ่าน Relay ชนิด Volt Free (Dry Contact)

3. อื่นๆ

3.1) สายไฟส่งสัญญาณอินพุท/เอาต์พุทและสายไฟเพาเวอร์จะใช้สายเดิมที่มีอยู่เท่าที่จะเป็นไปได้ หากสายไฟส่งสัญญาณไม่พอให้ทำการเชื่อมต่อสายไฟใหม่โดยการเชื่อมต่อกันแบบไม่ร้อยต่อและมีฉนวนหุ้มสำหรับสายไฟเพาเวอร์จะใช้สายใหม่กรณีที่สายเดิมสั้นเกินไป

3.2) สำหรับไวร์มาร์กเดิมจะถูกนำมาใช้เพื่อยืนยันการเชื่อมต่อโดยไวร์มาร์กใหม่จะใส่ลงไปโดยมีรหัสเดียวกันเพื่อยืนยันความถูกต้องของสายไฟเส้นนั้น

3.3) ข้อมูลการ FAT (Factory Acceptance Test) มีดังนี้

การทดสอบ Hardware:

- การตรวจสอบอุปกรณ์ภายในตู้
- ตรวจสอบการ Wiring สายภายในตู้ก่อนการจ่ายไฟ
- Loop Test

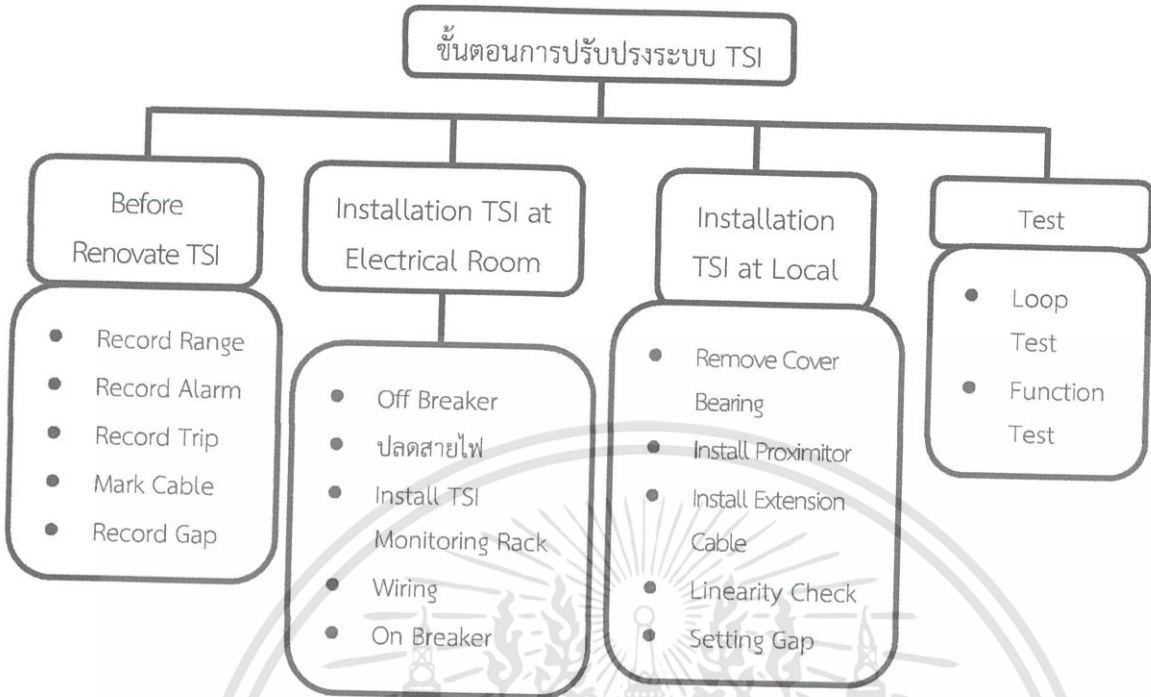
การทดสอบ Software:

- ทดสอบการทำงานของ Software และหน้าจอ
- ทดสอบฟังก์ชันทดสอบและลูปการทำงาน
- จำลองการทำงานของโรงไฟฟ้าทั้งหมด

3.4) ทำการสำรองอะไหล่สำหรับการส่งมอบงานเผื่อว่าอุปกรณ์เกิดความเสียหายจะไม่ส่งผลกระทบต่อแผนการทำงาน

### 4.2 ขั้นตอนการปรับปรุงระบบ

ขั้นตอนการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrument (Renovate TSI) จะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrument (Renovate TSI)

#### 4.2.1 ขั้นตอนก่อนการปรับปรุงระบบ

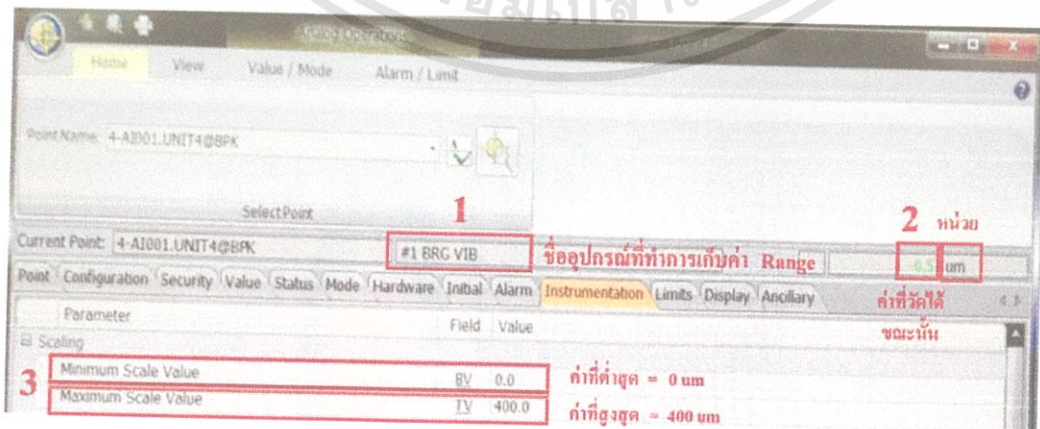
##### 4.2.1.1 การเก็บค่า Range ของเดิมก่อนทำการเปลี่ยน Rack

เก็บค่า Range ของเดิมก่อนทำการเปลี่ยนที่หน้าจอ DCS ภายในห้อง Control Room เพื่อเป็นค่าอ้างอิงสำหรับการ Configuration Software ใหม่ ตัวอย่างค่า Range ของ Vibration No.1 แสดงดังรูปที่ 4.2 มีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 แสดงชื่ออุปกรณ์ที่เก็บค่า Range ในที่นี้ คือ Vibration No.1

หมายเลข 2 แสดงค่าที่วัดได้ในขณะนั้น ในหน่วยไมโครเมตร ( $\mu\text{m}$ )

หมายเลข 3 แสดงค่า Range สูงสุดและต่ำสุดของ Vibration No.1 ซึ่งจะมีค่า Range อยู่ในช่วง 0 ถึง  $400 \mu\text{m}$



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างค่า Range ของ Vibration No.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

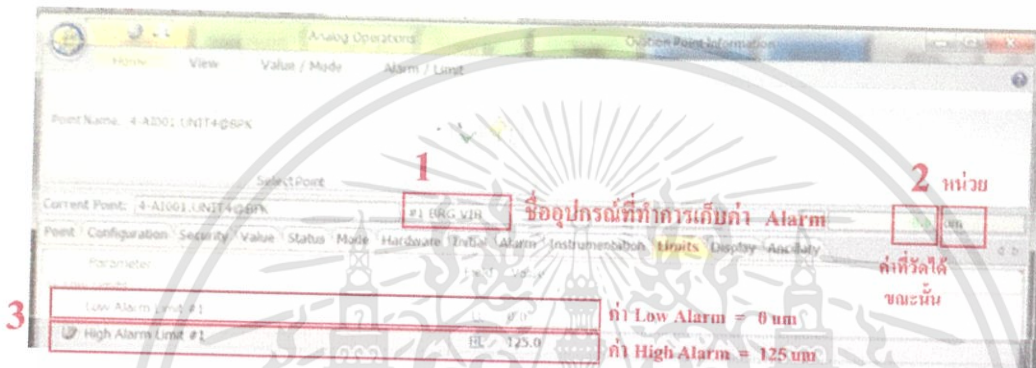
4.2.1.2 การเก็บค่า Alarm ของเดิมก่อนทำการเปลี่ยน Rack

เก็บค่า Alarm ของเดิมก่อนทำการเปลี่ยนที่หน้าจอ DCS ภายในห้อง Control Room เพื่อเป็นค่าอ้างอิงสำหรับการ Configuration Software ตัวอย่างค่า Alarm ของ Vibration No.1 แสดงดังรูปที่ 4.3 มีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 แสดงชื่ออุปกรณ์ที่เก็บค่า Alarm ในที่นี้ คือ Vibration No.1

หมายเลข 2 แสดงค่าที่วัดได้ในขณะนั้น ในหน่วยไมโครเมตร ( $\mu m$ )

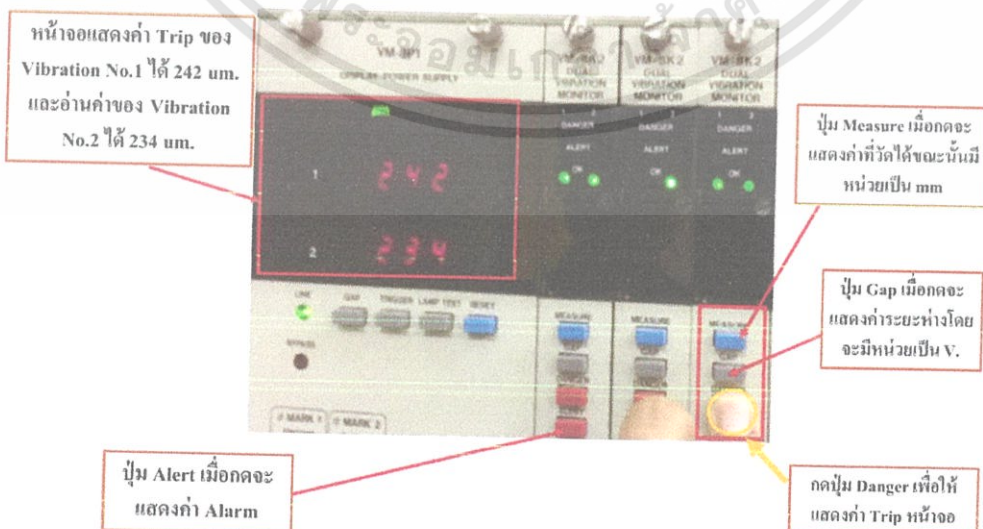
หมายเลข 3 แสดงค่า Alarm สูงสุดและต่ำสุดของ Vibration No.1 ซึ่งจะมีค่า Alarm อยู่ในช่วง 0 ถึง  $125 \mu m$



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างค่า Alarm ของ Vibration No.1

4.2.1.3 การเก็บค่า Trip ของเดิมก่อนทำการเปลี่ยน Rack

เก็บค่า Trip ของเดิมก่อนที่บริเวณหน้า Rack Module เนื่องจากค่า Trip จะไม่แสดงในหน้าจอ DCS ภายในห้อง Control Room เหมือนกับค่า Range และ Alarm เพื่อเป็นค่าอ้างอิงสำหรับการ Configuration Software โดยอุปกรณ์ที่ถูกกำหนดค่า Trip มี 3 ชนิดได้แก่ Ramp Differential Expansion (LP), Ramp Differential Expansion (HP) และ Vibration ตัวอย่างค่า Trip ของ Vibration No.1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ค่า Trip ของ Vibration ที่เก็บค่าจากหน้า Card

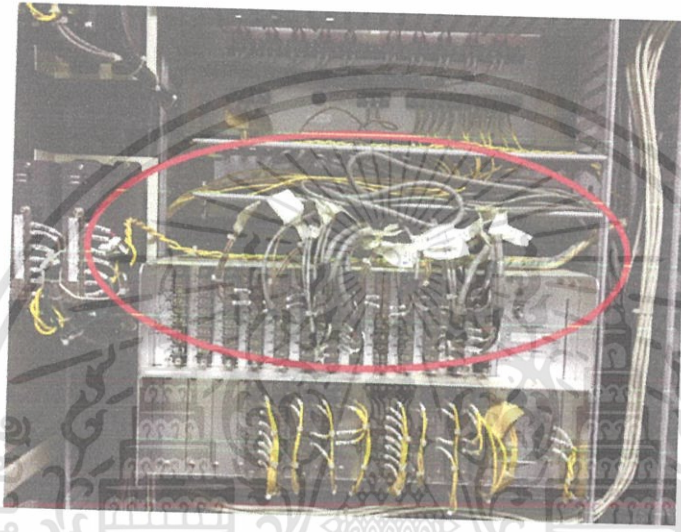
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บค่า Trip ของ Vibration ซึ่งจะทำการเก็บค่าโดยการกดที่ปุ่ม Danger ที่หน้า Card Vibration ซึ่งจะแสดงค่า Trip ของ Vibration No.1 ได้ 242 ไมโครเมตร และอ่านค่าของ Vibration No.2 ได้ 234 ไมโครเมตร ดังรูปที่ 4.4

#### 4.2.1.4 ทำการ Mark สายเคเบิลของเดิม

Mark สายเคเบิลโดยใช้กระดาษทาบพันรอบสายไฟ และเขียน Code ของสายเอาไว้เพื่อให้ทราบว่าสายเส้นนั้นต่อกับอะไรของเดิมก่อนที่ทำการปลดสายออกจาก Rack ดังรูปที่ 4.5

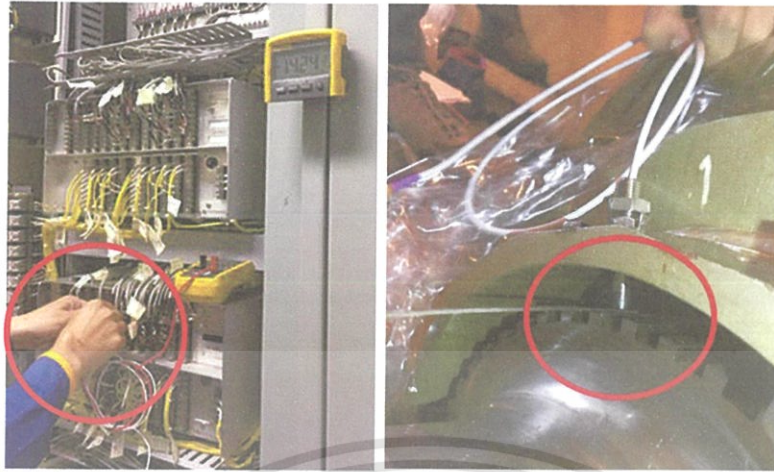


รูปที่ 4.5 Mark สายเคเบิล

#### 4.2.1.5 ทำการเก็บค่า Gap ทางด้าน Hardware ของเดิมก่อนที่จะถอดอุปกรณ์ออก

เก็บค่า Gap ของเดิมก่อนที่จะทำการเปลี่ยนแปลง เพื่อเป็นค่าอ้างอิงในการตั้งหัว Probe ที่บริเวณ Local การเก็บค่า Gap สามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่

1. เก็บค่าโดยใช้วิธีวัด Voltage ภายในตู้ TSI โดยนำมิเตอร์มาวัดที่ขา Com และ IN ของสายไฟที่ต่อกับ Rack ทางด้านหลัง Card ดังแสดงในรูปที่ 4.6(ก)
2. เก็บค่าโดยใช้ Feeler Gauge วัดระยะห่างที่ Local ทำได้โดยการเสียบ Feeler Gauge เข้าไปตรงช่องว่างระหว่างหัว Proximity Probe กับ ฟันเฟืองดังรูปที่ 4.6(ข) เพื่อเป็นค่าอ้างอิงก่อนที่จะทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ เพราะการติดตั้งอุปกรณ์ใหม่เข้าไปจะต้องอยู่ที่ระยะเท่าเดิม



(ก)

(ข)

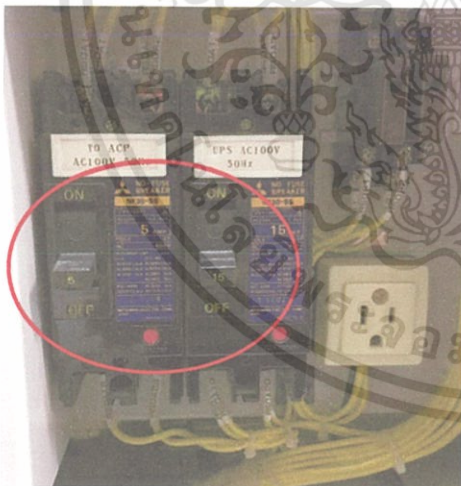
**รูปที่ 4.6 การเก็บค่า Gap**

(ก) เก็บค่าโดยใช้วิธีวัด Voltage (ข) เก็บค่าโดยใช้ Feeler Gauge วัดระยะห่างที่ Local

**4.2.2 ติดตั้งระบบ TSI ที่บริเวณ Control Room**

**4.2.2.1 ทำการ Off Breaker ก่อนที่จะถอดสายสัญญาณพร้อมกับแขน Tag**

จะต้องทำการ Off Breaker ก่อนที่จะถอดสายสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 4.7 เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูดขณะที่ทำการเปลี่ยนสายสัญญาณ เนื่องจากตู้ TSI ใช้ไฟเลี้ยง 100 V พร้อมกับแขน Tag ดังแสดงในรูปที่ 4.8 เพื่อป้องกันบุคคลที่ไม่รู้มา On Breaker โดยที่ไม่ได้รับอนุญาตซึ่งอาจจะทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้



**รูปที่ 4.7 ทำการ Off Breaker**

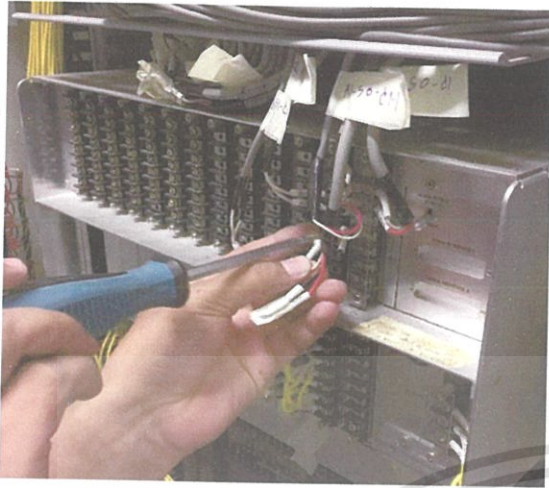


**รูปที่ 4.8 การแขวน Tag**

**4.2.2.2 การปลดสายไฟ**

ปลดสายสัญญาณออกจาก Rack เดิมโดยใช้ไขควงคลายน็อตออกดังรูปที่ 4.9 หลังจากนั้นเก็บสายดังกล่าวไว้ที่ช่องว่างของฐานรองตู้โดยสายที่ปลดออกมานั้นจะมีการพันเทปกาวปิดสายไฟในส่วนของทองแดงเอาไว้เพื่อป้องกันความเสียหายกับอุปกรณ์ไม่ให้เสียหายหรือลัดวงจร ดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การปลดสายไฟออกจาก Rack เดิม



รูปที่ 4.10 การพันเทปกาวปิดสายไฟ

#### 4.2.2.3 ติดตั้ง TSI Monitoring Rack

ทำการยก Rack เดิมของ Shinkawa ออกแล้วใส่ Rack ใหม่ของ Bentley Nevada 3500 เข้าไปแทนของเดิมที่ถอดออกมามีดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การถอด Rack เดิมและใส่ Rack ใหม่เข้าไป

#### 4.2.2.4 การ Wiring สายไฟ

เชื่อมต่อสายสัญญาณอันเก่าที่ปลดออกในขั้นตอนที่ 4.2.2.2 เข้าไปยัง Rack อันใหม่ที่เพิ่งย้ายเข้ามาในขั้นตอนที่ 4.2.2.3 ดังรูปที่ 4.12 หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบสายไฟว่าเข้าถูกเทอร์มินอลหรือไม่ ไวร้มาร์คที่อยู่บนสายตรงตามแบบหรือเปล่า โดยอ้างอิงจาก Wiring Diagram ของตู้ TSI



รูปที่ 4.12 การ Wiring สายไฟ

#### 4.2.2.5 การจ่ายไฟ

จ่ายไฟให้กับตู้ควบคุม TSI โดยการ ON Breaker ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ซึ่งประกอบด้วย Rack จำนวน 2 Rack ที่ทำการ Wiring เรียบร้อยแล้ว แต่ก่อนที่จะทำการจ่ายไฟให้กับตู้ TSI ต้องมีการตรวจสอบตู้ก่อน โดยมีรายละเอียดในการตรวจสอบ ดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบการติดตั้งโมดูลภายในตู้ TSI
2. ตรวจสอบการ Wiring สายไฟภายในตู้ TSI
  - 1) สายที่เชื่อมต่อกับเทอร์มินอล และเครื่องหมายสำคัญแสดงถูกต้องตรงกับแบบร่าง
  - 2) หัวสายไฟแต่ละเส้นถูกยัดและติดแน่นกับเทอร์มินอล
  - 3) ขนาดของหัวสายไฟเหมาะสมกับไซส์ของเทอร์มินอล
  - 4) สายสัญญาณได้ถูกตัดแต่งและแก้ไขอย่างเหมาะสม
  - 5) ทั้งด้านในและด้านนอกของตู้สะอาด
3. ตรวจสอบก่อนจ่ายไฟเข้าตู้ TSI
  - 1) เซอร์กิตเบรกเกอร์และสวิตช์ย่อยทุกตัวทั้งหมดอยู่ในสภาพปิด
  - 2) Socket ต่อเข้ากับ Terminal ได้แน่นพอ
  - 3) ไลน์มาร์คของสายไฟตรงกับแบบการเชื่อมต่อ
  - 4) ขั้วบวกและขั้วลบของไฟกระแสตรงอยู่ในช่องเทอร์มินอลที่ถูกต้อง
  - 5) ในการตรวจสอบตู้ TSI ก่อนการจ่ายไฟฟ้าต้องมีพนักงานของ กฟผ. อยู่ด้วย

นอกจากทำการตรวจสอบตู้ TSI ก่อนการจ่ายไฟแล้ว หลังจากการจ่ายไฟเข้าตู้ DCS ก็ต้องมีการตรวจสอบเช่นกัน มีขั้นตอนการตรวจสอบ ดังนี้

1. ตรวจสอบไฟแสดงสถานะที่หน้า Card Power Supply ว่ามีการ Error หรือไม่
2. ตรวจสอบที่หน้าจอ Monitor System 1 ว่าสามารถแสดงค่าต่างๆของ TSI ได้



รูปที่ 4.13 การ ON Breaker

#### 4.2.3 ติดตั้งระบบ TSI ที่บริเวณ Local

##### 4.2.3.1 ทำการยก Bearing Cover ออกเพื่อเตรียมเปลี่ยนอุปกรณ์ภายใน

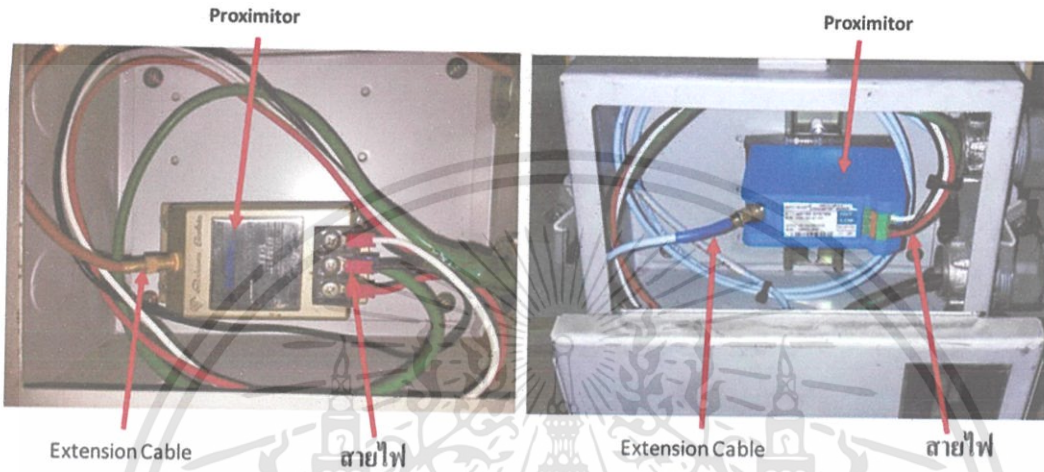
ทำการยก Bearing Cover ออกโดยใช้เครนยกเนื่องจากตัว Bearing Cover มีน้ำหนักมากไม่สามารถยกโดยใช้แรงคนได้ จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนอุปกรณ์วัดที่ถูกติดตั้งอยู่ภายใน ซึ่งพนักงานขับเครนจะต้องมีใบอนุญาตขับเครน การผูกน้ำหนักสิ่งของหนักๆ กับสลิง และใช้ตะขอเกี่ยว ดังรูปที่ 4.14 งานเช่นนี้จะต้องใช้พนักงานที่ได้รับการฝึกอบรมเป็นพิเศษ ดังนั้นถ้าพนักงานที่ใช้เครนและสลิงไม่มีคุณสมบัติดังกล่าวแล้วจะไม่ได้รับอนุญาตให้ปฏิบัติงานเครนและสลิงเป็นอันขาด



รูปที่ 4.14 การยก Cover Bearing ออก

#### 4.2.3.2 ติดตั้ง Proximito

การติดตั้ง Proximito ทำโดยการถอดสาย Extension Cable ของเดิมออกจาก Proximito ตัวเดิม แล้วต่อสาย Extension Cable ของใหม่ เข้ากับ Proximito อันใหม่จากนั้นจึงทำการถอดสายไฟที่ต่อกับ Proximito ตัวเดิมมาใส่ใน Proximito ตัวใหม่ซึ่งสายไฟขั้วต่อของเดิมเป็นแบบทางปลา ดังรูปที่ 4.15 (ก) จึงทำการตัดทิ้งแล้วปอกสายไฟเพื่อต่อเข้ากับ Proximito ตัวใหม่ซึ่ง Terminal เป็นแบบ Terminal Strip ดังรูปที่ 4.15 (ข)



(ก) Proximito ของเดิม

(ข) Proximito ของใหม่

รูปที่ 4.15 การติดตั้ง Proximito

#### 4.2.3.3 ติดตั้ง Extension Cable

ทำการเปลี่ยนสาย Extension Cable ดังแสดงในรูปที่ 4.16 (ก) โดยถอดสาย Extension Cable ของเดิมออกก่อน จากนั้นจึงทำการใส่ Extension Cable ของใหม่เข้าไปซึ่งสาย Extension Cable จะถูกร้อยสายผ่านท่อ Fixable ที่ทนความร้อนได้สูงดังรูปที่ 4.16 (ข) เพื่อยืดอายุการใช้งานของสาย แล้วนำไปต่อกับ Proximito และ Proximity Probe



(ก) สาย Extension Cable

(ข) การเปลี่ยนสาย Extension Cable

รูปที่ 4.16 การติดตั้ง Extension Cable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3.4 ทำ Linearity Check ของหัว Proximity แต่ละหัว

ก่อนติดตั้งควรตรวจสอบ Scale Factor ของ Proximity แต่ละตัวเพื่อดูความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่โดยใช้เครื่อง Spindle Micrometer ซึ่งวิธีการหาค่า Scale Factor สามารถคำนวณได้โดยต่อวงจรดังรูปที่ 4.17 ผลลัพธ์จากการหาค่า Scale Factor สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.18 ซึ่งเป็นตัวอย่างการหาค่า Scale Factor ของ Vibration Proximity ขนาด 8 mm ที่บริเวณ Bearing NO.1

#### การหา Scale Factor

1. ติดตั้ง Proximity Probe บน Micrometer และปรับแผ่น Plate ให้ชนกับหัว Proximity Probe แล้วตั้งสเกลบน Micrometer เป็นให้ 0 mm
2. ใช้ Multimeter วัดที่ Output Proximity ปรับ Micrometer โดยเพิ่มค่า GAP ที่ละ 0.25 mm หรือที่ละ 0.5 mm ไปจนถึง 3 mm จากนั้นบันทึกค่าที่อ่านได้จาก Multimeter (Vdc)
3. การเลือก Range เพื่อนำมาคำนวณหา Scale Factor ในที่นี้จะเลือกค่า Vdc Max 80 % ของ Range Gap (3 mm) และเลือกค่า Vdc Min 20 % ของ Range Gap เนื่องจากในช่วง Range 20-80% เป็นช่วงที่ Linear

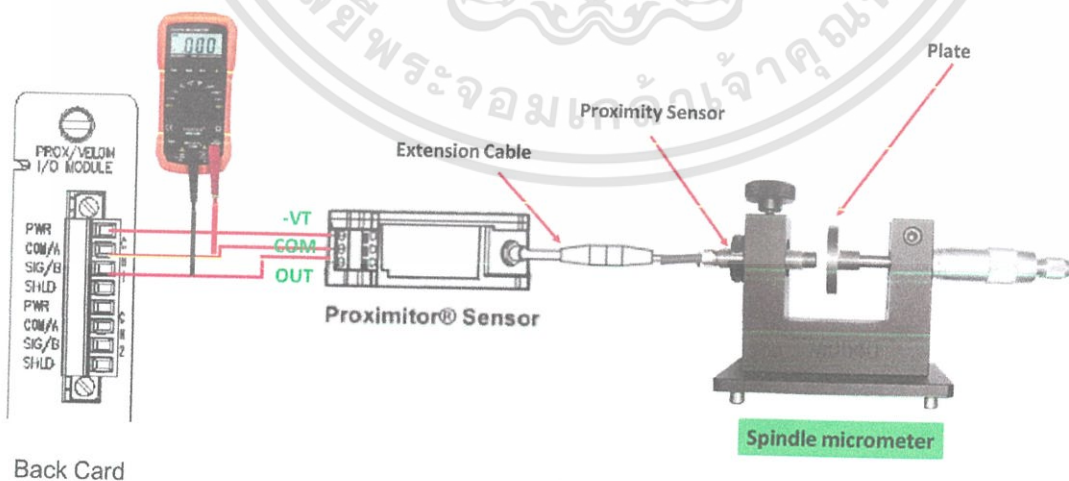
$$80\% \text{ Range Gap} = \frac{3.0 \times 80}{100} = 2.4 \text{ mm (Max)}$$

$$20\% \text{ Range Gap} = \frac{3.0 \times 20}{100} = 0.6 \text{ mm (Min)}$$

4. 80% Range Gap จะได้ค่า 2.4 mm (Max) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียง 2.5 mm
- 20 % Range Gap จะได้ค่า 0.6 mm (Min) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียง 0.5 mm ดังแสดงในรูปที่ 4.18
5. นำค่าที่ได้มาคำนวณ Scale Factor จากสมการ

$$\text{Scale Factor} = \frac{\Delta V_{dc}}{\Delta \text{mm}}$$

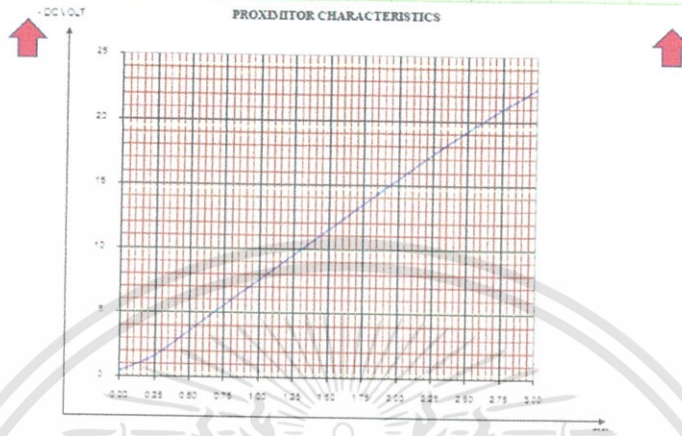
$$= \frac{V(\text{Max}) - V(\text{Min})}{\text{Gap}(\text{Max}) - \text{Gap}(\text{Min})} = \frac{19.24 - 3.49}{2.5 - 0.5} = 7.875 \text{ V/mm}$$



รูปที่ 4.17 การต่อวงจรเพื่อทำ Linearity Check

Scale Factor 7.875 V/mm.

GAP (mm.)	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
OUTPUT (-Vdc)	0.46	1.62	3.49	5.61	7.59	9.56	11.51	13.49	15.46	17.41	19.24	20.93	22.47



รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์การตรวจสอบ Scale Factor ของ Vibration Proximity ขนาด 8 mm ที่บริเวณ Bearing NO.1

#### 4.2.3.5 การตั้งค่า Gap ของ Proximity Probe

การติดตั้ง Proximity Probe ที่ Local จะต้องตั้งค่า Gap ให้เท่ากับค่าเดิมก่อน ที่จะทำให้การถอดหัว Proximity ออก

##### 1. Thrust Position

ทำการติดตั้ง Thrust Position โดยนำค่า Zero Position ของ Rotor มาคำนวณหาค่า Gap เพื่อทำการติดตั้งหัว Probe

1.1) หาค่า Zero Position จะได้จากตอนหาค่า Scale Factor ซึ่งจะทำให้การจุดที่อยู่กึ่งกลางของกราฟและเป็นจุดที่มีความเป็นเส้นตรงมากที่สุด ในที่เลือกใช้ที่ 10 VDC ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20

1.2) คูณตำแหน่งของ Thrust Position ขณะนั้น ที่หน้าจอ DCS ภายในห้อง Control Room ดังรูปที่ 4.21 ซึ่งขณะที่ทำการติดตั้ง อ่านค่าได้ 0.07 mm หมายความว่าตอนนี้ Rotor เคลื่อนที่ไปทาง Generator จากนั้นคำนวณหา Gap Probe ดังนี้

เนื่องจากหัว 11 mm จะมีค่า Scale Factor 3.94 V/mm

เทียบบรรทัดได้ตรงๆจะได้ว่า  $1 \text{ mm} = 3.94 \text{ V}$

ถ้า  $0.07 \text{ mm} = 3.94 \times 0.07 = 0.2758 \text{ V}$

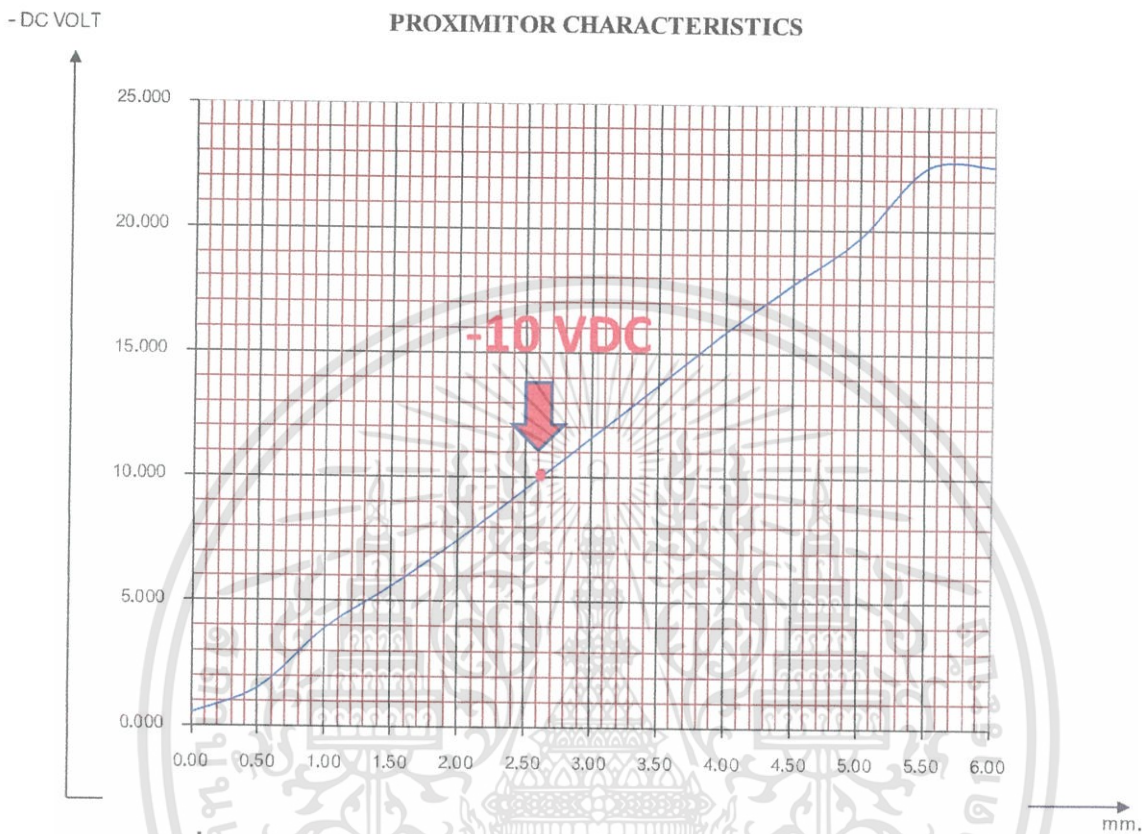
จาก Gap Probe A = Zero position ของ Card + Zero position ของ Rotor  
 $= -10 + 0.2758$   
 $= -9.7242 \text{ Vdc}$

Gap Probe B = Zero position ของ Card + Zero position ของ Rotor  
 $= -10 - 0.2758$   
 $= -10.2758 \text{ Vdc}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

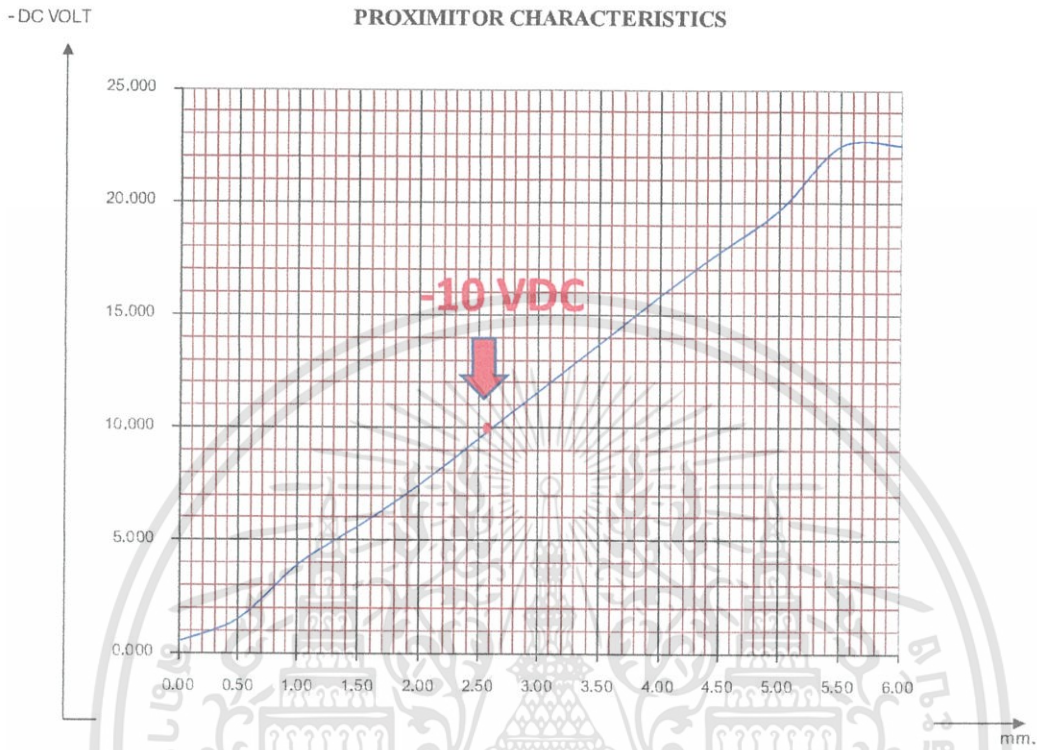
ACTUAL SCALE FACTOR		3.94 V/mm.												
GAP	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	mm.
OUTPUT	0.508	1.525	3.944	5.618	7.493	9.547	11.630	13.729	15.891	17.828	19.697	22.536	22.557	- vdc.



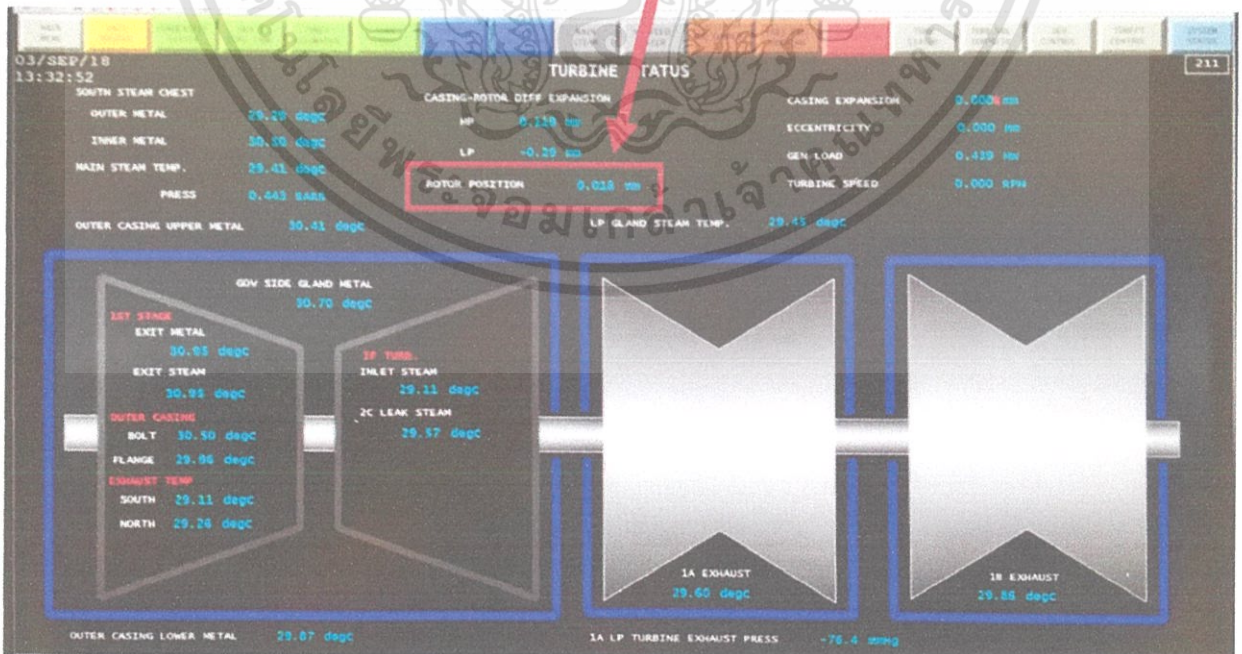
รูปที่ 4.19 กราฟการหา Scale Factor ของ Proximity ขนาด 11 mm ของ Probe A

ACTUAL SCALE FACTOR 3.94 V/mm.

GAP	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00		mm.
OUTPUT	0.509	1.521	3.945	5.617	7.493	9.548	11.631	13.729	15.892	17.829	19.697	22.546	22.558		- vdc.



รูปที่ 4.20 กราฟการหา Scale Factor ของ Proximity ขนาด 11 mm ของ Probe B  
อ่านค่าได้ 0.07 mm



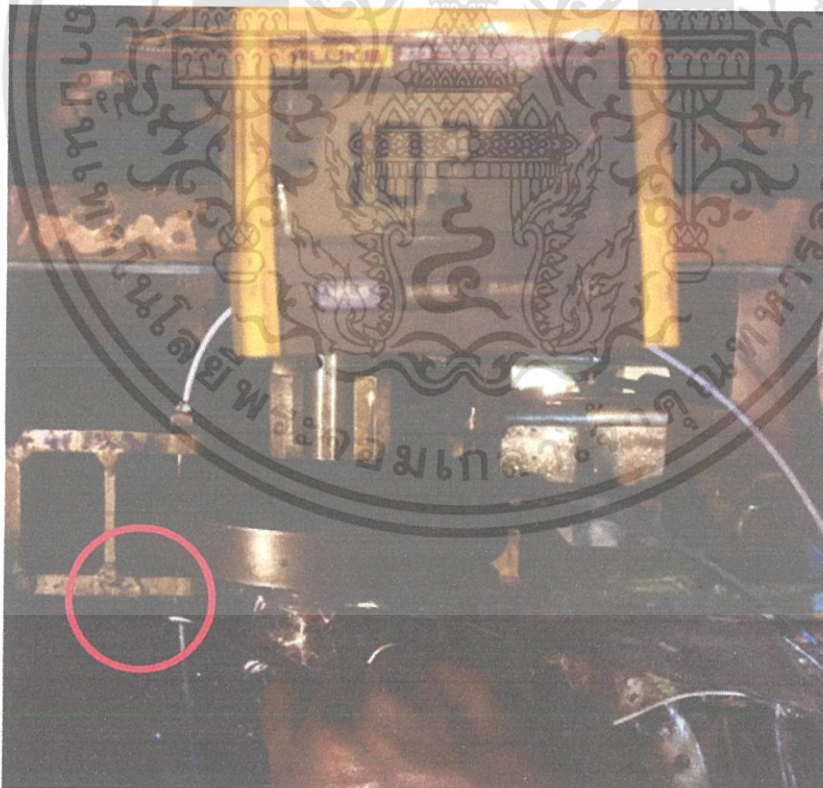
รูปที่ 4.21 ตำแหน่งของ Thrust Position ที่อ่านได้จาก DCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นขยับระยะของหัว Proximity ดังรูป 4.22 และ 4.23 ให้แสดง Voltage ให้ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ แล้วจึงทำการยึดหัว Proximity ให้แน่นจนไม่สามารถขยับได้



รูปที่ 4.22 การตั้งค่า Gap ของ Thrust Position Probe A



รูปที่ 4.23 การตั้งค่า Gap ของ Thrust Position Probe B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. Ramp Differential Expansion

ก่อนที่จะทำการติดตั้ง Ramp Differential Expansion จำเป็นต้องหาค่า Zero Position Voltage ก่อน โดยใช้สูตรจากบทที่ 2 ดังนี้

$$\text{จาก Zero Position Voltage } A = (\text{Center Gap Voltage}) - (0.5)(S.F)(\text{Meter Scale Range})(\sin\theta) + (S.F)(\text{Bottom Range})(\sin\theta)$$

$$\text{Zero Position Voltage } B = (\text{Center Gap Voltage}) + (0.5)(S.F)(\text{Meter Scale Range})(\sin\theta) - (S.F)(\text{Bottom Range})(\sin\theta)$$

### 2.1 Ramp Differential Expansion (HP)

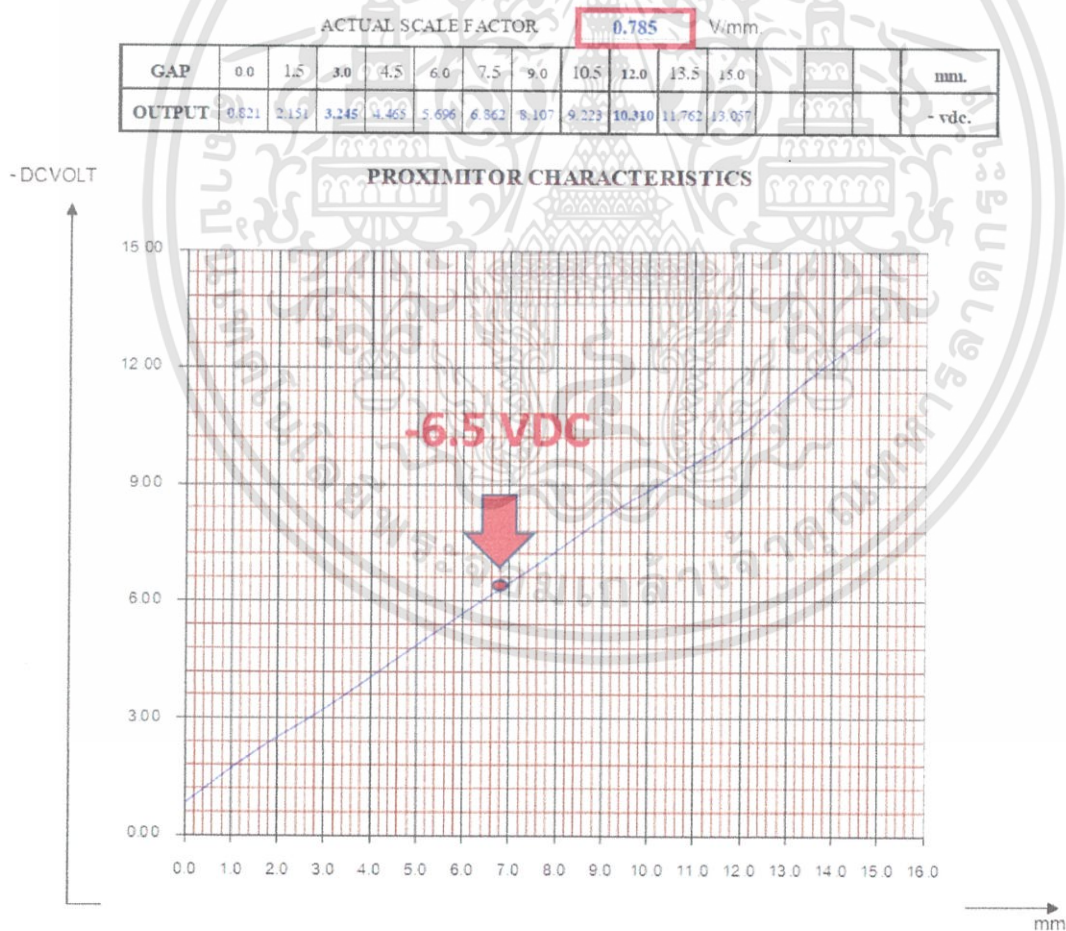
Center Gap Voltage = - 6.5 Volt มาจาก Specification Sheet

Scale Factor = 0.785 V/mm เนื่องจากเป็นหัวขนาด 25 mm ดังแสดงในรูปที่ 4.24

Meter Scale Range = 30 Volt เนื่องจาก Range คือ (-10 ถึง +20)

มุม = 9.5 องศา มาจาก Specification Sheet เนื่องจากเป็น Ramp Differential Expansion (HP)

Bottom Range = 10 Volt



รูปที่ 4.24 กราฟการหา Scale Factor ของ Proximity ขนาด 25 mm

ทำการแทนค่าลงไป

$$\begin{aligned}\text{Zero Position Voltage A} &= (-6.5) - (0.5)(0.785)(30)(\sin 9.5) + (0.785)(10)(\sin 9.5) \\ &= -7.148 \text{ Vdc}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Zero Position Voltage B} &= (-6.5) + (0.5)(0.785)(30)(\sin 9.5) - (0.785)(10)(\sin 9.5) \\ &= -5.852 \text{ Vdc}\end{aligned}$$

แล้วขยับระยะของหัว Proximity ดังรูป 4.25 ให้แสดง Voltage ให้ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ทั้ง 2 หัว จากนั้นจึงทำการยึดหัว Proximity ให้แน่นจนไม่สามารถขยับได้



รูปที่ 4.25 การตั้งค่า Gap ของ Ramp Differential Expansion (HP)

## 2.2 Ramp Differential Expansion (LP)

Center Gap Voltage = - 6.5 Volt มาจาก Specification Sheet

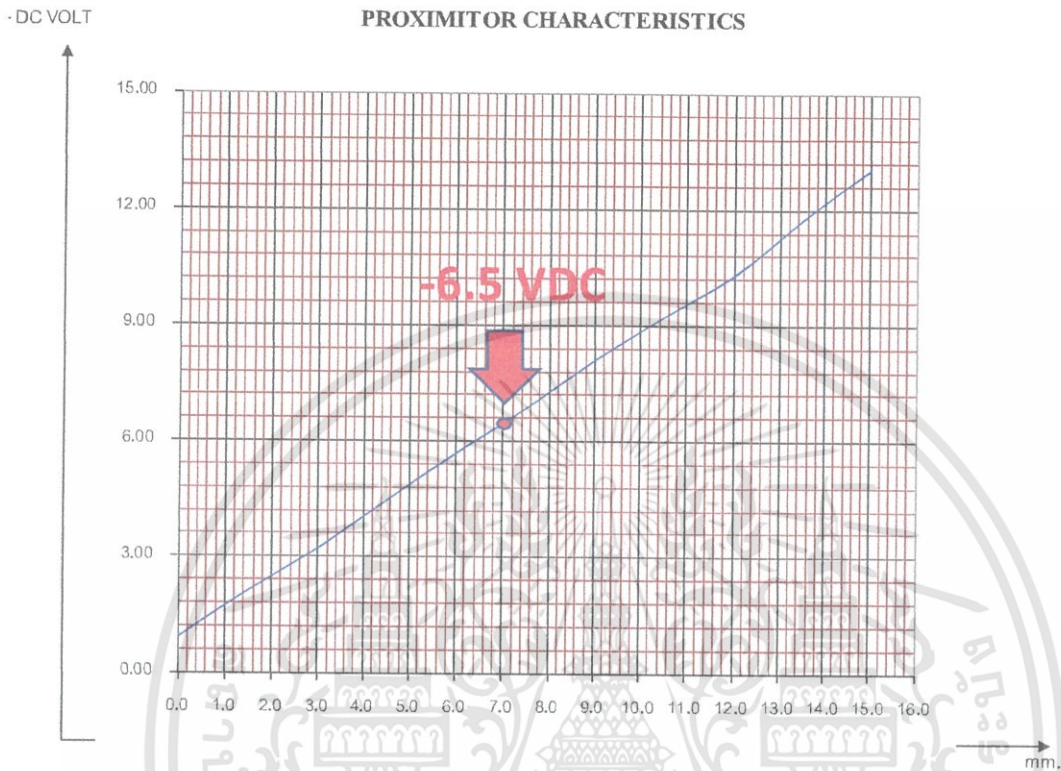
Scale Factor = 0.787  $V/mm$  เนื่องจากเป็นหัวขนาด 25 mm ดังแสดงในรูปที่ 4.26

Meter Scale Range = 30 Volt เนื่องจาก Range คือ (-5 ถึง +25)

มุม = 9.5 องศา มาจาก Specification Sheet เนื่องจากเป็น Ramp Differential Expansion (LP)

Bottom Range = 5 Volt

ACTUAL SCALE FACTOR		0.787 V/mm.													
GAP	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0	13.5	15.0				mm.
OUTPUT	0.921	2.140	3.225	4.462	5.696	6.866	8.106	9.222	10.310	11.758	13.058				- vdc.



รูปที่ 4.26 กราฟการหา Scale Factor ของ Proximity ขนาด 25 mm

ทำการแทนค่าลงไป

$$\begin{aligned} \text{Zero Position Voltage A} &= (-6.5) - (0.5)(0.787)(30)(\sin 9.5) + (0.787)(5)(\sin 9.5) \\ &= -7.799 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zero Position Voltage B} &= (-6.5) + (0.5)(0.787)(30)(\sin 9.5) - (0.787)(5)(\sin 9.5) \\ &= -5.201 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

แล้วขยับระยะของหัว Proximity ดังรูป 4.27 ให้แสดง Voltage ให้ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ ทั้ง 2 หัว จากนั้นจึงทำการยึดหัว Proximity ให้แน่นจนไม่สามารถขยับได้



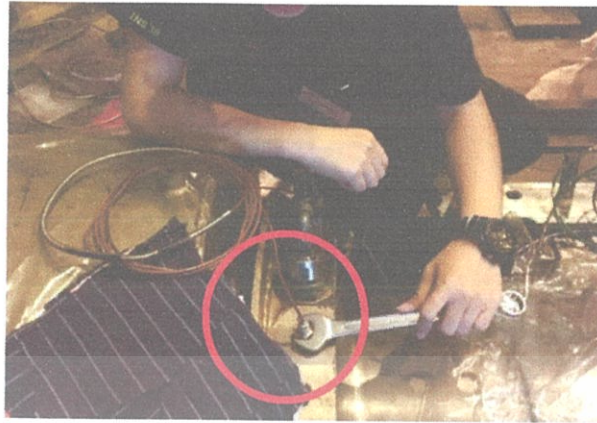
รูปที่ 4.27 การตั้งค่า Gap ของ Ramp Differential Expansion (LP)

### 3. Zero Speed

Zero Speed จะต้องทำการวัดค่าระยะห่างของหัวเซ็นเซอร์ของเดิมก่อนทำการถอดออก แต่เนื่องจากซีฟนของเฟืองไม่ตรงกับหัว Proximity Probe ทำให้ไม่สามารถวัดด้วยวิธีการทางไฟฟ้าได้ จึงทำการวัดระยะห่างโดยใช้ Feeler Gauge เสียบเข้าไปดังรูป 4.28 จุดค่าที่ได้แล้วจึงจะทำการเปลี่ยนหัว Proximity Probe ออกดังรูปที่ 4.29 โดยต้องตั้งระยะห่างให้ได้เท่าเดิมก่อนที่ถอดออกมา



รูปที่ 4.28 การวัดระยะโดยใช้ Feeler Gauge



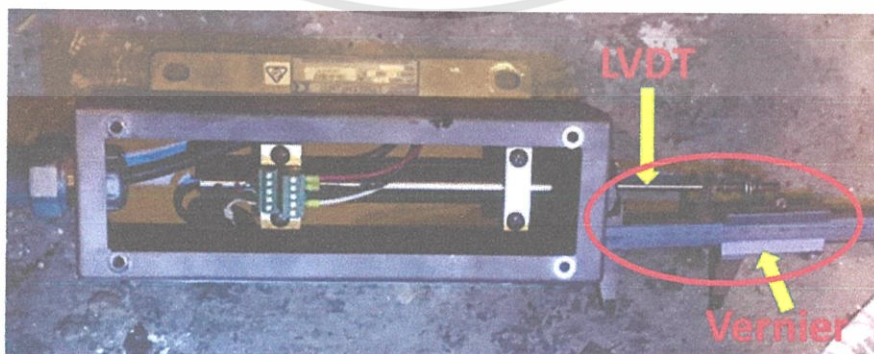
รูปที่ 4.29 ทำการคลายน็อตเพื่อถอดหัว Proximity Probe

#### 4. Casing Expansion

LVDT ของเดิมก่อนทำการถอดแสดงดังรูปที่ 4.30 ซึ่งการติดตั้งโดยทำการ Lock ตำแหน่งของ LVDT กำหนดให้บริเวณที่ Lock เป็นตำแหน่ง Down Scale ในโปรแกรมดังรูปที่ 4.32 ค่าที่หมายเลข 1 เป็นศูนย์ แล้วกดที่หมายเลข 2 เพื่อ Set ค่า จากนั้นดันแกนเหล็กของ LVDT เข้าไป 5 cm วัดโดยใช้เวอร์เนียดังรูปที่ 4.31 กำหนดให้เป็น Upscale ในโปรแกรมดังรูปที่ 4.33 ค่าที่หมายเลข 1 เป็น 50 mm แล้วกดที่หมายเลข 2 เพื่อ Set ค่า จากนั้นโปรแกรมจะทำการ Scaling Voltage ให้อัตโนมัติ

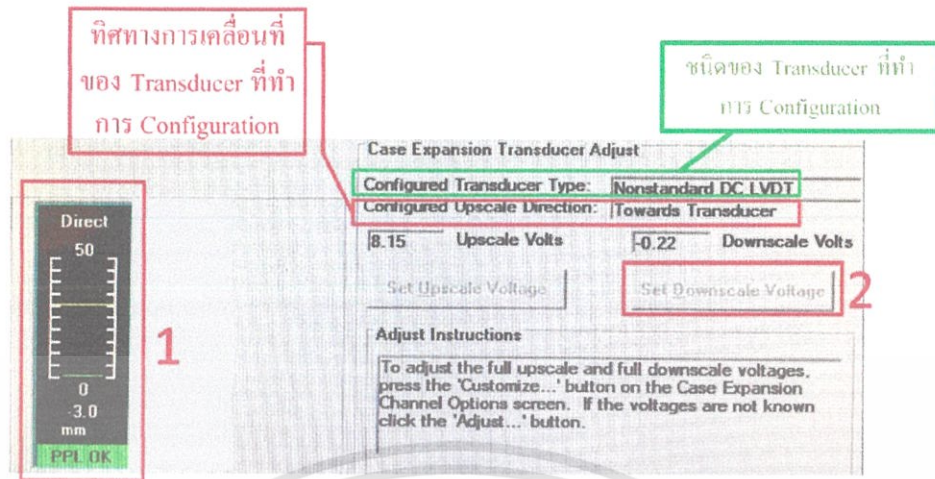


รูปที่ 4.30 Casing Expansion ก่อนเปลี่ยน

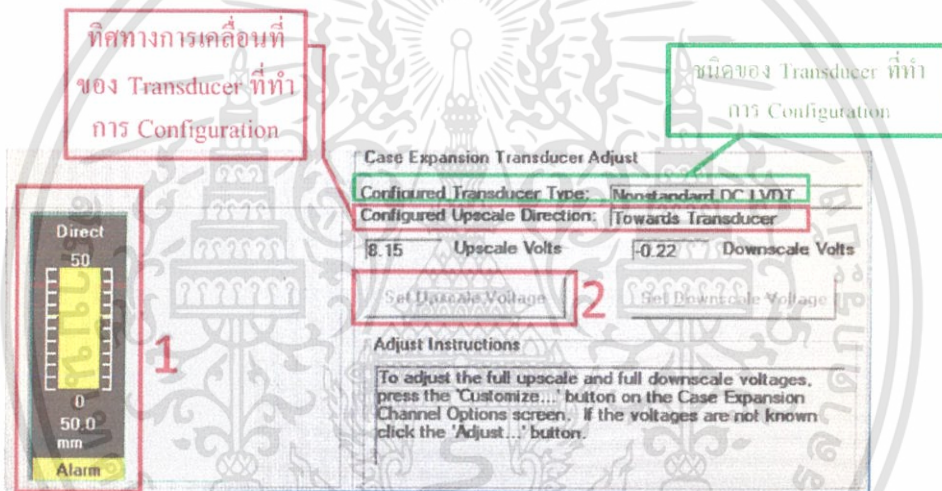


รูปที่ 4.31 การวัดระยะโดยใช้เวอร์เนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 การตั้งค่า Downscale Voltage



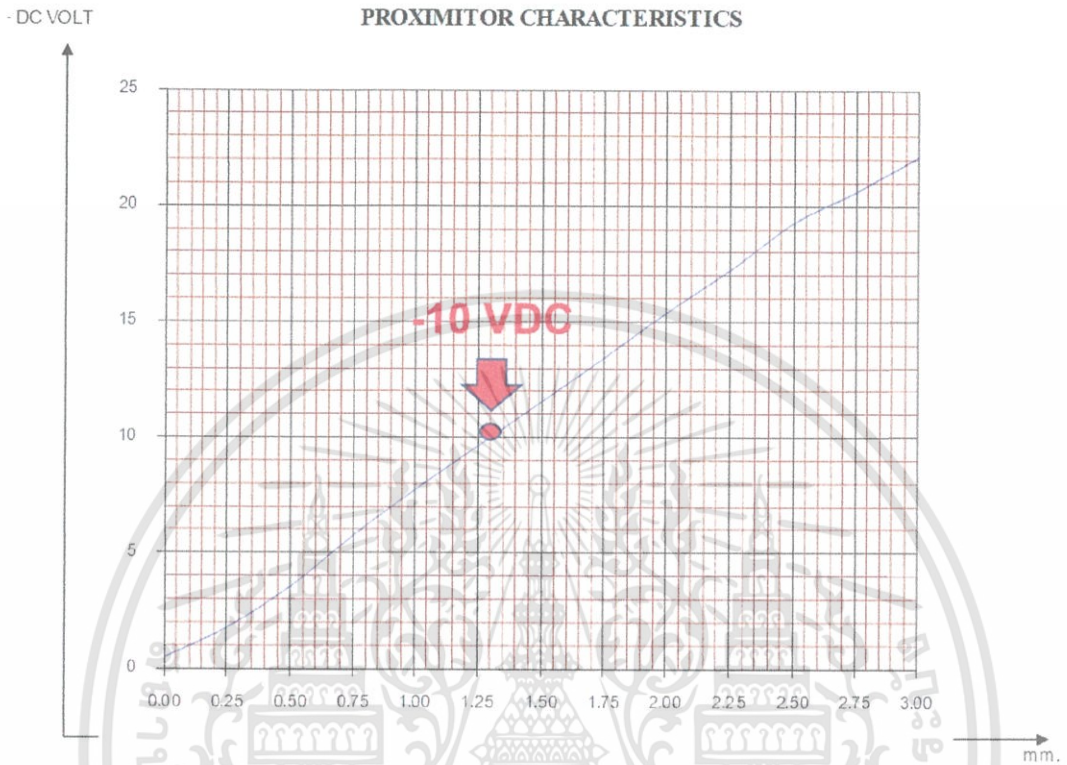
รูปที่ 4.33 การตั้งค่า Upscale Voltage

## 5. Eccentricity

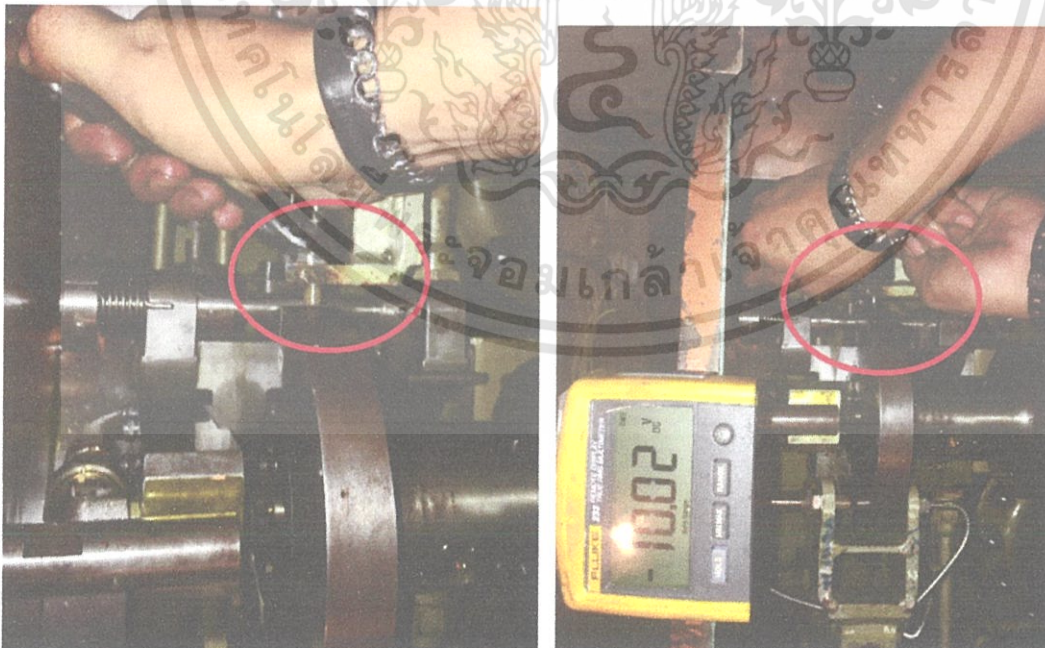
ทำการติดตั้ง Sensor เพื่อวัด Eccentricity โดยการวัดระยะห่าง (Gap) ด้วยวิธีการวัดทางไฟฟ้า คือ วัด Voltage ก่อนที่จะทำการถอดหัว Proximity ออกแล้วบันทึกค่าไว้ เพื่อเป็นค่าสำหรับการอ้างอิง จากนั้นจึงถอด Proximity Probe ออกแล้วใส่ Proximity Probe ของใหม่ที่ผ่านการทำ Linearity Check แล้วดังแสดงในรูปที่ 4.34 ลงไปโดยต้องกำหนดให้ระยะห่างเท่าของเดิมก่อนที่ทำการถอดออกคือค่า  $-10\text{ Vdc}$  เนื่องจากค่า  $-10\text{ Vdc}$  เป็นค่าที่ Linearity ที่สุดจากการคำนวณหาค่า Scale Factor ของหัว  $8\text{ mm}$  พอได้ระยะห่างตามที่ต้องการแล้วจึงทำการ Lock หัว Proximity ดังรูปที่ 4.35

ACTUAL SCALE FACTOR 7.875 V/mm.

GAP	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	mm.
OUTPUT	0.46	1.75	3.55	5.77	7.74	9.64	11.58	13.48	16.40	17.26	19.30	20.63	22.14	- vdc.



รูปที่ 4.34 กราฟที่ได้จากการหาค่า Scale Factor ของหัว 8 mm

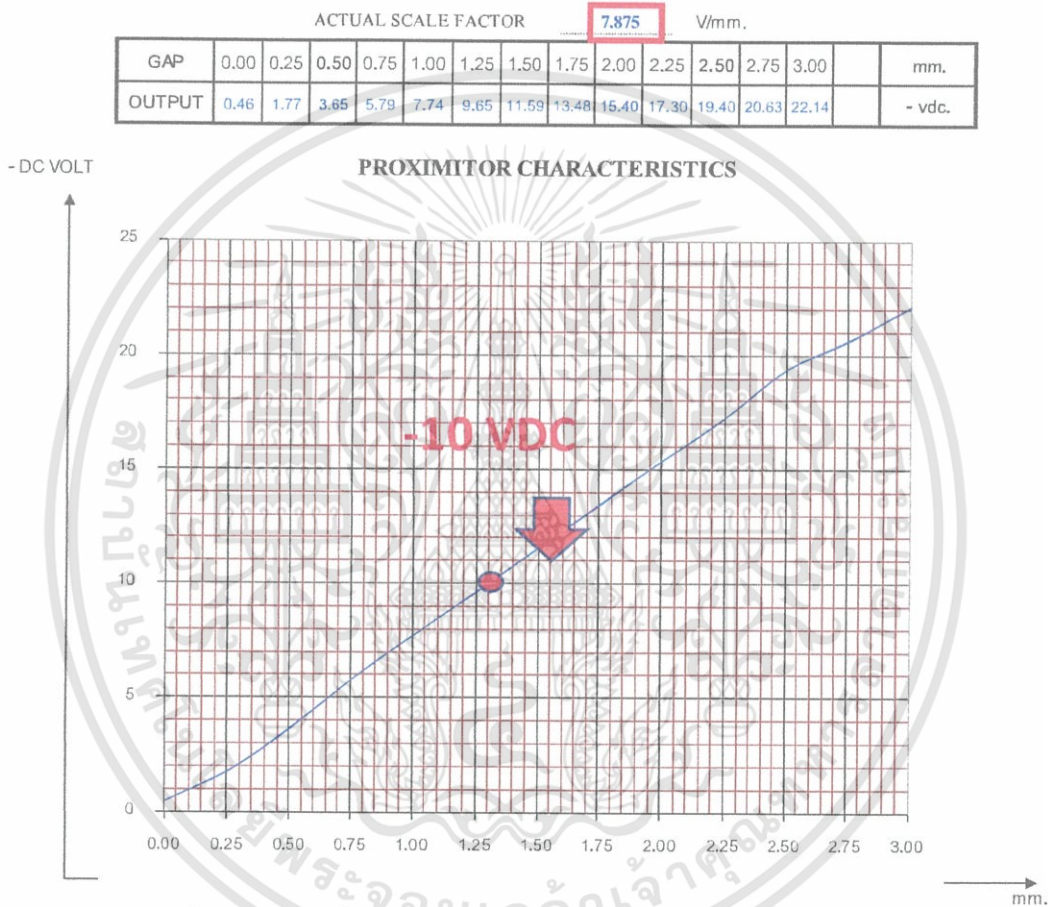


รูปที่ 4.35 การติดตั้ง Eccentricity

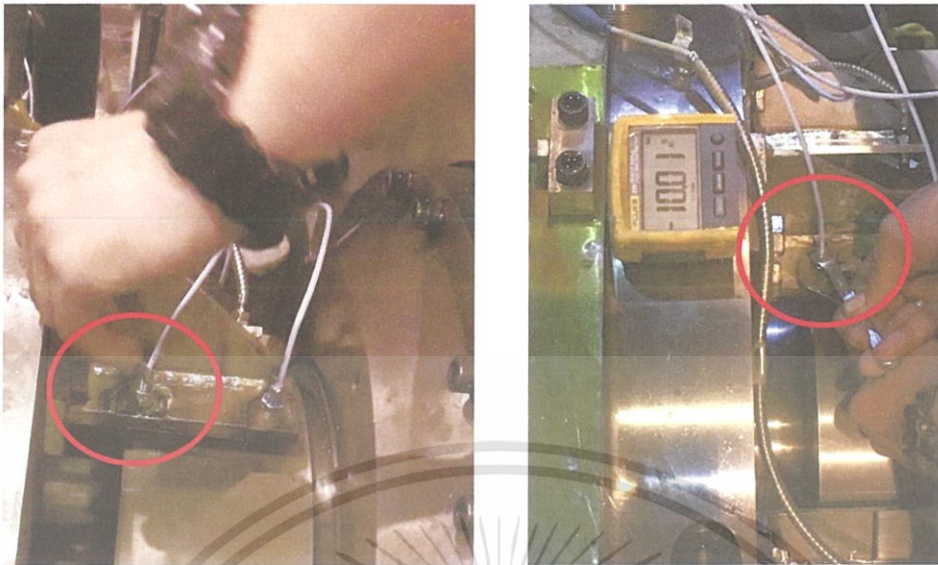
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. Key phasor

ทำการติดตั้ง Sensor เพื่อวัด Key phasor โดยการวัดระยะห่าง (Gap) ด้วยวิธีการวัดทางไฟฟ้าคือ วัด Voltage ก่อนที่จะทำการถอดหัว Proximity ออกแล้วบันทึกค่าไว้เพื่อเป็นค่าสำหรับการอ้างอิง จากนั้นจึงถอด Proximity Probe ออก แล้วใส่ Proximity Probe ของใหม่ที่ทำผ่านการทำ Linearity Check แล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.36 ลงไปโดยต้องกำหนดให้ระยะห่างเท่าของเดิมก่อนที่ทำการถอดออกคือค่า  $-10 \text{ Vdc}$  เนื่องจากค่า  $-10 \text{ Vdc}$  เป็นค่าที่ Linearity ที่สุดจากการคำนวณหาค่า Scale Factor ของหัว  $8 \text{ mm}$  พอได้ระยะห่างตามที่ต้องการแล้วจึงทำการ Lock หัว Proximity ดังรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.36 กราฟที่ได้จากการหาค่า Scale Factor ของหัว  $8 \text{ mm}$



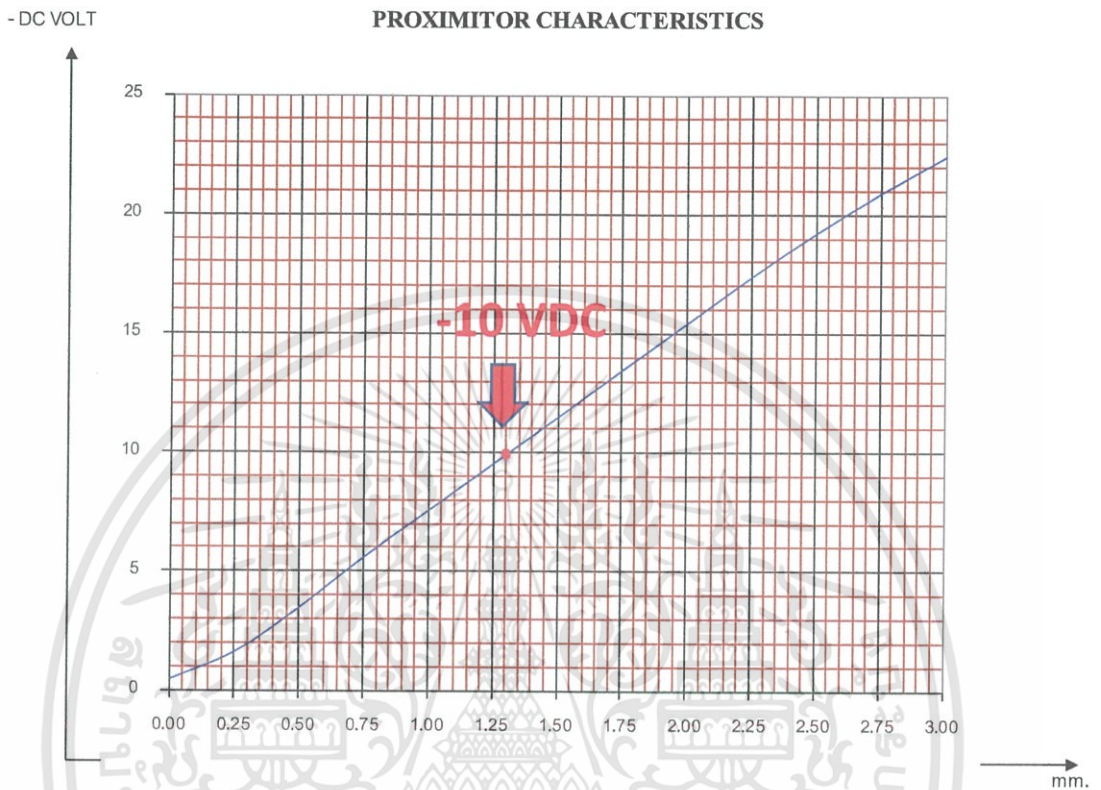
รูปที่ 4.37 การติดตั้ง Key phasor

## 7. Vibration

ทำการติดตั้ง Sensor เพื่อวัด Vibration ทำการวัดระยะห่าง (Gap) ด้วยวิธีการวัดทางไฟฟ้าคือวัด Voltage ก่อนที่จะทำการถอดหัว Proximity ออกแล้วบันทึกค่าไว้เพื่อเป็นค่าสำหรับการอ้างอิง จากนั้นจึงถอด Proximity Probe ของ Vibration บริเวณที่ Bearing No.1 ถึง 10 ออกแล้วใส่ Proximity Probe ของใหม่ที่ผ่านการทำ Linearity Check แล้วดังแสดงในรูปที่ 4.38 ซึ่งเป็นตัวอย่างการทำ Linearity ของ Vibration Sensor ที่บริเวณ Bearing NO.1 ลงไปโดยต้องกำหนดให้ระยะห่างเท่าของเดิมก่อนที่ทำการถอดออกคือค่า  $-10\text{ Vdc}$  เนื่องจากค่า  $-10\text{ Vdc}$  เป็นค่าที่ Linearity ที่สุดจากการคำนวณหาค่า Scale Factor ของหัว  $8\text{ mm}$  พอได้ระยะห่างตามที่ต้องการแล้วจึงทำการ Lock หัว Proximity ดังรูปที่ 4.39

ACTUAL SCALE FACTOR 7.877 V/mm.

GAP	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	mm.
OUTPUT	0.46	1.62	3.49	5.61	7.59	9.56	11.51	13.49	15.46	17.41	19.24	20.93	22.47	- vdc.



รูปที่ 4.38 กราฟที่ได้จากการหาค่า Scale Factor ของหัว 8 mm ที่บริเวณ Bearing NO.1



รูปที่ 4.39 การติดตั้ง Vibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3.6. ทำการประกอบ Bearing Cover เข้าที่เดิม

ทำการประกอบ Bearing Cover เข้าที่เดิมหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยใช้เครนยกเนื่องจากตัว Bearing Cover มีน้ำหนักมากไม่สามารถยกโดยใช้แรงคนได้ ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 การประกอบ Cover Bearing

#### 4.2.4 ทำการตรวจสอบ Loop (Loop Test)

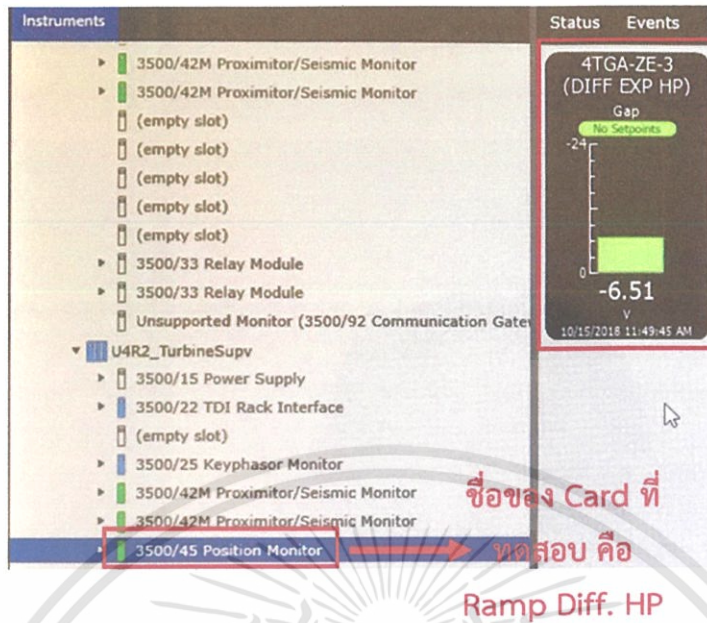
Loop Test เป็นการทดสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องของการส่งสัญญาณทั้งในส่วนของสัญญาณอินพุทที่ TSI ได้รับมาจากหน้างานและสัญญาณเอาต์พุทที่ส่งจาก TSI ไปยังอุปกรณ์ที่ System 1 และ DCS โดยวิธีการทดสอบจะทดสอบด้วยการปลดสาย Extension Cable ที่ Proximitor ดังรูปที่ 4.41 ออกเพื่อเช็คการ Wiring สายสัญญาณว่าตรงกับแบบหรือไม่โดยทดสอบดังนี้

- 1) ทดสอบสัญญาณที่ส่งมาจาก Field ไปยัง 3500 Rack
- 2) ทดสอบสัญญาณที่ส่งมาจาก 3500 Rack ไปยัง System 1
- 3) ทดสอบสัญญาณที่ส่งมาจาก 3500 Rack ไปยัง DCS

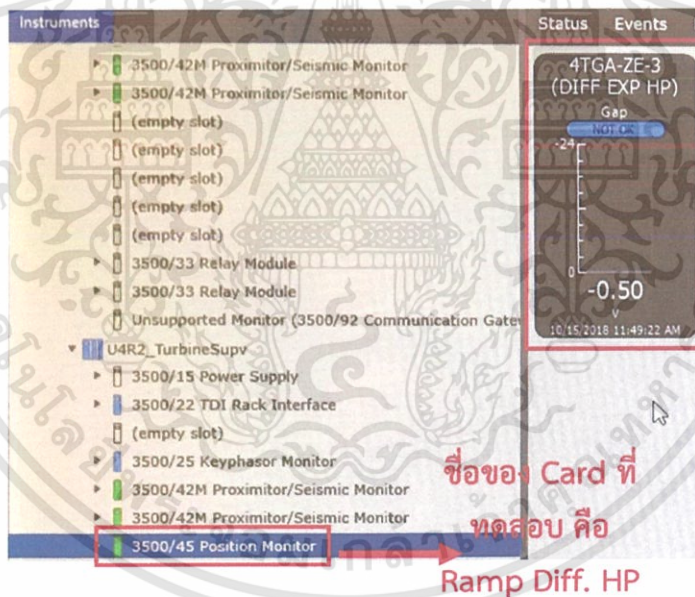


รูปที่ 4.41 การปลดสาย Extension Cable ออกจาก Proximitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.42 ตัวอย่างก่อนปลด Extension Cable ออกจาก Proximitor ที่ Diff. Exp. HP



รูปที่ 4.43 ตัวอย่างหลังปลด Extension Cable ออกจาก Proximitor ที่ Diff. Exp. HP

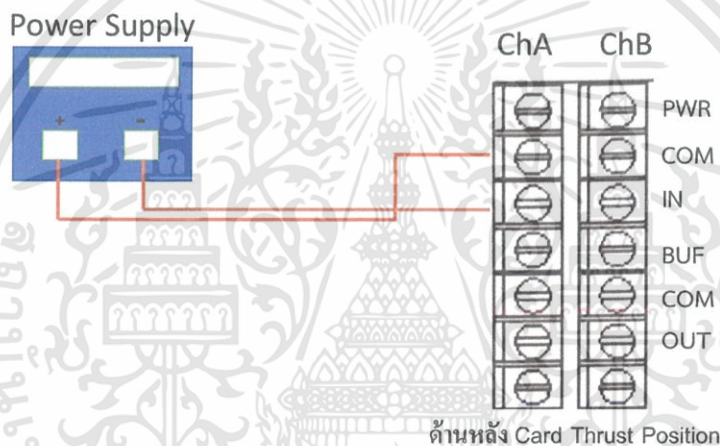
จากรูปที่ 4.42 เป็นรูปจากหน้าจอ System 1 ที่แสดงค่า Gap ที่วัดได้ก่อนปลดสาย Extension Cable ออกจาก Proximitor ของ Ramp Diff. Expansion (HP) จะอ่านค่า Gap ได้  $-6.51 \text{ Vdc}$  ซึ่งจะแสดงเป็น Bar Graph สีเขียว ส่วนรูปที่ 4.43 เป็นรูปจากหน้าจอ System 1 ที่ทำการปลดสาย Extension Cable ออกจาก Proximitor ของ Ramp Diff. Expansion (HP) จะค่า Gap ได้  $-0.5 \text{ Vdc}$  ซึ่งจะแสดงเป็น Bar Graph สีฟ้า การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ Bar Graph ที่เกิดขึ้นหลังจากการปลดสาย สามารถยืนยันได้ว่า Proximity Probe บริเวณ Local ต่อ เข้าไปใน Card ที่อ่านค่าเดียวกันถูกต้องตาม Wiring Diagram

#### 4.2.5 การตรวจสอบ Loop Function (Loop Function Test)

การตรวจสอบ Loop Function เป็นการทดสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องของการส่งสัญญาณทั้งในส่วนของสัญญาณอินพุตที่ TSI ได้รับมาจากหน้างานและสัญญาณเอาต์พุตที่ส่งจาก TSI ไปยังอุปกรณ์ที่ DCS และ System 1 โดยวิธีการทดสอบจะทดสอบด้วยการปลดสายไฟที่หลัง Card ออกแล้ว Simulate สัญญาณจากหัว Proximity Probe ที่บริเวณ Local โดยการป้อน Function Gen. หรือ Power Supply แทนสัญญาณที่มาจากหัว Sensor ซึ่งค่าที่อ่านได้จาก DCS และ System 1 จะต้องมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่า  $\pm 1 \%$

##### 4.2.5.1 การทำ Loop Function Test ของ Thrust Position

วิธีการทำ Loop Function Test ของ Thrust Position จะใช้ Power Supply เป็นตัว Simulate สัญญาณที่ส่งมาจาก Proximity Probe ของ Thrust Position ที่ Local เพื่อใช้ในการทดสอบ Card Thrust Position



รูปที่ 4.44 การต่อสายเพื่อทดสอบ Card Thrust Position

1. ปลดสาย In และ Com ของ Ch-A ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ของ Thrust Position ที่ Local ออกแล้วต่อ Power Supply ที่ตำแหน่งต่างๆของจุดต่อ ดังรูปที่ 4.44
  2. ป้อนค่า  $-V_{dc}$  ที่ Power Supply ตามที่คำนวณได้ดังแสดงในกรอบสีแดง จากนั้นบันทึกค่าที่อ่านได้จาก System 1 และ DCS ลงในตารางที่ 4.1
  3. ทำเหมือนเดิมตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนจาก Ch-A เป็น Ch-B แทน
- หมายเหตุ: การทดสอบ Card Thrust Position จะต้องทดสอบทีละ Channel
4. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการทดสอบ โดยดูในช่องสีเขียวเทียบกับช่องสีฟ้า

$$\text{จาก เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = \left| \frac{X_m - X_t}{X_t} \right| \times 100$$

$$\text{คำนวณที่การทดสอบ 100\% ของจะได้ว่า} \left| \frac{-1.49 - (-1.50)}{-1.50} \right| \times 100 = 0.667 \%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ไม่เกิน  $\pm 1 \%$  ซึ่งถือว่าสามารถนำ Card Thrust Position นี้มาใช้ งานได้

ตารางที่ 4.1 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Thrust Position

Rack NO.	2 Turbine Supervisory			
Module Name	3500/42 Proximitor/Velo Monitor-Thrust Position			
Slot No.	5			
Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name	4TGA-ZE-2	-	4TGA-ZE-15	-
Full scale Recording	-1.5 to 1.5 mm	-	-1.5 to 1.5 mm	-
Calculated mVrms	-	-	-	-
Test 0 %	-1.5 mm	-	-1.5 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-17.51 Vdc	-	-5.69 Vdc	-
System 1 Display	-1.49 mm	-0.67	-1.49 mm	-0.67
DCS Reading Output/mA Output	-1.5 mm	0	-1.5 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test 50 %	0 mm	-	0 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-11.6 Vdc	-	-11.6 Vdc	-
System 1 Display	0 mm	0	0 mm	0
DCS Reading Output/mA Output	0 mm	0	0 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test 100 %	1.5 mm	-	1.5 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-5.69 Vdc	-	-17.51 Vdc	-
System 1 Display	-1.49 mm	-0.67	-1.49 mm	-0.67
DCS Reading Output/mA Output	-1.5 mm	0	-1.5 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test Alert	-0.9 mm	-	0.9 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-6.3 Vdc	-	-16.9 Vdc	-
System 1 Display	-0.9 mm	0	0.9 mm	0
DCS Reading Output/mA Output	-0.9 mm	0	0.9 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test Danger				
Injected Voltage Signal (mVrms)	n/a	n/a	n/a	n/a
System 1 Display				
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				

การคำนวณ Voltage ที่ใช้ในการทดสอบ Card Thrust Position

1. หาค่า Scale Factor ของ Proximity Probe
2. คำนวณระยะห่างที่จะใช้ในการทดสอบจากสมการที่ 4.1

Gap Probe A = Zero Position ของ Card + Rotor Position

Gap Probe B = Zero Position ของ Card - Rotor Position (4.1)

ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบ Thrust Position Card ที่ระยะ +1.5 mm

Scale Factor = 3.94 V/mm

Zero Position Voltage = -11.6 Vdc (มาจาก Specification Sheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการแทนค่าลงไป

เนื่องจากหัว Probe 11 mm จะมีค่า Scale Factor 3.94 V/mm

เทียบบรรณมิติไตรยางค์จะได้ว่า 1 mm = 3.94 V

ถ้า 1.5 mm = 3.94 x 1.5 = 5.91 V

ดังนั้น Gap Probe A = Zero Position ของ Card + Rotor Position

$$= -11.6 + 5.91$$

$$= -5.69 \text{ Vdc}$$

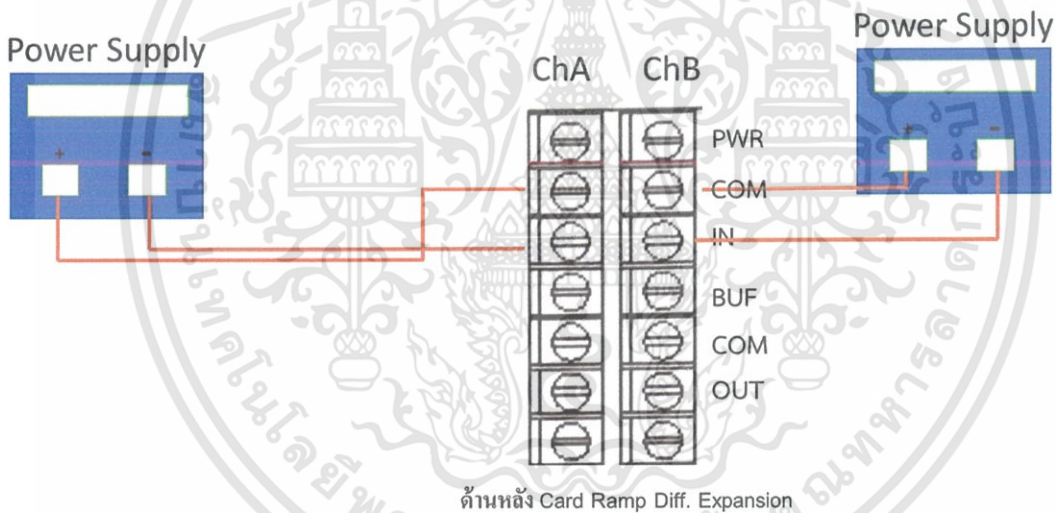
Gap Probe B = Zero Position ของ Card - Rotor Position

$$= -11.6 - 5.91$$

$$= -17.51 \text{ Vdc}$$

#### 4.2.5.2 การทำ Loop Function Test ของ Ramp Differential Expansion

วิธีการทำ Loop Function Test ของ Ramp Differential Expansion จะใช้ Power Supply เป็นตัว Simulate สัญญาณที่ส่งมาจาก Proximity Probe ของ Thrust Position ที่ Local เพื่อใช้ในการทดสอบ Card Ramp Differential Expansion



รูปที่ 4.45 การสอบเทียบ Proximity Probe ที่ Ramp Differential Expansion

1. ปลดสาย Com และ In ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ของ Ramp Differential Expansion ที่ Local ออกจาก CH-A และ CH-B แล้วต่อ Power Supply ที่ตำแหน่งต่างๆของจุดต่อ ดังรูปที่ 4.45
2. หาค่า Zero Position Voltage จากสมการที่ (4.2)

$$\text{Zero Position Voltage A} = (\text{Center Gap Voltage}) - (0.5)(S.F)(\text{Meter Scale Range})(\sin\theta) + (S.F)(\text{Bottom Range})(\sin\theta)$$

$$\text{Zero Position Voltage B} = (\text{Center Gap Voltage}) + (0.5)(S.F)(\text{Meter Scale Range})(\sin\theta) - (S.F)(\text{Bottom Range})(\sin\theta) \quad (4.2)$$

ตัวอย่างเช่น

Center Gap Voltage = - 6.5 Volt มาจาก Specification Sheet

Scale Factor = 0.785 V/mm เนื่องจากเป็นหัวขนาด 25 mm

Meter Scale Range = 30 Volt เนื่องจาก Range คือ (-10 ถึง +20)

มุม = 9.5 องศา มาจาก Specification Sheet เนื่องจากเป็น Ramp  
Differential Expansion (HP)

Bottom Range = 10 Volt

ทำการแทนค่าลงไป

$$\begin{aligned} \text{Zero Position Voltage A} &= (-6.5) - (0.5)(0.785)(30)(\sin 9.5) + (0.785)(10)(\sin 9.5) \\ &= -7.148 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zero Position Voltage B} &= (-6.5) + (0.5)(0.785)(30)(\sin 9.5) - (0.785)(10)(\sin 9.5) \\ &= -5.852 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

3. นำค่า Zero Position Voltage ที่ได้มาใช้ในการคำนวณหา Voltage ที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจสอบ Card Ramp Differential Expansion โดยคำนวณได้จากสมการที่ (4.3)

$$\text{Input Ch-A} = - \text{Zero Position Voltage} + (\text{Diff. Expansion Value} \times \text{S.F} \times \sin\theta)$$

$$\text{Input Ch-B} = - \text{Zero Position Voltage} - (\text{Diff. Expansion Value} \times \text{S.F} \times \sin\theta) \quad (4.3)$$

หมายเหตุ: S.F = Scale Factor

ตัวอย่างเช่น การทดสอบ Card Ramp Differential Expansion ที่ระยะ 20 mm

Scale Factor = 0.785 V/mm เนื่องจากเป็นหัวขนาด 20 mm

Diff. Expansion Value = 25 mm

มุม = 9.5 องศา มาจาก Specification Sheet เนื่องจากเป็น Ramp  
Differential Expansion (HP)

ทำการแทนค่าลงไป

$$\text{Input Ch-A} = - 7.148 + ( 20 \times 0.785 \times \sin 9.5^\circ)$$

$$= - 4.56 \text{ Vdc}$$

$$\text{Input Ch-B} = - 5.852 - ( 20 \times 0.785 \times \sin 9.5^\circ)$$

$$= - 8.44 \text{ Vdc}$$

4. ป้อนค่า Input Ch-A และ Input Ch-B ที่คำนวณได้ตามตารางที่ 4.2 และ 4.3 เพื่อทดสอบ Card Ramp Differential Expansion (LP) และ (HP) ตามลำดับ ให้กับ Power Supply แต่ละตัวเพื่อเป็นการตรวจสอบ Ramp Differential Expansion Card

5. บันทึกค่าที่ได้จาก DCS และ System 1 ลงในตารางที่ 4.2 และ 4.3

6. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการทดสอบ โดยดูในช่องสีเขียวเทียบกับช่องสีฟ้า ในที่นี้ยกตัวอย่าง Ramp Differential Expansion Card (HP)

$$\text{จาก เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = \left| \frac{X_m - X_t}{X_t} \right| \times 100$$

$$\text{คำนวณที่การทดสอบ 100\% ของจะได้ว่า} \left| \frac{20.11 - 20}{20} \right| \times 100 = 0.55 \%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ไม่เกิน  $\pm 1 \%$  ซึ่งถือว่าสามารถนำ Ramp Differential Expansion Card นี้มาใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Ramp Differential Expansion Card (HP)

Rack NO.	2 Turbine Supervisory			
Module Name	3500/45 Position Monitor-Differential Expansion (HP)			
Slot No.	6			

Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name	4TGA-ZE-3	-	4TGA-ZE-14	-
Full scale Recording	-10 to 20 mm	-	-10 to 20 mm	-
Calculate d mVrms	-	-	-	-

Test 0%				
Injected Voltage Signal (mVrms)	-10 mm	-	-10 mm	-
System 1 Display	-8.45 Vdc	-	-4.55 Vdc	-
DCS Reading Output/mA Output	-10.04 mm	0.4	-10.04 mm	0.4
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-

Test 50%				
Injected Voltage Signal (mVrms)	0 mm	-	0 mm	-
System 1 Display	-7.15 Vdc	-	-5.85 Vdc	-
DCS Reading Output/mA Output	0 mm	0	0 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-

Test 100%				
Injected Voltage Signal (mVrms)	20 mm	-	20 mm	-
System 1 Display	-4.56 Vdc	-	-8.44 Vdc	-
DCS Reading Output/mA Output	20.11 mm	0.55	20.11 mm	-0.55
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	19.85 mm	0.75	19.85 mm	0.75
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
	yes	-	yes	-

Test Alert (Gov Side)				
Injected Voltage Signal (mVrms)	-8 mm	-	-8 mm	-
System 1 Display	-8.19 Vdc	-	-4.81 Vdc	-
DCS Reading Output/mA Output	-8.03 mm	0.375	-8.03 mm	0.375
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	-8.03 mm	0.375	-8.03 mm	0.375
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
	no	-	no	-

Test Alert (Gen Side)				
Injected Voltage Signal (mVrms)	15 mm	-	15 mm	-
System 1 Display	-5.21 Vdc	-	-7.79 Vdc	-
DCS Reading Output/mA Output	15.01 mm	0.067	15 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	15.01 mm	0.067	15.01 mm	0.067
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
	no	-	no	-

Test Danger (Gov Side)				
Injected Voltage Signal (mVrms)	-8.8 mm	-	-8.8 mm	-
System 1 Display	-8.29 Vdc	-	-4.71 Vdc	-
DCS Reading Output/mA Output	-8.8 mm	0	-8.8 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	-8.8 mm	0	-8.8 mm	0
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
	yes	-	yes	-

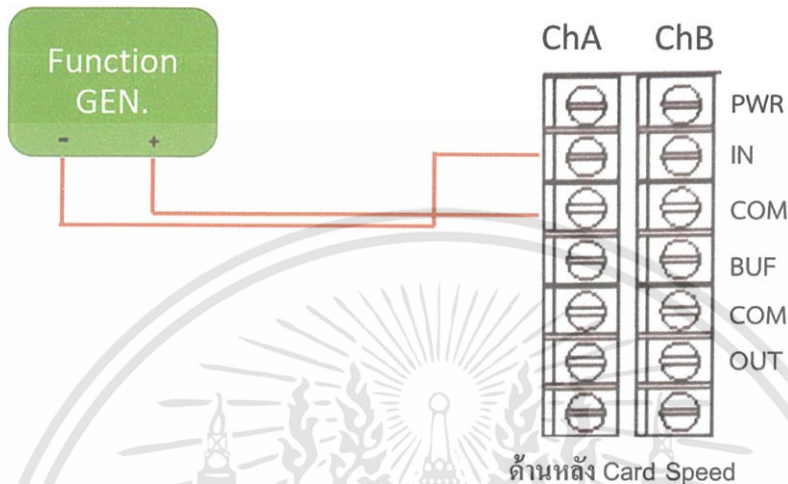
Test Danger (Gen Side)				
Injected Voltage Signal (mVrms)	15.8 mm	-	15.8 mm	-
System 1 Display	-5.10 Vdc	-	-7.89 Vdc	-
DCS Reading Output/mA Output	15.86 mm	0.38	15.86 mm	0.38
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	15.86 mm	0.38	15.86 mm	0.38
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
	yes	-	yes	-

ตารางที่ 4.3 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Ramp Differential Expansion Card (LP)

Rack NO.	2 Turbine Supervisory			
Module Name	3500/45 Position Monitor-Differential Expansion (LP)			
Slot No.	7			
Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name	4TGA-ZE-4	-	4TGA-ZE-16	-
Full scale Recording	-5 to 25 mm	-	-5 to 25 mm	-
Calculated mVrms	-	-	-	-
Test 0%	-5 mm	-	-5 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-8.45 Vdc	-	-4.55 Vdc	-
System 1 Display	-5.04 mm	0.8	-5.04 mm	0.8
DCS Reading Output/mA Output	-5.00 mm	0	-5.00 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Test 50 %	0 mm	-	0 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-7.80 Vdc	-	-5.20 Vdc	-
System 1 Display	0 mm	0	0 mm	0
DCS Reading Output/mA Output	0 mm	0	0 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test 100%	25 mm	-	25 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-4.55 Vdc	-	-8.45 Vdc	-
System 1 Display	25.06 mm	0.24	25.06 mm	0.24
DCS Reading Output/mA Output	24.89 mm	0.44	24.89 mm	0.44
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Test Alert (Gov Side)	-1 mm	-	-1 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-7.93 Vdc	-	-5.07 Vdc	-
System 1 Display	-1 mm	0	-1 mm	0
DCS Reading Output/mA Output	-1 mm	0	-1 mm	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test Alert (Gen Side)	20 mm	-	20 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-5.20 Vdc	-	-7.79 Vdc	-
System 1 Display	20.06 mm	0.3	20.06 mm	0.3
DCS Reading Output/mA Output	20.07 mm	0.35	20.07 mm	0.35
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test Danger (Gov Side)	-1.8 mm	-	-1.8 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-8.03 Vdc	-	-4.97 Vdc	-
System 1 Display	-1.8 mm	0	-1.8 mm	0
DCS Reading Output/mA Output	-1.81 mm	0.56	-1.81 mm	0.56
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Test Danger (Gen Side)	20.8 mm	-	20.8 mm	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	-5.09 Vdc	-	-2.50 vdc	-
System 1 Display	20.85 mm	0.24	20.85 mm	0.24
DCS Reading Output/mA Output	20.85 mm	0.24	20.85 mm	0.24
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-

### 4.2.5.3 การทำ Loop Function Test ของ Speed Monitor

วิธีการทำ Loop Function Test ของ Speed Monitor จะใช้ Function Gen. เป็นตัว Simulate สัญญาณที่ส่งมาจาก Proximity Probe ของ Speed Monitor ที่ Local เพื่อใช้ในการทดสอบ Speed Card



รูปที่ 4.46 การต่อสายเพื่อทดสอบ Speed Card

1. ปลดสาย In และ Com ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ที่ Local ของ หัว Speed ออก
2. ต้องจัดรูปที่ 4.46 เพื่อทดสอบ Speed Card
3. ป้อนค่า Frequency ของ Function Generator ตามตารางที่ 4.4 ดังนี้
4. อ่านค่าที่ Speed Monitor จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.4
5. ทำเหมือนเดิมตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนจาก Ch-1 เป็น Ch-2 แทน

#### การคำนวณ

ตัวอย่างเช่น สมมติให้มีความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที แปลงเป็นหน่วย Hz

$$\text{จาก } 3000 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ sec}} \times 60 (\text{จำนวนฟันเฟือง}) = 3000 \text{ Hz}$$

6. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการทดสอบ โดยดูในช่องสีเขียวเทียบกับช่องสีฟ้า

$$\text{จาก เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = \left| \frac{X_m - X_t}{X_t} \right| \times 100$$

$$\text{คำนวณที่การทดสอบ 100% ของจะได้ว่า } \left| \frac{3999.9 - 4000}{4000} \right| \times 100 = 0.0025 \%$$

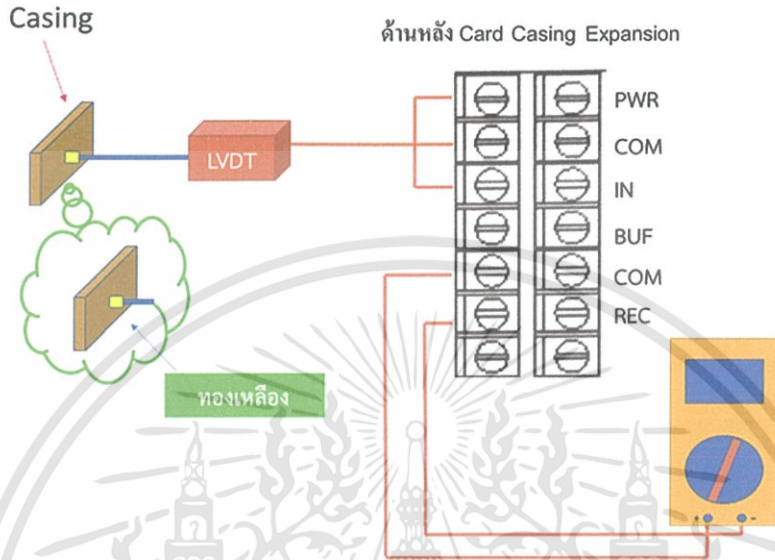
ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ไม่เกิน  $\pm 1 \%$  ซึ่งถือว่าสามารถนำ Speed Card นี้มาใช้งานได้

ตารางที่ 4.4 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Speed Card

Rack NO.	2 Turbine Supervisory			
Module Name	3500/50 Tachometer Module-Zero Speed			
Slot No.	9			
Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name	4TGA-SE-12	-	4TGA-SE-13	-
Full scale Recording	0-4000 RPM	-	0-4000 RPM	-
Calculated mVrms	0-4000 Hz	-	0-4000 Hz	-
Test 0%	1 RPM	-	1 RPM	-
Injected Voltage Signal (Hz)	1Hz	-	1Hz	-
System 1 Display	0.99 RPM	1	0.99 RPM	1
DCS Reading Output/mA Output	-1 RPM	0	-1 RPM	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test 50%	2000 RPM	-	2000 RPM	-
Injected Voltage Signal (Hz)	2000 Hz	-	2000 Hz	-
System 1 Display	2000 RPM	0	2000 RPM	0
DCS Reading Output/mA Output	1997.4 RPM	0.13	1997.4 RPM	0.13
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	-	-	-	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	-	-	-	-
Test 100%	4000 RPM	-	4000 RPM	-
Injected Voltage Signal (Hz)	4000 Hz	-	4000 Hz	-
System 1 Display	3999.9 RPM	0.0025	3999.9 RPM	0.0025
DCS Reading Output/mA Output	3978 RPM	0.55	3978 RPM	0.55
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	-	-	-	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	-	-	-	-
Test Alert	≤ 1RPM	-	≤ 1RPM	-
Injected Voltage Signal (Hz)	0 Hz	-	0 Hz	-
System 1 Display	0 RPM	0.33	0 RPM	0.33
DCS Reading Output/mA Output	0 RPM	0.33	0 RPM	0.33
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test Danger				
Injected Voltage Signal (Hz)				
System 1 Display	n/a	n/a	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				

#### 4.2.5.4 การทำ Loop Function Test ของ Case Expansion

วิธีการทำ Loop Function Test ของ Case Expansion จะทำโดยการดันแกนเหล็กของ LVDT ที่บริเวณ Local เพื่อเป็นการทดสอบการขยายตัวของ Case



รูปที่ 4.47 การต่อสายเพื่อทดสอบ Card Casing Expansion

1. ปลดสาย Com และ Rec ที่ส่งสัญญาณไปที่ System 1 ออกก่อนเพื่อนำ Multimeter มาต่อทางด้านหลัง Card Casing Expansion เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้า ( $V_{dc}$ ) ดังแสดงในรูปที่ 4.47
2. นำทองเหลืองหนาขนาด  $10\text{ mm}$  มากั้นระหว่างแกนเหล็ก LVDT กับ Case ที่บริเวณ Local และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า ( $V_{dc}$ )
3. เพิ่มค่าความหนาของทองเหลืองทีละ  $10\text{ mm}$  จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.5 เพิ่มความหนาถึงจนถึง  $50\text{ mm}$  เนื่องจาก Case สามารถขยายได้สูงสุดมากที่สุด  $50\text{ mm}$
4. ประกอบสาย Com และ Rec เข้าดังเดิม
5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการทดสอบ โดยดูในช่องสีเขียวเทียบกับช่องสีฟ้า

$$\text{จาก เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = \left| \frac{X_m - X_t}{X_t} \right| \times 100$$

$$\text{คำนวณที่การทดสอบ 100\% ของจะได้ว่า} \left| \frac{3999.9 - 4000}{4000} \right| \times 100 = 0.0025\%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ไม่เกิน  $\pm 1\%$  ซึ่งถือว่าสามารถนำ Casing Expansion Card นี้มาใช้งานได้

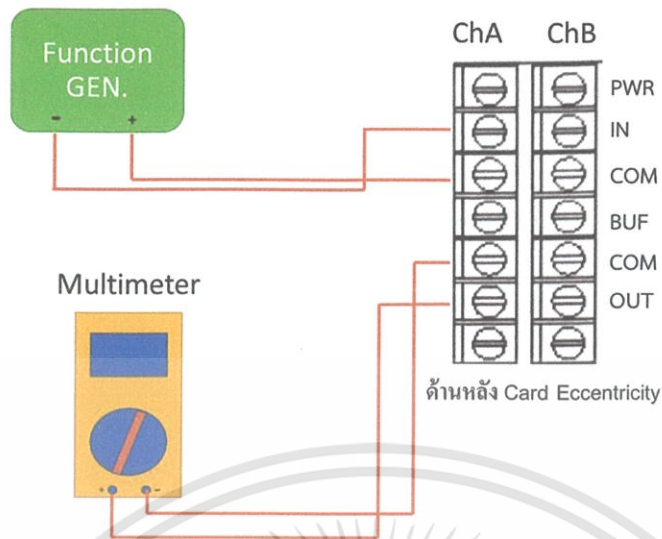
#### ตารางที่ 4.5 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Casing Expansion Card

Rack NO.	2 Turbine Supervisory			
Module Name	3500/45 Position Monitor- Casing Expansion			
Slot No.	8			
Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name	4TGA-ZE-5	-	Spare	
Full scale Recording	0-50 mm	-		
Calculated mVrms	-0.73 to 8.15 Vdc	-		
Test 0 %	0 mm	-		
Injected Voltage Signal (mVrms)	-0.73 Vdc	-	n/a	n/a
System 1 Display	0 mm	0		
DCS Reading Output/mA Output	0 mm	0		
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	no	-		
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-		
Test 50 %	25 mm	-		
Injected Voltage Signal (mVrms)	3.71 Vdc	-		
System 1 Display	25 mm	0	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output	25 mm	0		
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-		
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-		
Test 100 %	50 mm	-		
Injected Voltage Signal (mVrms)	8.15 Vdc	-		
System 1 Display	50 mm	0	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output	49.56 mm	0.88		
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-		
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-		
Test Alert	30 mm	-		
Injected Voltage Signal (mVrms)	4.56 Vdc	-		
System 1 Display	30.1 mm	0.33	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output	30.1 mm	0.33		
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-		
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-		
Test Danger				
Injected Voltage Signal (mVrms)				
System 1 Display	n/a	n/a	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				

#### 4.2.5.5 การทำ Loop Function Test ของ Eccentricity

วิธีการทำ Loop Function Test ของ Eccentricity จะใช้ Function Generator เป็นตัว Simulate สัญญาณที่ส่งมาจาก Proximity Probe ของ Eccentricity ที่ Local เพื่อใช้ในการทดสอบ Eccentricity Card

1. ปลดสาย In และ Com ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ที่ Local ของ Eccentricity ออก และต่อ Function Gen. กับ Multimeter เข้าไปตั้งรูปที่ 4.48
2. ตั้งค่า Vrms ตามตารางที่ 4.6 ที่ Function Gen. เพื่อ Simulate สัญญาณจากหัว Proximity Probe เข้าสู่ Card Eccentricity
3. บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 4.6
4. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการทดสอบ โดยดูในช่องสีเขียวเทียบกับช่องสีฟ้า



รูปที่ 4.48 การต่อสายเพื่อทดสอบ Eccentricity Card

จาก เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด =  $\left| \frac{X_m - X_t}{X_t} \right| \times 100$

คำนวณที่การทดสอบ 100% ของจะได้ว่า  $\left| \frac{199.93 - 200}{200} \right| \times 100 = 0.035 \%$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ไม่เกิน 1 % ซึ่งถือว่าสามารถนำ Eccentricity Card นี้มาใช้งานได้

#### การคำนวณหา $V_{rms}$

1. หาค่า Scale Factor ของหัว Proximito
2. ทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์เพื่อหาค่า  $V_{rms}$  สำหรับการสร้างตารางทดสอบ Eccentricity Card

ตัวอย่างเช่น สมมติให้ค่า Scale Factor เท่ากับ  $7.87 V/mm$  สำหรับหัว  $8 mm$  และ Eccentricity มี Range ในช่วง  $0-0.2 mm$

ในที่นี้จะยกตัวอย่างที่ค่า Gap ที่  $0.2 mm$  เพื่อหาค่า  $V_{rms}$

เทียบบัญญัติไตรยางค์จะได้ว่าระยะห่างเปลี่ยนไป  $1 mm$  จะทำให้ Voltage เปลี่ยนไป  $7.87 V$

ดังนั้นถ้าระยะห่างเปลี่ยนไป  $0.2 mm$  จะทำให้ Voltage เปลี่ยนไป  $\frac{7.87 \times 0.2}{1} = 1.574 V_{p-p}$

3. แปลง  $V_{p-p}$  เป็น  $V_{rms}$  โดยการนำ  $2\sqrt{2}$  ไปหารค่า  $V_{p-p}$

จะได้ว่า  $1.574 V_{p-p}$  คือ  $\frac{1.574}{2\sqrt{2}} = 0.5565 V_{rms}$

4. จากนั้นคำนวณที่ตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งจะได้ตัวเลขออกมาดังแสดงในช่องสีแดงของตารางที่ 4.6
5. สร้างตารางที่ 4.6 ดังนี้

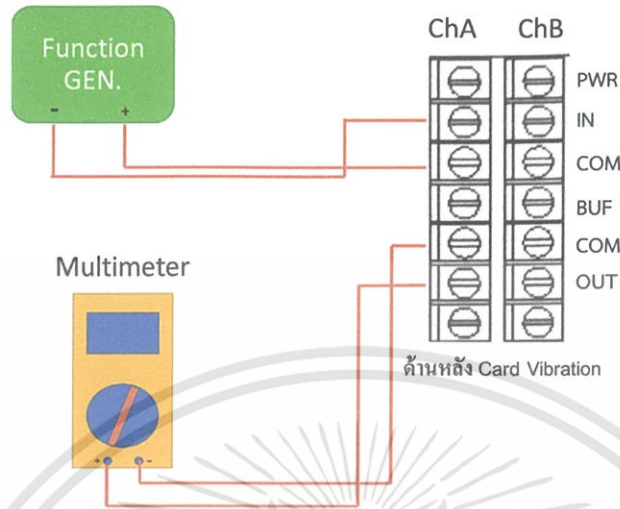
ตารางที่ 4.6 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Eccentricity Card

Rack NO.	2 Turbine Supervisory			
Module Name	3500/42 Proximity/Velo Monitor-Eccentric			
Slot No.	4			
Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name	4TGA-ZE-1	-	Spare	
Full scale Recording	0-200 um	-		
Calculated mVrms	-	-		
Test 0 %	0 um	-		
Injected Voltage Signal (mVrms)	0 mVrms	-	n/a	n/a
System 1 Display	0 um	0		
DCS Reading Output/mA Output	0 um.	0		
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	no	-		
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-		
Test 50 %	100 um	-		
Injected Voltage Signal (mVrms)	278.2 mVrms	-		
System 1 Display	99.21 um	0.79	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output	99.26 um	0.24		
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-		
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-		
Test 100 %	200 um	-		
Injected Voltage Signal (mVrms)	556.5 mVrms	-		
System 1 Display	199.93	0.035	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output	200 um	0		
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-		
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-		
Test Alert	75 um	-		
Injected Voltage Signal (mVrms)	211 mVrms	-		
System 1 Display	75 um	0	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output	75 um	0		
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-		
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-		
Test Danger				
Injected Voltage Signal (mVrms)				
System 1 Display	n/a	n/a	n/a	n/a
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				

4.2.5.6 การทำ Loop Function Test ของ Vibration

วิธีการทำ Loop Function Test ของ Vibration จะใช้ Function Generator เป็นตัว Simulate สัญญาณที่ส่งมาจาก Proximity Probe ของ Vibration ที่ Local เพื่อใช้ในการทดสอบ Card Vibration ในที่นี้จะยกตัวอย่างการทำ Loop Function Test ของหัว Vibration ที่ Bearing NO.1 และ NO.2

การทดสอบ Vibration Card



รูปที่ 4.49 การต่อสายเพื่อทดสอบ Vibration Card

1. ปลดสาย In และ Com ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ที่ Local ของ Vibration ออกและต่อ Function Generator กับ Multimeter เข้าไปดังรูปที่ 4.49
2. ตั้งค่า  $V_{rms}$  ตามตารางที่ 4.7 ที่ Function Gen. เพื่อ Simulate สัญญาณจากหัว Proximity Probe เข้าสู่ Card Vibration
3. บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 4.7
4. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการทดสอบ โดยดูในช่องสี่เหลี่ยมเทียบกับช่องสี่ฟ้า

$$\text{จาก เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = \left| \frac{X_m - X_t}{X_t} \right| \times 100$$

$$\text{คำนวณที่การทดสอบ 100\% ของจะได้ว่า} \left| \frac{397.79 - 400}{400} \right| \times 100 = 0.56 \%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ไม่เกิน 1 % ซึ่งถือว่าสามารถนำ Vibration Card นี้มาใช้งานได้

การคำนวณหา  $V_{rms}$

1. หาค่า Scale Factor ของหัว Proximitor
2. ทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์เพื่อหาค่า  $V_{rms}$  สำหรับการสร้างตารางทดสอบ Card Vibration ตัวอย่างเช่น สมมุติให้ค่า Scale Factor เท่ากับ  $7.87 \text{ V/mm}$  สำหรับหัว  $8 \text{ mm}$  และ Vibration มี Range ในช่วง  $0-0.4 \text{ mm}$

ในที่นี้จะยกตัวอย่างที่ค่า Gap ที่  $0.4 \text{ mm}$  เพื่อหาค่า  $V_{rms}$

เทียบบัญญัติไตรยางค์จะได้ว่าระยะห่างเปลี่ยนไป  $1 \text{ mm}$  จะทำให้ Voltage เปลี่ยนไป  $7.87 \text{ V}$  ดังนั้นถ้าระยะห่างเปลี่ยนไป  $0.4 \text{ mm}$  จะทำให้ Voltage เปลี่ยนไป  $\frac{7.87 \times 0.4}{1} = 3.148 \text{ Vp-p}$

3. แปลง  $V_{p-p}$  เป็น  $V_{rms}$  โดยการนำ  $2\sqrt{2}$  ไปหารค่า  $V_{p-p}$

$$\text{จะได้ว่า } 3.148 \text{ Vp-p} \text{ คือ } \frac{3.148}{2\sqrt{2}} = 0.5565 \text{ Vrms}$$

4. จากนั้นคำนวณที่ตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งจะได้ตัวเลขออกมามาดังแสดงในช่องสี่แดงของตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

5. สร้างตารางที่ 4.7 ดังนี้

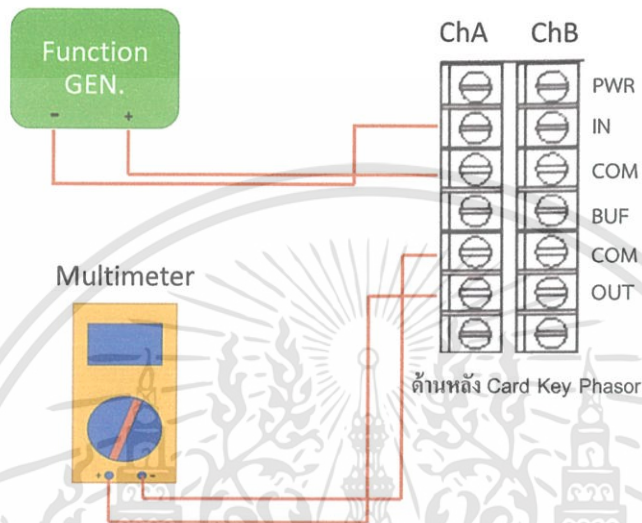
ตารางที่ 4.7 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Vibration Card

Rack NO.	1 ST-Main Turbine			
Module Name	3500/42 Proximito/Velo Monitor-Radial Vibration			
Slot No.	3			
Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name	4TGA-VE-1	-	4TGA-VE-2	-
Full scale Recording	0-400 um	-	0-400 um	-
Calculated mVrms	-	-	-	-
Test 0 %	0 um.	-	0 um	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	0 Vrms	-	0 Vrms	-
System 1 Display	0 um	0	0 um.	0
DCS Reading Output/mA Output	0 um	0	0 um	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test 50 %	200 um.	-	200 um.	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	356.5 mVrms	-	356.5 mVrms	-
System 1 Display	199.82 um.	0.09	200.03 um.	0.015
DCS Reading Output/mA Output	199 um.	0.5	200 um.	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test 100 %	400 um.	-	400 um.	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	1112.82 mVrms	-	1112.82 mVrms	-
System 1 Display	397.79 um.	0.56	399.20 um.	0.2
DCS Reading Output/mA Output	398 um.	0.5	399.4 um.	0.15
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Test Alert	125 um.	-	125 um.	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	349.5 mVrms	-	347 mVrms	-
System 1 Display	125.99 um.	0.79	125.04 um.	0.03
DCS Reading Output/mA Output	125 um.	0	125 um.	0
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	no	-	no	-
Test Danger	250 um.	-	250 um.	-
Injected Voltage Signal (mVrms)	699 mVrms	-	699 mVrms	-
System 1 Display	249.88 um.	0.05	251.48 um.	0.59
DCS Reading Output/mA Output	250 um.	0	251 um.	0.39
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)	yes	-	yes	-

#### 4.2.5.7 การทำ Loop Function Test ของ Key Phasor

วิธีการทำ Loop Function Test ของ Key Phasor จะใช้ Function Generator เป็นตัว Simulate สัญญาณที่ส่งมาจาก Proximity Probe ของ Key Phasor ที่ Local เพื่อใช้ในการทดสอบ Card Key Phasor

การทดสอบ Key Phasor Card



รูปที่ 4.50 การต่อสายเพื่อทดสอบ Key Phasor Card

1. ปลดสาย In และ Com ที่ส่งสัญญาณมาจาก Proximity Probe ที่ Local ของ Key Phasor ออกจาก CH-A ที่ ด้านหลัง Key Phasor Card แล้วต่อวงจรดังรูปที่ 4.50
2. ป้อนค่า Frequency ของ Function Gen. ตามตารางที่กำหนดให้ดังนี้
3. อ่านค่าที่ Key Phasor Monitor จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.8
4. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการทดสอบ โดยดูในช่องสีเขียวเทียบกับช่องสีฟ้า

$$\text{จาก เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = \left| \frac{X_m - X_t}{X_t} \right| \times 100$$

$$\text{คำนวณที่การทดสอบ 100\% ของจะได้ว่า} \left| \frac{3000 - 3000}{3000} \right| \times 100 = 0 \%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ไม่เกิน 1 % ซึ่งถือว่าสามารถนำ Key Phasor Card นี้มาใช้งานได้

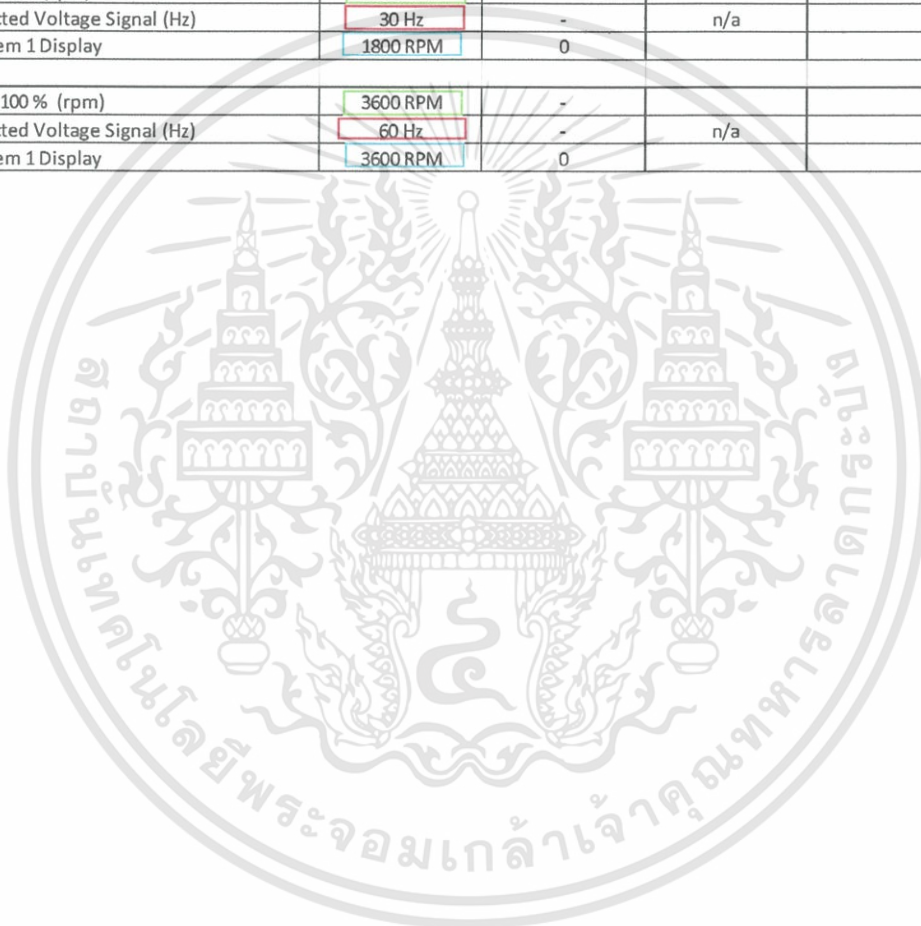
#### การคำนวณ

ตัวอย่างเช่น สมมุติให้มีความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที แปลงเป็นหน่วย Hz

$$\text{จาก } 1500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ sec}} \times 1 (\text{จำนวนฟันเฟือง}) = 25 \text{ Hz}$$

ตารางที่ 4.8 ตารางการทำ Loop Function Test ของ Key Phasor Card

Rack NO.	2 Turbine Supervisory			
Module Name	3500/25 Enhanced Keyphasor Module			
Slot No.	3			
Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name (Input)	4TGA-SE-20	-		
Full scale Reading	0-3600 RPM	-	n/a	
Calculated mVrms	60 Hz	-		
Test 0% (rpm)	60 RPM	-		
Injected Voltage Signal (Hz)	1 Hz	-	n/a	
System 1 Display	60 RPM	0		
Test 50% (rpm)	1800 RPM	-		
Injected Voltage Signal (Hz)	30 Hz	-	n/a	
System 1 Display	1800 RPM	0		
Test 100% (rpm)	3600 RPM	-		
Injected Voltage Signal (Hz)	60 Hz	-	n/a	
System 1 Display	3600 RPM	0		





หมายเลข 2 แสดงถึงพื้นที่ทำการติดตั้ง โดยที่ STG จะหมายถึง บริเวณ Steam Turbine

หมายเลข 3 แสดง Tag ที่อธิบายรายละเอียดอุปกรณ์

หมายเลข 4 แสดงถึงการแสดงผลจาก Local มาที่ 3500 Rack (From Field to 3500)

หมายเลข 5 แสดงถึงการแสดงผลจาก 3500 Rack ไปที่จอ Monitor (From 3500 to System1)

หมายเลข 6 แสดงถึงการแสดงผลจาก 3500 Rack ไปที่จอ DCS (From 3500 to DCS)

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างเอกสารการตรวจสอบ Loop (Loop Test)

1 Qtn	2 Area	3 Tag Service	From Field to 3500	From 3500 to System1	From 3500 to DCS
1	STG	Phase Angle SE-20	4	5	6
2	STG	ECC ZE-1			
3	STG	ZE-2 TB Rotor Position			
4	STG	ZE-15 TB Rotor Position			
5	STG	ZE-3 HP Diff Exp			
6	STG	ZE-14 HP Diff Exp			
7	STG	ZE-4 LP Diff Exp			
8	STG	ZE-16 LP Diff Exp			
9	STG	Case Expansion			
10	STG	Main Trb Zero Speed			
11	STG	Main Trb Zero Speed			
12	STG	VIB ELEMENT VE-1			
13	STG	VIB ELEMENT VE-2			
14	STG	VIB ELEMENT VE-3			
15	STG	VIB ELEMENT VE-4			
16	STG	VIB ELEMENT VE-5			
17	STG	VIB ELEMENT VE-6			
18	STG	VIB ELEMENT VE-7			
19	STG	VIB ELEMENT VE-8			
20	STG	VIB ELEMENT VE-9			
21	STG	VIB ELEMENT VE-10			

### 5.1.3 เอกสารการตรวจสอบ Function (Function Test)

จัดทำเอกสาร Function Test ของแต่ละอุปกรณ์ซึ่งเป็นเอกสารที่จะใช้ในการตรวจสอบ Function เพื่อตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ TSI ทำการทดสอบโดยการป้อนสัญญาณเริ่มจาก 0%, 50%, 100%, ค่า Alarm และค่า Trip เข้าไปยังอุปกรณ์แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.2

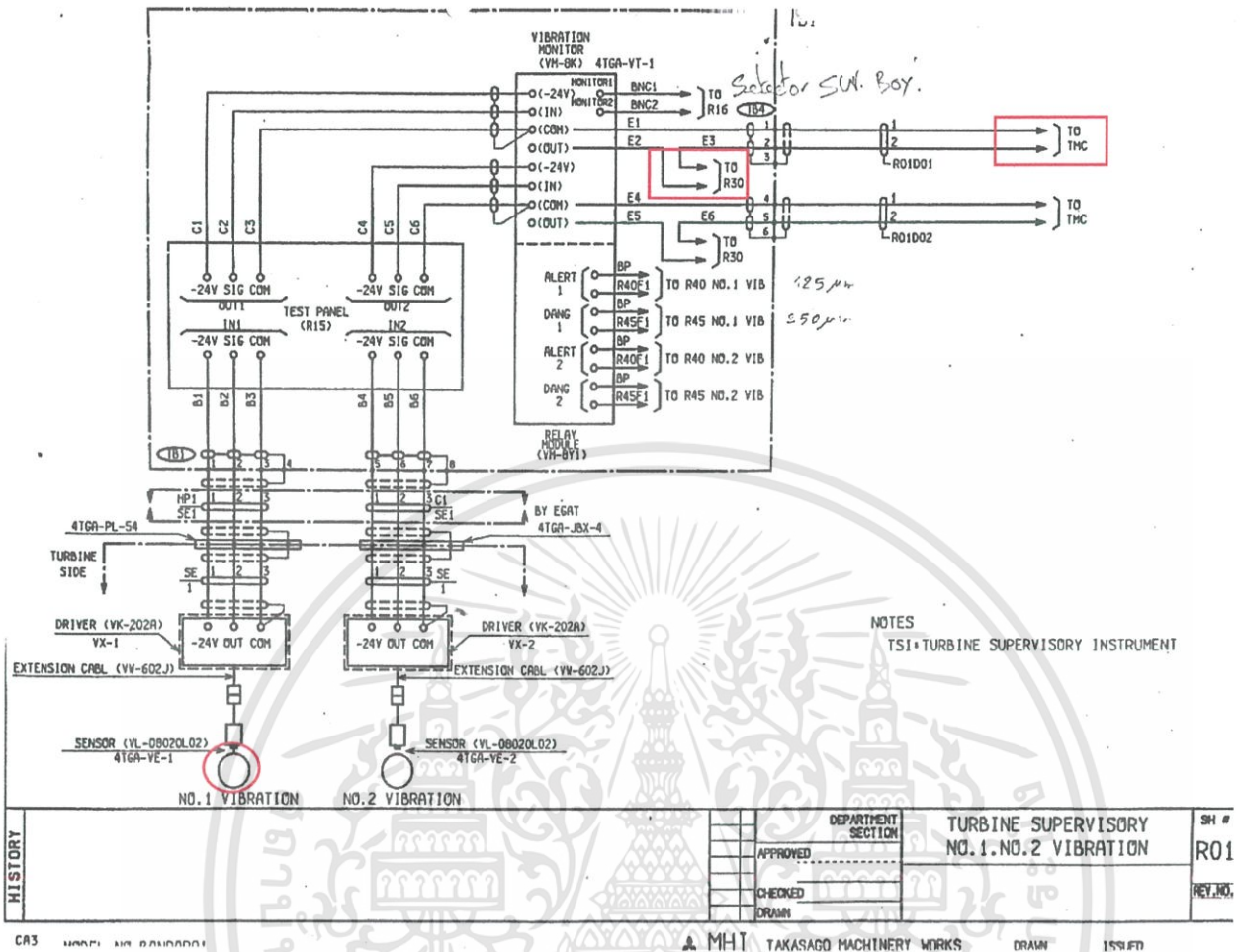
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างเอกสาร Function Test

Rack NO.				
Module Name	รายละเอียด Card ที่จะทดสอบ			
Slot No.				
Channel	1	Error(%)	2	Error(%)
Point Tag Name				
Full scale Recording				
Calculated mVrms				
Test 0 %				
Injected Voltage Signal (mVrms)		การทดสอบ		
System 1 Display		สัญญาณที่ 0 %		
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				
Test 50 %				
Injected Voltage Signal (mVrms)		การทดสอบ		
System 1 Display		สัญญาณที่ 50 %		
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				
Test 100 %				
Injected Voltage Signal (mVrms)		การทดสอบ		
System 1 Display		สัญญาณที่ 100 %		
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				
Test Alert				
Injected Voltage Signal (mVrms)		การทดสอบ		
System 1 Display		สัญญาณ Alarm		
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				
Test Danger				
Injected Voltage Signal (mVrms)		การทดสอบ		
System 1 Display		สัญญาณ Trip		
DCS Reading Output/mA Output				
Alarm 1/Alert Status (ON/OFF)				
Alarm 2/Danger Status (ON/OFF)				

5.1.4 แผนผังการเดินสายไฟ (Wiring Diagram)

แผนผังการเดินสายไฟเป็นเอกสารที่จะใช้ประกอบกับการทำลูปเทส ซึ่งเอกสารดังกล่าวจะบอกถึงตำแหน่งที่จะทำการวัดหรือป้อนสัญญาณโดยการวงกลมสีแดงและจะระบุชื่อของระบบที่จะทำการทดสอบไว้โดยย่อ พร้อมทั้งระบุเลขของสัญญาณเอาไว้ เช่น No.1 Vibration แสดงว่าตำแหน่งที่จะทำการทดสอบเป็นต้น ส่วนในกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงจะเป็นปลายทางที่จะไปแสดงผลของสัญญาณ ซึ่ง R30 หมายถึงจะไปแสดงที่จอ System 1 และTMC หมายถึงหน้าจอ DCS ภายในห้อง Control Room ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 Wiring Diagram ของ Vibration Bearing No.1, No.2

## 5.2. ผลการเก็บค่า Range, Alarm, Trip

โครงการการศึกษาและปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) ฉบับนี้จะแสดงผลที่ได้จากการเก็บค่า Range, Alarm, Trip ในขั้นตอนที่ 4.2.9 เพื่อเป็นค่าอ้างอิงสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ใหม่

ตารางที่ 5.3 ค่า Range, Alarm, Trip ของ Turbine Supervisory Instrumentation Rack 1

Tag Name	Rack	Slot	Chan	Module Type	Transducer Type	Bottom Scale	Top Scale	Units	Transducer Orientation	Keyphas or Assigned	Alert L	Alert H	Danger LL	Danger HH	ZPV
	1	0 up		3500/15 Power Supply											
	1	0 low		3500/15 Power Supply											
	1	1		3500/22M TDI-Transient Data Int											
	1	2		3500 Blank Slot											
No.1 Brg	1	3	1	3500/42M Prox/Velom I/O (Int. Term.)	3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
No.2 Brg	1	2	2		3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
Spare	1	3	3												
Spare	1	4	4												
No.3 Brg	1	4	1	3500/42M Prox/Velom I/O (Int. Term.)	3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
No.4 Brg	1	2	2		3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
Spare	1	3	3												
Spare	1	4	4												
No.5 Brg	1	5	1	3500/42M Prox/Velom I/O (Int. Term.)	3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
No.6 Brg	1	2	2		3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
Spare	1	3	3												
Spare	1	4	4												
No.7 Brg	1	6	1	3500/42M Prox/Velom I/O (Int. Term.)	3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
No.8 Brg	1	2	2		3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
Spare	1	3	3												
Spare	1	4	4												
No.9 Brg	1	7	1	3500/42M Prox/Velom I/O (Int. Term.)	3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
No.10 Brg	1	2	2		3300-8mm Proximitor	0	400	um.	90 Left			125		250	
Spare	1	3	3												
Spare	1	4	4												

ตารางที่ 5.4 ค่า Range, Alarm, Trip ของ Turbine Supervisory Instrumentation Rack 2

Tag Name	Rack	Slot	Chan	Module Type	Transducer Type	Bottom Scale	Top Scale	Units	Keyphas or Assigned	Alert L	Alert H	Danger LL	Danger HH	ZPV
	2	0 up		3500/15 Power Supply										
	2	0 low		3500/15 Power Supply										
	2	1		3500/22M TDI-Transient Data Int										
	2	2		3500 Blank Slot										
SPEED	2	3 up	1	3500/25 Keyphasor I/O Module (Int. Term.)	Proximitor		0	4000	rpm					
Spare	2	2	2											
ECC	2	4	1	3500/42M Prox/Velom I/O (Int. Term.)	3300-8mm Proximitor	0	200	um.	SPEED		75		No	-9.75
Spare	2	2	2											
Spare	2	3	3											
Spare	2	4	4											
THRUST#1	2	5	1	3500/42M Prox/Velom I/O (Int. Term.)	3300-8mm Proximitor	-1.5	1.5	mm.		-0.9	0.9	No	No	-9.75
THRUST#2	2	2	2		3300-8mm Proximitor	-1.5	1.5	mm.		-0.9	0.9	No	No	-9.75
Spare	2	3	3											
Spare	2	4	4											
DIFF EXP HP#1	2	6	1	3500/45 Position I/O (Int. Term.)	25mm Extended Range Proximitor	-10	20	mm.		-8	15	-8.8	15.8	-6.50
DIFF EXP HP#2	2	2	2		25mm Extended Range Proximitor	-10	20	mm.		-8	15	-8.8	15.8	-6.50
Spare	2	3	3											
Spare	2	4	4											
DIFF EXP LP#1	2	7	1	3500/45 Position I/O (Int. Term.)	25mm Extended Range Proximitor	-5	25	mm.		-1	20	-1.8	20.8	-6.50
DIFF EXP LP#2	2	2	2		25mm Extended Range Proximitor	-5	25	mm.		-1	20	-1.8	20.8	-6.50
Spare	2	3	3											
Spare	2	4	4											
	2	8	1	3500/45 Position I/O (Int. Term.)										
	2	2	2											
	2	3	3											
	2	4	4		Nonstandard DC LVDT	0	5	cm.			0.33			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 88  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3. ผลการเก็บค่า Gap

โครงการการศึกษาและปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) ฉบับนี้ จะแสดงผลที่ได้จากการเก็บค่า Gap ของเดิมก่อนที่จะทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ของใหม่ในขั้นตอนที่ 4.2.1.5 ดังแสดงในตารางที่ 5.5 ซึ่งภายในตารางจะมีรายละเอียด ดังนี้

หมายเลข 1 แสดงถึงลำดับของอุปกรณ์

หมายเลข 2 แสดงถึงพื้นที่ทำการติดตั้ง โดยที่ STG จะหมายถึง บริเวณ Steam Turbine

หมายเลข 3 แสดง Tag ที่อธิบายรายละเอียดอุปกรณ์

หมายเลข 4 แสดงถึงค่า Gap Voltage ที่วัดออกมาได้ในหน่วยเป็น Voltage

หมายเลข 5 แสดงถึงชนิดของ Proximity Probe ที่ใช้งาน

ตารางที่ 5.5 ค่า Gap ของ Turbine Supervisory Instrumentation

1	2	3	4	5
Qtn	Area	Tag Service	Existing Voltage (V)	Type
1	STG	Phase Angle	-X.XX	8 mm
2	STG	Eccentricity	-X.XX	8 mm
3	STG	Rotor Position	-9.75	11 mm
4	STG	Rotor Position	-X.XX	11 mm
5	STG	HP Diff Exp-1	-X.XX	25 mm
6	STG	HP Diff Exp-2	-6.096	25 mm
7	STG	LP Diff Exp-1	-X.XX	25 mm
8	STG	LP Diff Exp-2	-X.XX	25 mm
9	STG	Case Expansion	-1.015	LVDT
10	STG	Main Trb Zero Speed	-5.363	11 mm
11	STG	Main Trb Zero Speed	-X.XX	11 mm
12	STG	VIB ELEMENT VE-1	-10.29	8 mm
13	STG	VIB ELEMENT VE-2	-X.XX	8 mm
14	STG	VIB ELEMENT VE-3	-X.XX	8 mm
15	STG	VIB ELEMENT VE-4	-X.XX	8 mm
16	STG	VIB ELEMENT VE-5	-X.XX	8 mm
17	STG	VIB ELEMENT VE-6	-X.XX	8 mm
18	STG	VIB ELEMENT VE-7	-X.XX	8 mm
19	STG	VIB ELEMENT VE-8	-X.XX	8 mm
20	STG	VIB ELEMENT VE-9	-X.XX	8 mm
21	STG	VIB ELEMENT VE-10	-X.XX	8 mm

หมายเหตุ: เนื่องจากไม่สามารถแสดงค่าได้ทั้งหมด เพราะเป็นความลับของทางโรงไฟฟ้าไม่สามารถเผยแพร่ได้ จึงแสดงค่าบางส่วนในรายงานเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4. ผลการทำ Linearity Check

โครงการการศึกษาและปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) ฉบับนี้ จะแสดงผลที่ได้จากการทำ Linearity Check ของ Proximity Probe ในขั้นตอนที่ 4.2.3.4 โดยที่ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของ Proximity Probe ต้องไม่เกิน  $\pm 5\%$  ของค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 5.6 ผลการทำ Linearity Check ของ Proximity Probe

Qtn	Area	Tag Service	Scale Factor	Type	Linearity Check
1	STG	Phase Angle	7.875 V/mm	8 mm	/
2	STG	Eccentricity	7.875 V/mm	8 mm	/
3	STG	Rotor Position	3.94 V/mm	11 mm	/
4	STG	Rotor Position	3.94 V/mm	11 mm	/
5	STG	HP Diff Exp-1	0.785 V/mm	25 mm	/
6	STG	HP Diff Exp-2	0.785 V/mm	25 mm	/
7	STG	LP Diff Exp-1	0.787 V/mm	25 mm	/
8	STG	LP Diff Exp-2	0.787 V/mm	25 mm	/
9	STG	Case Expansion	-	LVDT	/
10	STG	Main Trb Zero Speed	3.94 V/mm	11 mm	/
11	STG	Main Trb Zero Speed	3.94 V/mm	11 mm	/
12	STG	VIB ELEMENT VE-1	7.877 V/mm	8 mm	/
13	STG	VIB ELEMENT VE-2	7.874 V/mm	8 mm	/
14	STG	VIB ELEMENT VE-3	7.874 V/mm	8 mm	/
15	STG	VIB ELEMENT VE-4	7.874 V/mm	8 mm	/
16	STG	VIB ELEMENT VE-5	7.874 V/mm	8 mm	/
17	STG	VIB ELEMENT VE-6	7.874 V/mm	8 mm	/
18	STG	VIB ELEMENT VE-7	7.875 V/mm	8 mm	/
19	STG	VIB ELEMENT VE-8	7.875 V/mm	8 mm	/
20	STG	VIB ELEMENT VE-9	7.874 V/mm	8 mm	/
21	STG	VIB ELEMENT VE-10	7.874 V/mm	8 mm	/

จากตารางที่ 5.6 จะเห็นได้ว่า Proximity Probe แต่ละตัวมีค่า Linearity และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต้องไม่เกิน  $\pm 5\%$  ของค่ามาตรฐาน คือ สำหรับหัว 8 mm มีค่า Scale Factor มาตรฐานคือ 7.874 V/mm ซึ่งค่าที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง 7.480 ถึง 8.268 V/mm สำหรับหัว 11 mm มีค่า Scale Factor มาตรฐานคือ 3.94 V/mm ซึ่งค่าที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง 3.743 ถึง 4.137 V/mm สำหรับหัว 25 mm มีค่า Scale Factor มาตรฐานคือ 0.787 V/mm ซึ่งค่าที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง 0.748 ถึง 0.826 V/mm ดังนั้นค่า Scale Factor ของ Proximity Probe แต่ละตัวจึงสามารถนำไปใช้วัดค่าได้เนื่องจากมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต้องไม่เกิน  $\pm 5\%$  ของค่ามาตรฐาน

## 5.5 ผลของการตรวจสอบ Loop (Loop Test)

โครงการการศึกษาและปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) ฉบับนี้ จะแสดงผลที่ได้จากการตรวจสอบ Loop ในขั้นตอนที่ 4.2.4 ซึ่งวิธีการทดสอบจะทดสอบด้วยการปลดสาย Extension Cable ที่ Proximitors ออก เพื่อเช็คการ Wiring สายสัญญาณ ดังแสดงผลการทดสอบในตาราง ที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการตรวจสอบ Loop

Qtn	Area	Tag Service	Tag	From Field to 3500	From 3500 to System1	From 3500 to DCS
1	STG	Phase Angle SE-20	3TGA-SE-20	/	/	/
2	STG	ECC ZE-1	3TGA-ZE-1	/	/	/
3	STG	ZE-2 TB Rotor Position	3TGA-ZE-2	/	/	/
4	STG	ZE-15 TB Rotor Position	3TGA-ZE-15	/	/	/
5	STG	ZE-3 HP Diff Exp	3TGA-ZE-3	/	/	/
6	STG	ZE-14 HP Diff Exp	3TGA-ZE-14	/	/	/
7	STG	ZE-4 LP Diff Exp	3TGA-ZE-4	/	/	/
8	STG	ZE-16 LP Diff Exp	3TGA-ZE-16	/	/	/
9	STG	Case Expansion	3TGA-ZE-5	/	/	/
10	STG	Main Trb Zero Speed	3TGA-SE-12	/	/	/
11	STG	Main Trb Zero Speed	3TGA-SE-13	/	/	/
12	STG	VIB ELEMENT VE-1	3TGA-VE-1	/	/	/
13	STG	VIB ELEMENT VE-2	3TGA-VE-2	/	/	/
14	STG	VIB ELEMENT VE-3	3TGA-VE-3	/	/	/
15	STG	VIB ELEMENT VE-4	3TGA-VE-4	/	/	/
16	STG	VIB ELEMENT VE-5	3TGA-VE-5	/	/	/
17	STG	VIB ELEMENT VE-6	3TGA-VE-6	/	/	/
18	STG	VIB ELEMENT VE-7	3TGA-VE-7	/	/	/
19	STG	VIB ELEMENT VE-8	3TGA-VE-8	/	/	/
20	STG	VIB ELEMENT VE-9	3TGA-VE-9	/	/	/
21	STG	VIB ELEMENT VE-10	3TGA-VE-10	/	/	/

จากการทำลูปทดสอบและตารางของผลการทำลูปทดสอบที่แสดงไปข้างต้นจะเห็นได้ว่าทุกสัญญาณที่ทำการลูปทดสอบสามารถส่งสัญญาณได้ปกติ รวมถึงอุปกรณ์ที่อยู่หน้างานสามารถทำงานได้ตามปกติ

## 5.6 ผลของการตรวจสอบ Loop Function (Loop Function Test)

โครงการการศึกษาการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) ฉบับนี้ จะแสดงผลที่ได้จากการตรวจสอบ Loop Function แต่ละ Card ในขั้นตอนที่ 4.2.5 โดยที่เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต้องไม่เกิน  $\pm 1\%$  ซึ่งภายในตารางที่ 5.8 มีรายละเอียด ดังนี้

หมายเลข 1 แสดงถึงลำดับของอุปกรณ์

หมายเลข 2 แสดงถึงพื้นที่ทำการติดตั้ง โดยที่ STG จะหมายถึง บริเวณ Steam Turbine

หมายเลข 3 แสดง Tag ที่อธิบายรายละเอียดอุปกรณ์

หมายเลข 4 แสดงถึงค่า เปอร์เซ็นต์ Error ที่ได้จากการทดสอบ Card ที่ตำแหน่งต่างๆ

ตารางที่ 5.8 ผลของการตรวจสอบ Loop Function

1 Qtn	2 Area	3 Tag Service	Error(%)					4 Test Danger
			Test 0 %	Test 50 %	Test 100 %	Test Alert	Test Danger	
1	STG	Phase Angle SE-20	0	0	0	n/a	n/a	
2	STG	ECC ZE-1	0	0.790	0.035	0	n/a	
3	STG	ZE-2 TB Rotor Position	0.670	0	0.670	0	n/a	
4	STG	ZE-15 TB Rotor Position	0.670	0	0.670	0	n/a	
5	STG	ZE-3 HP Diff Exp	0.400	0	0.550	0.067	0.038	
6	STG	ZE-14 HP Diff Exp	0.400	0	0.550	0	0.038	
7	STG	ZE-4 LP Diff Exp	0.800	0	0.240	0.035	0.024	
8	STG	ZE-16 LP Diff Exp	0.800	0	0.240	0.056	0.024	
9	STG	Case Expansion	0	0	0	0.330	n/a	
10	STG	Main Trb Zero Speed	1.000	0	0.0025	0.330	n/a	
11	STG	Main Trb Zero Speed	1.000	0	0.0025	0.330	n/a	
12	STG	VIB ELEMENT VE-1	0.500	0.090	0.560	0.790	0.050	
13	STG	VIB ELEMENT VE-2	0.600	0.015	0.200	0.030	0.590	
14	STG	VIB ELEMENT VE-3	0.200	0.300	0.012	0.030	0.040	
15	STG	VIB ELEMENT VE-4	0.040	0.560	0.600	0.050	0.300	
16	STG	VIB ELEMENT VE-5	0.030	0.200	0.200	0.590	0.060	
17	STG	VIB ELEMENT VE-6	0.300	0.012	0.040	0.040	0.015	
18	STG	VIB ELEMENT VE-7	0.060	0.040	0.030	0.050	0.090	
19	STG	VIB ELEMENT VE-8	0.015	0.030	0.300	0.090	0.100	
20	STG	VIB ELEMENT VE-9	0.090	0.300	0.060	0.015	0.300	
21	STG	VIB ELEMENT VE-10	0.100	0.060	0.015	0.400	0.050	

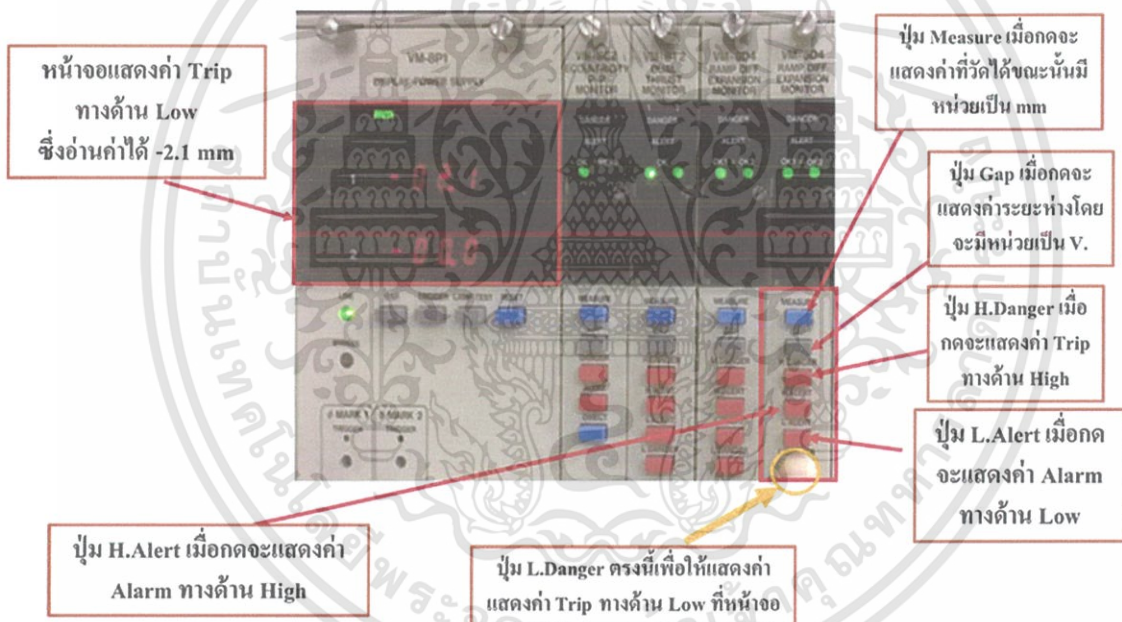
จากการทำ Loop Function Test และตารางของผลการทำลูปเทสที่แสดงในตารางข้างต้น จะเห็นว่าจากการทำ Loop Function Test สามารถอ่านค่าความผิดพลาดได้ไม่เกิน  $\pm 1\%$

## 5.7 ผลลัพธ์การอัปเดตทางด้านซอฟต์แวร์

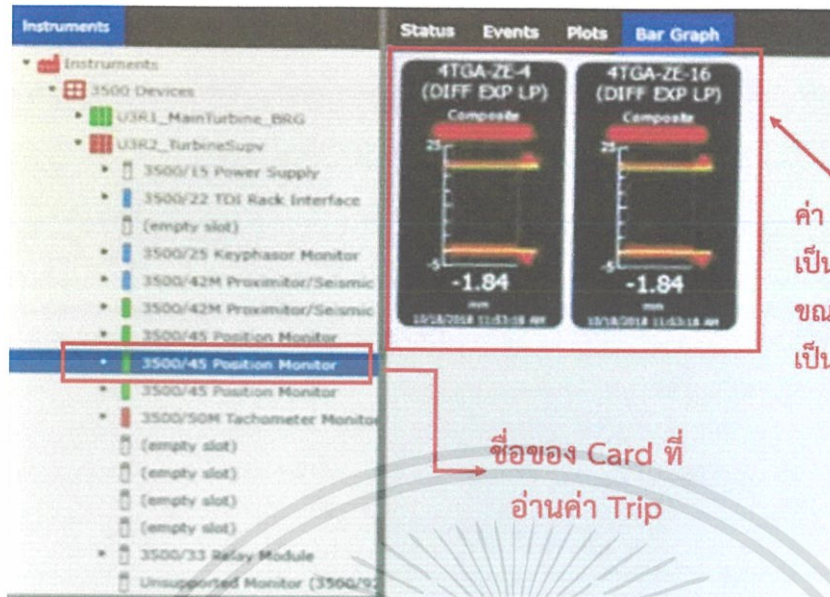
จากหัวข้อที่ 4.1.3 แนวคิดการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation (TSI) ข้อที่ 1 ที่กล่าวว่า “ติดตั้งระบบ Monitoring เพื่อให้สามารถแสดงผลจากการวัดทุกๆสัญญาณและแสดง Status ต่างๆแบบ Real Time และสามารถเก็บข้อมูลย้อนหลังได้ในรูปแบบของ Trend และ Historian Data” ทำให้ผลลัพธ์ทางด้านซอฟต์แวร์มีความแตกต่างจากเดิม เนื่องจากของเดิมจะอ่านได้เพียงค่า Gap, Alarm และ Trip เท่านั้น ไม่สามารถดูค่าอื่นๆได้ อาทิเช่น ค่า Trend เป็นต้น ในหัวข้อนี้จะยกตัวอย่างมาเพียงบางส่วนเพื่อนำมาเปรียบเทียบในส่วนของหน้าจอ ของเดิมเทียบกับของใหม่มีดังนี้

### 5.7.1 หน้าจอแสดงผล (Monitoring)

การอ่านค่า Gap, Alarm และ Trip ของเดิมจะอ่านโดยการกดดูที่หน้า Card ที่ต้องการดูผลดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งจะเป็นตัวอย่างการอ่านค่า Trip ของ Card Ramp Diff. Expansion (LP) แต่ของใหม่สามารถอ่านค่าได้ที่หน้าจอของระบบ System 1 ได้เลยซึ่งจะแสดงผลเป็น Bar Graph ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งจะเป็นตัวอย่างการอ่านค่า Gap ของ Card Ramp Diff. Expansion (LP)



รูปที่ 5.3 หน้าจอแสดงผล (Monitoring) (ก่อนอัปเดต)



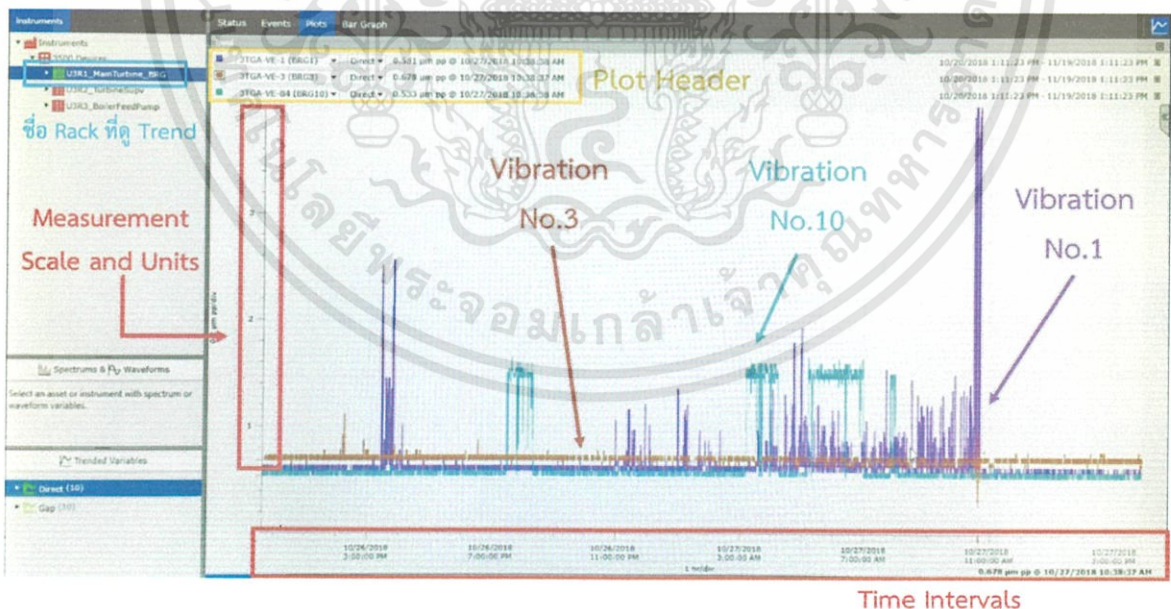
ค่า Trip ที่อ่านได้แสดงค่า เป็น Bar Graph ซึ่งอ่านค่า ขณะนั้นได้ -1.84 mm ซึ่ง เป็นค่า Trip ทางด้าน Low

ชื่อของ Card ที่ อ่านค่า Trip

รูปที่ 5.4 หน้าจอแสดงผล (Monitoring) (หลังการอัปเดต)

### 5.7.2 หน้าจอการทำงานของฟังก์ชัน Trend

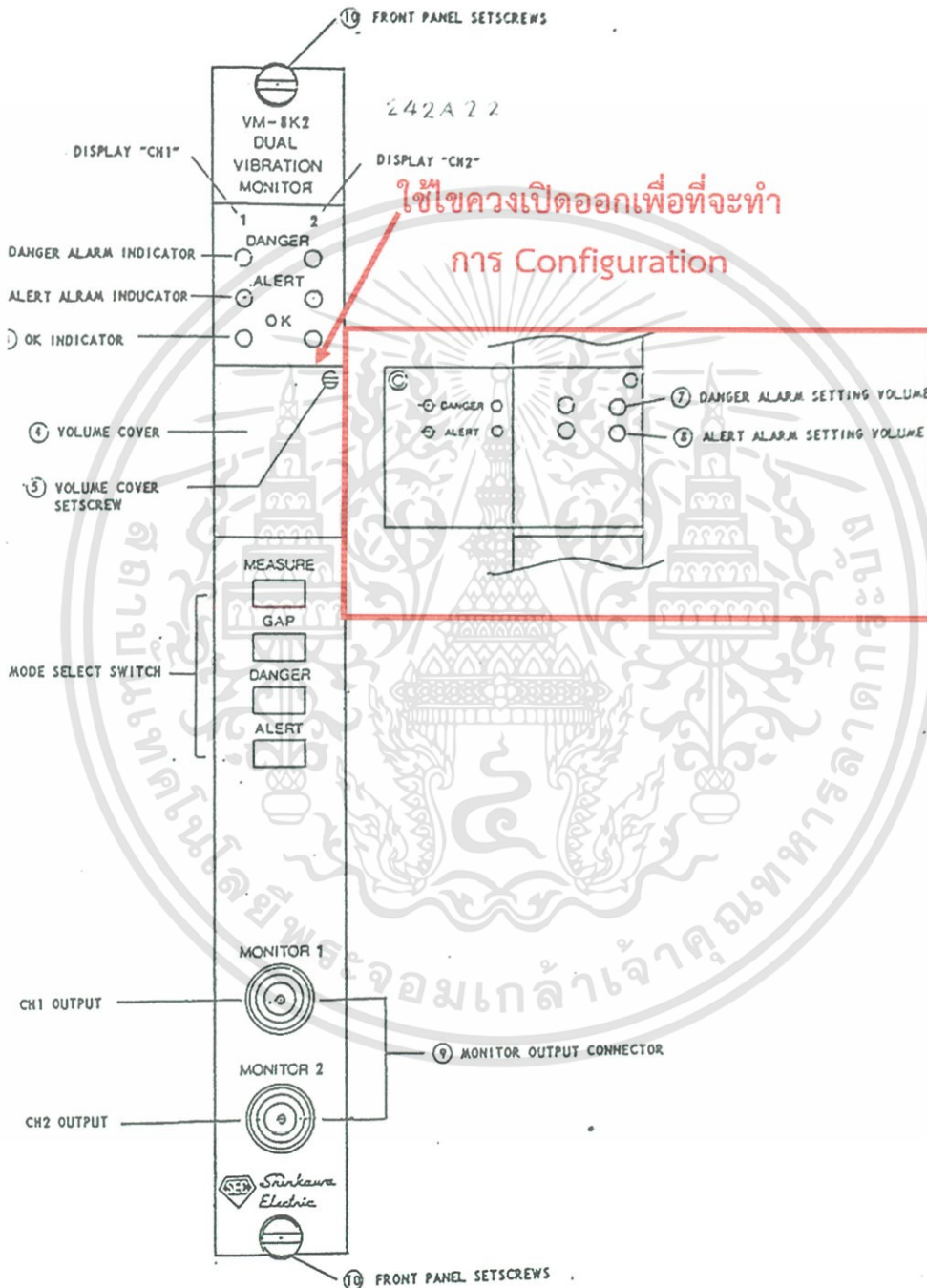
เนื่องจากในระบบเดิมของ Shinkawa จะไม่สามารถแสดงค่า Trend ได้เพราะไม่มีหน้าจอ Monitor ที่ใช้แสดงผล แต่ในระบบใหม่ของ Bently Nevada 3500 จะมีการติดตั้งจอ Monitor เพิ่มทำให้สามารถแสดงค่า Trend ที่หน้าจอได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.5



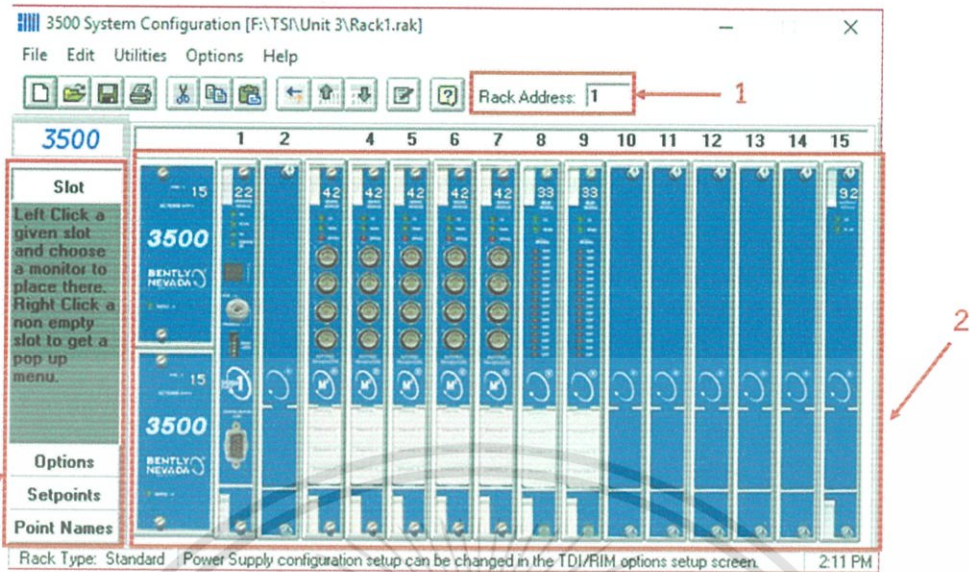
รูปที่ 5.5 หน้าจอการทำงานของฟังก์ชัน Trend (หลังการอัปเดต)

### 5.7.3 หน้าจอ 3500 System Configuration Monitoring

ในระบบเดิม (Shinkawa) การ Configuration จะทำที่ตัว Hardware ซึ่งจะยกตัวอย่างหน้า Card ที่ใช้ในการ Configuration เป็น Card Vibration No.1 ดังแสดงในรูปที่ 5.6 แต่ในระบบใหม่ (Bently Nevada 3500) สามารถ Configuration ผ่านโปรแกรม 3500 System Configuration ดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.6 Hardware Configuration ของ Vibration (Shinkawa)



รูปที่ 5.7 หน้าจอโปรแกรมที่ใช้ Configuration (หลังการอัปเดต)

จากรูปที่ 5.7 แสดงหน้าจอโปรแกรมที่ใช้ Configuration ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

หมายเลข 1 Rack Address จะแสดง Rack ที่ทำการ Configuration ซึ่งในที่นี้จะแสดงการ Configuration Rack ที่ 1

หมายเลข 2 Rack Diagram จะแสดง Module ต่างๆที่ติดตั้งอยู่ภายใน Rack

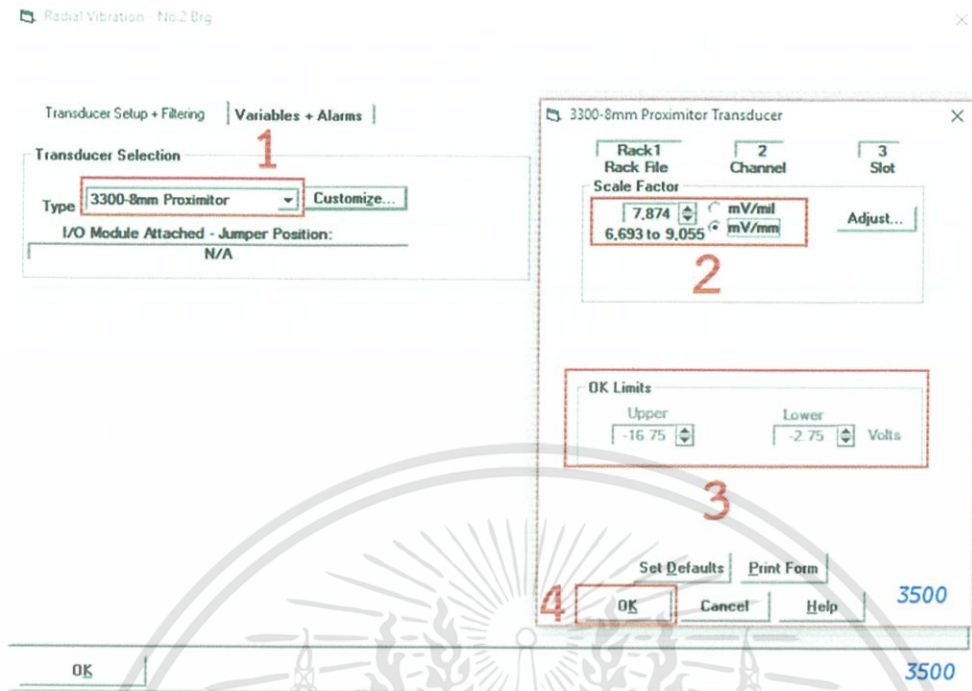
หมายเลข 3 Mode Bars จะใช้ในการตั้งค่า Rack Diagram ประกอบไปด้วย

- Slot ใช้สร้าง Module ที่จะใส่ไปภายใน Rack
- Options ใช้ตั้งค่า Module
- Set Points ใช้ตั้งค่า Alarms และ Trip สำหรับแต่ละ Channel ใน Monitor
- Point Names ใช้ตั้งค่าชื่อสำหรับแต่ละ Monitor Channel

#### 5.7.4 ตัวอย่างหน้าจอการ Configuration

จากรูปที่ 5.8 แสดงหน้าจอการ Configuration ในตัวอย่างการ Configuration Module Vibration No.2 ภายใน Rack ที่ 1 โดยที่จะต้องทำการเลือกตามนี้ คือ

1. เลือกขนาดของหัว Transducer ตามหมายเลข 1
2. ใส่ค่า Scale Factor ที่คำนวณได้หลังจากการทำ Linearity ที่หมายเลขที่ 2
3. เมื่อใส่ขนาดของหัว Transducer แล้ว ระบบจะทำการเลือก Range ของ OK Limit ให้อัตโนมัติ ดังหมายเลขที่ 3
4. กดปุ่ม OK ตรงหมายเลขที่ 4 เพื่อทำการ Setting



รูปที่ 5.8 หน้าจอการ Configuration Card Vibration (หลังการอัปเดต)

### 5.7.5 ตัวอย่างหน้าจอการ Configuration ค่า Set Point

จากรูปที่ 5.9 จะเห็นว่าเป็นตัวอย่างการ Configuration ค่า Set Point ของ Vibration ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 เป็นการ Set ค่า Alarm

หมายเลข 2 เป็นการ Set ค่า Trip



รูปที่ 5.9 หน้าจอการ Configuration ค่า Set Point (หลังการอัปเดต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 97  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

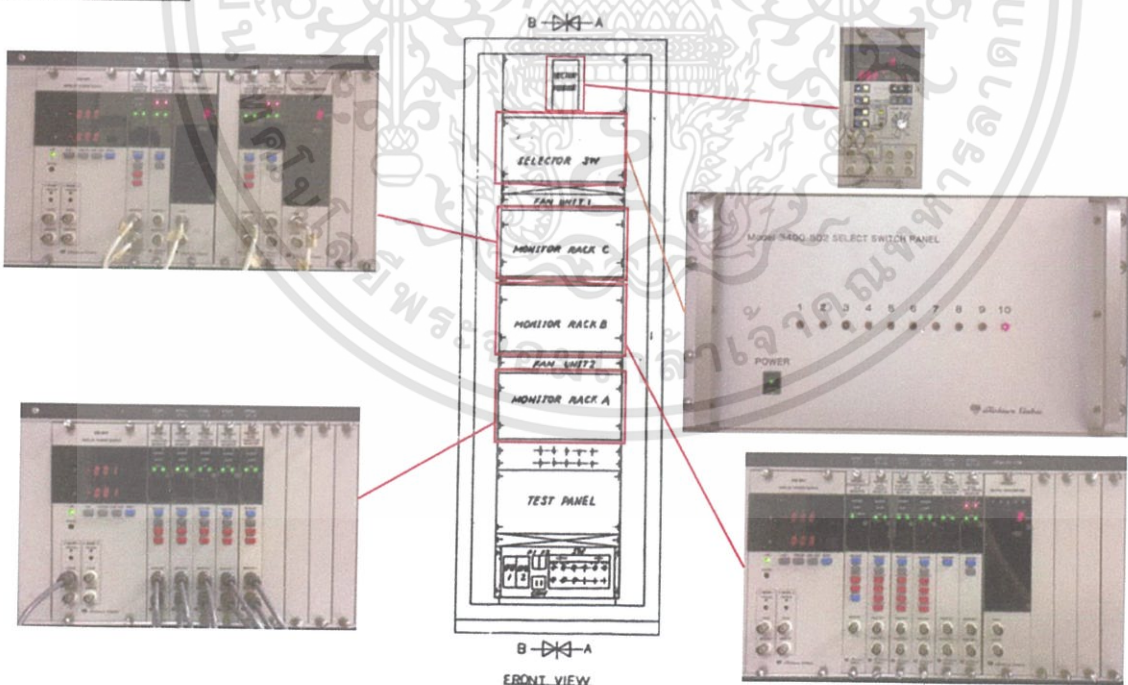
## 5.8 ผลลัพธ์การอัปเดตฮาร์ดแวร์ (ระบบ TSI) ก่อนและหลังการอัปเดต

จากรูปที่ 5.11 จะเป็นภาพด้านหน้าของตู้ TSI ก่อนที่จะทำการปรับปรุง ซึ่งจะเห็นว่าที่ตู้ของเดิมแต่ละ Rack นั้นจะมีหน้าจอที่แสดงผลภายใน Rack ได้เลย ซึ่งค่าที่อ่านได้จากหน้า Card จะประกอบไปด้วย ค่าที่วัดได้ ขณะนั้น คือ ค่า Gap ค่า Alarm และค่า Trip ในขณะที่ Module Card ของใหม่ ดังรูปที่ 5.13 จะไม่มีหน้าจอแสดงผลทำให้ต้องมีการติดตั้งจอ Monitor เพิ่มเข้ามาดังรูปที่ 5.10 เพื่อที่จะสามารถอ่านค่าต่างๆได้



รูปที่ 5.10 หน้าจอ Monitor ของใหม่

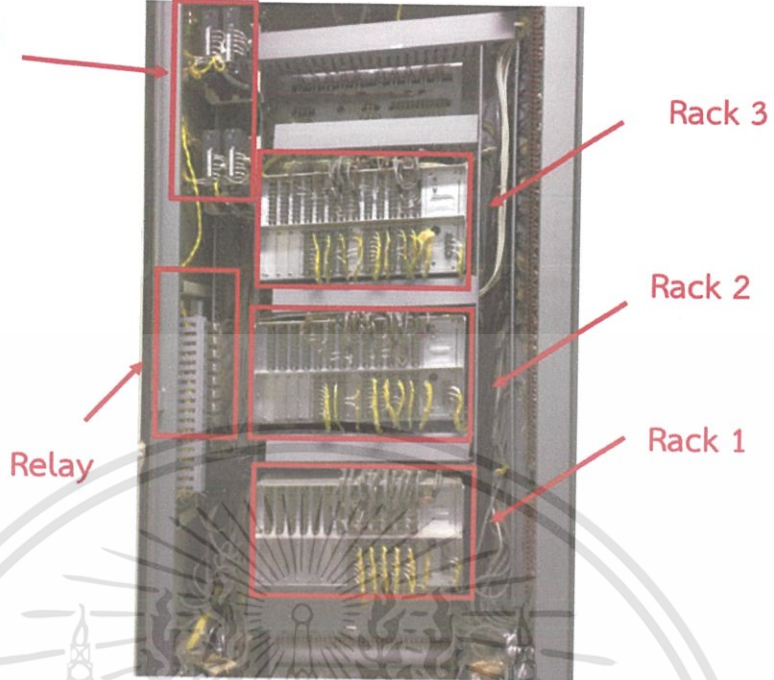
### ก่อนการอัปเดต



รูปที่ 5.11 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ TSI ที่ด้านหน้าของตู้ก่อนการอัปเดต

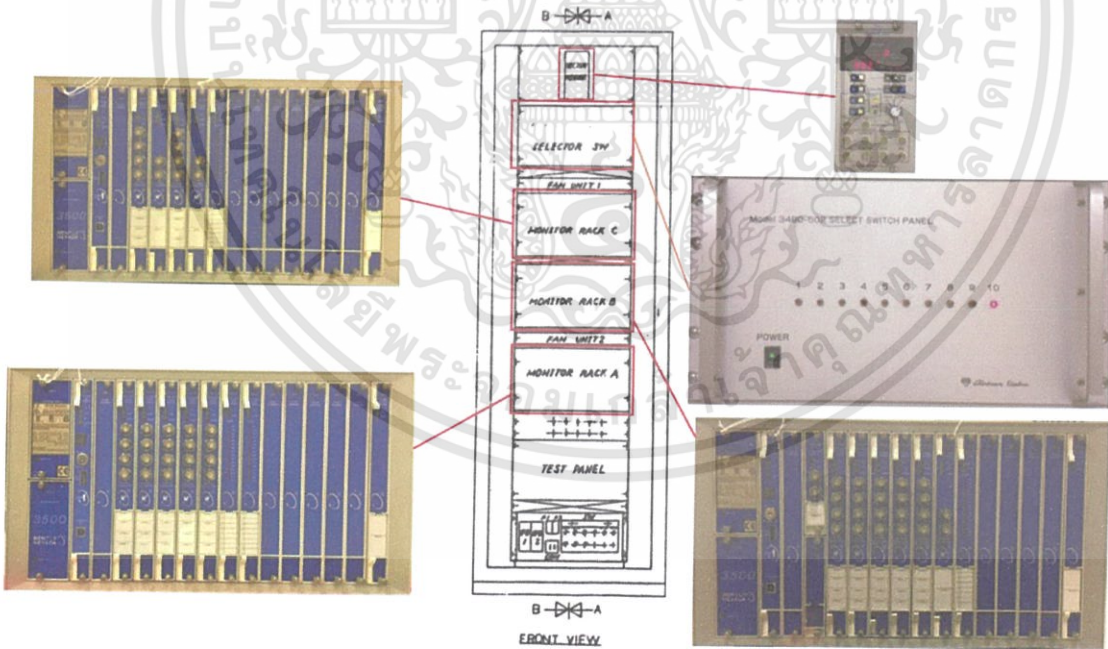
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Isolator 4-20 mA  
to 4-20 mA



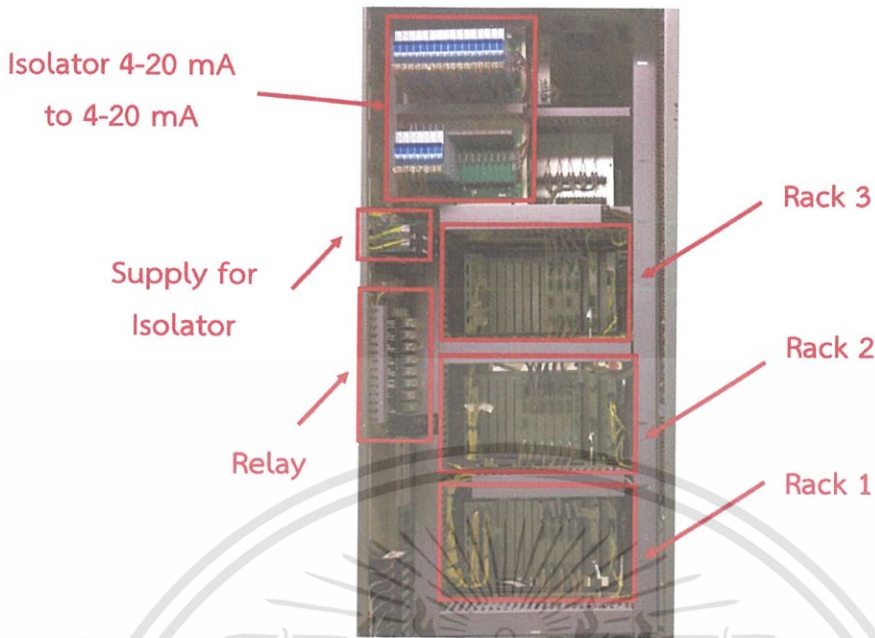
รูปที่ 5.12 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ TSI ที่ด้านหลังของตู้ก่อนการอัปเดต

หลังการอัปเดต



รูปที่ 5.13 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ TSI ที่ด้านหน้าของตู้ TSI หลังการอัปเดต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



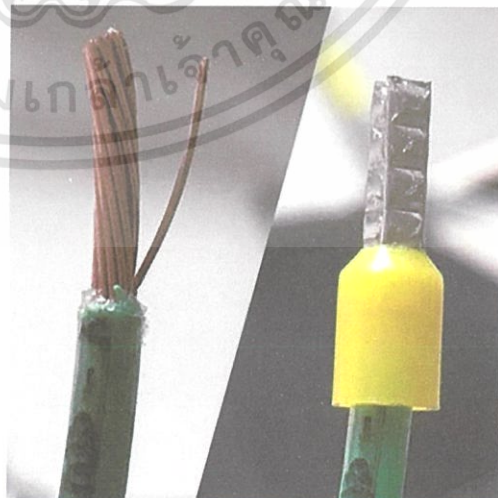
รูปที่ 5.14 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ TSI ที่ด้านหลังของตู้ TSI หลังการอัปเดต

เมื่อพิจารณาใน TSI Cabinet ด้านหลังก่อนการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 5.12 และหลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูป 5.14 จะมีรายละเอียดที่เปลี่ยนไปดังนี้

1. Isolator 4-20 mA to 4-20 mA เป็นอุปกรณ์ใหม่ที่เปลี่ยน ไม่ทำหน้าที่แยกการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่าง Module Card กับ DCS โดยส่งผ่านเฉพาะค่าสัญญาณ Analog
2. เปลี่ยนวิธีการ Wiring สายสัญญาณเข้าไปข้างหลัง Card ซึ่งในแบบเดิมจะใช้เป็นแบบหางปลาดังรูปที่ 5.15 ในขณะที่ของใหม่จะเปลี่ยนการ Wiring สายสัญญาณเข้าไปข้างหลัง Card เป็นการใส่ Ferrule แทน ดังรูปที่ 5.16
3. Relay มีการเปลี่ยนใหม่เนื่องจากเปลี่ยน Card ของ Bentley Nevada ใช้ไฟเลี้ยงใช้ไฟเลี้ยง 60 Vdc ซึ่ง Relay เดิมใช้ไฟเลี้ยง 100 Vac จึงต้องทำการเปลี่ยน Relay ใหม่มาเป็นแบบ 24 Vdc แทนซึ่งดึงไฟเลี้ยงมาจาก Isolator



รูปที่ 5.15 สายไฟแบบ Ring Crimp Terminal



รูปที่ 5.16 สายไฟแบบ Wire Ferrule

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินงานทั้งหมด ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการดำเนินงาน แนวทางการแก้ไขปัญหาตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อให้ได้ซึ่งผลของการดำเนินงานที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

#### 6.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานที่ได้กล่าวมาในบทที่ 4 ทำให้ผู้จัดทำได้เข้าใจถึงการทำงานของระบบ Turbine Supervisory Instrumentation ที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานของ Turbine ในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบกังหันไอน้ำที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า รวมทั้งได้ศึกษาในส่วนของ การติดตั้งและการสอบเทียบของทั้งบริษัท Shinkawa และ Bently Nevada 3500 ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และ ซอร์ฟแวร์อีกด้วย

จากผลการดำเนินงานที่ได้กล่าวมาในบทที่ 5 นั้นจะเห็นได้ว่าหลังจากการปรับปรุงระบบ Turbine Supervisory Instrumentation ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์แล้ว อุปกรณ์การวัดต่างๆ สามารถทำงานได้ตามปกติ อีกทั้งยังส่งผลให้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนส่วนประกอบและอุปกรณ์ของระบบ TSI ในอนาคต สามารถยืดอายุการใช้งานของระบบ TSI ได้ สามารถคงการทำงานของฟังก์ชันในระบบ DCS ให้เป็นดังเดิมได้ สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหาขึ้นกับกระบวนการการผลิตกระแสไฟฟ้าอันเนื่องมาจาก ความบกพร่องของระบบ TSI สามารถรักษาความพร้อมในการจัดหาและบำรุงรักษาส่วนประกอบและอุปกรณ์ หากเกิดการชำรุดหรือเสียหายไว้ได้ นอกจากนี้ยังได้รับความสะดวกต่อการควบคุมรวมไปถึงการซ่อมบำรุงผ่านทาง Human Machine Interface (HMI) ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 อีกด้วย

#### 6.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. Relay ของ Card เดิม (Shinkawa) กับของใหม่ (Bently Nevada 3500) ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากัน โดยที่ Card เดิมจะใช้ไฟเลี้ยง 100 Vac แต่ Card ของใหม่รองรับไฟได้แค่ 60 Vdc
2. ไม่สามารถ Test Full Scale Range ได้ เพราะ Card ของ ระบบTSI เดิม (Shinkawa) ใช้ไฟเลี้ยง 100 Vac แต่ Card ใหม่ใช้ไฟเลี้ยงแค่ 60 Vdc ทำให้ไฟไม่พอที่จะ Test Full Scale Range
3. LVDT ของใหม่และของเดิมที่ทำการติดตั้งมีขนาดไม่เท่ากัน
4. มีการติดตั้ง Power Supply ของ Isolator เพิ่มเข้าไปทำให้สายไฟของเดิมยาวไม่พอ เนื่องจาก Isolator ของเดิมจะมี Power Supply ภายตัวเอง

#### 6.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค

1. ทำการเปลี่ยน Relay ใหม่ให้มีขนาดเป็น 24 Vdc แทน แล้วใช้ไฟเลี้ยงโดยดึงไฟมาจาก Power Supply ของ Isolator แทน
2. ทำการตัด Load ที่ไม่จำเป็นออก ทำได้โดยตัดสายไฟที่ไปเลี้ยง Recorder ออกเนื่องจากไม่ได้ใช้งานแล้ว
3. จัดทำอุปกรณ์ที่จะติดตั้ง LVDT ลงไปใหม่
4. ทำการเดินสายไฟใหม่ให้มีควมยาวพอที่ต่อไปถึง Isolator

#### 6.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระยะเวลา 4 เดือนในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาไม่สอดคล้องกับระยะเวลาดำเนินงานของโครงการของบริษัท ผู้จัดทำจึงไม่สามารถอยู่ถึงขั้นตอนสุดท้ายคือการ Start Up Plant ได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำหรับทดสอบระบบจริง



## เอกสารอ้างอิง

- [1] GE Energy (Thailand) Ltd. (2014) Bently Nevada\* Machinery Condition Monitoring 3500 Operation and Maintenance Manual.
- [2] GE Energy (Thailand) Ltd. (2014) Bently Nevada\* Machinery Condition Monitoring 3500 Monitoring System.
- [3] GE Energy (Thailand) Ltd. (2014) Bently Nevada\* Machinery Condition Monitoring 3500 Datasheet.
- [4] Shinkawa Sensor Technology, Inc. (1991). Instruction Manual for Monitor Unit.
- [5] Food Network Solution. (2553). ทรานสดิวเซอร์ชนิดเปลี่ยนแปลงความเหนียวนำแบบเชิงเส้น แหล่งที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7314/lvdt-ทรานสดิวเซอร์ชนิดเปลี่ยนแปลงความเหนียวนำแบบเชิงเส้น> (วันที่ค้นข้อมูล 23 ตุลาคม 2561)
- [6] Bently Nevada, Machinery Diagnostics Seminar, July 1989.
- [7] Bently Nevada, Machinery Monitor Seminar, July 1989.
- [8] John S. Mitchell. (1981). An Introduction to Machinery Analysis and Monitoring. Pennwell Books.
- [9] Mitsubishi Electric Corporation. Instrument. Instruction Book.
- [10] มนต์ชัย พุกบางจาก. (2547). Turbine Supervisory Instrumentation. ศูนย์ฝึกอบรมโรงไฟฟ้าบางปะกง
- [11] ศูนย์ฝึกอบรมโรงไฟฟ้าบางปะกง. (2547). Thermal Power Plant

## ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ - นามสกุล : นางสาวกุลณัฐ จรรยา  
วัน เดือน ปีเกิด : 8 พฤษภาคม 2540  
ที่อยู่ : 152/11 หมู่ 5 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000  
E-mail : kulranut.j@hotmail.com  
โทรศัพท์ : 089-247-1125  
ประวัติการศึกษา : พ.ศ.2555 – 2557 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย  
โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี  
: พ.ศ.2558 – ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ประสบการณ์ : มิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2561  
นักศึกษาฝึกงาน แผนกงานบำรุงรักษาไฟฟ้าและเครื่องวัดคุม  
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โรงไฟฟ้าบางปะกง  
: สิงหาคม - พฤศจิกายน พ.ศ. 2561  
นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนกระบบควบคุมและเครื่องมือวัด  
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โรงไฟฟ้าบางปะกง

