

การศึกษาระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของกระบวนการวัดระดับ  
ในถังน้ำ

A STUDY OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR INDUSTRIAL  
TANK PROCESS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

การศึกษาระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของกระบวนการวัดระดับ  
ในถังน้ำ

A STUDY OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR INDUSTRIAL  
TANK PROCESS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR INDUSTRIAL  
TANK PROCESS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

การศึกษาระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของ  
กระบวนการวัดระดับในถังน้ำ

STUDY DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR INDUSTRIAL  
TANK PROCESS

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายศิริชัย ทองชุม รหัสนักศึกษา 58011213

นายชัชพันธ์ เตชะไตรศร รหัสนักศึกษา 58010268

นายอารีฟ อัครวิริยะกุล รหัสนักศึกษา 58011449

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา

2561

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชื้อ นกอยู่	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของกระบวนการวัด  
ระดับในถังน้ำ

A STUDY OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR  
INDUSTRIAL TANK PROCESS

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายศิริชัย ทองชุม รหัสนักศึกษา 58011213

นายชัชพันธ์ เตชะไตรศร รหัสนักศึกษา 58010268

นายอาริฟ อัศววิริยะกุล รหัสนักศึกษา 58011449

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชื้อ นกอยู่

ปีการศึกษา

2561

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและปรับปรุงระบบควบคุมแบบกระจายของ  
กระบวนการวัดระดับในถังน้ำ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบและศึกษากระบวนการ คือ Delta V  
System ซึ่งประกอบด้วย CHARMs I/O card และ Wireless I/O card โดยวิธีการดำเนินงาน คือ  
(1) ศึกษาการใช้งานซอฟต์แวร์ Delta V System (2) ปรับปรุงระบบควบคุมกระบวนการทั้งแบบที่  
เป็น HART 4-20mA และ Wireless HART โดยใช้โปรแกรม diagnostic (3) บันทึกสาเหตุที่ทำให้  
ระบบทำงานผิดปกติ โดยหลังจากที่สามารถปรับปรุงระบบควบคุมได้แล้วกระบวนการวัดระดับน้ำใน  
ถังน้ำจะกลับมาทำงานเป็นปกติ

Thesis Title	A STUDY OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR INDUSTRIAL TANK PROCESS
Authors	Mr. Sirichai      Tongchum Mr. Chatchanun   Techatrisorn Mr. Arrif          Asavaviriyakul
Thesis Advisor	Asst. Prof. Chuae   Nokyoo
Year	2018

### ABSTRACT

The purposes of this thesis is to study maintenance of the industrial tank process through the use of the distributed control system by using Delta V that contain CHARMs and Wireless I/O cards and create a laboratory for Instrumentation Engineer. The investigation begins from study the system architecture, configuration and libraries of Delta V system. Secord, the maintenance a control system that contain with HART 4-20mA and Wireless HART was carried out through diagnostic. Once diagnostic has been carried out the systems errors are classified according to their causes. The control system will be ready to use after maintenance.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดีอย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชื้อ นกอยู่ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท ซึ่งได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และ ตรวจสอบทุกความถูกต้องทุกอย่างในปริญญาโทนี้ เพื่อให้ปริญญาโทเล่มนี้ถูกต้อง มีความสมบูรณ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ได้รับเป็นอย่างมาก จึงขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 หลักการและเหตุผลของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของอุปกรณ์ที่ทำการศึกษ.....</b>	<b>3</b>
2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับชนิดต่างๆ.....	3
2.1.1 Ultrasonic.....	3
2.1.2 Guided Wave Radar (GWR).....	5
2.1.3 Non - Contacting Radar.....	10
2.2 อุปกรณ์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter).....	11
2.2.1 Differential Pressure with Mainfold Valve.....	12
2.2.2 Differential Pressure Balance - System.....	14
2.2.3 Differential Pressure Transmitter Dry & Wet Leg.....	15
2.3 การวัดอัตราการไหล.....	18
2.3.1 อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล Rosemount 3051SF DP Flowmeters.....	18
2.3.2 Orifice Plate.....	19
2.4 การควบคุมการไหล.....	20
2.4.1 Control Valve.....	20

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 อุปกรณ์ควบคุมการไหล Fisher GX Control Valves.....	21
2.4.3 DCS (Distributed Control System).....	22
2.4.3.1 DCS Server.....	24
2.4.3.2 DCS Stations.....	24
2.4.3.3 DCS Controller.....	24
2.4.3.4 Networks/LAN (Fault Tolerant Ethernet).....	25
2.4.3.5 CHARacterization Modules (CHARM).....	25
2.5 การสื่อสาร.....	27
2.5.1 เทคโนโลยี WirelessHart.....	27
2.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสาร.....	28
2.6 การจูน PID (ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อินทิกรัล).....	29
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....</b>	<b>34</b>
3.1 ซ่อมบำรุง CHARMs I/O Card.....	34
3.1.1 ตรวจสอบด้วยโปรแกรม Diagnostic.....	35
3.2 แก้ไข License ของ Software Delta V.....	46
3.3 ทำการปรับ Zero และ Span ของเซนเซอร์.....	49
3.3.1 การตั้ง Name Tag ของเซนเซอร์.....	49
3.3.2 การปรับ Zero และ Span ของอุปกรณ์.....	52
3.3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ THUM Wireless เข้ากับระบบ.....	54
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....</b>	<b>57</b>
4.1 ตรวจสอบและแก้ไขสถานะภาพของระบบ โดยใช้ Diagnostic.....	57
4.2 ทำการ Set Zero and Span.....	59
4.3 การทำทดสอบระบบควบคุมที่เป็นทั้งแบบ Hart และ WirelessHART.....	63

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล ปัญหาการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	66
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	66
5.2 ปัญหาการทดลอง.....	66
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	66
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>67</b>



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 อุปกรณ์วัดระดับประเภท Ultrasonic.....	3
2.2 การวัดระดับของแท่งค้ำน้ำโดย Ultrasonic.....	4
2.3 การติดตั้งอุปกรณ์กับฐานยึด.....	4
2.4 การติดอุปกรณ์กับ Nozzle.....	5
2.5 อุปกรณ์วัดระดับประเภท Guide Wave Radar.....	5
2.6 การติดตั้งอุปกรณ์ประเภท Guide Wave Radar.....	7
2.7 ความผิดพลาดในการวัดระดับแบบแชมเบอร์ที่เกิดจากการวัดที่จำกัด.....	8
2.8 การติดตั้งแบบ Single Rigid และแบบ Single Flex.....	9
2.9 ตำแหน่งการติดตั้งที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม.....	9
2.10 อุปกรณ์วัดระดับประเภท Non-Contacting Radar.....	10
2.11 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับประเภท Non-Contacting Radar.....	11
2.12 อุปกรณ์วัดระดับประเภท Differential Pressure with Manifold Valve.....	12
2.13 อุปกรณ์วัดระดับประเภท Balance - System.....	14
2.14 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับประเภท Balance - System.....	14
2.15 การติดตั้งอุปกรณ์ด้วยวิธี Dry leg ในระบบ Tank น้ำปิด.....	15
2.16 การติดตั้งอุปกรณ์ด้วยวิธี Wer leg ในระบบ Tank น้ำเปิด.....	16
2.17 แสดงถึงอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหลประเภท DF Flow.....	18
2.18 แผ่นออริฟิซชนิดต่างๆ.....	19
2.19 การควบคุมอัตราการไหลโดย Control Valves.....	20
2.20 ส่วนประกอบต่างๆใน Control Valve.....	21
2.21 Fisher GX Control Valve.....	22
2.22 Controller ที่อยู่ในส่วนของ DCS.....	22
2.23 ส่วนประกอบต่างๆของ DCS ที่ควบคุมกระบวนการแบบ WirelessHART.....	23
2.24 DeltaV™ S-series SX Controller.....	25
2.25 การเชื่อมต่อระหว่าง CHARMs กับอุปกรณ์ต่างๆ.....	26
2.26 การสื่อสารของเทคโนโลยี WirelessHART.....	27
2.27 อุปกรณ์ The Smart Wireless THUM.....	28
2.28 แผนการเดินสายไฟของอุปกรณ์ THUM Adaptor ที่ต่อแบบ 2 สาย.....	28
2.29 แผนการเดินสายไฟของอุปกรณ์ THUM Adaptor ที่ต่อแบบ 4 สาย.....	28

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี.....	29
2.31 กราฟ PV ต่อเวลา, $K_p$ กำหนดเป็น 3 ค่า ( $K_i$ และ $K_d$ คงที่).....	30
2.32 กราฟ PV ต่อเวลา, $K_p$ กำหนดเป็น 3 ค่า ( $K_i$ และ $K_d$ คงที่).....	31
2.33 กราฟ PV ต่อเวลา, $K_p$ กำหนดเป็น 3 ค่า ( $K_i$ และ $K_d$ คงที่).....	32
2.34 เป็นกราฟที่แสดงถึง Process Variable Response.....	33
3.1 CHARMs I/O Card Error.....	34
3.2 การเข้า Folder DeltaV.....	35
3.3 การเข้า Folder Operator.....	36
3.4 เปิดโปรแกรม Diagnostic.....	36
3.5 หน้าต่าง Diagnostic.....	37
3.6 แสดงสถานะของ CHM1-01 ที่แสดงสถานะ “Open Loop Detected”.....	38
3.7 แสดงสถานะ Fault State Active.....	39
3.8 วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม CHARMs.....	40
3.9 วัดกระแสไฟฟ้าระหว่าง CHARMs.....	41
3.10 เซนเซอร์ที่ไม่ได้ต่อสาย.....	42
3.11 สายไฟฟ้าที่ชำรุด.....	42
3.12 ตรวจสอบรอยต่อของ Terminal.....	43
3.13 ตรวจสอบสายไฟฟ้า.....	44
3.14 วัดกระแสไฟฟ้าขณะครบวงจร.....	45
3.15 Software Delta V ไม่สามารถใช้งานได้.....	46
3.16 License Dongle ของ Software Delta V.....	47
3.17 License Dongle.....	47
3.18 License ทำงานปกติ.....	48
3.19 Field Communicator Main Menu.....	49
3.20 HART Application Menu.....	49
3.21 THUM Adaptor Menu.....	50
3.22 Configure Menu.....	50

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.23 Manual Setup.....	51
3.24 THUM Information.....	51
3.25 Tagname.....	52
3.26 การปรับค่า Zero และ Span.....	53
3.27 Lower Range Value.....	53
3.28 Upper Range Value.....	53
3.29 THUM Information.....	54
3.30 THUM WirelessHART ID.....	54
3.31 Wireless Menu.....	55
3.32 THUM Network Join Key.....	55
3.33 THUM Adaptor Join Key.....	56
4.1 แสดงไฟสีเขียว CHARMs I/O.....	57
4.2 สถานะปกติที่ CHARMs I/O.....	58
4.3 แสดงค่าของระดับน้ำที่วัดได้จากเซนเซอร์ทั้งหมด.....	59
4.4 ค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Guide Wave Radar.....	60
4.5 ค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Non-Contact, DP Dry, DP Wet.....	60
4.6 ค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Ultrasonic และ DP Balance.....	61
4.7 การทดสอบ Set Point ที่ 20.....	62
4.8 การทดสอบ Set Point ที่ 60.....	63
4.9 การทดสอบ WirelessHart ที่ Set Point = 10 ถึง 60.....	64
4.10 การทดสอบ WirelessHart ที่ Set Point = 10 ถึง 50.....	65

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปฏิญยานิพนธ์

การปรับปรุงระบบควบคุมกระบวนการของถังน้ำที่ทำงานด้วยการควบคุมแบบกระจายส่วน  
โครงการนี้จะศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นของระบบซึ่งทำให้ Controller ทำงานผิดปกติเพื่อปรับปรุงระบบ  
ควบคุม ให้ Controller ทำงานอย่างปกติและไม่เกิด Alarm จาก CHARMS Baseplate และตั้งค่า  
อุปกรณ์ตัวส่งสัญญาณแต่ละตัว เพื่อให้กระบวนการสามารถทำงานได้อย่างปกติ

### 1.2 หลักการและเหตุผลของปฏิญยานิพนธ์

ซอฟต์แวร์ DCS DeltaV ได้รับความนิยมใช้งานอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรมของ  
ประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาระบบการควบคุมกระบวนการ โดยใช้ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน  
ดังกล่าว จึงเป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากการเรียนภาคทฤษฎีสู่ภาคปฏิบัติ เพื่อการใช้งานได้จริง และ  
เป็นการเพิ่มทักษะ ชีตความสามารถ ของนักศึกษาที่จบการศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมการวัดและควบคุม ซึ่ง  
จะเป็นวิศวกรด้านการวัดและควบคุมต่อไปในอนาคต

### 1.3 วัตถุประสงค์ของปฏิญยานิพนธ์

ปรับปรุงระบบควบคุมของ Delta v S-series โดยให้ระบบสามารถกลับมาใช้งานได้และ  
พร้อมใช้งานสำหรับห้องปฏิบัติการทดลองในอนาคตสำหรับภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมเพื่อ  
เรียนรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

### 1.4 ขอบเขตของปฏิญยานิพนธ์

ปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการปรับปรุงระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของกระบวนการใน  
ถังน้ำ โดยมีขอบเขตของการทำงานดังนี้

1. ระบบควบคุมทำงานได้ตามปกติโดยไม่เกิด Alarm ไปที่ตัว Controller
2. สามารถทำการทดลองและเก
3. ห้องปฏิบัติการทดลองพร้อมใช้งานสำหรับภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. Characterization Modules (CHARMs) แต่ละตัวสามารถใช้งานได้
2. ได้รับความรู้เรื่องการควบคุมกระบวนการผ่าน Wireless HART
3. เข้าใจหลักการทำงานของ DCS (Delta V)
4. เข้าใจชนิดและประเภทของ Field Instruments ที่ใช้ใน Plant รวมถึงการทำงานและการใช้งาน
5. เข้าใจหลักการทำงานของ Controller Delta V S-series



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและหลักการของอุปกรณ์ที่ทำการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการวัดระดับของน้ำในถังผ่านกระบวนการสื่อสารแบบ WirelessHart ซึ่งจะกล่าวถึงพื้นฐานเบื้องต้นของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ในการควบคุมระดับน้ำซึ่งในปฏิยานุพันธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดระดับน้ำ การวัดอัตราการไหลของน้ำ เทคโนโลยี WirelessHart และพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการควบคุมกระบวนการวัดระดับของน้ำซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังนี้

### 2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับชนิดต่างๆ

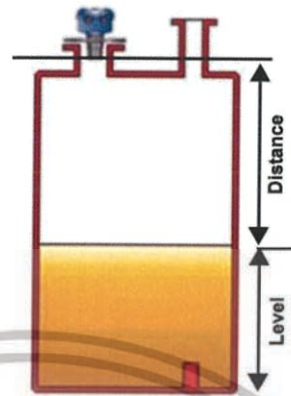
#### 2.1.1 Ultrasonic [1]



Ultrasonic มีหลักการทำงานโดยอาศัยการกระจายหรือการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงไปกระทบกับพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการวัด ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลว บางส่วนของคลื่นเสียงจะแทรกผ่านเข้าไปในวัตถุนั้นและส่วนใหญ่ของคลื่นความถี่สูงนี้จะสะท้อนกลับไปยังทรานสมิตเตอร์ เรียกว่า "Echo" โดยช่วงเวลาของการสะท้อนกลับของคลื่นเสียงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะห่างระหว่างวัตถุที่ต้องการกับอุปกรณ์วัดซึ่งช่วงเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับของคลื่นเสียงที่กระทบกับวัตถุแล้วจะนำมาคำนวณเป็นระยะทางต่อไป

หลักการวัดค่าสัญญาณพัลส์อัลตราโซนิกจะถูกส่งจากเครื่องส่งสัญญาณและจะถูกสะท้อนจากพื้นผิวของเหลว ทรานสมิตเตอร์จะรับค่าโดยการ 'ฟัง' สำหรับสัญญาณที่สะท้อนกลับ

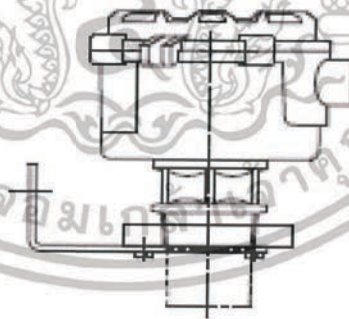
(Echoes) และวัดการหน่วงเวลาระหว่างการส่งและการรับ ระยะทางถึงพื้นผิวของเหลวสามารถคำนวณได้โดยอัตโนมัติโดยใช้การหน่วงเวลาที่คำนวณ



รูปที่ 2.2 การวัดระดับของแท่งค้ำน้ำโดย Ultrasonic

$$\text{ระยะทาง} = \text{ความเร็วของเสียงในอากาศ} * (\text{การหน่วงเวลา} / 2) \quad (2.1)$$

เซ็นเซอร์อุณหภูมิต่างๆ จะทำการวัดอุณหภูมิอากาศรอบ ๆ เครื่องส่งสัญญาณอย่างต่อเนื่องและใช้สิ่งนี้เพื่อคำนวณความเร็วของเสียงในอากาศซึ่งขจัดระยะทางสำหรับผลของอุณหภูมิต่อเนื่องและใช้สิ่งนี้เพื่อคำนวณความเร็วของเสียงในอากาศซึ่งขจัดระยะทางสำหรับผลของอุณหภูมิต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ รุ่น 3102 และ 3105 มีตัวเลือกของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิระยะไกลสำหรับการขจัดระยะทางของอุณหภูมิต่อเนื่องแบบไดนามิก การวัดระยะทางสามารถส่งผ่านเอาต์พุต 4-20mA หรือ HART



รูปที่ 2.3 การติดตั้งอุปกรณ์กับฐานยึด

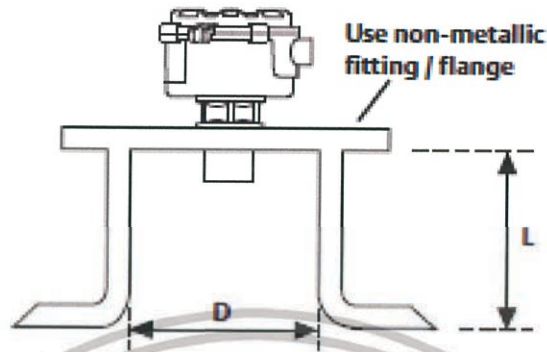
### การติดตั้ง

- 1) ใช้เทป PTFE พันเกลียวของตัวเครื่องมือวัด
- 2) หากยังมี Flanged Nozzle
  - ติดตั้งหน้าแปลนที่ไม่ใช่โลหะ โดยใช้เกลียวเป็นตัวเชื่อมต่อแล้วใช้น็อตตัวเมียยึดให้แน่น
  - ตรวจสอบ Gasket ให้อยู่ในบริเวณที่ถูกต้อง บน Nozzle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หากถังมี Threaded nozzle

- แนบตัวเครื่องมือวัดให้ติดกับ Nozzle แล้วใช้น็อตเกลียวในการขัน
- ขันให้แน่นโดยใช้หกเหลี่ยม



รูปที่ 2.4 การติดอุปกรณ์กับ Nozzle

2.1.2 Guided Wave Radar (GWR) [2]



รูปที่ 2.5 แสดงอุปกรณ์วัดระดับประเภท Guided Wave Radar ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guided Wave Radar (GWR) มีหลักการทำงานโดยการส่งคลื่นไมโครเวฟลงผ่านโพลของเครื่องมือวัดระดับที่อยู่ในตัวกลางที่ต้องการวัดเมื่อคลื่นไมโครเวฟกระทบกับตัวกลางที่มีค่าไดอิเล็กทริกที่ต่างกัน พลังงานที่สะท้อนกลับไปยังทรานสมิตเตอร์จะมีความแตกต่างกัน

ทรานสมิตเตอร์จะใช้คลื่นที่เหลืออยู่จากการสะท้อนกลับในครั้งแรกของการวัดแบบแยกชั้น ส่วนคลื่นที่ไม่สะท้อนกลับที่ผิวของตัวกลางชั้นบนจะส่งคลื่นลงไปอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงพื้นผิวของตัวกลางที่จุดต่ำสุด ความเร็วของคลื่นจะขึ้นอยู่กับค่าไดอิเล็กทริกของตัวกลางที่อยู่ด้านบนสุด

ความแตกต่างของระยะเวลาระหว่างทรานสมิตเตอร์และคลื่นที่ถูกสะท้อนกลับมายังทรานสมิตเตอร์จะถูกเปลี่ยนเป็นระยะทางและผลรวมของการวัดระดับหรือการวัดระดับแบบแยกชั้นจะได้รับการคำนวณความเข้มของพลังงานที่สะท้อนกลับขึ้นอยู่กับ ค่าไดอิเล็กทริกของตัวกลางค่าไดอิเล็กทริกมากความเข้มของพลังงานยิ่งสูง

$$D = vt/2$$

(2.2)

เมื่อ  $D$  คือระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงถึงพื้นผิวด้านบนของตัวกลางที่ต้องการวัด  
 $v$  คือความเร็วของคลื่นไมโครเวฟจากทรานสมิตเตอร์ กระทบกับพื้นผิวของตัวกลางแล้วสะท้อนกลับมายังทรานสมิตเตอร์  
 $t$  คือระยะเวลาการเดินทางของคลื่นไมโครเวฟจากทรานสมิตเตอร์ กระทบกับพื้นผิวของตัวกลาง แล้วสะท้อนกลับมายังทรานสมิตเตอร์



รูปที่ 2.6 แสดงการติดตั้ง Guided Wave Radar

### การติดตั้ง

#### 1) ในแชมเบอร์

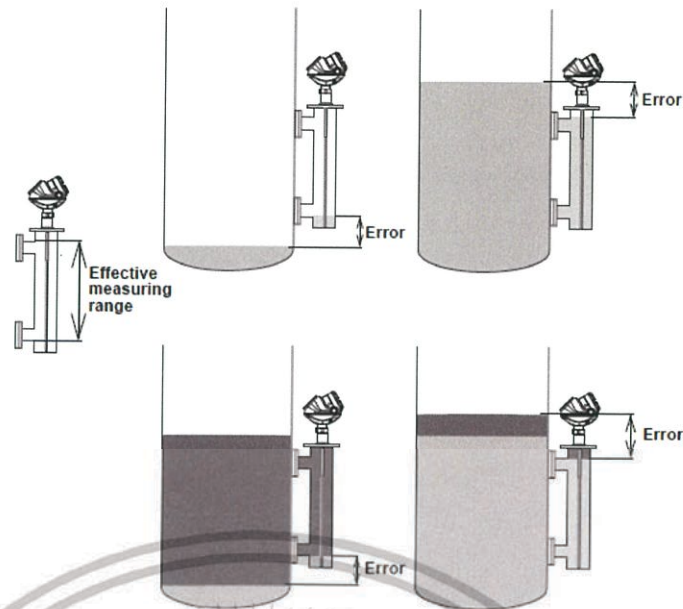
การใช้งานที่เป็นลักษณะเฉพาะ มีดังนี้

- การติดตั้งภายนอกพร้อมกับวาล์ว จะช่วยให้อุปกรณ์ที่ติดตั้งในถังที่มีความดันสามารถทำงานได้ต่อเนื่องนานหลายปี
- ตามมาตรฐานจะอนุญาตให้ติดตั้งแชมเบอร์ในลักษณะติดด้านข้างเท่านั้น
- ตามมาตรฐาน แนะนำให้วัดในขณะน้ำนิ่ง แต่ในกรณีที่ของเหลวมีความปั่นป่วนหรือเดือด จะไม่แนะนำให้ใช้แชมเบอร์ในการวัด เพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาด

ข้อเสียของการใช้แชมเบอร์

- ปากทางเข้าของแชมเบอร์ อาจมีการอุดตัน ซึ่งเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้
- ผลกระทบจากระยะการวัด จะถูกจำกัดระหว่างระยะสูงสุดและต่ำสุดที่ปากทางเข้าแชมเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

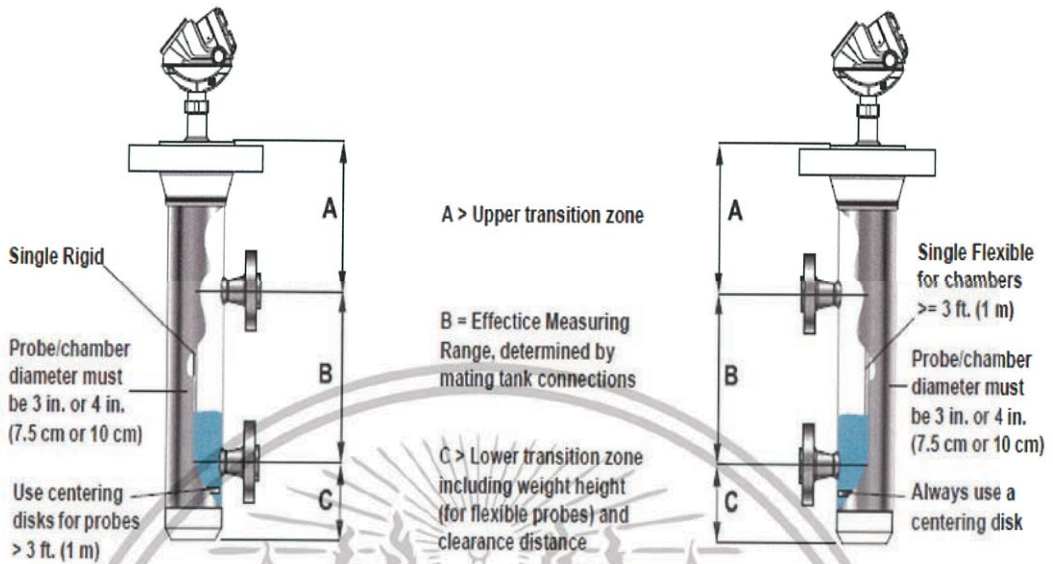


รูปที่ 2.7 ความผิดพลาดในการวัดระดับแบบแชมเบอร์ที่เกิดจากการวัดที่จำกัด

#### การเลือกขนาดแชมเบอร์ และการเลือกโพลบ

- แชมเบอร์ ควรจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว หรือ 4 นิ้ว แชมเบอร์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 3 นิ้ว อาจจะทำให้เกิดปัญหาในการส่งคลื่นเรดาร์และอาจทำให้ยากในการหาจุดศูนย์กลางของโพรบ
- แชมเบอร์ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6 นิ้ว สามารถใช้ได้ แต่จะไม่มีประโยชน์สำหรับการวัดเรดาร์
- โพรบต้องไม่สัมผัสกับผนังของแชมเบอร์ และควรขยายออกให้พอดีกับความสูงของแชมเบอร์ แต่ไม่ควรที่จะสัมผัสกันของแชมเบอร์ การเลือกชนิดของโพลบ ขึ้นอยู่กับความยาวโพรบ
- โพรบที่มีความยาวน้อยกว่า 1 ม. จะใช้โพรบแบบ Single Rigid เดียว และไม่มีแผ่นรองถ้าไม่จำเป็น
- โพรบที่มีความยาวระหว่าง 3-10 ฟุต จะใช้ได้ทั้ง Single Rigid และ Flexible Single Probe ขึ้นอยู่กับน้ำหนักและแผ่นรอง ซึ่งแบบ Single Rigid จะง่ายต่อการทำความสะอาด

- โพรบที่มีความยาวมากกว่า 10 ฟุต จะต้องใช้แบบ Flexible Single Probe เท่านั้น

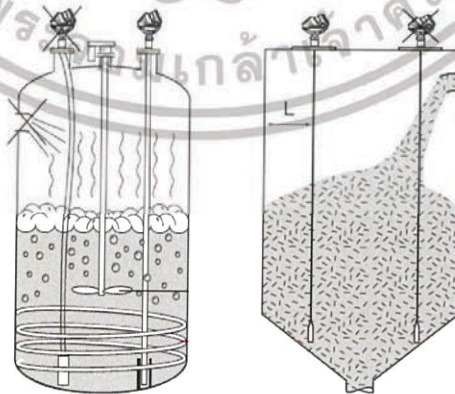


รูปที่ 2.8 การติดตั้งแบบ Single Rigid และแบบ Single Flex

#### 1) In Tank

เมื่อหาตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสมได้แล้ว การติดตั้งเครื่องมือวัดจะต้องพิจารณา ดังนี้

- อย่าติดตั้งใกล้กับปากท่อทางเข้า และทำให้แน่ใจว่าโพรบจะไม่กลับมาในตำแหน่งเดิมหลังจากติดตั้งเสร็จ
- โดยปกติ Rosemount 5300 Series จะแนะนำการติดตั้งในกรณีที่ยังมีความปั่นป่วน ถ้าหากโพรบสายไปสายมาระหว่างที่ยังมีการปั่นป่วน โพรบควรจะมีการยึดกับก้นถัง ดังรูปข้างล่างดังนี้



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งการติดตั้งที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 Non-Contacting Radar [3]



รูปที่ 2.10 อุปกรณ์วัดระดับประเภท Non-Contacting Radar

Non-Contacting Radar มีหลักการทำงานโดยการวัดระดับของตัวกลางที่ต้องการวัดในถัง จากระดับอ้างอิงถึงพื้นผิวของตัวกลางที่ต้องการวัด ซึ่งจะถูกรัดโดยใช้สัญญาณเรดาร์จากเสาอากาศที่อยู่ด้านบนของถัง สัญญาณเรดาร์จะตรวจพบค่าความแตกต่างของค่า Dielectric Constants สัญญาณที่สะท้อนกลับมานั้นจะมีความถี่ที่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับสัญญาณที่ส่งในขณะนั้น

ความแตกต่างของเวลาระหว่างสัญญาณที่ส่งจากทรานสมิตเตอร์และสัญญาณที่สะท้อนกลับมา จะเป็นสัดส่วนกับระยะห่างจากพื้นผิวของตัวกลางที่ต้องการวัด

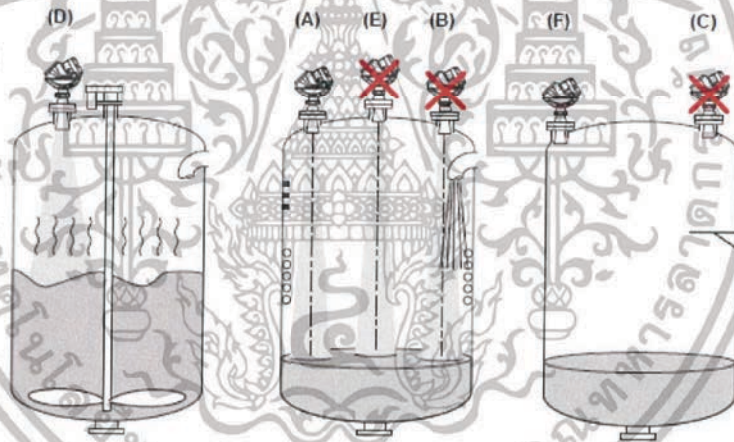
การประยุกต์ใช้งาน เช่น ของไหลแบบปั่นป่วน, โฟม, ย่านของการวัดยาว, มีวัตถุรบกวน และค่า Dielectric Constants ต่ำ ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานของการสะท้อนกลับ และความเข้มของการสะท้อนกลับนั้น สามารถปรับได้โดยการใช้เรดาร์ที่มีความไวสูง และชนิดของเสาอากาศที่มีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การติดตั้ง

### 1) ตำแหน่งการติดตั้ง

- เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องมือวัด ควรจะติดตั้งในพื้นที่สะอาดและไม่มีสิ่งกีดขวางดูได้จากผิวของของเหลว ตามรูปตำแหน่ง (A)
- ขณะเติมของเหลวทางปากท่อจะทำให้เกิดการปั่นป่วนของระดับผิวของเหลวตามรูปตำแหน่ง (B)
- ถ้ามีแผ่นโลหะที่วางตามแนวนอนขนานกับระดับผิวของของเหลว ตามรูปตำแหน่ง (C) ควรขยับเครื่องมือวัดออกทางด้านข้าง
- ถ้าหากมีการก่อกวนของใบพัดสำหรับกวนของเหลวอาจจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดลดลงได้ ดังนั้นการติดตั้งของเครื่องมือวัดจะต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีผลกระทบน้อยที่สุด ดูตามรูปตำแหน่ง (D)
- อย่าติดตั้งเครื่องมือวัดในตำแหน่งกลางถัง ดังรูปตำแหน่ง (E)
- ไม่ควรที่จะติดตั้งเครื่องมือวัดชิดขอบถังมากเกินไป ดังรูปที่ (F)



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับประเภท Non-Contacting Radar

## 2.2 อุปกรณ์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter)

อุปกรณ์วัดความดันแตกต่างมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในการวัดระดับของเหลวในถัง โดยจะอ่านค่าได้จากความสูงของเหลวที่ทำการวัด โดยทั่วไปด้าน HP (High Pressure) ของอุปกรณ์จะถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านต่ำสุดของถัง (Lower Nozzle) และด้าน LP (Low Pressure) หรือด้านที่มีความดันคงที่ จะถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านสูงสุดของถัง (Upper Nozzle) โดยด้าน LP จะใช้เป็นจุดอ้างอิง ดังนั้นความดันที่เกิดขึ้นที่ด้าน LP จะต้องมีความดันที่คงที่อยู่ตลอดเวลา การทำให้ความดันด้าน LP ให้มีค่าคงที่ อาจทำได้หลายวิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) บรรจุด้วยของเหลวที่เหมาะสมกับกระบวนการ (Filling Liquid)
- 2) พิจารณาใช้การควบคุมระยะไกลกับการผนึกด้วยเคมี (Remote with Chemical seal)

นอกจากนั้นแล้วการเลือกของเหลวที่จะนำไปบรรจุทั้งด้าน HP และ LP ต้องพิจารณาให้มีความเหมาะสม เมื่อมีการรั่วไหล, อุณหภูมิจากกระบวนการ, อุณหภูมิแวดล้อม, ย่านการวัดที่นำไปเปรียบเทียบ, ความเร็วในการตอบสนองจากอุปกรณ์การวัด ในการใช้งานกรณีกับถังที่เป็นสุญญากาศ ตัวอุปกรณ์การวัดต้องติดตั้งให้ต่ำกว่าจุดต่อกับถัง เพื่อป้องกันไอหรือฟองอากาศเข้าไปยังท่อที่ต่อไปยังอุปกรณ์

### ข้อดีของอุปกรณ์การวัดความดันแตกต่าง

อุปกรณ์มีราคาไม่แพง, สะดวกและติดตั้งง่าย, เหมาะกับการใช้งานหลายประเภทและง่ายต่อการตรวจสอบที่บริเวณใช้งาน

### ข้อเสียของอุปกรณ์การวัดความดันแตกต่าง

ไม่สามารถทราบระดับของเหลวที่แท้จริง ถ้าไม่มีการชดเชยการเปลี่ยนแปลงความถ่วงจำเพาะ การกลั่นตัว, การกลายเป็นไอ และการอุดตันในท่อที่ต่อไปยังอุปกรณ์ทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าได้

#### 2.2.1 Differential Pressure with Manifold Valve [4]



รูปที่ 2.12 อุปกรณ์วัดระดับประเภท Differential Pressure with Manifold Valve

### หลักการทำงาน

DP Level คือวิธีการวัดที่ได้รับความนิยมเชื่อถือในการวัดระดับ ความหนาแน่น อินเตอร์เฟซ หรือกระบวนการภายในถัง 3051 Rosemount ใช้หลักการของการวัดความดันแตกต่างของข้างด้านต่ำและด้านสูง แล้วนำค่าความดันมาคำนวณเป็นค่าความสูงของของเหลวที่จะทำการวัด โดยใน Manifold Valve นี้จะใช้วิธี Impulse Line เป็นการวัดที่นำของเหลวในกระบวนการวัดมาดันผ่านเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดอะเฟรม แล้วแผ่นไดอะเฟรมจะมาดันซีลิโคนออยที่อยู่ภายในเครื่องมือวัด ซีลิโคนออยดันแผ่นคาปาซิเตอร์ Capacitor อีกทีเพื่อให้เครื่องมือวัด คำนวณค่าความแตกต่างของความดัน เพื่อที่จะไปคำนวณเป็นค่าระดับ

### พิจารณากรณีทั่วไป

ความเที่ยงตรงของการวัดขึ้นอยู่กับเหมาะสมของตัว Transmitter และ Impulse Line โดยที่ตัว Mount ของเครื่องมือวัดจะต้องอยู่ใกล้กับกระบวนการและใช้ Impulse Line ให้สั้นที่สุดเพื่อความถูกต้องในการวัด

### พิจารณาสิ่งแวดล้อม

ในกรณีที่ติดตั้งในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่น้อยที่สุด ส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของตัว Transmitter มีข้อจำกัดอยู่ที่  $-40$  ถึง  $185$  °F ( $-40$  ถึง  $85$  °C) การติดตั้งเครื่องมือวัดต้องอยู่ในที่ที่ไม่ไวต่อการกัดกร่อน

### การติดตั้ง

ควรติดหน้าแปลนควรจะมีการทำความสะอาด Process Connections ก่อนการติดตั้ง เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ ของเหลวที่ได้ออกมาจากท่อปล่อยทิ้ง ควรจะป้องกันไม่ให้มีการสัมผัสโดยตรงกับผู้ใช้งาน

ท่อระหว่างกระบวนการกับเครื่องมือวัดจะต้องมีการถ่ายเทความดันที่ถูกต้อง มี 5 เรื่องที่จะทำให้ความถูกต้องเปลี่ยนไป คือ 1) การถ่ายโอนความดัน 2) การรั่วการสูญเสียแรงเสียดทาน 3) การมีแก๊สในการวัดของเหลว 4) การมีของเหลวในการวัดแก๊ส และ 5) ความหนาแน่นของของเหลวไม่เท่ากันใน 2 ท่อ

ตำแหน่งที่ดีที่สุดในการติดตั้งเครื่องมือวัดและ Impulse Line จะอ้างอิงโดยข้อต่อไปนี้

- ทำให้ Impulse Line สั้นที่สุดเท่าที่จะสั้นได้
- สำหรับการวัดของเหลว ท่อ Impulse Line ควรจะสโลปอย่างน้อย 8 ซม. ในความยาว 1 ม.
- ระวังจุดสูงสุดในการวัดของเหลว
- แนใจว่า ทั้งด้านต่ำ และด้านสูง ของ Impulse Line มีอุณหภูมิที่เท่ากัน
- Impulse Line ต้องใหญ่พอที่จะหลีกเลี่ยงเรื่องของความเสียดทานและการอุดตัน
- ในกรณีที่มีอุณหภูมิมากกว่า  $250$  °F ( $121$  °C) หรือมีการกัดกร่อน ไม่ควรจะให้สัมผัสกับตัวอุปกรณ์วัดโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 Differential Pressure Balance-System [4]



รูปที่ 2.13 อุปกรณ์วัดระดับประเภท Balance-System

### หลักการทำงาน

Balanced System เป็นระบบการวัดที่มี Seal และปริมาณซิลิโคนใน Capillary Tube ที่เท่ากันทั้งด้านสูง และด้านต่ำ ของเครื่องมีอวัตต์ส่งผลให้ Balanced System ไม่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ อย่างไรก็ตาม Balanced System ยังคงได้รับผลกระทบจาก “Head Pressure”



รูปที่ 2.14 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดประเภท Balanced-System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 DP Transmitter Dry Leg & Wet Leg [5]

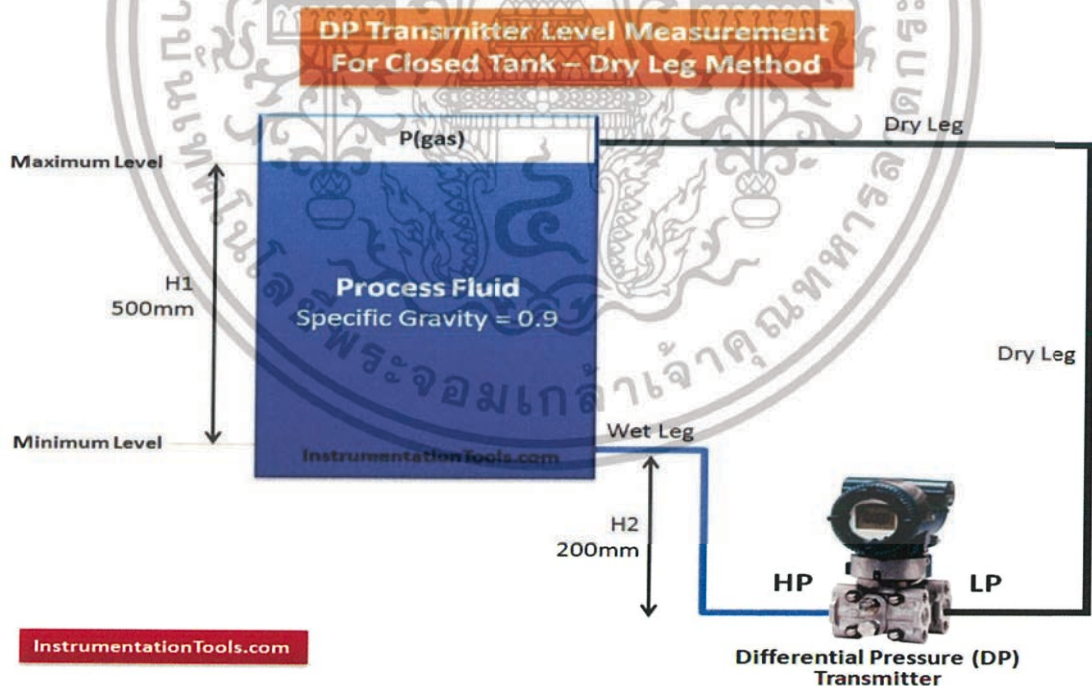
ในอุตสาหกรรมกระบวนการวัดระดับ สามารถวัดระดับได้สองวิธี โดยวิธีการโดยตรง และวิธีการทางอ้อม ซึ่งวิธีการ Dry Leg & Wet Leg เป็นวิธีทางอ้อมและที่ใช้เครื่องส่งสัญญาณ DP สำหรับการวัดระดับ

การวัดระดับ DP Transmitter สำหรับถังปิด นั้นในการวัดระดับ DP ของถังปิด Lower Pressure Leg เชื่อมต่อกับด้านบนของถังมีวิธีในการวัดค่าระดับ DP ในถังปิด 2 วิธีคือ

วิธี Dry Leg ใช้ในถังปิดปกติที่ไม่มีไอ condensate (ไอน้ำที่สูญเสียความร้อนจึงควบแน่นกลายเป็นของเหลว) และอุณหภูมิของกระบวนการเท่ากับบรรยากาศ

วิธี Wet leg ใช้ในกรณีที่ไอ มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิด condensate และอุณหภูมิของกระบวนการสูงหรือต่ำจากชั้นบรรยากาศ

สำหรับการกำหนดค่า DP Transmitter เราต้องหา Zero Level และ Span Level ดังนั้นเราต้องกำหนดค่า Lower Range Value (LRV) และ Upper Range Value (URV) โดยใช้ HART Communicator DP การวัดระดับตัวส่งสัญญาณสำหรับถังปิด



รูปที่ 2.15 การติดตั้งอุปกรณ์ด้วย วิธี Dry Leg ใน ระบบ Tank น้ำปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี Dry Leg จากรูปที่ 2.15 เมื่อ LP ด้านข้างของเครื่องสัญญาณ DP เต็มไปด้วยก๊าซ /อากาศแล้วเราเรียกมันว่า Dry Leg และเราใช้วิธี Dry Leg สำหรับการคำนวณ

ที่ระดับศูนย์ (LRV) = ความดันที่กระทำต่อ HP leg - ความดันที่กระทำต่อ LP leg

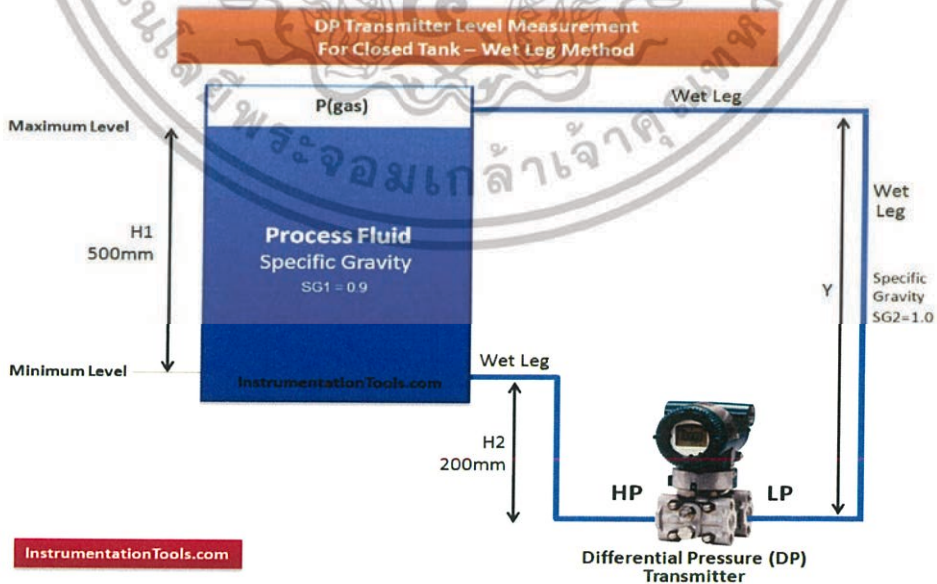
$$\begin{aligned}
 &= H2 \times \text{Specific Gravity} - 0 \\
 &= 200 \times 0.9 - 0 \\
 &= 180 \text{ mmH}_2\text{O}
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

ที่ระดับ 100% (URV) = แรงดันที่กระทำต่อ HP leg - แรงดันที่กระทำบน LP leg

$$\begin{aligned}
 &= (H2 + H1) \times \text{ความถ่วงจำเพาะ} - 0 \\
 &= (200 + 500) \times 0.9 - 0 \\
 &= 630 \text{ mmH}_2\text{O}
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

$$\text{ช่วง} = \text{URV} - \text{LRV} = 630 - 180 \text{ mmH}_2\text{O} = 450 \text{ mmH}_2\text{O}$$

ดังนั้นเราต้องตั้งค่า Lower Range Value (LRV) = 180 mmH<sub>2</sub>O และ Upper Range Value (URV) = 630 mmH<sub>2</sub>O ใน DP Transmitter โดยใช้ HART Communicator การวัดระดับ DP Transmitter สำหรับถังปิด



รูปที่ 2.16 การติดตั้งอุปกรณ์ด้วย วิธี Wet Leg ใน ระบบ Tank น้ำปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี Wet Leg จากรูปที่ 2.16 เมื่อ LP ด้านของเครื่องส่งสัญญาณ DP เต็มไปด้วยของเหลวเราเรียกมันว่า Wet Leg และเราใช้วิธี Wet Leg สำหรับการคำนวณ โดยให้ Y คือระยะรวมของ H1และH2  $Y = H1 + H2 = 500 + 200 = 700$  มม

ที่ระดับศูนย์ (LRV) = ความดันที่กระทำต่อ HP leg - ความดันที่กระทำต่อ LP leg

$$\begin{aligned} &= H2 \times SG1 - Y \times SG2 & (2.5) \\ &= 200 \times 0.9 - 700 \times 1.0 \\ &= 180 - 700 = -520 \text{ mmH}_2\text{O} \end{aligned}$$

ที่ระดับ 100% (URV) = แรงดันที่กระทำต่อ HP leg - แรงดันที่กระทำบน LP leg

$$\begin{aligned} &= (H2 + H1) \times SG1 - Y \times SG2 & (2.6) \\ &= (200 + 500) \times 0.9 - 700 \times 1.0 \\ &= 630 - 700 = -70 \text{ mmH}_2\text{O} \\ \text{ช่วง} &= URV - LRV = -70 - (-520) = 450 \text{ mmH}_2\text{O} \end{aligned}$$

ดังนั้นเราต้องตั้งค่าช่วงล่าง (LRV) = -520 mmH<sub>2</sub>O และค่าช่วงบน (URV) = -70 mmH<sub>2</sub>O ในตัวส่ง DP โดยใช้ HART Communicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 การวัดอัตราการไหล

อัตราการไหล (Volume Flowrate) คือปริมาตรของของไหลซึ่งไหลผ่านท่อหรือช่องการไหลใดๆ ในหนึ่งช่วงเวลา หรืออีกนัยหนึ่งก็คือของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดในแนวตั้งฉากด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์และทฤษฎีพื้นฐานจะแสดงให้เห็นดังนี้

### 2.3.1 อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล Rosemount 3051SF DP Flowmeters [6]

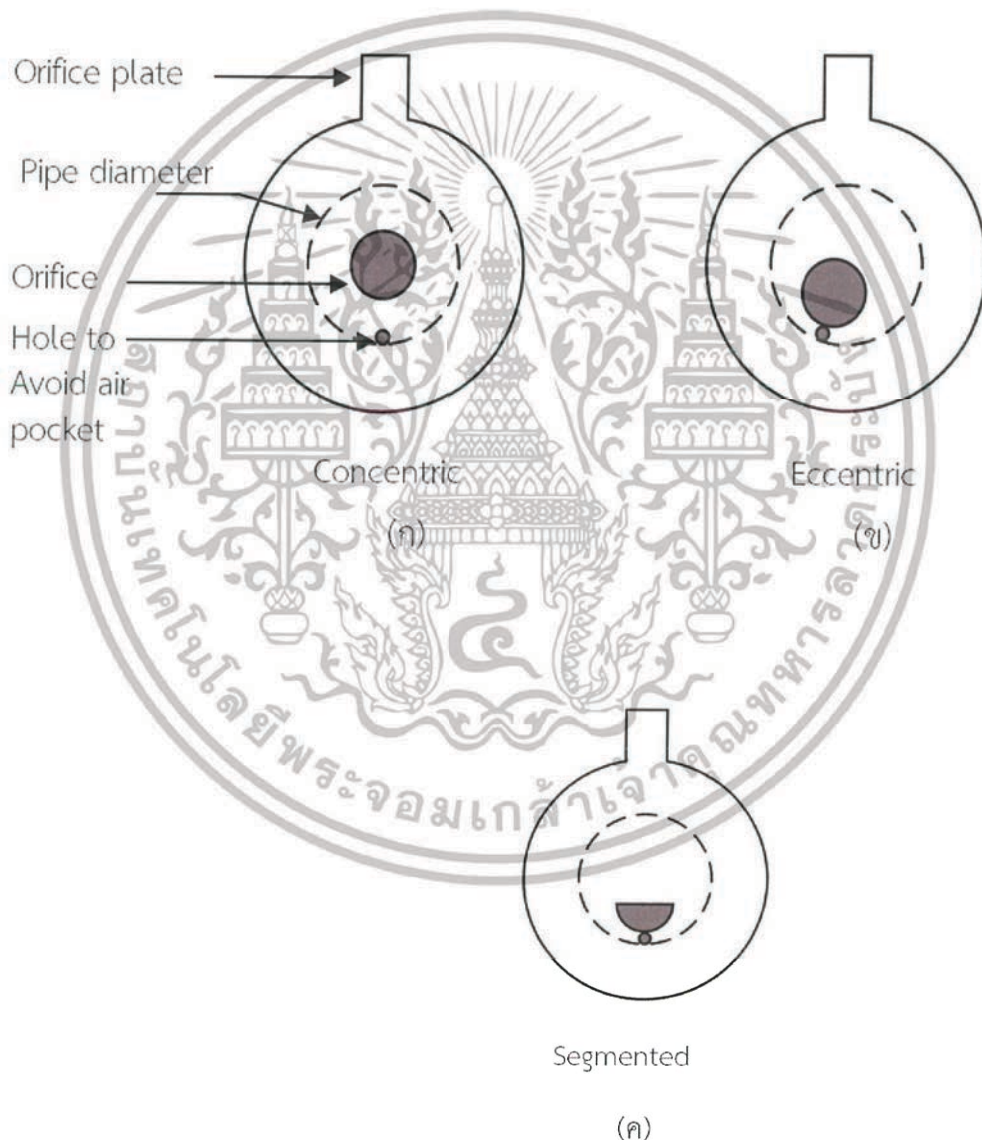


รูปที่ 2.17 แสดงถึงอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหลประเภท DP Flow

เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอัตราการไหลโดยอาศัยผลต่างของค่าความดันที่เกิดขึ้น หรือจะเรียกกลุ่มเครื่องมือวัดแบบนี้ว่า Differential Pressure Flow Meter ก็ได้ โดย Flow Meter ในกลุ่มนี้มีหลากหลายชนิด แต่ในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึง Flow Meter ที่ใช้ Orifice plates ในการหาค่า Differential Pressure

### 2.3.2 Orifice Plate หรือ แผ่นออริฟิส

เป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งที่ใช้ช่วยในการวัดอัตราการไหลของของไหล ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีโครงสร้างที่ง่าย ราคาถูก สะดวกในการติดตั้งและการบำรุงรักษา แข็งแรงทนทาน และให้ค่าการวัดที่ถูกต้องแม่นยำในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับราคา ซึ่งสามารถวัดการไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซ โดยแผ่นออริฟิสสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ ออริฟิสแบบจุดศูนย์กลางเดียวกัน (concentric orifice) ออริฟิสแบบเยื้องศูนย์กลาง (eccentric orifice) และออริฟิสชนิดที่มีช่องตรงกลางเป็นส่วนของวงกลม ซึ่งตำแหน่งของรูหรือช่องออริฟิสอาจจะอยู่ด้านบนหรือด้านล่างก็ได้

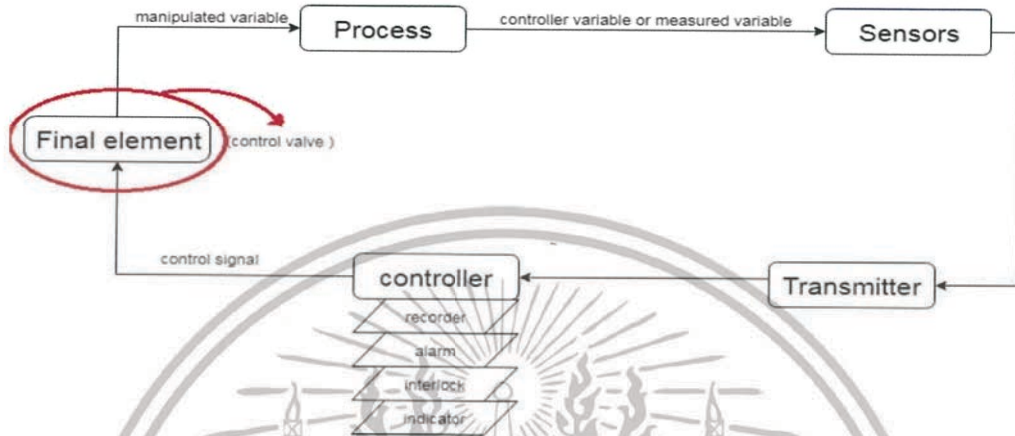


รูปที่ 2.18 แผ่นออริฟิส (ก) แบบ Concentric (ข) แบบ Eccentric และ (ค) แบบ Segmented

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 การควบคุมอัตราการไหล

ในระบบการควบคุมอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนคือ Final Element ซึ่งรับสัญญาณควบคุมมาจาก Controller และทำหน้าที่ในการปรับแต่ง Process หรือ Manipulated Variable ดังรูป



รูปที่ 2.19 การควบคุมอัตราการไหลโดย Control Valves คือ (Final Element)

### 2.4.1 Control Valve

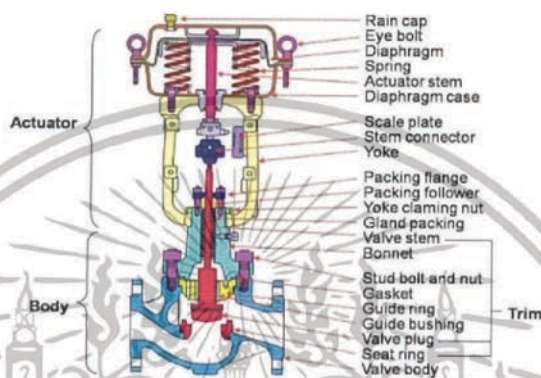
ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ นั้นประกอบไปด้วย Control Loop ต่างๆ มากมาย ตั้งแต่หลักร้อยจนถึงหลักพันรูป ซึ่งแต่ละรูปก็จะทำงานด้วยกัน เพื่อที่จะผลิตสินค้าได้ตามต้องการ ในแต่ละรูปเหล่านี้ ก็จะรักษาค่าตัวแปรที่สำคัญต่างๆ ไว้ เช่น แรงดัน (Pressure), อัตราการไหล (Flow), ระดับ (Level), อุณหภูมิ (Temperature) และอื่นๆ อีกมากมาย โดยแต่ละ Control Loop จะรับสัญญาณ จากภายนอกและสร้างสัญญาณจากตัวอุปกรณ์เอง หรือรับสัญญาณมาจากรูปอื่น

การลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวนที่มาจากไหลเหล่านี้ ทั้งเซนเซอร์ และ ทรานสมิตเตอร์ จะคอยรวบรวมข้อมูลต่างๆ และส่งสัญญาณไปให้ตัวควบคุม (Controller) เพื่อที่ตัวควบคุมจะได้เปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ (Set point) หลังจากนั้นตัวควบคุมก็จะส่งสัญญาณไปควบคุม Final Control Element เป็นขั้นตอนสุดท้าย เพื่อที่จะรักษาสภาพค่าที่ตั้งไว้ (Set point) ให้คงที่แม้ว่าจะมีสัญญาณรบกวนเข้ามา

อุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ใช้เป็น Final Control Element ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นก็คือ วาล์วควบคุม (Control Valve) นั่นเอง ซึ่งวาล์ว จะคอยควบคุมการไหลของของไหล เช่น gas, steam, water หรือสารเคมีต่างๆ

เวลาที่เรารู้ถึงวาล์วเราก็จะพูดถึงส่วนประกอบต่างๆของวาล์ว ซึ่งวาล์วควบคุม ก็ประกอบไปด้วย

- 1) ชุด Body
- 2) ชุด Trim Set (Plug Stem Seat Ring)
- 3) Actuator ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้วาล์วควบคุมเคลื่อนที่หรือขยับ
- 4) Accessories ต่างๆ เช่น Limit Switch, Solenoid Valve, Air Set และอื่นๆ



รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบต่างๆใน Control Valve

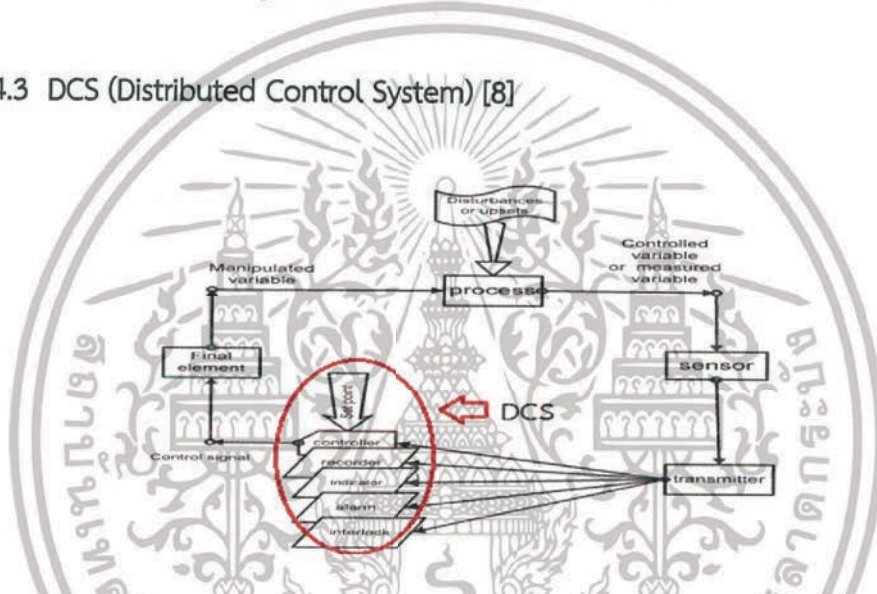
#### 2.4.2 อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหล Fisher GX Control Valves [7]

Control Value เป็นอุปกรณ์ ที่มีหน้าที่หลักที่สำคัญคือควบคุมอัตราการไหลของของไหล (Fluid Flow Control) โดยทำหน้าที่ในการปรับแต่ง Manipulated Variable เพื่อให้ได้ค่าตาม Set Point โดยมีการตรวจสอบด้วย Instrument ที่คอยตรวจจับค่าตัวแปรหรือ Measured Variable (Controlled Variable) หรือค่า PV แล้วส่งสัญญาณไปยัง Controller เพื่อเปรียบเทียบค่ากับ Set Point (SP) หากยังมีค่า Offset หรือ Error (SP-PV) เกิดขึ้นอยู่ ตัว Controller ก็จะสั่งการไปยัง Control Value ให้ทำการปรับแต่ง Process ต่อไปจนกว่าจะได้ค่าที่ต้องการหรือ Error = 0 เป็นการสิ้นสุดขบวนการทำงาน



รูปที่ 2.21 Fisher GX Control Valve

### 2.4.3 DCS (Distributed Control System) [8]



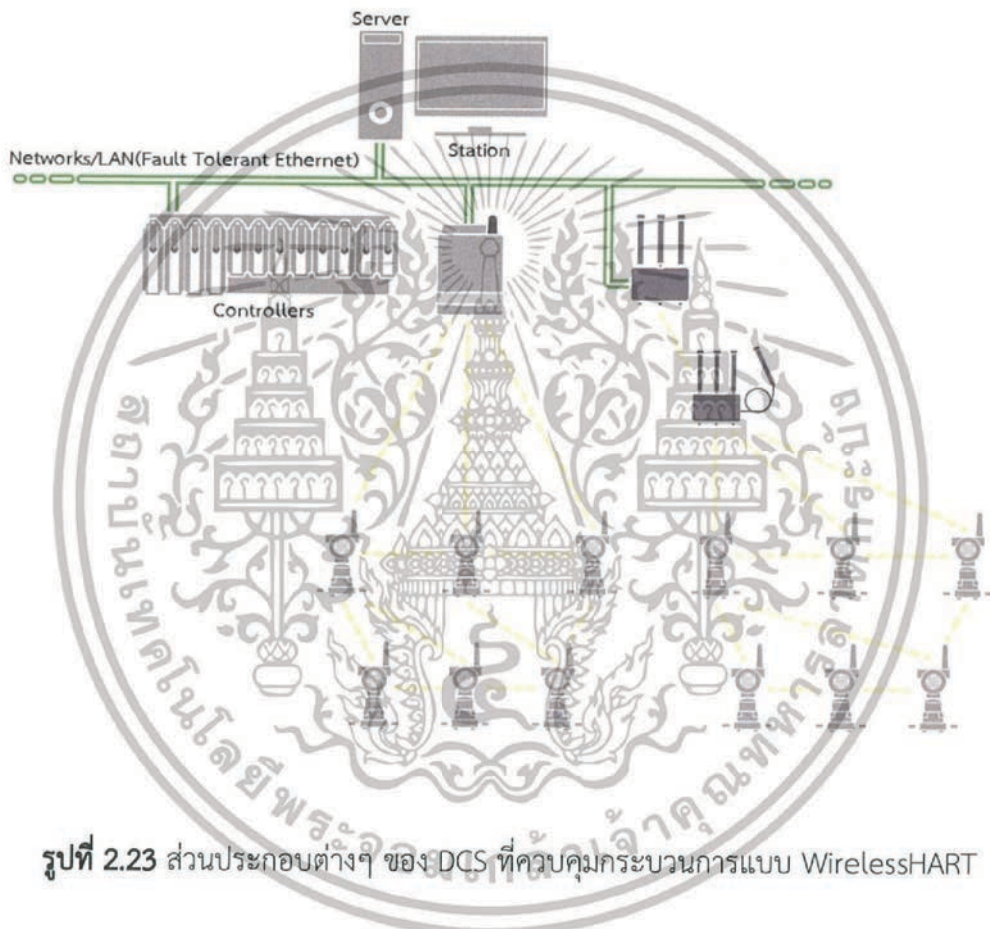
รูปที่ 2.22 Controller ที่อยู่ในส่วนของ DCS (Distributed Control System)

รูปที่ 2.22 ในส่วนของวงกลมที่ถูกวงในรูปนั้นแสดงถึงความสามารถต่างๆของ DCS ซึ่ง จะรับค่ามาจาก Transmitter ซึ่งจะประกอบไปด้วย การตั้งค่า Set Point, Recorder, Indicator, Alarm, Interlock และการตั้งค่าที่ Controller จะถูกส่งไปที่ Final Element

ระบบ DCS (Distributed Control System) คือ ระบบควบคุม และเฝ้าดู ที่ใหญ่ที่สุด เมื่อเทียบกับระบบควบคุมทั้งหมดและใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เช่น โรงกลั่นน้ำมัน แท่นขุดเจาะน้ำมันและก๊าซ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและchemicalทั้งหลาย

## ส่วนประกอบหลักของระบบ DCS มีอยู่ 4 ส่วนดังต่อไปนี้

1. DCS Servers
2. DCS Stations
3. Networks/LAN (Fault Tolerant Ethernet)
4. Controllers



รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบต่างๆ ของ DCS ที่ควบคุมกระบวนการแบบ WirelessHART

รูปที่ 2.23 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ Station, Networks/LAN (Fault Tolerant Ethernet), Server และ Controllers ซึ่งจะเชื่อมโยงไปถึง อุปกรณ์ Transmitter แต่ละตัวที่เชื่อมต่อกันแบบ WirelessHART

### 2.4.3.1 DCS Server

Server ในระบบ DCS นั้นสามารถเป็นได้ทั้งแบบเดี่ยว (Single Server) และแบบคู่ (Redundancy Server) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแบบหลังเพราะถ้ามี Server ตัวใดตัวหนึ่งเสียหรือหยุดการทำงาน Server อีกตัวก็จะขึ้นมาทำงานแทนในทันทีและ จะทำให้ กระบวนการผลิตนั้นไม่หยุดชะงักหรือสร้างความเสียหายให้กับกระบวนการผลิตได้แต่ในโรงงานนี้จะเป็นแบบเดี่ยว (Single Server) เนื่องจากทางเรามี Server แค่ตัวเดียวซึ่งหน้าที่หลักของ Server จะมีดังต่อไปนี้

- 1) Server เป็นศูนย์กลางการเชื่อมต่อระหว่าง Controller กับ Station
- 2) Server เป็นตัวเก็บฐานข้อมูล (Database) และข้อมูลย้อนหลัง (History)
- 3) Server เป็นศูนย์กลางการออกแบบกระบวนการผลิต (Engineering) ก่อนที่จะส่งต่อ (Download) ไปยัง Controller
- 4) Server ยังเป็นศูนย์กลางการเชื่อมต่อระหว่าง DCS กับระบบอื่นๆ เช่น ระบบ SCADA หรือ OPC เป็นต้น

### 2.4.3.2 DCS Stations

DCS Station คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ที่รับข้อมูลจาก Server ให้ผู้ควบคุมดูแลการผลิต (Operator) นั้นใช้ในการเฝ้าดู (Monitoring) และควบคุม (Control) กระบวนการผลิตทั้งหมด ทั้งนี้ DCS Station สามารถมีได้มากกว่า 1 เครื่อง ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม 1 DCS Station มี Accessories ดังนี้

- 1) Display Monitor มีได้ถึง 1-4 Display
- 2) คีย์บอร์ด (Standard PC keyboard)
- 3) คีย์บอร์ด เฉพาะทาง (Special operator keyboard)
- 4) อุปกรณ์บังคับตำแหน่ง เช่น a Mouse, Track Ball, Touch Pad, etc.

### 2.4.3.3 DCS Controller

Controller ถือเป็นส่วนสำคัญที่สุดของระบบ DCS เพราะเป็นตัวที่เชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องวัดหรืออุปกรณ์ (Device) ในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ Controller ยังถือเป็นสมองของระบบ DCS เลยก็ว่าได้เพราะมี CPU Processor ที่ทำหน้าที่ Running Programming ที่รับมาจาก Server นั้นเอง Controller นั้นมีมากมายหลายรุ่นและหลายยี่ห้อ การเลือกใช้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 2.24 DeltaV™ S-series SX Controller

#### 2.4.3.4 Networks/LAN (Fault Tolerant Ethernet)

ระบบการเชื่อมต่อ (Communications Networks) จะมีลักษณะเหมือนกับระบบ LAN ทั่วไป (Standard Ethernet) แต่ที่แตกต่างก็คือสาย LAN (LAN Cable) ที่เชื่อมต่อจะมี 2 เส้น (Redundancy) เพื่อป้องกันการ Loss Connection เมื่อมีการขาดหรือชำรุดของสาย LAN เส้นใดเส้นหนึ่ง

#### 2.4.3.5 CHARacterization Modules (CHARM) [9]

CHARacterization Modules (CHARMs) เป็นส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับ Electronic Marshalling ที่อนุญาตให้ 'การจำแนกลักษณะปลาย' ของทุกประเภท (AI, AO, DI, DO, RTD) ของสัญญาณ I / O CHARM เป็นเพียงส่วนประกอบที่มีตัวแปลงสัญญาณ A / D และตัวแสดงสัญญาณ CHARMs ที่ถูกแทรกลงในบล็อกเทอร์มินัลที่มีสายไฟสนาม อันที่จริงแล้วการลงสายไฟนั้นเป็นการให้ความยืดหยุ่นมากขึ้นเนื่องจากการวางสายสามารถทำได้ทุกที่บน 'แถบ' โดยไม่คำนึงถึงคำสั่งหรือประเภทของ I / O ที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นถ้าสายไฟสำหรับสัญญาณต่อไปนี้มีเส้นเดินสายไฟ: AI, AI, DI, DO, AO, DI, ลงไปตามรางขั้วนั้นก็ใช้ได้ หลังจากเดินสายแล้วช่างเทคนิคจะเห็นช่องแรกคือ AI เข้าไปอยู่ในส่วนของ AI CHARMs คลิกที่ CHARM และทำเสร็จ

หลังจาก CHARM อยู่ในตำแหน่งช่องสัญญาณนั้นจะถูกส่งไปยังระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ใด ๆ ในระบบ ตู้มาร์แชลล์แบบอิเล็กทรอนิกส์พร้อม CHARMs มีความสามารถเทียบเท่ากับตู้วางสายแบบมีสายแบบดั้งเดิม 100% อย่างไรก็ตามจะทำงานด้วยสายที่น้อยลงจำนวนมากทำให้เกิดปัญหาที่น้อยลงมีความยืดหยุ่นที่มากขึ้นและการลดความยุ่งยากในการเปลี่ยนแปลงคำสั่ง



### รูปที่ 2.25 การเชื่อมต่อระหว่าง CHARMS กับอุปกรณ์ต่างๆ

จากรูปที่ 2.25 แผ่นฐานมารซ์เซลล์อิเล็กทรอนิกส์และ CHARMS โดยที่ CHARMS แสดงออกมาแค่บางส่วน CHARMS ถูกติดตั้งลงในเทอร์มินัลบล็อกแต่ละตัว การถอดนั้น เพียงแค่ใช้มือถอดที่ตัวล็อกไม่จำเป็นต้องใช้ไขควงในการถอด CHARM หรือเทอร์มินัลบล็อก CHARM เทอร์มินัลบล็อกพอดีกับแผ่นฐานชาร์มซึ่งมีบล็อกเทอร์มินัล 12 ชั้นของชาร์ม ใน AI และ AO CHARMS จะมีโมเด็ม HART ต่อช่องสัญญาณ ซึ่งหมายถึงการสื่อสาร HART ที่รวดเร็วกว่าในการ์ด I/O แบบดั้งเดิมที่ใช้โมเด็ม HART ร่วมกันระหว่างช่องสัญญาณ Electronic Marshalling พร้อม CHARMS ยังรองรับมาตรฐาน v7 HART รุ่นใหม่ที่มีความยืดหยุ่นและการวินิจฉัยที่ดียิ่งขึ้น การ์ด CHARM I/O แผ่นฐาน CHARM อยู่บนราง DIN ที่มีบัสสื่อสารแบบดิจิทัลวิ่งตามแถบนิ้วเพื่อส่งข้อมูลสัญญาณอุปกรณ์ไปยังการ์ด CHARM I/O (CIOC) ที่เข้าช่องที่ด้านบนของราง DIN หนึ่ง CIOC สามารถรองรับแผ่นฐานได้ 8 แผ่นดังนั้นจึงมีทั้งหมด 8 X 12 CHARMS ในการ์ด CHARM I/O หนึ่งใบ มันอาจช่วยให้คิดว่ามันเป็นการ์ด I/O 96 ช่องสัญญาณที่มีความสมบูรณ์ของช่องสัญญาณเดี่ยวและมีช่องสัญญาณย่อยเดี่ยว (หมายถึงคุณสามารถเลือกและเลือกประเภท I/O ที่คุณต้องการ)

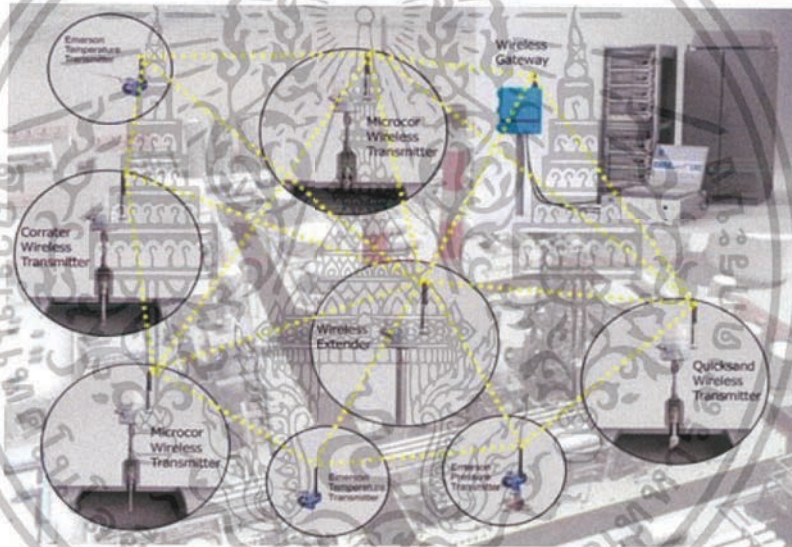
ภาพรวมมารซ์เซลล์อิเล็กทรอนิกส์ CIOC ให้การสื่อสารที่เข้าช่องกับตัวควบคุม DeltaV S-series ได้สูงสุด 4 ตัวบนเครือข่าย (คอนโทรลเลอร์แต่ละตัวสามารถมีการ์ด CHARM I/O การ์ดได้มากถึง 16 การ์ดทำให้มีความยืดหยุ่นเพียงพอที่จะอำนวยความสะดวกในการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่จำเป็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 การสื่อสาร

### 2.5.1 เทคโนโลยี WirelessHART

WirelessHART เป็น Wireless Version ของ Fieldbus-based Protocols ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสำหรับการตรวจจับสัญญาณ (Sensor) แบบ Peer-to-Peer โดยใช้เครือข่ายไร้สาย ทำให้สามารถเพิ่มความสามารถสื่อสารแบบไร้สายให้แก่อุปกรณ์และระบบ Highway Addressable Remote Transducer Protocol (HART) ของเดิม เทคโนโลยีนี้วางพื้นฐานอยู่บน ย่านความถี่ที่ไม่ต้องขออนุญาตที่ 2.4 GHz ที่ใช้ในเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น WiFi หรือ Bluetooth และรวมทั้ง ZigBee โดยให้ความปลอดภัยและการเชื่อมต่อที่มีการป้องกัน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ถูกส่งทุกๆ แพ็กเก็ตถูกส่งในเวลาที่มีข้อมูลนั้นเกิดขึ้นจริงแน่นอน Protocols นี้ยังทำให้ผู้ใช้สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีแบบไร้สายได้เร็วและง่ายขึ้น ขณะเดียวกันยังคงความสอดคล้องและทำงานร่วมกันกับ อุปกรณ์เครื่องมือ และระบบเดิมที่เป็น HART ที่ใช้อยู่เดิมได้



รูปที่ 2.26 การสื่อสารของเทคโนโลยี WirelessHART

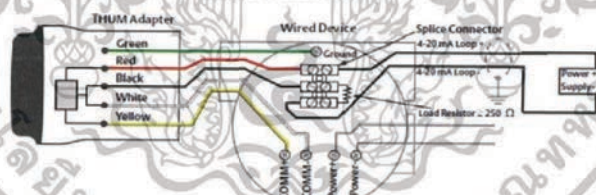
## 2.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสาร The Smart Wireless THUM [10]



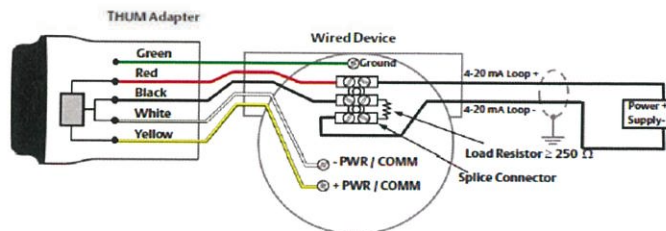
รูปที่ 2.27 อุปกรณ์ The Smart Wireless THUM

The Smart Wireless THUM คือ อุปกรณ์ที่สามารถดัดแปลงอุปกรณ์ที่ผ่าน 2 สาย หรือ 4 สาย และมันช่วยให้การส่งแบบไร้สายทำการวัดและตรวจสอบข้อมูลก่อนหน้าที่ไม่อาจเข้าถึงได้ดีมากกว่า โดยที่มันเป็นวิธีที่ง่ายต่อการเข้าถึงของโรงงานโดยประโยชน์ของมันคือ

- 1) ขยายการขอบเขตของค่าที่ไม่สามารถวัดได้จากเหตุผลทางเทคนิค
- 2) ทำให้อุปกรณ์ไร้สาย HART เพื่อเปิดใช้งานในจุดตรวจใหม่ๆ ได้
- 3) ได้รับการเข้าถึงการวิเคราะห์เครื่องมือขั้นสูง
- 4) จัดการอุปกรณ์ระยะไกลและตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์
- 5) มีข้อมูลที่รวบรวมอย่างมีประสิทธิภาพในหลายตัวแปร



รูปที่ 2.28 แผนการเดินสายไฟของอุปกรณ์ THUM Adapter ที่ต่อแบบ 2 สาย

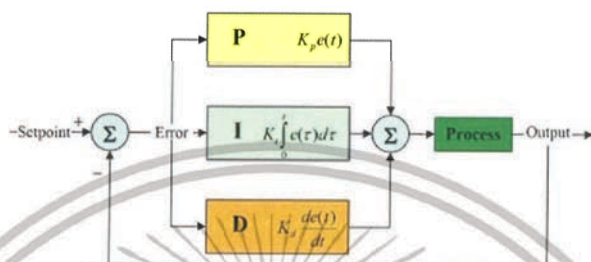


รูปที่ 2.29 แผนการเดินสายไฟของอุปกรณ์ THUM Adapter ที่ต่อแบบ 4 สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 การจูน PID (ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์) [11]

เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ



รูปที่ 2.30 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี

วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสาม ตัวแปรคือค่าสัดส่วน, ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพ่วงผ่านไป, และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการ

โดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต (Overshoots) และ ค่าแกว่งของระบบ (Oscillation) วิธี PID ไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุดหรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอน

การประยุกต์ใช้งานบางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งถึงสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการเป็นสำคัญ พีไอดีบางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ PI, PD, P หรือ I ขึ้นอยู่กับว่าใช้รูปแบบใดบ้าง

ทฤษฎีการควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการที่ 2.7

$$MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $P_{out}$ ,  $I_{out}$ ,  $D_{out}$  และ เป็นผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุม PID จากแต่ละเทอม ซึ่งนิยามตามรายละเอียดด้านล่าง

เทอมของสัดส่วน (อัตราขยาย) จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่  $K_p$ , หรือที่เรียกว่า อัตราขยายสัดส่วน

เทอมของสัดส่วนจะเป็นไปตามสมการที่ 2.8

$$P_{out} = K_p e(t) \quad (2.8)$$

เมื่อ

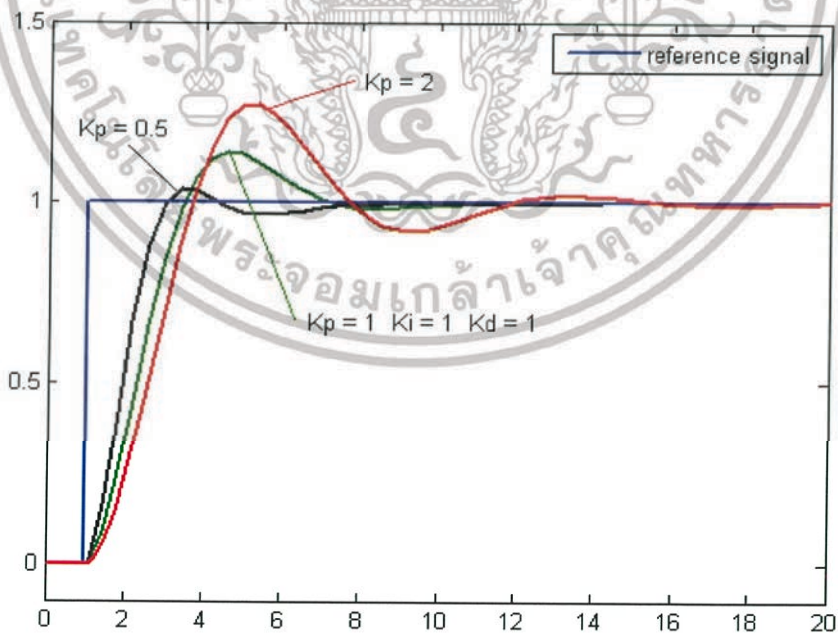
$P_{out}$  = สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

$K_p$  = อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้

$e$  = ค่าความผิดพลาด = SP-PV

$t$  = เวลา

ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไป ระบบจะไม่เสถียรได้ ในทางตรงกันข้าม ผลอัตราขยายสัดส่วนที่ต่ำ ระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย



รูปที่ 2.31 กราฟ PV ต่อเวลา,  $K_p$  กำหนดเป็น 3 ค่า ( $K_i$  และ  $K_d$  คงที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากเทอมปริพันธ์ (บางครั้งเรียก Reset) เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์,  $K_i$ .

เทอมปริพันธ์จะเป็นไปตามสมการที่

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.9)$$

เมื่อ

$I_{out}$  = สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

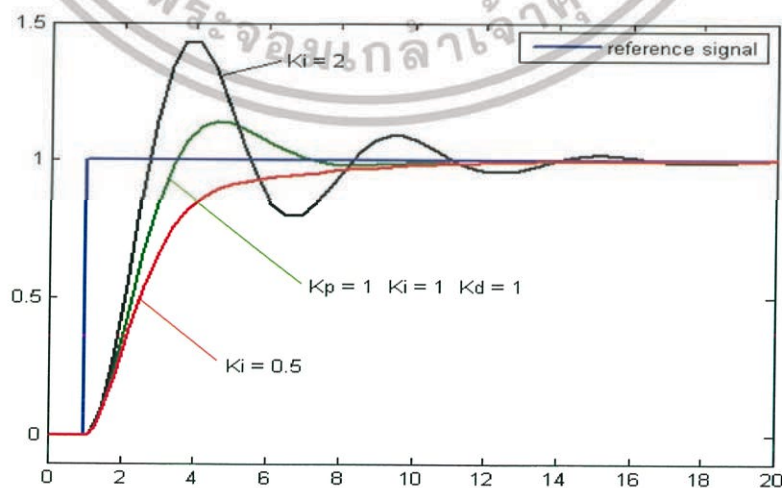
$K_i$  = อัตราขยายปริพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

$e$  = ความผิดพลาด =  $SP - PV$

$t$  = เวลา

$\tau$  = ตัวแปรปริพันธ์หุน

เทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับเทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน แต่อย่างไรก็ตามเทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดโอเวอร์ชุตได้ (ข้ามจุดที่ต้องการและเกิดการหันเหไปทางทิศทางอื่น)



รูปที่ 2.32 กราฟ PV ต่อเวลา,  $K_i$  กำหนดเป็นสามค่า ( $K_p$  และ  $K_d$  คงที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้นคำนวณหาจากความชันของความผิดพลาดทุกๆเวลา (นั่นคือ เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา) และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์  $K_d$  ขนาดของผลของเทอมอนุพันธ์ (บางครั้งเรียก อัตรา) ขึ้นกับ อัตราขยายอนุพันธ์  $K_d$

เทอมอนุพันธ์เป็นไปตามสมการ

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.10)$$

เมื่อ

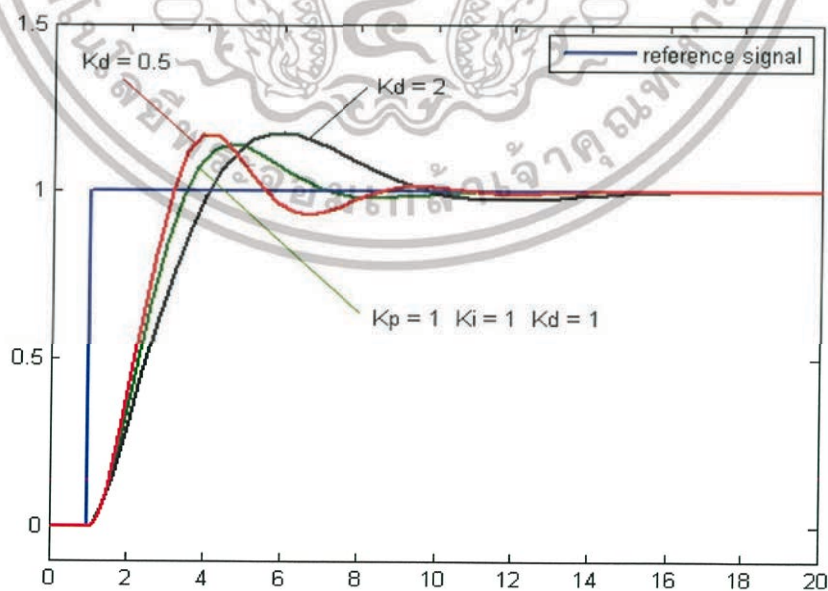
$D_{out}$  = สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

$K_d$  = อัตราขยายอนุพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

$e$  = ความผิดพลาด =  $SP - PV$

$t$  = เวลา

เทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุมและด้วยผลนี้จะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของโอเวอร์ชูตที่เกิดจาเทอมปริพันธ์และทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวนในเทอมของความผิดพลาดและสามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ถ้าสัญญาณรบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่เพียงพอ



รูปที่ 2.33 PV ต่อเวลา, สำหรับ  $K_d$  3 ค่า ( $K_p$  และ  $K_i$  คงที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลรวมเทอมสัดส่วน, ปริพันธ์, และอนุพันธ์ จะนำมารวมกันเป็นสัญญาณขาออกของการควบคุมแบบ PID กำหนดให้  $u(t)$  เป็นสัญญาณขาออก สมการสุดท้ายของวิธี PID คือ:

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.11)$$

การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการ:

จากสมการ PID เรามีค่าคงที่อยู่ที่ 3 ตัวคือ  $K_p, K_i$  และ  $K_d$  ที่ต้องกำหนดค่าเข้าไป การเลือกค่าที่เหมาะสมจะทำให้ระบบสมดุลและได้ผลลัพธ์ตรงตามต้องการมากที่สุด ซึ่งก็คือการจูน PID ส่วนวิธีการจูน PID สามารถแบ่งได้สองแบบใหญ่ๆ คือ Close loop tuning และ Open loop tuning

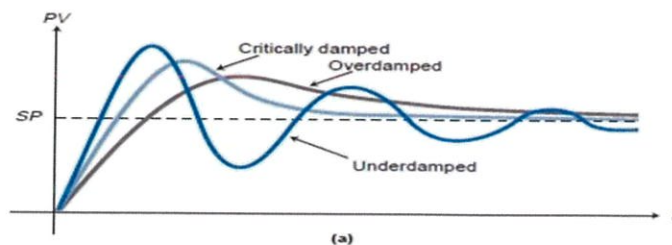
- Closed loop คือการจูน PID controller ในโหมด Auto และกำลังคอนโทรลระบบอยู่
- Open loop อาศัย Process model และการตอบสนองของระบบต่อการเปลี่ยนแปลงของ CV แบบ Step ขณะที่ PID controller อยู่ในโหมด Manual

### Trial & Error Close-Loop Tuning

วิธีนี้คือการทดลองปรับ  $K_p, K_i$  เข้าคอนโทรล แล้วสังเกตค่าที่ทำให้ระบบสมดุล

### ขั้นตอนการจูน

1. เริ่มพล็อตกราฟของ Process variable (PV)
2. เซ็ต  $K_i$  และ  $K_d$  เป็นศูนย์
3. เซ็ต  $K_p$  ค่าน้อยๆ
4. เปลี่ยน PID Controller ให้อยู่ในโหมด Auto
5. ทดสอบระบบโดยเปลี่ยนค่า Set point แล้วสังเกตว่า damping ของระบบ
6. ปรับค่า  $K_p$  เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนระบบมี damping ตามต้องการ หรือ ให้เป็น quarter-amplitude decay (Decay Ratio  $\sim 0.25$ ) ดังรูป (b)
7. ถ้าระบบยังมี Offset ระหว่าง Set point และ Process variable ให้ปรับ  $K_i$  เพิ่มขึ้นจนไม่มี Offset



รูปที่ 2.34 เป็นกราฟที่แสดงถึง process variable response ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

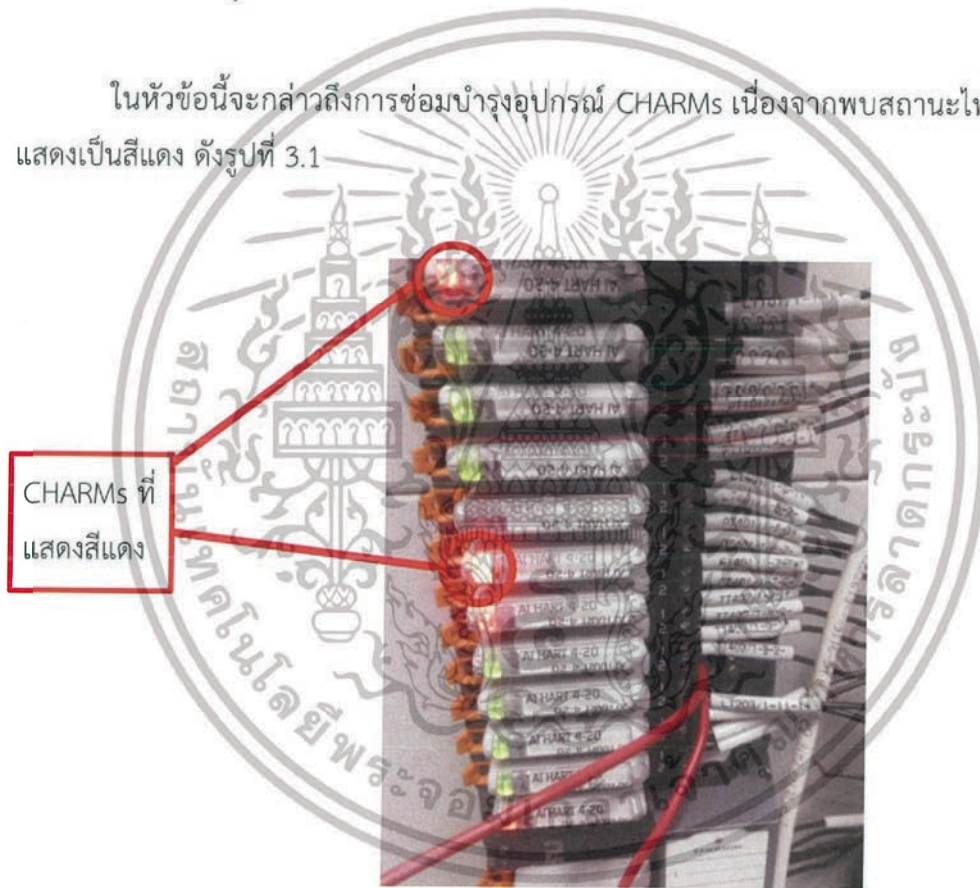
## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงาน

หลังจากทำการศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีต่างๆ ของการใช้เซนเซอร์และโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมในถังน้ำ Delta V แล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงการซ่อมบำรุง CHARMs ที่มีสถานะไม่ปกติ การปรับค่า Zero และ Span ของเซนเซอร์ และการเชื่อมอุปกรณ์ THUM Wireless เข้ากับระบบ

#### 3.1 การซ่อมบำรุง CHARMs

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ CHARMs เนื่องจากพบสถานะไฟที่ CHARMs แสดงเป็นสีแดง ดังรูปที่ 3.1



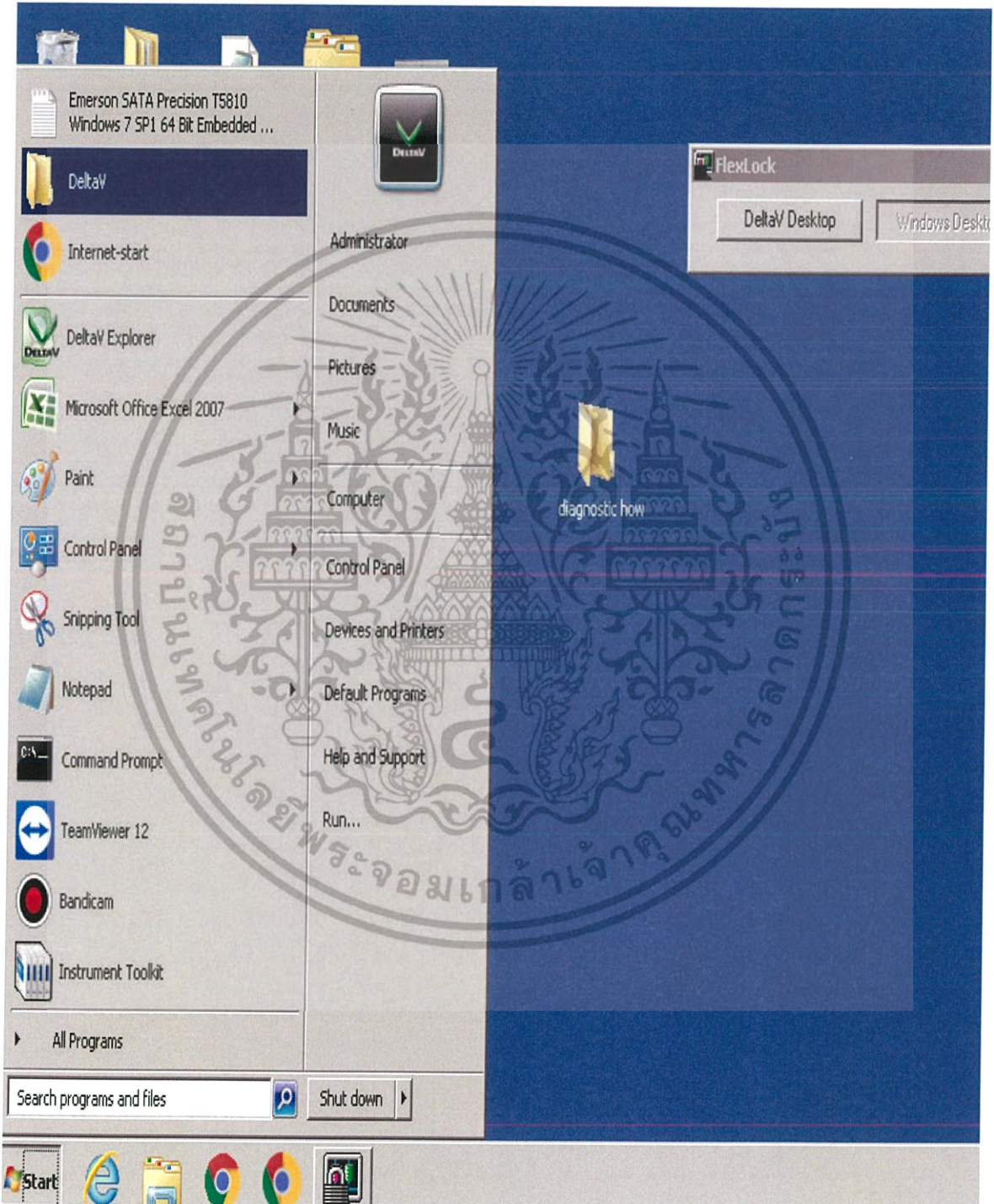
รูปที่ 3.1 CHARMs Error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1 ตรวจสอบด้วย โปรแกรม Diagnostic

เริ่มเปิดโปรแกรม Diagnostic เพื่อตรวจสอบ CHARMs ทุกตัวในระบบโดยมีขั้นตอน ดังนี้

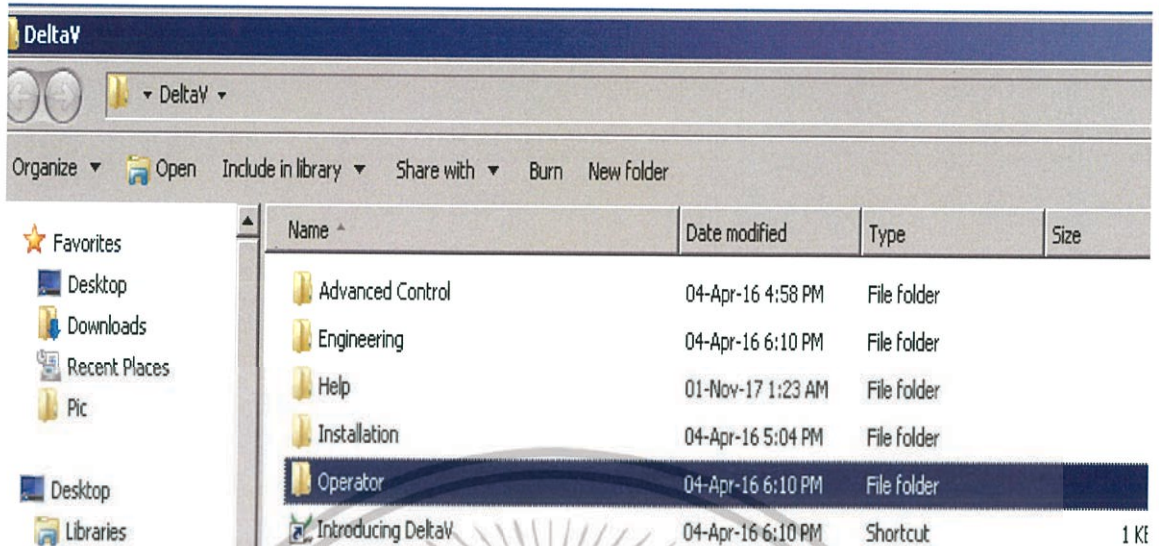
- 1) เข้าไป Start ที่หน้าจอ Windows และเลือก Folder Deltav ดังรูปที่ 3.2



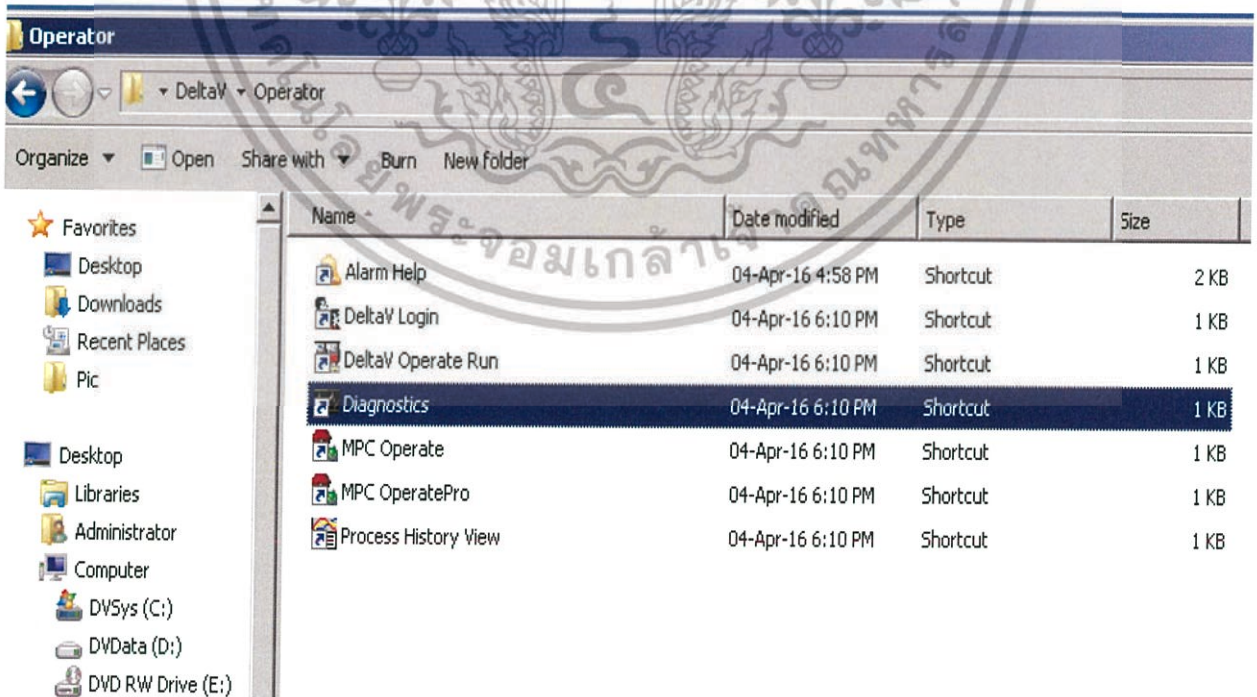
รูปที่ 3.2 การเข้า Folder Deltav

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เลือก Folder Operator และเปิดโปรแกรม Diagnostic ดังรูปที่ 3.3 และรูปที่



รูปที่ 3.3 การเข้า Folder Operator



รูปที่ 3.4 เปิดโปรแกรม Diagnostic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน้าตาของโปรแกรม Diagnostic

Contents of 'Control Network'

Node Name	Model	Last Download Time	Overall Integ...	SIL Integrity	Over
PROPLUS	DeltaV Workstation	No Configuration	GOOD	GOOD	GOO
CTLR-241958	DeltaV SQ Controller	01-Jun-19 3:34:3...	BAD	GOOD	GOO

Integrity History

- 08-Jun-19 2:37:21 PM PROPLUS NO CONFIGURATION
- 08-Jun-19 2:37:21 PM CTLR-241958 BAD
- 08-Jun-19 2:37:21 PM CIOC-1 BAD
- 08-Jun-19 2:37:21 PM WIOC1 BAD
- 08-Jun-19 2:37:21 PM CTLR-241958/COMM/SEC BAD
- 08-Jun-19 2:37:21 PM CTLR-241958/WIO BAD

รูปที่ 3.5 หน้าต่าง Diagnostic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4) ตรวจสอบ CHARMs

ตรวจสอบสถานะของ CHARMs โดยคลิกซ้ายที่ I/O Network จากนั้นคลิกซ้าย CHARMs แล้วเลือก CHARMs ที่ต้องการจะตรวจสอบ จากรูปที่ 3.6 เป็นการเลือก CHM1- 01 โดย CHM1 เป็นตัวบอกว่าอยู่ที่ Base Plate 1 และ 01 เป็นตัวบอกว่าอยู่ที่ CHARMs 1 จะเห็นว่ามีสถานะเป็น “Open Loop Detected” หมายความว่ามีการเชื่อมต่อระหว่าง CHARMs และ เซนเซอร์ ไม่ครบวงจร

The screenshot shows the 'Diagnostics - DeltaV' window. On the left, a tree view lists various CHARMs, with 'CHM1-01 AI 4-20 mA HART CHA' selected and circled in red. A red box with Thai text 'CHAMs ที่ผิดปกติ' (Faulty CHAMs) points to this list. On the right, the 'Contents of "CHM1-01 AI 4-20 mA HART CHARM"' table shows the following data:

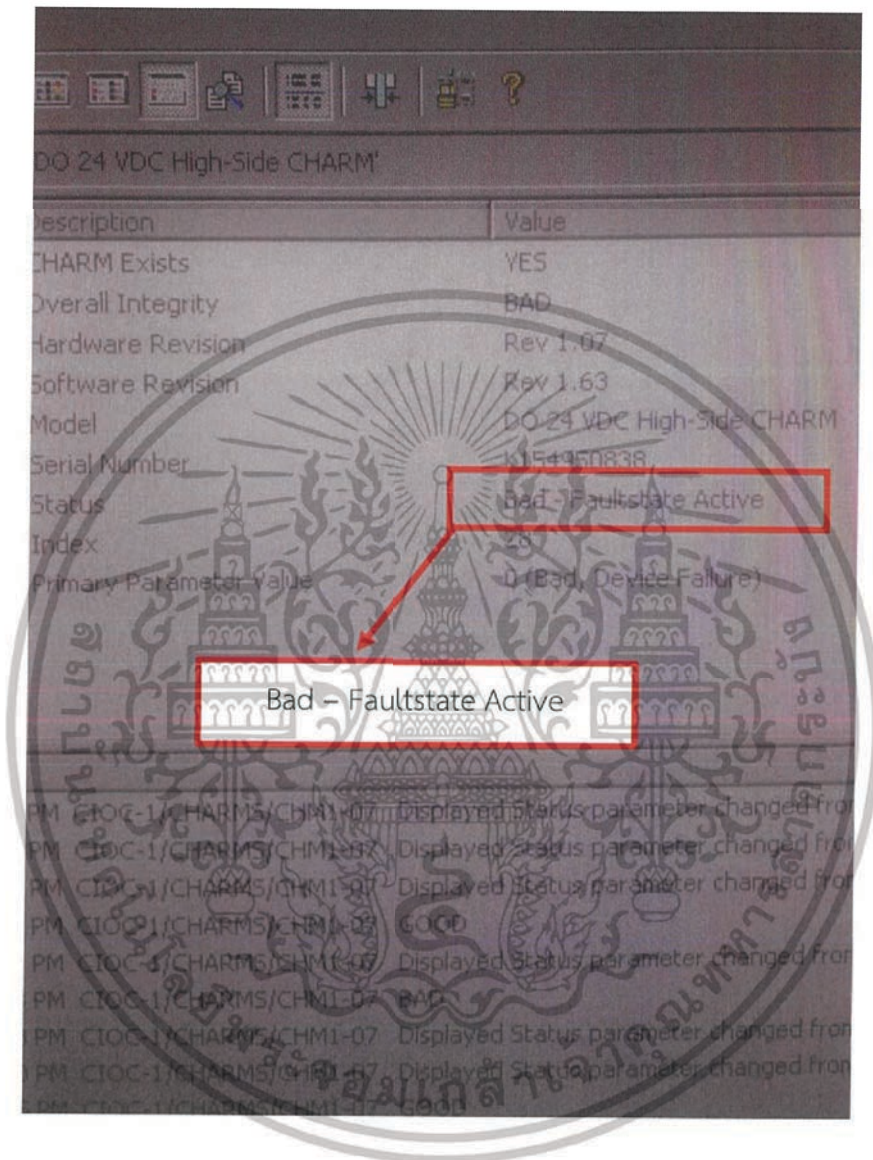
Name	Description	Value
Exist	CHARM Exists	YES
Integ	Overall Integrity	BAD
HwRev	Hardware Revision	Rev 1.09
SwRev	Software Revision	Rev 1.59
Model	Model	AI 4-20 mA HART CHARM
SNNum	Serial Number	0154860201
Status	Status	Open Loop Detected
Index	Index	
Value	Primary Parameter Value	-24.9952 (Bad, Device Failure)

Below this table is an 'Integrity History' table with columns for Date/Time, Location, and Status. The status 'BAD' is repeated for multiple entries. Two red boxes with Thai text 'Open Loop Detected' point to the 'Status' field in the main table and the 'BAD' status in the history table.

รูปที่ 3.6 แสดงสถานะของ CHM1-01 ที่แสดงสถานะ “Open Loop Detected”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

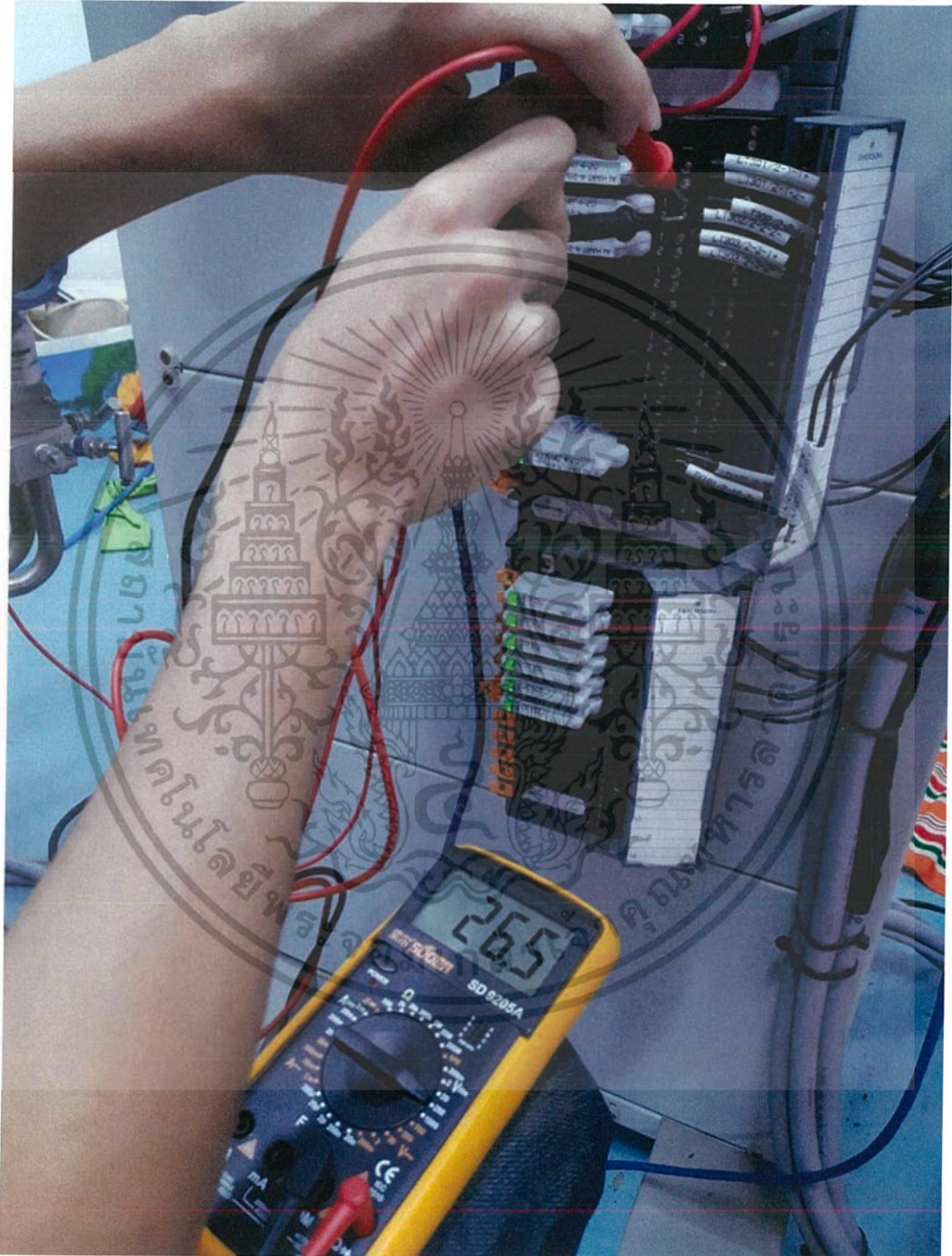
เมื่อตรวจสอบ CHARMs CHM1-01 เสร็จแล้ว ได้ตรวจสอบCHARMs อื่นด้วย ซึ่งพบสถานะ “Bad – Faultstate Active” ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งสถานะนี้เป็นการบอกเพียงว่า CHARMs ไม่สามารถทำงานได้



รูปที่ 3.7 แสดงสถานะ Fault state Active

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

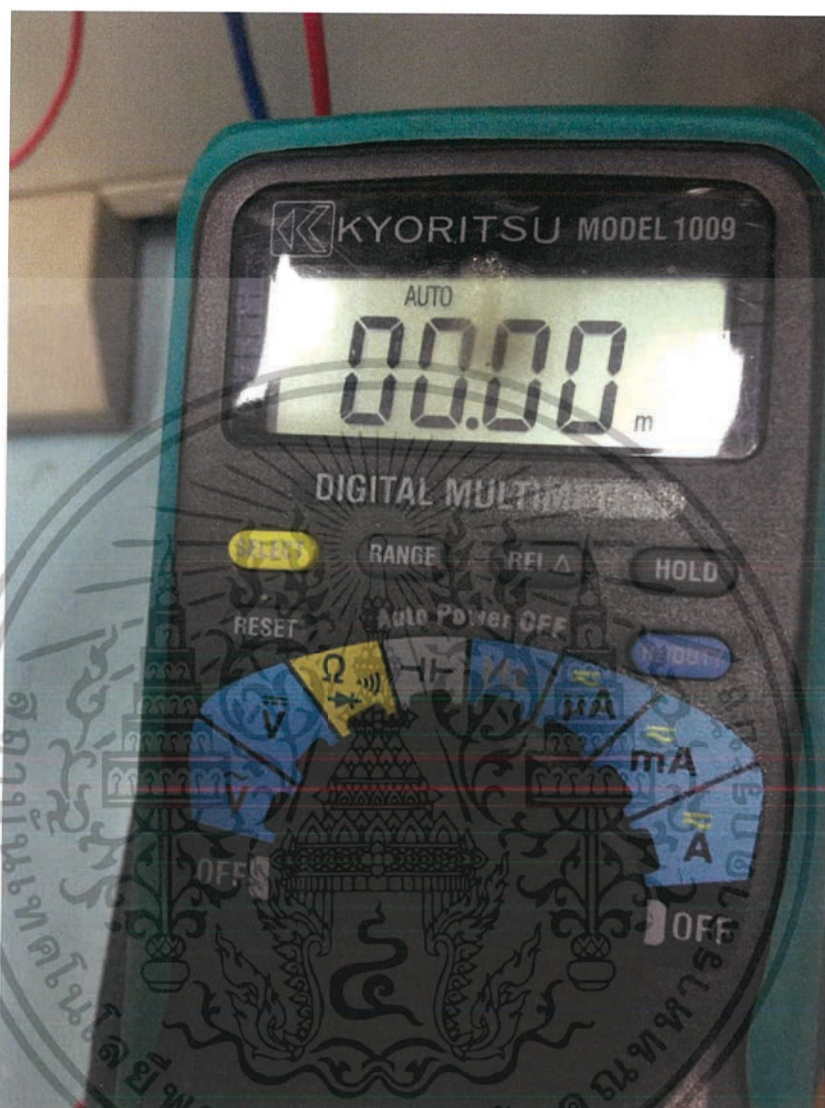
5) ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่ที่ตกร้อม CHARMs มีค่า 26.5 V แสดงว่าตัว CHARM สามารถจ่ายไฟให้เซนเซอร์ได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกร้อม CHARMs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

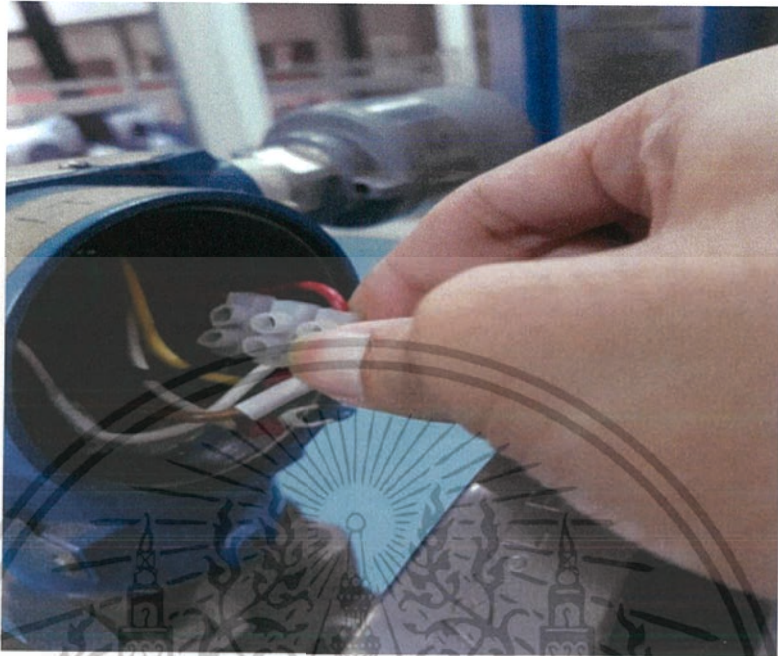
6) ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าระหว่าง CHARMS และ เซนเซอร์มีค่า 0 mA. แสดงว่าภายในวงจรมีวงจรเปิดอยู่ดังรูปที่ 3.9



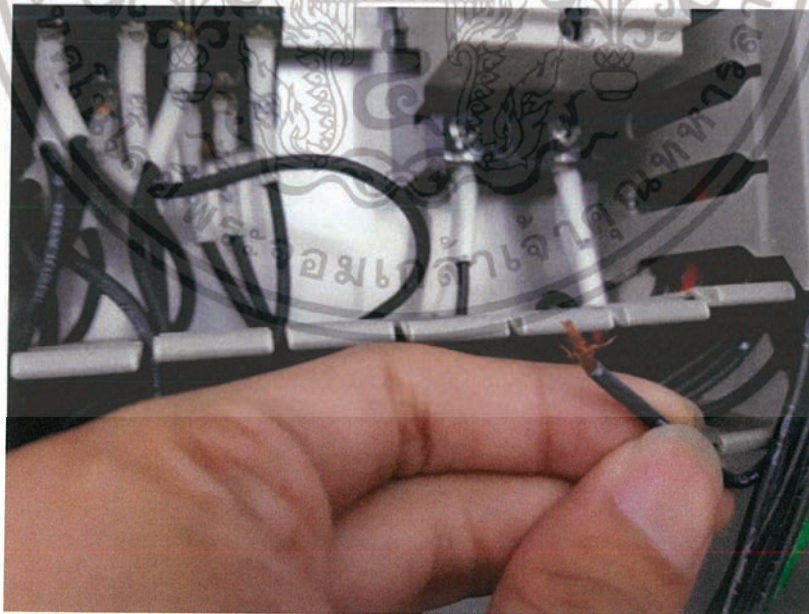
รูปที่ 3.9 วัดกระแสไฟฟ้าระหว่าง CHARMS ขณะวงจรเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) สาเหตุของการทำให้วงจรเปิดพบว่าเซนเซอร์ไม่ได้ถูกต่อสายไว้ดังรูปที่ 3.10 และสายชำรุดที่เกิดจากการเชื่อมหัวข้อต่อไม่แน่นดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.10 เซนเซอร์ที่ไม่ได้ต่อสาย



รูปที่ 3.11 สายไฟฟ้าชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

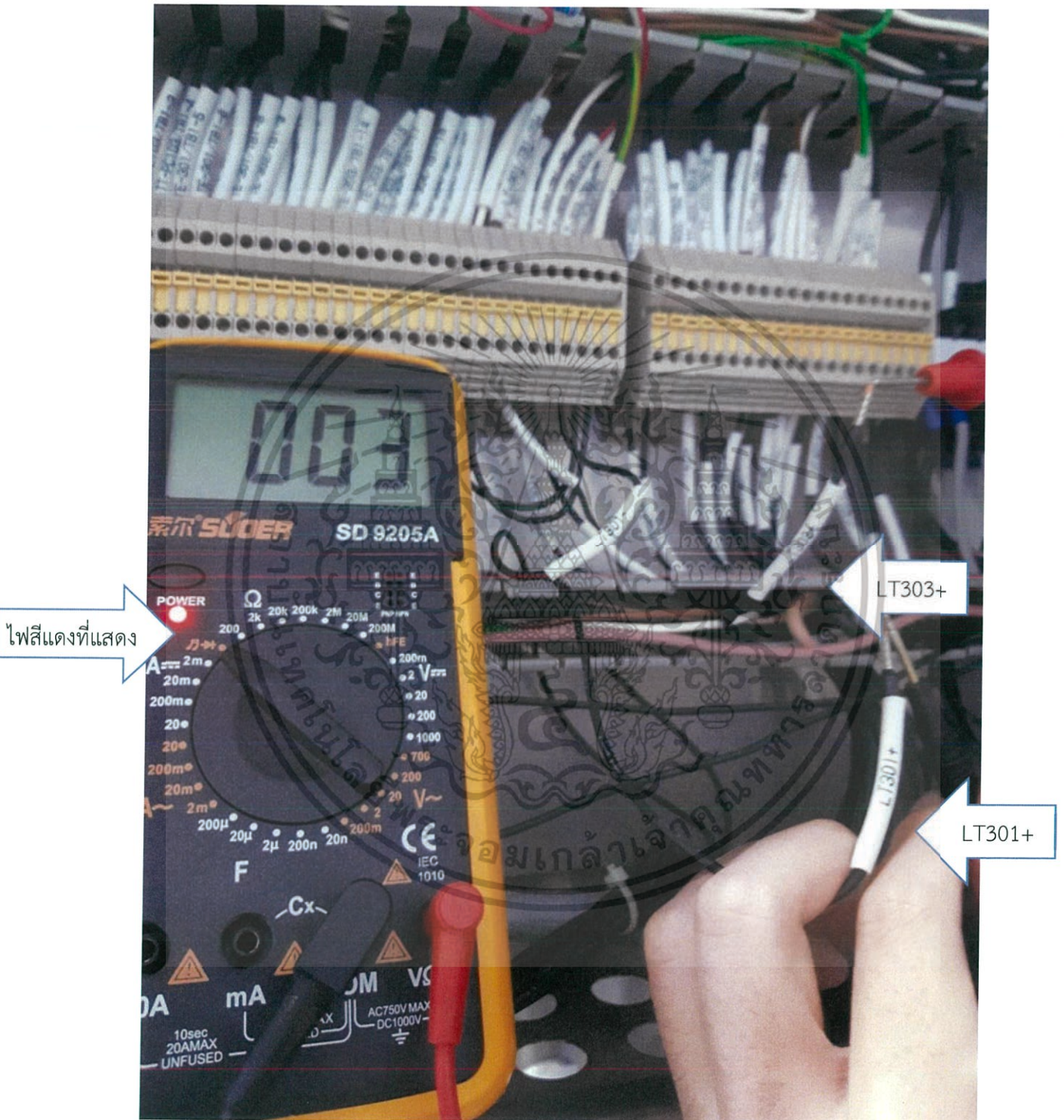
8) ตรวจสอบ Terminal เพื่อดูว่าต้นทางและปลายทางเชื่อมต่อเป็นจุดเดียวกันดังรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าถ้าเป็นจุดเดียวกันที่มีลติมิเตอร์จะมีไฟสีแดง



รูปที่ 3.12 ตรวจสอบรอยต่อของ Terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

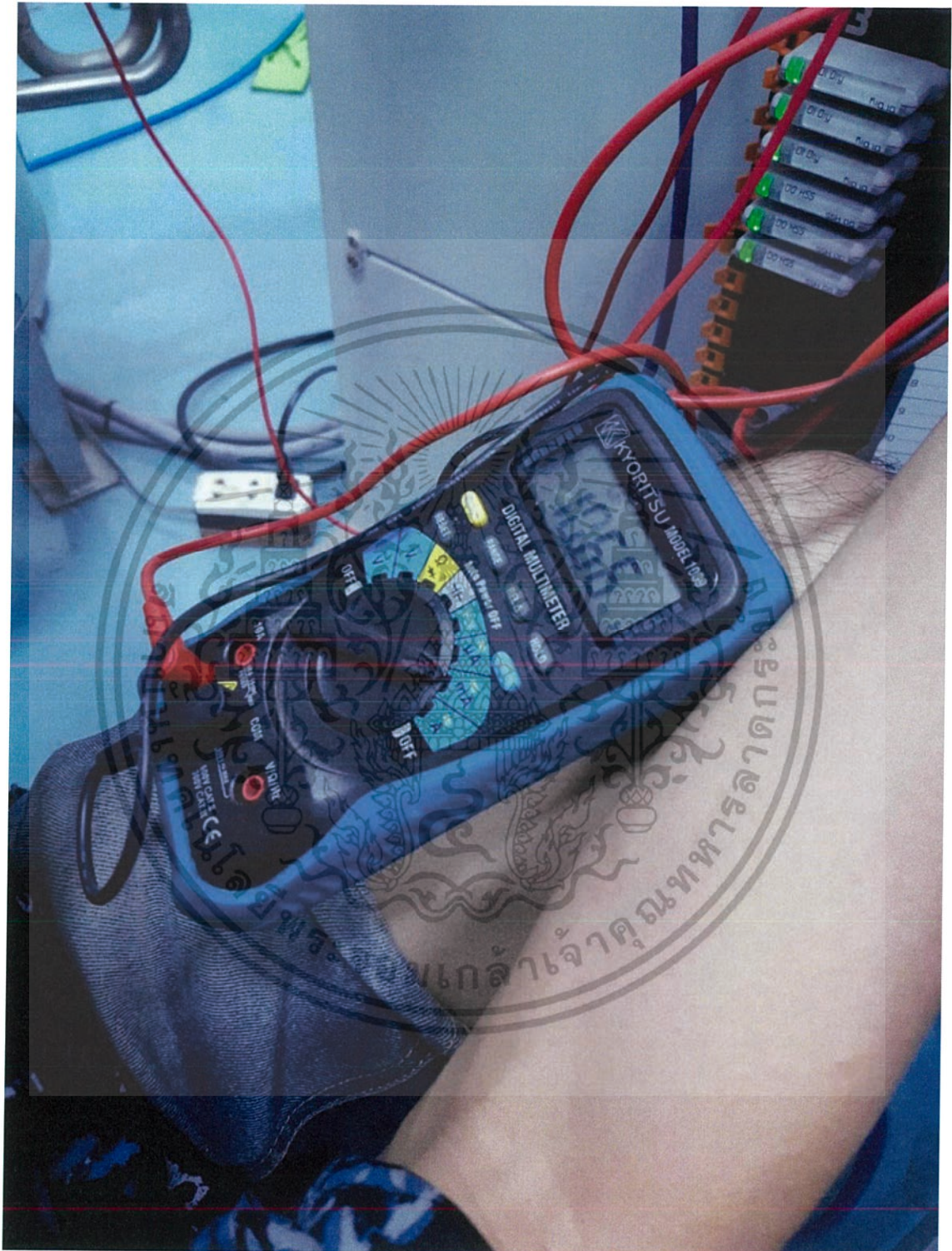
9) ตรวจสอบต้นสายไฟและปลายสายไฟด้วยวิธีเดียวกันกับข้อ 7) พบว่า Tag LT301+ และ LT303+ ติดอยู่บนสายเดียวกัน ดูได้จากไฟสีแดงที่แสดงบนมัลติมิเตอร์ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ตรวจสอบสายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) แก้ไขการเดินสายใหม่และวัดค่ากระแสไฟฟ้าในที่นี้วัดที่ค่า 10.66 mA. ดังรูปที่ 3.14 เพื่อให้สอดคล้องกับการวัดระดับที่ 40 % ในบทที่ 4

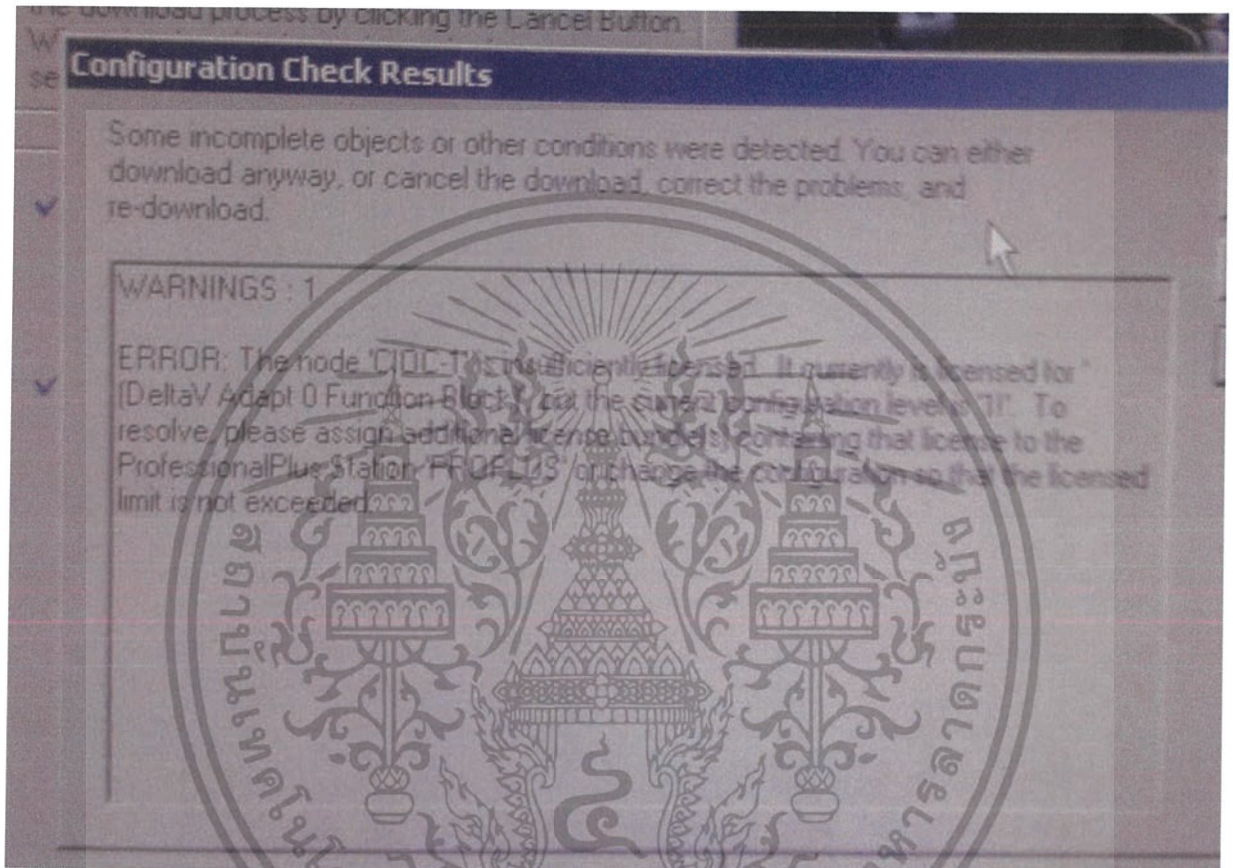


รูปที่ 3.14 วัดกระแสไฟฟ้าขณะครบวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

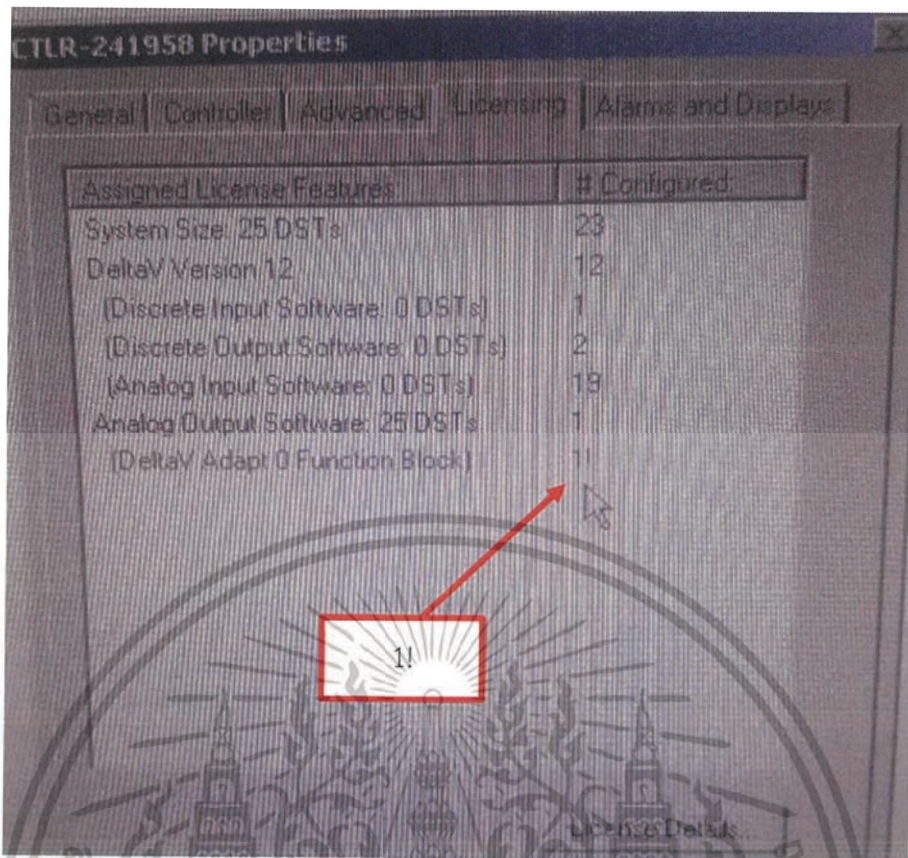
### 3.2 แก้ไข License ของ Software Delta V

เนื่องจากซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการควบคุม Plant ในห้องปฏิบัติการไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากก่อนหน้านี้ผู้เข้ามาใช้ห้องปฏิบัติการในภาคการศึกษาที่แล้วได้ทำการเข้าระบบใช้และได้ทำการ Unsigned ผิดวิธี ส่งผลให้ซอฟต์แวร์ไม่สามารถใช้งานในการควบคุม Plant ได้ดังรูปที่ 3.16 และมีการจำ 1! ที่ “DeltaV Adapt 0 Function Block” ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.15 Software Delta V ไม่สามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 License Dongle ของ Software DeltaV ที่แจ้ง 1!

ติดต่อศิษย์เก่า ที่บริษัท Emerson เพื่อขอยืม License Dongle มาทำการ Unsigned License ใหม่ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 ตัว License Dongle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทำการ Unsigned License ไปแล้วตัว “DeltaV Adapt 0 Function Block” ที่แจ้ง 1! จะเห็นว่าหายไปจาก Controller แล้วซึ่งทำให้ซอฟต์แวร์กลับมาใช้งานได้ ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.18 License ทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ทำการปรับ Zero และ Span ของเซนเซอร์

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการปรับ Zero และ Span ของเซนเซอร์ เนื่องจากพบว่าเมื่อทำการวัดระดับน้ำภายในถังโดยใช้ Level Transmitter แล้วผลปรากฏว่า ระดับน้ำในถังไม่สอดคล้องกับผลการวัดที่ได้จากเซนเซอร์ จึงได้ทำการขอยืม Handheld จากรุ่นพี่ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมที่ในปัจจุบันทำงานอยู่ในบริษัทEmerson

โดยเริ่มจากการตรวจสอบชื่อของเซนเซอร์นั้นๆว่าถูกต้องหรือไม่ ดังรูปที่ 3.20

#### 3.3.1 การตั้ง Name Tag ของเซนเซอร์



รูปที่ 3.19 Field Communicator Main Menu

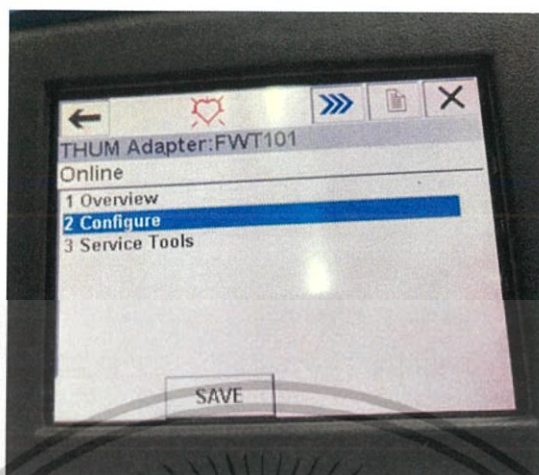
จากรูปที่ 3.20 ให้เราเลือกไปที่เมนู “HART” เพื่อเลือกการเชื่อมต่อแบบ HART Protocol หลังจากนั้นจะนำไปสู่เมนูต่อไปดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.20 HART Application Menu

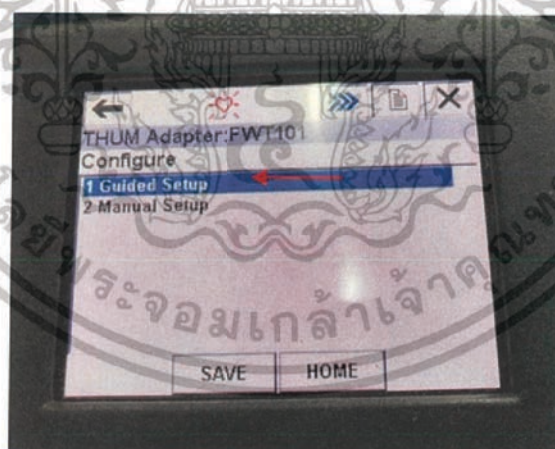
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.21 จะมีอุปกรณ์ให้เลือก 4 ตัวด้วยกัน โดยจะทำการเลือกอุปกรณ์ FWT101 เพื่อทำการเข้าไปปรับแก้ค่า ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 THUM Adaptor Menu

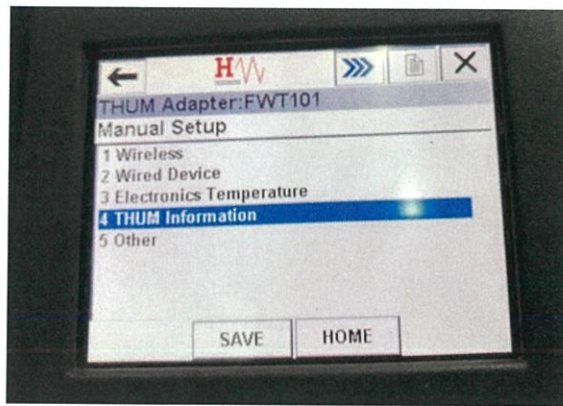
หลังจากที่เข้ามาแล้วจะพบหน้าจอของอุปกรณ์ให้เลือก โดยถ้าเลือก Overview จะเป็นการดูสถานะของอุปกรณ์ ถ้าเลือก Service Tools จะเป็นการเข้าโหมดการปรับปรุงหรือการสอบเทียบค่าต่างๆ โดยให้ทำการเลือกที่ “Configure” จะเป็นไปดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.22 Configure Menu

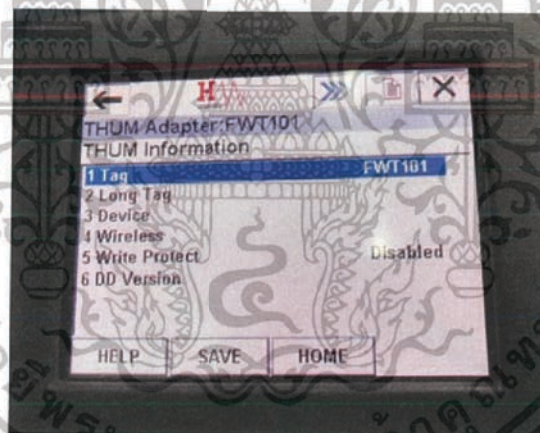
เมื่อเข้ามาในเมนู “Configure” เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเลือกไปที่ Manual Setup ถ้าเลือก Guided Setup จะเป็นการเข้าไปปรับแต่งค่าตามที่ระบบกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 Manual Setup

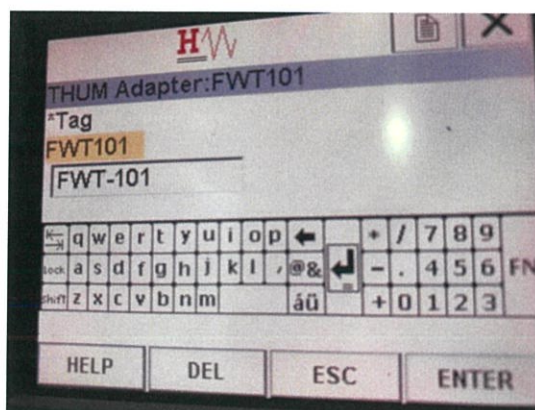
ขั้นตอนนี้จะทำการเลือก THUM Information เพื่อเข้าไปดูข้อมูลของอุปกรณ์ FWT101, ถ้าเลือก Wireless จะเป็นการเข้าไปกำหนด Network ID ถ้าเลือก Wired Device จะเป็นการปรับแก้ค่าของอุปกรณ์ที่ใช้สาย ถ้าเลือก Electronics Temperature จะเป็นการดูค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์



รูปที่ 3.24 THUM Information

ทำการเลือกที่เมนู Tag เพื่อเข้าไปเปลี่ยนชื่ออุปกรณ์ให้เป็นไปตามที่ต้องการ ถ้าหากเลือก Long Tag จะเป็นการแก้ไขชื่ออุปกรณ์แบบที่มีชื่อยาว

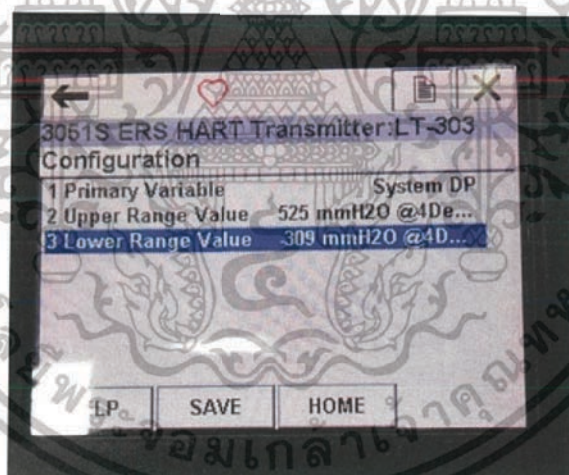
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 Tag name

ในเมนูนี้สามารถตั้งชื่ออุปกรณ์ได้ตามที่ต้องการ โดยจะใช้ชื่อเดิม หลังจากนั้นทำการกด Enter เพื่อ Update ข้อมูล

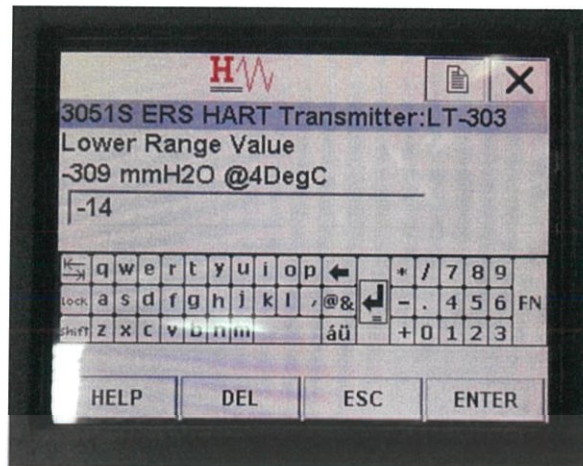
### 3.3.2 การปรับ Zero และ Span ของอุปกรณ์เซนเซอร์



รูปที่ 3.26 การปรับค่า Zero และ Span

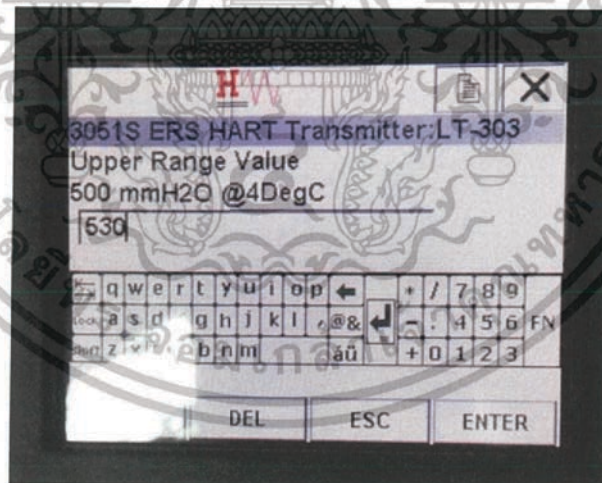
ในเมนู Configuration ในรูปที่ 3.27 มาจากวิธีการเดียวกับรูปที่ 3.20 ถึง 3.21 โดยตัวอุปกรณ์ LT-303 จะแสดงขึ้นเมื่อนำ Handheld ไปเชื่อมสองขั้วกับ Level Transmitter โดยจากรูปที่ 3.22 โดยจะทำการเลือก Overview และหลังจากที่เข้ามาจะทำการเลือกเมนู Configuration ดังรูปที่ 3.27 ก็จะทำการเลือกปรับ Zero และ Span ในส่วนของ Upper Range Value จะเป็นค่าขอบบนและ Lower Range Value จะเป็นค่าของขอบล่าง ของ LT-303

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 Lower Range Value

ในเมนู Lower Range Value จะทำการปรับค่าขอบล่างของอุปกรณ์ จากที่แสดงในรูปที่ 3.28 ทำการเปลี่ยนค่า -309 mmH2O ให้เป็น -14 mmH2O เนื่องจากระดับน้ำที่วัดได้ที่ 0% ค่าที่แสดงออกมาจาก Level Transmitter ไม่ตรงกับระดับน้ำในถังที่มองด้วยตาเปล่า จึงทำการปรับ Lower Range Value จาก -309mmH2O เพิ่มขึ้นมาเรื่อยๆ จนกระทั่งสามารถเห็นระดับน้ำที่ 0% ด้วยตาเปล่าที่ค่า -14mmH2O



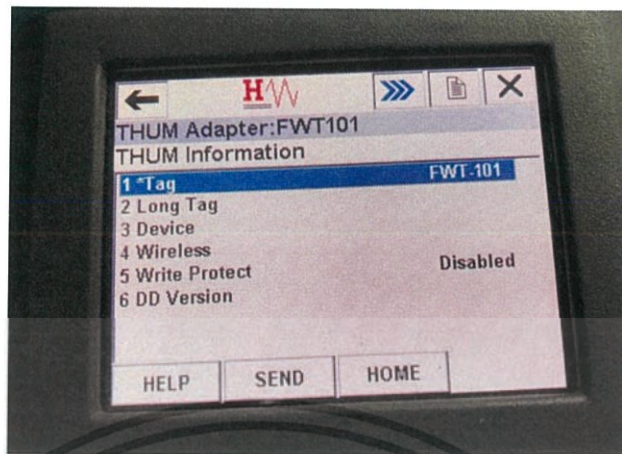
รูปที่ 3.28 Upper Range Value

ในส่วนของ Upper Range Value จะใช้วิธีการเดียวกับการปรับ Lower Range Value โดยดูจากค่าเดิมที่ผันผวนตามระดับของน้ำในถัง ในที่นี้เราจะทำการปรับให้เป็น 530mmH2O

เมื่อทำการปรับ Zero และ Span เรียบร้อยแล้วก็จะสามารถวัดระดับน้ำได้อย่างถูกต้องและพร้อมที่จะนำค่าของระดับน้ำไปใช้ในการควบคุมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ THUM Wireless เข้ากับระบบ



รูปที่ 3.29 THUM Information

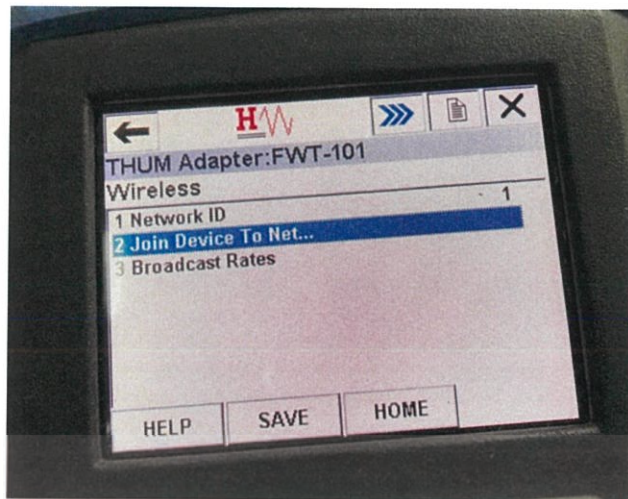
จากรูปที่ 3.30 จะทำการเลือกเมนู Wireless เพื่อกำหนด WirelessHART Network ID เพื่อให้อุปกรณ์อยู่ในเครือข่ายการสื่อสารของ WirelessHART ID เดียวกัน



รูปที่ 3.30 THUM WirelessHART ID

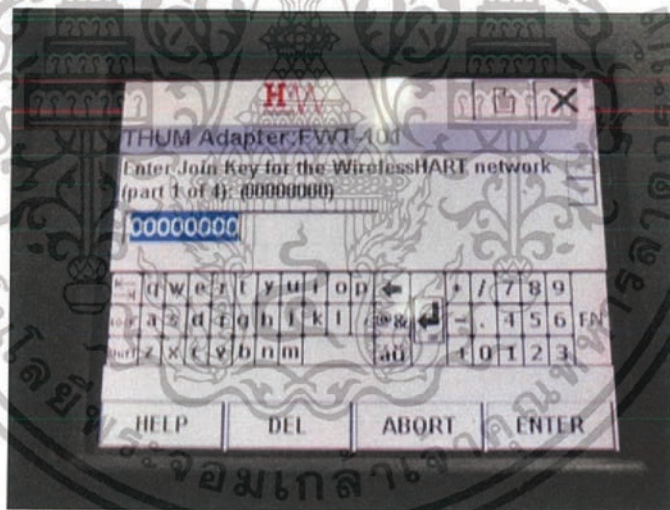
ทำการใส่ Network ID ให้เป็น 1 เป็นการกำหนด Network เพื่อให้อุปกรณ์ที่ใช้สามารถสื่อสารถึงกันได้เครือข่ายเดียวกัน Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 Wireless Menu

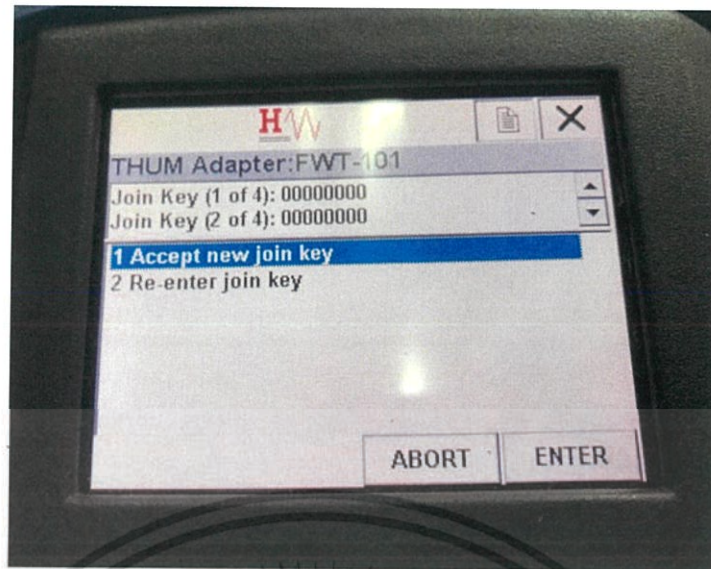
ใน Wireless Menu จะทำการเลือก Join Device to Network เพื่อกำหนด Join Key ให้กับอุปกรณ์ซึ่งการกำหนด Join Key เป็นการตั้งค่าระบบย่อยใน Network เพื่อนให้อุปกรณ์มี Networkd และ Join Key เดียวกัน



รูปที่ 3.32 THUM Network Join Key

ในรูปที่ 3.33 จะเป็นขั้นตอนการกำหนด Join Key ให้กับอุปกรณ์ โดยในรูปจะเป็น “(part 1 of 4)” ซึ่งในส่วนของ “(part 2 of 4)”, “(part 3 of 4)”, “(part 4 of 4)” จะกระทำเช่นเดียวกัน ซึ่งการกำหนดค่า Join Key เป็นการตั้งค่าระบบย่อยให้มี Network และ Join Key เดียวกัน ในที่นี้จะตั้งค่าเป็น 00000000 ทั้ง 4 Part ของ Join Key เพื่อให้เหมือนกับ Join Key ใน Controller ถ้ามี Part ใด Part หนึ่ง ที่ค่าไม่เหมือนกัน ก็จะไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 THUM Adaptor Join Key

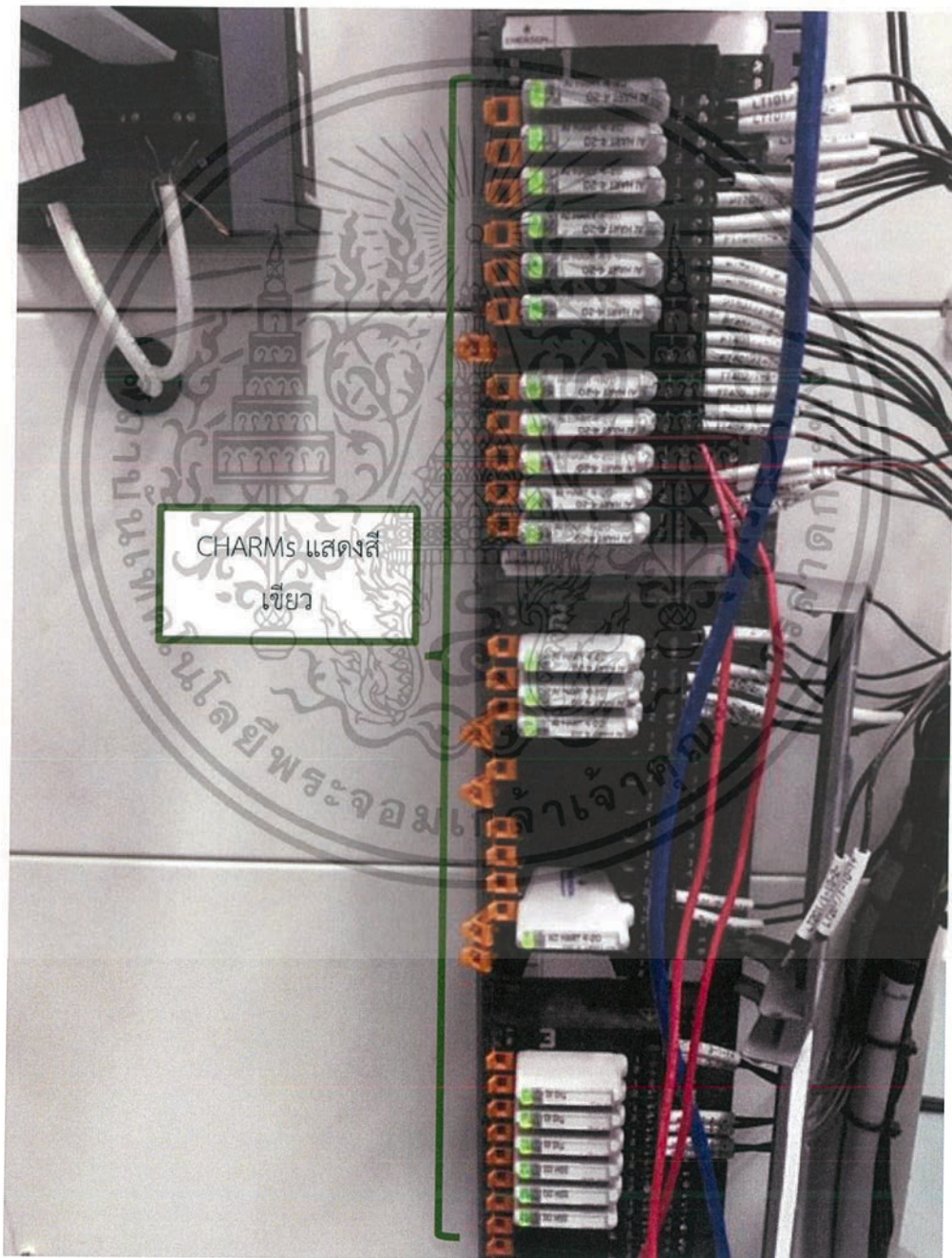
กด Accept new join key เพื่อยอมรับการเชื่อมต่อของ Network Join Key ที่ 4 Part หลังจากนั้นเราจะสามารถเชื่อมต่อระหว่าง THUM Adaptor และ Wireless I/O ได้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการแก้ไข CHARMs I/O

ที่ Hardware CHARMs ทุกตัวแสดงไฟสีเขียวซึ่งหมายความว่า CHARMs สามารถรับส่งค่าได้ตามปกติดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การแสดงไฟสีเขียวของ CHARMs I/O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ Software สามารถเข้าตรวจสอบได้ที่ Program Diagnostic ตามบทที่ 3 พบว่า  
ไม่มีการแจ้งเตือนใดๆที่ CHARMs หรือ สถานะของทุก CHARMs แสดงเป็น Good ดังรูป  
ที่ 4.2

Contents of 'CHM1-01 AI 4-20 mA HART CHARM'

Name	Description	Value
Exist	CHARM Exists	YES
OInteg	Overall Integrity	GOOD
HwRev	Hardware Revision	Rev 1.09
SwRev	Software Revision	Rev 1.59
Model	Model	AI 4-20 mA HART CH
SNum	Serial Number	P154880291
Status	Status	Good
Index	Index	1
Value	Primary Parameter Value	78.5921

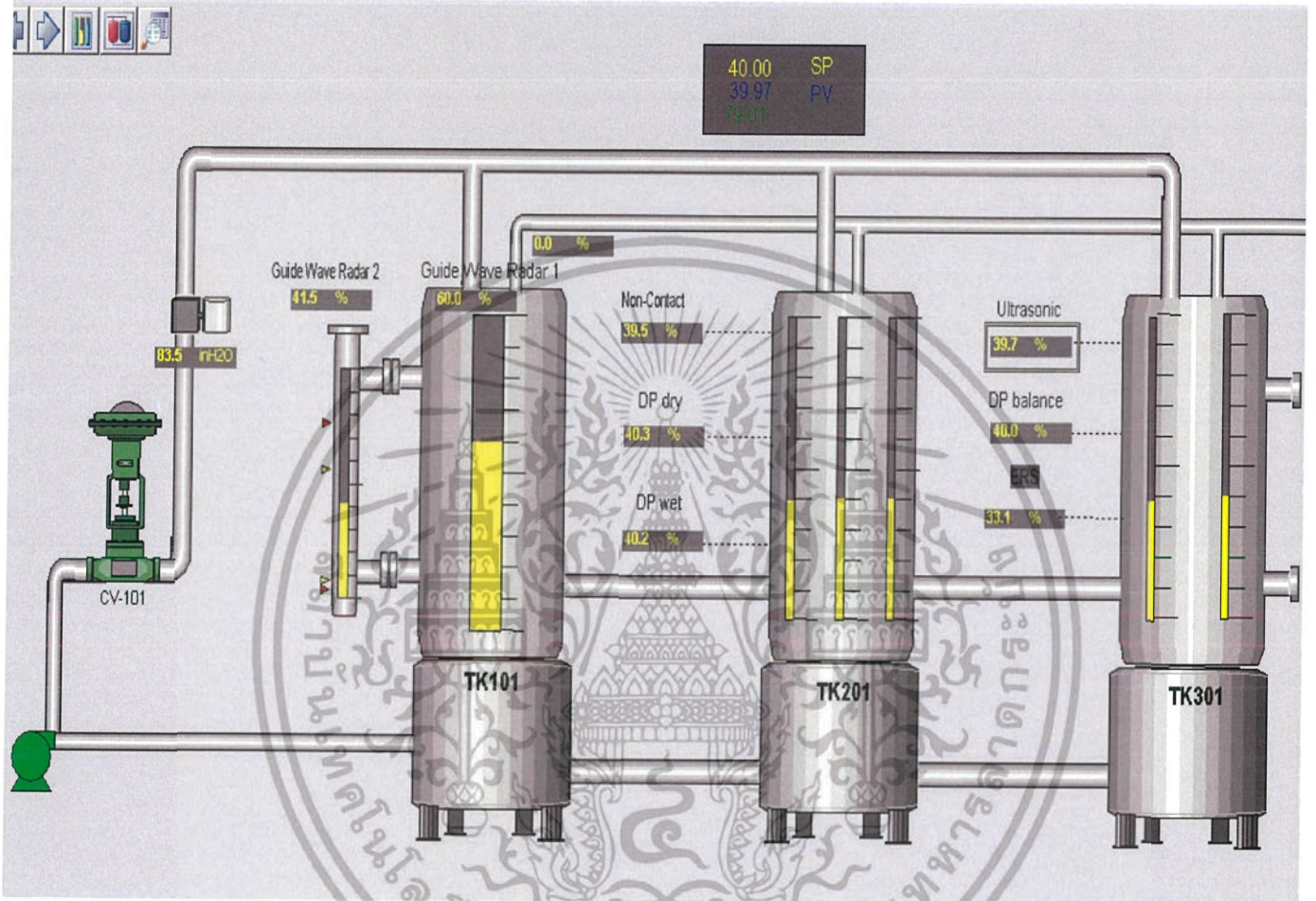
CHAMs ไม่มีเครื่องหมายแสดงความผิดปกติ

รูปที่ 4.2 การแสดงสถานะ Good ของ CHARMs I/O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ทำการปรับค่า Zero และ Span

เนื่องจากเซนเซอร์ถูกใช้งานมาเป็นเวลานานจึงทำให้ค่าอาจมีความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นได้ จึงได้ทำการปรับค่า Zero และ Span ของเซนเซอร์ทั้งหมด เพื่อให้อยู่ในช่วงที่เซนเซอร์สามารถอ่านค่าได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงค่าของระดับน้ำที่วัดได้จากเซนเซอร์ทั้งหมด

จากรูปที่ 4.3 จะแสดงถึงค่าของระดับน้ำที่วัดได้จากอุปกรณ์เซนเซอร์ทั้งหมดที่ได้ทำการปรับค่า Zero และ Span โดยจะมี Set Point ที่ 40% ไม่ว่าจะเป็น Guide Wave Radar, Non-Contact, DP Dry, DP Wet, Ultrasonic และ DP Balance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระดับ40%



รูปที่ 4.4 ค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Guide Wave Radar

จากรูปที่ 4.4 จะแสดงถึงถึงน้ำทางด้านซ้ายสุดของรูปที่ 4.3 โดยเป็นค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Guide Wave Radar ที่ Set Point เท่ากับ 40% โดยค่าที่วัดได้จะอยู่ที่ประมาณ 41.5%

ที่ระดับ40%



รูปที่ 4.5 ค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Non-Contact, DP Dry, DP Wet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 จะแสดงถึงถึงน้ำตรงกลางของรูปที่ 4.3 โดยเป็นค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Non-Contact, DP Dry และ DP Wet ที่ Set Point เท่ากับ 40% โดยค่าที่วัดได้จะอยู่ที่ประมาณ 39.5%, 40.3% และ 40.2% ตามลำดับ

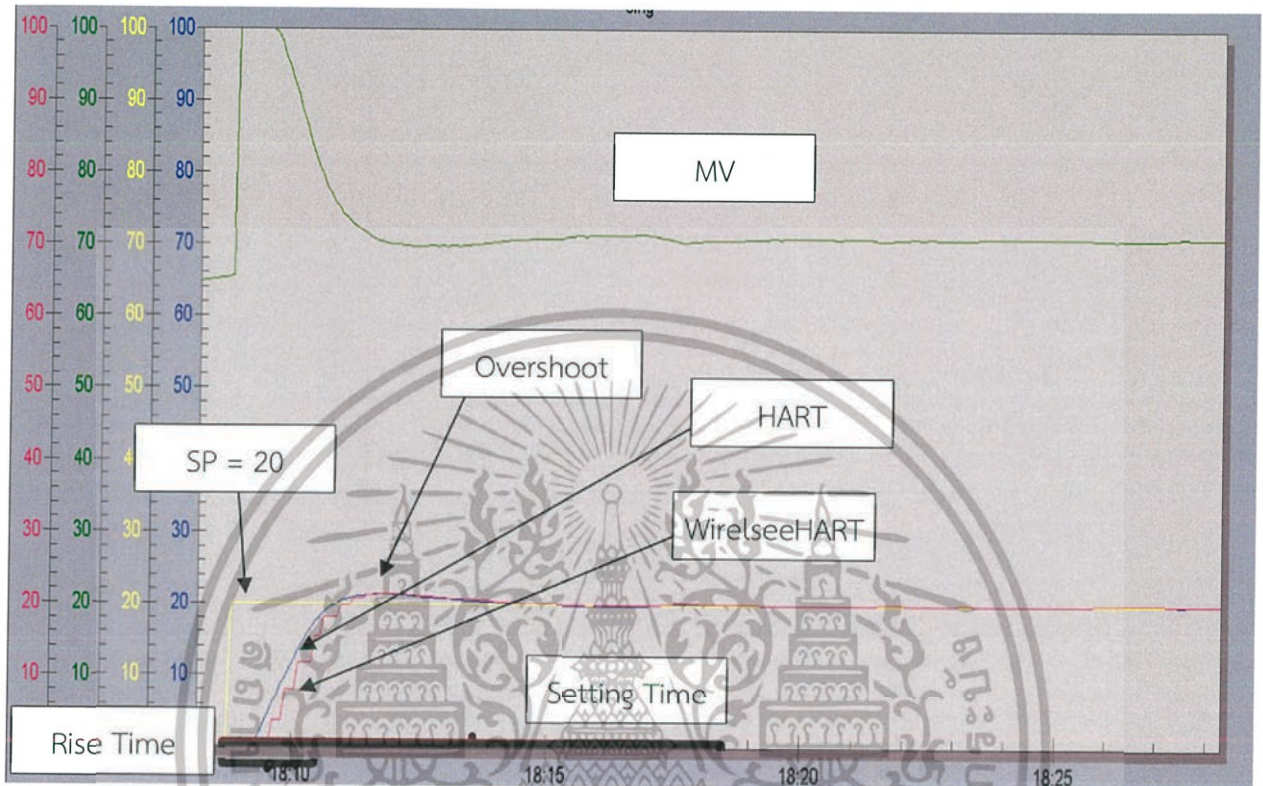


รูปที่ 4.6 ค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Ultrasonic และ DP Balance

จากรูปที่ 4.6 จะแสดงถึงถึงน้ำทางด้านขวาสุดของรูปที่ 4.3 โดยเป็นค่าของระดับน้ำที่วัดได้จาก Ultrasonic และ DP Banlance ที่ Set Point เท่ากับ 40% โดยค่าที่วัดได้จะอยู่ที่ประมาณ 39.7% และ 40% ตามลำดับ

### 4.3 การทดสอบระบบควบคุมที่เป็นทั้งแบบ HART และ WirelessHART

#### การทดลองที่1



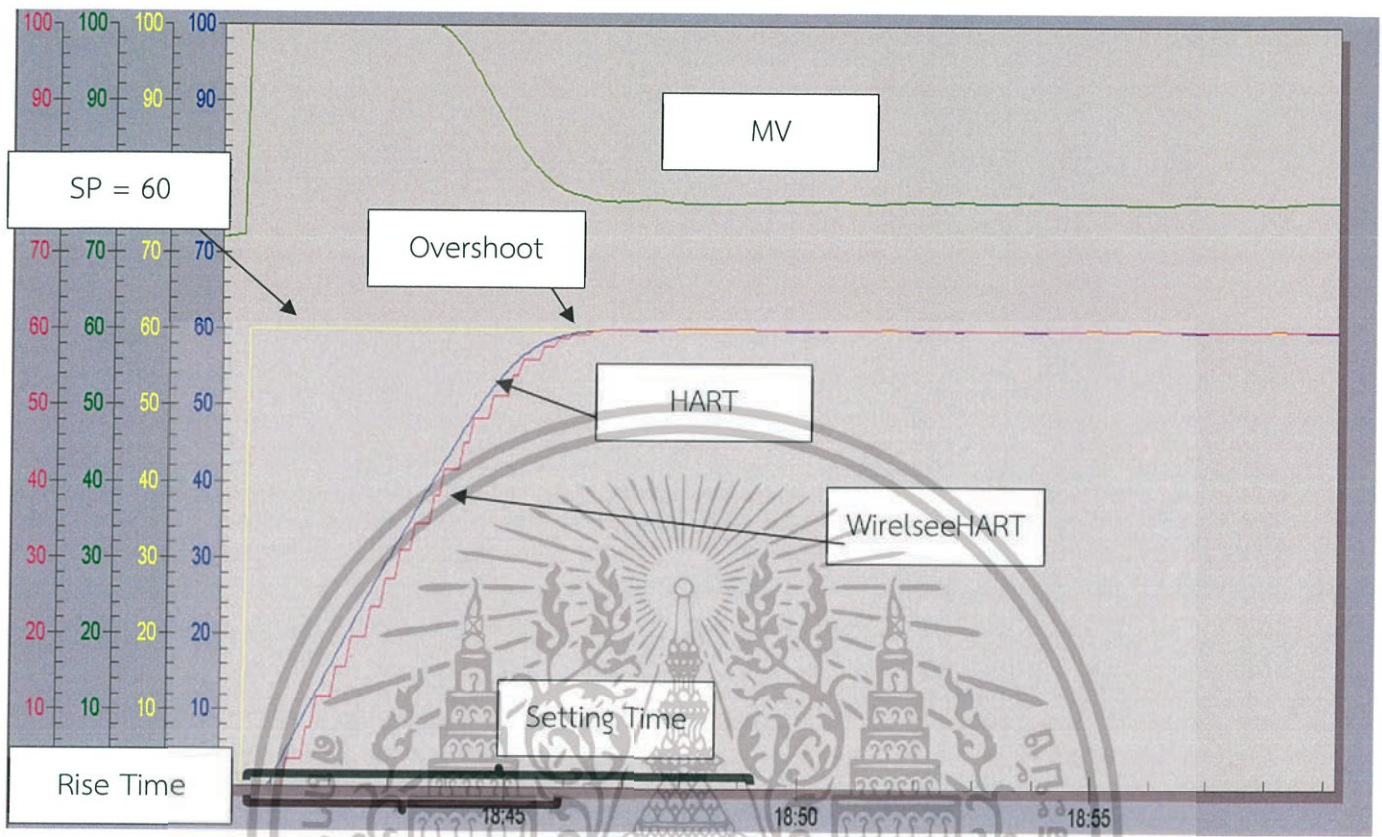
รูปที่ 4.7 การทดสอบด้วย HART ที่ Set Point = 20

- = HART 4-20
- = MV (Control Value)
- = SP (Set Point)
- = WirelessHART

การใช้สัญญาณ HART 4-20 เป็นตัว Control และใช้ WirelessHART เบื้องหลังแสดงค่าโดยการ Control นี้ใช้ค่า (P=2.5, I=100, D=0) โดยค่าที่ได้มาจากวิธีการ Trial and Error จากค่าปกติที่ระบบจัดให้ เป็นการปรับที่ Set Point = 20 เพื่อดูว่าที่ระดับน้ำต่ำระบบจะเติมน้ำเกินค่า Set Point ไปมากน้อยเท่าไร พบว่าค่า Overshoot 7% , ค่า Rise time 2 นาที , ค่า Setting time 10 นาที และจะเห็นว่า WirelessHART ส่งค่าในลักษณะแบบขั้นบันไดซึ่งจะเห็นได้ว่าส่งค่าทุกๆประมาณ 8 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทดลองที่ 2



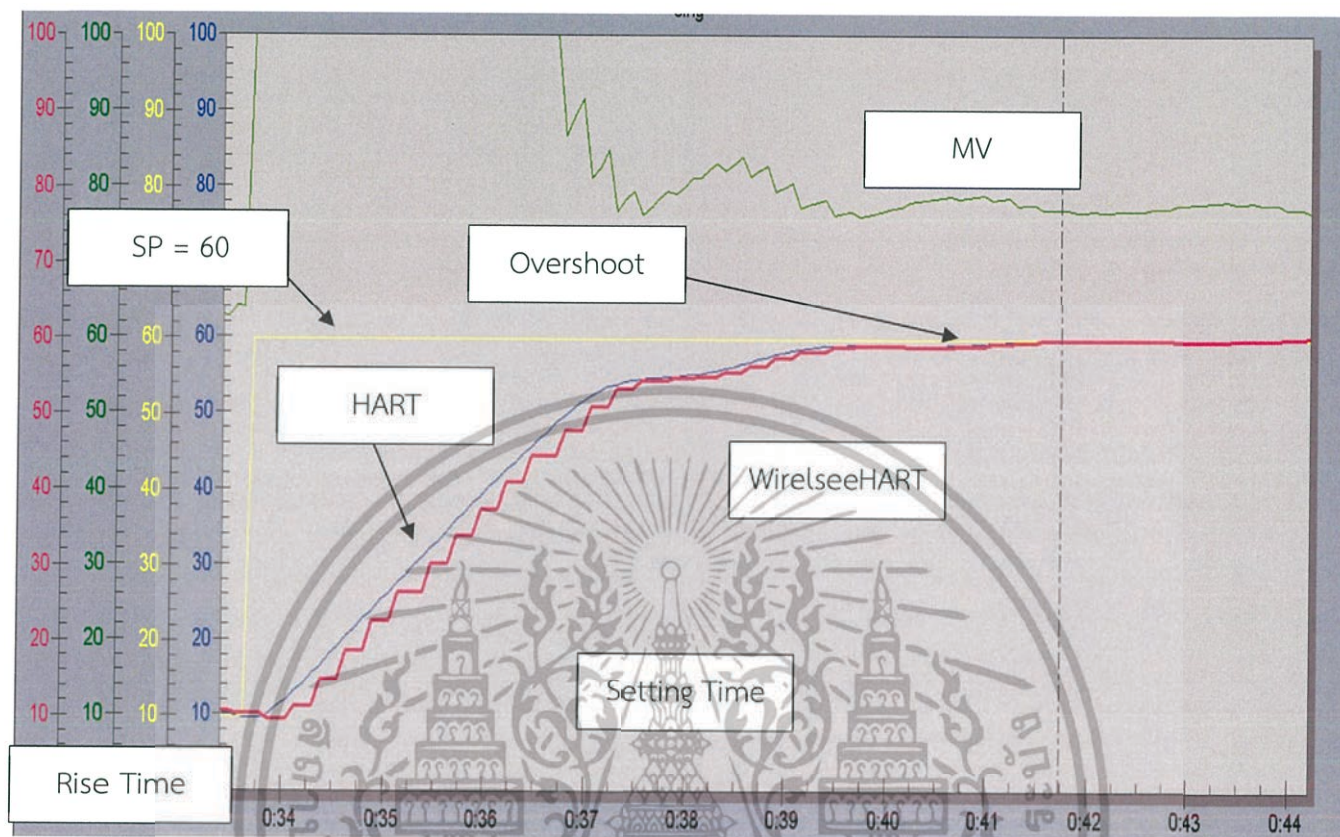
รูปที่ 4.8 การทดสอบด้วย HART ที่ Set Point = 60

- = PV (Process Value)
- = MV (Control Value)
- = SP (Set Point)
- = WIRELESSHART

การใช้สัญญาณ HART 4-20 เป็นตัว Control และใช้ WirelessHART เบื้องหลังแสดงค่าโดยการ Control นี้ใช้ค่า (P=2.5, I=100, D=0) โดยค่าที่ได้ใช้ค่าเดียวกันกับการทดลองที่ 1 เป็นการปรับที่ Set Point = 60 เพื่อดูว่าที่ระดับน้ำต่ำระบบจะเติมน้ำเกินค่า Set Point ไปมากน้อยเท่าไร พบว่าค่า Overshoot = 0 % , ค่า Rise time = 6 นาที , ค่า Setting time = 9 นาที และจะเห็นว่า และจะเห็นว่า WirelessHART ส่งค่าในลักษณะแบบขั้นบันไดซึ่งจะเห็นได้ว่าส่งค่าทุกๆประมาณ 8 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทดลองที่ 3



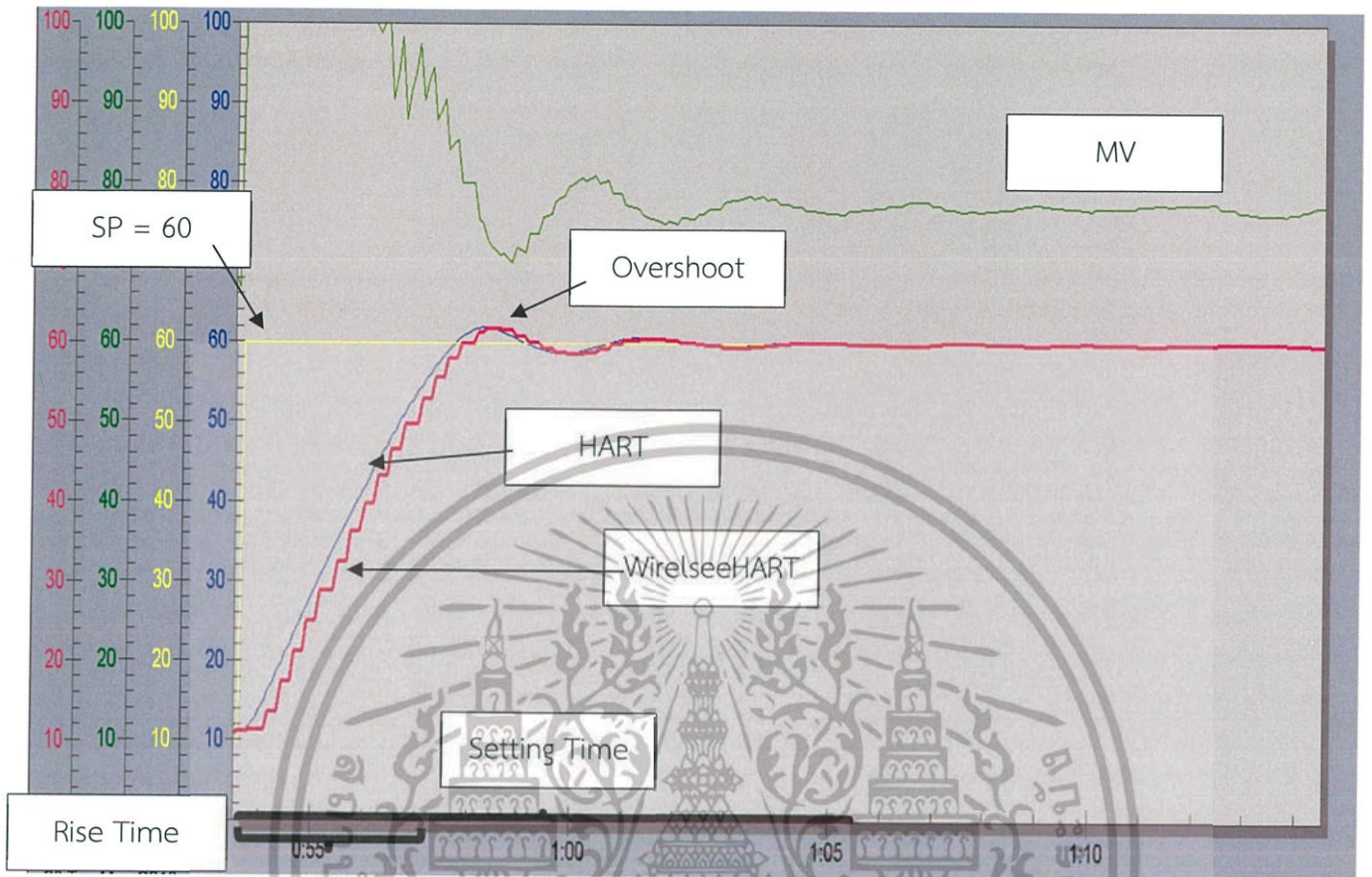
รูปที่ 4.9 การทดสอบด้วย WirelessHart ที่ Set Point = 60

- █ = PV (Process Value)
- █ = MV (Control Value)
- █ = SP (Set Point)
- █ = WIRELESSHART

การใช้สัญญาณ WirelessHART เป็นตัว Control และใช้ HART 4-20 เป็นเพียงแสดงค่าโดยการ Control นี้ใช้ค่า (P=2.5, I=100, D=0) โดยค่าที่ได้ใช้ค่าเดียวกันกับการทดลองที่ 1 เป็นการปรับที่ Set Point = 60 พบว่าค่า Overshoot = 0% , ค่า Rise time = 7 นาที , Setting time = 9 นาที พบว่าลักษณะของกราฟ เปลี่ยนไปจากการ Control ด้วยตัว HART อย่างมาก ซึ่งเป็นผลจากการส่งค่าของ WirelessHart ที่เป็นขั้นบันได จึงทำให้ Control Vale ที่ยังไม่เข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัวนั้นเปิดๆปิดๆ จึงนำไปสู่การทดลองที่ 4 เพื่อแก้ไขปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทดลองที่ 4



รูปที่ 4.10 การทดสอบด้วย WirelessHart ที่ Set Point = 60

- █ = PV (Process Value)
- █ = MV (Control Value)
- █ = SP (Set Point)
- █ = WIRELESSHART

การใช้สัญญาณ WirelessHART เป็นตัว Control และใช้ HART 4-20 เป็นเพียงแสดงค่า โดยการ Control นี้ใช้ค่า (P=3, I=50, D=0) โดยค่าที่ได้มาจากวิธีการ Trial and Error จากค่าการทดลองที่ 1 เป็นการปรับที่ Set Point = 60 พบว่าค่า Overshoot = 4% , ค่า Rise time = 4 นาที , Setting time = 10 นาที ซึ่งกราฟจะมีลักษณะใกล้เคียงกับการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผล ปัญหาการทดลอง และข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง ผู้ทดลองได้จัดทำเอกสารข้อมูลสำหรับการตั้งค่า ซึ่งสามารถทำให้เข้าใจขั้นตอนการ ตั้งค่าอุปกรณ์เซนเซอร์ สามารถตรวจสอบและแก้ไขเครื่องมือวัด ทำให้อุปกรณ์ตรวจสอบสามารถใช้งานได้ มีการจัดทำกราฟเพื่อเก็บข้อมูลจากระบบการ สามารถดูค่าแนวโน้มย้อนหลังได้ และสร้างความเข้าใจในโครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายส่วนมากขึ้น รู้ความแตกต่างจากการส่งค่าของการเดินสายแบบ HART และการส่งค่าแบบ WirelessHART ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการเปลี่ยนการ Control ระหว่างแบบนี้ ทำให้ทำให้การรับส่งค่าเปลี่ยนไปด้วยซึ่งส่งผลกับ Control Valve จึงต้องมีการหาค่า PID ใหม่ โดยการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เป็นการ Control โดยใช้ HART ใช้ค่า  $P = 2.5$   $I = 100$  มีลักษณะของกราฟที่เป็นไปแนวเดียวกัน แต่เมื่อการทดลองครั้งที่ 3 เป็นการ Control โดยใช้ Wireless HART ที่ค่า  $P = 2.5$   $I = 100$  ซึ่งเป็นค่าเดียวกันกับการทดลองที่ครั้งที่ 1 และการทดลองครั้งที่ 2 แต่ลักษณะของกราฟเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการทดลองครั้งที่ 4 เป็นการ Control โดยใช้ Wireless HART ที่ค่า  $P = 3$   $I = 50$  ลักษณะของกราฟจึงจะใกล้เคียงกับการทดลองครั้งที่ 1 และจากการทดลองทั้ง 4 การทดลองจะเห็นว่ากราฟของ Wireless Hart ส่งค่าเป็นลักษณะขั้นบันได ซึ่งก็คือช่วงการส่งค่าทุกๆ 8 วินาที

### 5.2 ปัญหาการทดลอง

ปัญหาหลักจากการทดลองเกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้ นั้น ไม่ได้ทำการติดตั้งให้ถูกวิธีดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 หัวข้อย่อยที่ 3.1, 3.2. และ 3.3 จึงทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานได้ เช่น การเดินสายที่ผิดวิธี ทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานได้หรือการติดตั้งซอฟต์แวร์ที่ไม่ถูกวิธี ทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานได้ จนไปถึงการปรับค่า Zero และ Span ให้กับกระบวนการจึงเป็นที่มาของปัญหาในการทดลอง

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจสอบการเดินสายของระบบควบคุมของถังน้ำอย่างสม่ำเสมอ
2. ควรมีอุปกรณ์ที่สามารถใช้เพื่อการปรับค่า Zero และ Span ได้ (Hand Held)
3. ควรนำเซนเซอร์ไปทำการสอบเทียบ เพราะวิธีที่ทำเป็นเพียงการปรับ Zero และ Span ของทรานสมิตเตอร์
4. ควรศึกษาความต้องการของกระบวนการเพื่อหาค่า PID ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] <https://www.emerson.com/documents/automation/manual-rosemount-3100-series-ultrasonic-liquid-level-transmitters-en-76184.pdf>  
DeltaV Operate Implementation I (Course 7009) Book
- [2] <https://www.pico.co.th/img/prod-Guided%20Wave%20Radar%205300%20Series.pdf>
- [3] <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-rosemount-5400-series-non-contacting-radar-en-73572.pdf>
- [4] <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-rosemount-3051-pressure-products-en-73134.pdf>
- [5] <https://instrumentationtools.com/dp-transmitter-dry-leg-wet-leg-calculations/>
- [6] <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-rosemount-dp-s-primary-elements-en-87598.pdf> [7]
- <https://www.emerson.com/documents/automation/product-bulletin-fisher-gx-control-valve-actuator-system-en-135196.pdf>
- [8] <http://know2learning.blogspot.com/2017/03/dcs-distributed-control-system.html>
- [9] <https://www.emerson.com/documents/automation/white-paper-electronic-marshalling-overview-deltav-en-57838.pdf>
- [10] <https://www.emerson.com/documents/automation/manual-smart-wireless-thum-adaptor-micro-motion-en-66142.pdf>
- [11] [https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีโอดี?fbclid=IwAR2FPPElvzMF0surLDsbeo7Sf8pqMICIm1DI-dkMo3EfkdgKGRNcrQut\\_dY](https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีโอดี?fbclid=IwAR2FPPElvzMF0surLDsbeo7Sf8pqMICIm1DI-dkMo3EfkdgKGRNcrQut_dY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้