

ขอบเขตของงาน (Terms of Reference: TOR)

ชุดฝึกปฏิบัติการ process control

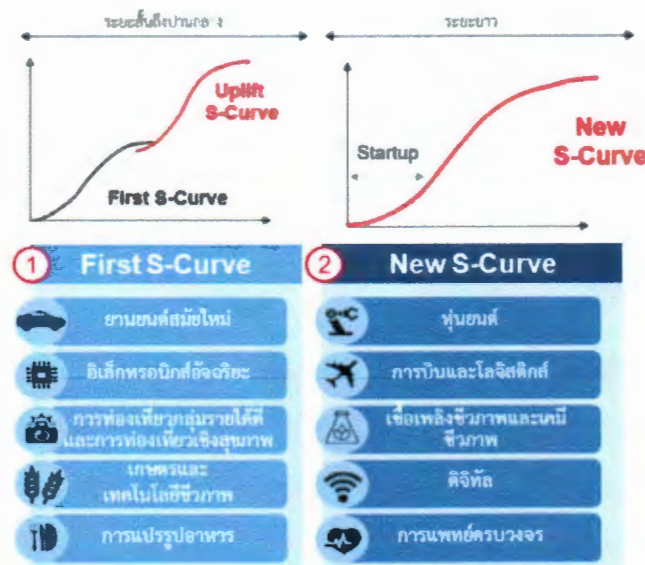
ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ๑ ชุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

1. ความเป็นมา

การพัฒนาของเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในระดับโลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจาก ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การติดต่อสื่อสาร และการคมนาคมขนส่งที่พัฒนาอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการ ขยายตัวทางเศรษฐกิจ การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร การแลกเปลี่ยนสินค้า และการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรม ระหว่างประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก กระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกและพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปเป็น ปัจจัยสำคัญในการกำหนดวิสัยทัศน์และยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศ ซึ่งแต่ละประเทศต่างก็มีการ เตรียมพร้อมในการปรับวิสัยทัศน์และยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมให้สอดคล้องกับบริบทต่าง ๆ ที่ เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นประเทศไทยการกำหนดวิสัยทัศน์และยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศด้วย โมเดลประเทศไทย 4.0 โดยกำหนดให้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจจากเดิมที่ขับเคลื่อนด้วยการพัฒนา ประสิทธิภาพในการผลิตภาคอุตสาหกรรมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Innovation Drive Economy) โดยต้องขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใน 3 มิติที่สำคัญ ได้แก่

- 1) เปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม
- 2) เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรม ไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม
- 3) เปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้า ไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น โดยเน้นที่ 10 กลุ่มอุตสาหกรรมดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กลุ่มอุตสาหกรรม ใน First S-Curve และ New S-Curve 10 กลุ่มอุตสาหกรรม

ด้วยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตั้งยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศคือ การมุ่งเข้าไปสู่การเป็น มหาวิทยาลัยนักปฏิบัติมืออาชีพ (Professional University) โดยส่งเสริมการผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติมืออาชีพ (Hands-on) ที่คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ดังนั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ได้ทำการปรับปรุง/พัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

พัฒนาของมหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ได้เปิดการเรียนการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งการผลิตบัณฑิต วิชาเอกนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อพัฒนาประเทศไทย 4.0

ปัจจุบันครุภัณฑ์สำหรับการจัดการเรียนการสอนในวิชาเอกวิศวกรรมระบบควบคุมอัตโนมัติ มีระบบ mechatronic ,sensor และrobotic เป็นหลัก และยังขาดระบบ Process control งานทางด้านระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่นอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า และอุตสาหกรรมโรงอ้อยและน้ำตาล ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาต้องได้รับความรู้ด้านนี้เพื่อเข้าสู่ตลาดแรงงานที่มีคุณภาพระดับนานาชาติ และจะเป็นโอกาสที่ดีสำหรับนักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จึงขอจัดซื้อครุภัณฑ์เพื่อทดแทนของเดิม เพื่อใช้ในการสอนทฤษฎีและปฏิบัติในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า เพื่อให้นักศึกษาได้ลงมือฝึกปฏิบัติในเทคโนโลยีที่เป็นปัจจุบัน โดยครบถ้วนทุกคน ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่มุ่งเน้นผลิตวิศวกรนักปฏิบัติมืออาชีพ



รูปที่ 2 ตัวอย่างโรงกลั่นน้ำมันที่ต้องใช้ ระบบควบคุมขั้นสูง DCS and Process control

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดำเนินการเปิดสอนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาบูรณาการศาสตร์ระหว่างเทคโนโลยีไฟฟ้า ยังขาดชุดฝึกปฏิบัติการ process control สำหรับจำลองอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งเป็นชุดฝึกปฏิบัติการพื้นฐานที่จำเป็นต่อการฝึกปฏิบัติ ซึ่งจะเป็นรายวิชาพื้นฐานและรายวิชาชีพบังคับตามหลักสูตรและเป็นหนึ่งในแปดรายวิชาที่สภาวิศวกรกำหนดให้เป็นรายวิชาพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าที่นักศึกษาต้องเรียน ตลอดระยะเวลาสี่ปีที่ผ่านมา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าได้อาศัยชุดฝึกอิเล็กทรอนิกส์จากโครงการธนาคารโลกสำหรับฝึกทักษะปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ปัจจุบันเครื่องมือวัดและแหล่งจ่ายของชุดฝึกดังกล่าวเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานและไม่สามารถซ่อมแซมได้ ส่งผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งในระดับ ปวส. และระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ



ด้วยเหตุผลดังกล่าวสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจึงได้จัดทำโครงการจัดหาครุภัณฑ์ประจำห้องปฏิบัติการ process control สำหรับจำลองอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เพื่อนำมาใช้จัดการเรียนการสอนของสาขาวิชา เพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงขึ้นและอยู่ในระดับเกณฑ์มาตรฐาน

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อจัดหาวัสดุ ครุภัณฑ์ให้เพียงพอสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพ/คุณภาพได้ ด้านปฏิบัติการ process control สำหรับจำลองอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนและงานวิจัยโดยนำเอาเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ทางด้านการปฏิบัติการ process control สำหรับจำลองอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

## 3. คุณสมบัติของผู้ประสงค์จะเสนอราคา

3.1 มีความสามารถตามกฎหมาย

3.2 ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย

3.3 ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ

3.4 ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง

3.5 ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วน ผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย

3.6 มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

3.7 เป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคล ผู้มีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาซื้อด้วยวิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว

3.8 ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้

3.9 ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์ความคุ้มกันเช่นนั้น

3.10 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement : e - GP) ของกรมบัญชีกลาง

## 4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของครุภัณฑ์

### คุณลักษณะทั่วไป

4.1 ชุดฝึกปฏิบัติการ process control สำหรับจำลองอุตสาหกรรมปิโตรเคมี 1 ชุด

เป็นชุดฝึกปฏิบัติการที่สามารถจัดการเรียนการสอนตามหัวข้อการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ชุดเรียนรู้กระบวนการควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมแบบกระจายส่วน เป็นชุดทดลองและชุดสาธิตประกอบการสอน ที่ออกแบบเฉพาะเพื่อใช้ประกอบในการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติตามหลักสูตรพื้นฐานสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัด ทางด้านวิศวกรรมการวัดและการควบคุมกระบวนการ สำหรับศึกษาวิธีการวัดและการควบคุมตัวแปรแบบอัตโนมัติของกระบวนการหลัก ที่มีกพบเห็นในอุตสาหกรรมขั้น Upstream และ

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

Downstream อันได้แก่ กระบวนการวัดและควบคุมระดับ (Level Process) กระบวนการวัดและควบคุมอัตราการไหล (Flow Rate Process) กระบวนการวัดและควบคุมความดัน (Pressure Process) เป็นต้น

ชุดอุปกรณ์เครื่องมือวัดและระบบควบคุมเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดที่ใช้งานอยู่จริงในกระบวนการทางอุตสาหกรรม (Process Industrial field instrument) โดยสามารถทำการวัดและควบคุมแสดงผลผ่านทางระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (Distributed Control System (DCS) และใช้มาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เครื่องวัดแบบ Hart Protocol ในการส่งค่าที่วัดได้ไปที่ชุดระบบควบคุม อุปกรณ์เครื่องวัดที่ใช้จะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เป็นสากลด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์และความปลอดภัย เช่น ISO CE UL IEC EMC หรือ RoHS โดยอุปกรณ์เครื่องมือวัด และระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS : Distributed Control System) จะต้องเป็นตราสินค้าเดียวกัน

ชุดทดลองที่เสนอจะต้องมีลักษณะการติดตั้งและแบบจำลองกระบวนการใกล้เคียงกับกระบวนการทางอุตสาหกรรม โดยมีทั้งแบบที่แสดงถึงลักษณะของกระบวนการ (Process Characteristic), กระบวนการควบคุมด้วยตัวเอง (Self Regulating Process (Static)) และ กระบวนการที่ไม่ได้ควบคุมด้วยตัวเอง (Non-Self Regulating Process (Integral system) สามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวกโดยมีล้อเลื่อน มีระบบป้องกันความปลอดภัยต่อผู้ใช้ สะดวกต่อการบำรุงรักษา ง่ายต่อการถอดและติดตั้งชุดทดลอง และสามารถใช้กับชุดทดลองที่มีคุณลักษณะเดียวกันหรือที่มหาวิทยาลัยมีอยู่แล้ว

ชุดทดลองนี้สามารถใช้ในการทำการทดลองเพื่อทำการศึกษาการวัดและการควบคุมดังต่อไปนี้

#### 1. การวัดค่าตัวแปรของกระบวนการ (Process Measurement)

Process Variable and Measurement : Level, Flow, Pressure การวัดค่าตัวแปรพื้นฐานของกระบวนการ คือ การวัดค่าระดับ ค่าอัตราการไหล และค่าความดัน

2. Configuration and Calibration การตั้งค่าและการสอบเทียบอุปกรณ์เครื่องมือวัด และ ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS : Distributed Control System) ในการวัดค่าตัวแปรพื้นฐานของกระบวนการตามข้อที่ 1

3. การตรวจสอบและแสดงผลสถานะการทำงานของอุปกรณ์เครื่องมือวัด เมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นของอุปกรณ์เครื่องมือวัด บนระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

4. เรียนรู้การบำรุงรักษาอุปกรณ์เชิงป้องกันโดยการตรวจสอบการสั่นสะเทือนเพื่อตรวจจับและดูพฤติกรรมที่ผิดปกติของอุปกรณ์ชุดทดลอง

5. เรียนรู้เทคโนโลยี Wireless Solution for Industrial IoT โดยผ่าน LoRaWan gateway

ชุดเรียนรู้กระบวนการควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมแบบกระจายส่วน จะต้องสามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนในหัวข้อดังต่อไปนี้

รูปแบบการควบคุมกระบวนการ (Terminology)

- 1) การควบคุมกระบวนการแบบต่อเนื่อง (Continuous Process Control)
- 2) การควบคุมกระบวนการแบบป้อนกลับ (Feedback Control)
- 3) การควบคุมกระบวนการแบบป้อนล่วงหน้า (Feed Forward Control)
- 4) การควบคุมกระบวนการแบบเป็นลำดับขั้นตอน (Sequence Control)

คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับกระบวนการ (Mathematical Foundations)

- 1) มวล และ พลังงานสมดุล (Mass and Energy Balance)
- 2) สมการระบบ (System Equation)
- 3) ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function)

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ



### คุณลักษณะของกระบวนการ (Process Characteristics)

- 1) ลักษณะกระบวนการแบบเชิงเดี่ยวที่ยับยั้งตัวเอง (Self Regulating Process)
- 2) ลักษณะกระบวนการแบบเชิงเดี่ยวที่ไม่ยับยั้งตัวเอง (Non-Self Regulating Process)
- 3) ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรของกระบวนการ (Process Variable)

โดยทำการวิเคราะห์ได้จากค่า Process gain, Time constant and Dead time

### รูปแบบทิศทางการควบคุม (Control Action)

- 1) การควบคุมแบบทิศทางเดียวกันระหว่างค่า PV กับ ค่า MV (Direct Action)
- 2) การควบคุมแบบทิศทางตรงกันข้ามระหว่างค่า PV กับ ค่า MV (Reverse Action)

### การควบคุมกระบวนการแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

1) การควบคุมกระบวนการแบบป้อนกลับ ที่ใช้รูปแบบสมการ PID ทั่วไปในการควบคุม (Conventional PID)

2) การควบคุมกระบวนการแบบป้อนกลับ ที่ใช้รูปแบบสมการ PID ประยุกต์ที่มีอยู่ในระบบควบคุมในอุตสาหกรรมในการควบคุม (PID Modification in Commercial System)

### เทคนิคการปรับแต่งค่า PID (PID Parameters Tuning Technical)

- 1) การปรับแต่งค่า PID โดยการทดลองแบบลูปเปิด (Open Loop Testing)
- 2) การปรับแต่งค่า PID โดยการทดลองแบบลูปปิด (Close Loop Testing)
- 3) การปรับแต่งค่า PID ด้วยระบบควบคุมเองแบบอัตโนมัติ (Self Tuning)

### การควบคุมกระบวนการแบบป้อนล่วงหน้า (Feed Forward Control)

- 1) หลักการพื้นฐานของการควบคุม (Basic Concept)
- 2) การนำการควบคุมกระบวนการแบบป้อนล่วงหน้าไปใช้งาน (Implementation)
- 3) การนำการควบคุมกระบวนการแบบป้อนล่วงหน้าไปใช้งานร่วมกับการควบคุมกระบวนการแบบป้อนกลับ (Combination with Feedback)
- 4) แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้งาน (Application Perspective)

### การควบคุมกระบวนการ (Process Control)

- 1) การควบคุมอัตราการไหล (Flow Process Characteristics and Control)
- 2) การควบคุมอัตราส่วน (Ratio Control)
- 3) การควบคุมระดับที่มีลักษณะกระบวนการแบบเชิงเดี่ยวที่ยับยั้งตัวเอง (Level Self Regulating Process Control)
- 4) การควบคุมความดันที่มีลักษณะกระบวนการแบบเชิงเดี่ยวที่ยับยั้งตัวเอง (Pressure Control for Single Self Regulating Process)
- 5) การควบคุมกระบวนการรักษาระดับด้วยวิธีแบบวงอันดับ (Cascade Control for Level and Flow Process)
- 6) การควบคุมกระบวนการแบบคำนึงถึงเงื่อนไขที่กำหนด (Override Control for Pressure and Flow with Selective Control System)

4.2 ผู้เสนอราคาต้องจัดการอบรมระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS: Distributed Control System) ในหัวข้อ Engineering และ Operation หรือมากกว่า จากบริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนที่ได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิต ให้กับอาจารย์ผู้สอนไม่น้อยกว่า 15 ท่าน โดยต้องได้รับหนังสือรับรองการผ่านการฝึกอบรมจากบริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนที่ได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิต ผู้เสนอราคาจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จก่อนครบกำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ตามสัญญา

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

### คุณสมบัติทางเทคนิค

#### 4.1.1 ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS: Distributed Control System) จำนวน 1 ชุด -

4.1.1.1 หน่วยแสดงผลและบังคับการ (Human Interface Station: HIS) จำนวน 1 เครื่อง  
หน่วยแสดงผลที่เชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับชุดทดลอง เพื่อทำการแสดงค่าที่วัดได้ และสั่งให้ทำการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย (Set Point) ทำการเปลี่ยนโหมดของระบบควบคุม (Loop Status) ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS) ต้องสามารถแสดงค่าในหน้าการแสดงผลและปฏิบัติการได้ดังต่อไปนี้

- หน้าการแสดงผลด้วยหน้ากราฟิก (Graphic View) ได้ โดยสามารถ แสดงผลของกระบวนการในแบบรูปภาพ (Graphic Attribute), การแสดงผลที่แสดงภาพรวมของกระบวนการ (Overview Attribute) และ การแสดงผลที่แสดงสถานะของการควบคุม (Control Attribute) ได้
- หน้าการแสดงผลในรูปกราฟเส้น (Trend View) แสดงค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดในรูปแบบของกราฟเส้น เพื่อแสดงและบันทึกข้อมูล ณ เวลาต่าง ๆ ได้
- หน้าการแสดงผลเพื่อทำการปรับแต่งค่าที่ใช้ในการควบคุม แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการ ซึ่งทำการตั้งค่าและปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ที่หน้าแสดงผลนี้ รายละเอียดของอุปกรณ์มีดังนี้

##### 4.1.1.1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- หน่วยประมวลผล (CPU) : Intel Core i7, 3.5 GHz หรือดีกว่า
- หน่วยความจำหลัก (Main Memory) : 6 GB หรือดีกว่า
- หน่วยความจำถาวร (Hard disk): 1 TB หรือดีกว่า
- หน่วยแสดงผล (Displays) : LEDw, ไม่น้อยกว่า 20 นิ้ว ความละเอียดอย่างน้อย 1440x900 ชนิด WXGA+ หรือดีกว่า
- ระบบปฏิบัติการ(Operating System:OS) : Windows 10 Professional 64 bit หรือดีกว่า

##### 4.1.1.1.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

ซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน จะต้องมียซอฟต์แวร์พื้นฐานการทำงานดังต่อไปนี้ ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการปฏิบัติการและการแสดงผล (Standard Operation and Monitoring Function), ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการกำหนดค่าและการทำงานของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (Standard Builder Function), ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการสร้างการแสดงผลด้วยหน้ากราฟิก (Graphic Builder), ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการทดสอบระบบการแสดงผลและการควบคุมที่ทำการออกแบบไว้ ได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ โดยที่ไม่ต้องทำการเชื่อมต่อเดินสายกับหน่วยควบคุมและอุปกรณ์เครื่องมือวัดจริง

#### 1) ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการปฏิบัติการและการแสดงผล (Standard Operation and Monitoring Function) จำนวน 1 ผู้ใช้งาน

- เป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับอนุญาตถูกต้องตามกฎหมาย โดยไม่มีวันหมดอายุ
- จำนวนข้อมูล (Number of I/O) ได้ไม่น้อยกว่า : 100 I/O
- การตั้งชื่อข้อมูล (Tag name) : สามารถกำหนดเป็นตัวอักษรและตัวเลขผสมกันได้
- หน้ากราฟิกการแสดงผล (Graphic View) : สามารถแสดงผลข้อมูลได้มากกว่า 8 ข้อมูลต่อหน้ากราฟิก
- หน้าการแสดงผลในรูปกราฟเส้น (Trend View): สามารถแสดงผลข้อมูลในรูปกราฟเส้นได้ไม่น้อยกว่า 8 ข้อมูลต่อหน้า (Number of Displayed Pens: Up to Eight pens per view)

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ



- การบันทึกข้อมูลในรูปกราฟเส้น (Trend Save) : สามารถเลือกระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลได้
- สามารถแสดงรายงานการทำงานของกระบวนการ (Process Report),
- รายงานข้อความย้อนหลังของกระบวนการ (Historical Message Report), ฟังก์ชันสั่งพิมพ์ข้อมูลทางเครื่องพิมพ์ (Hard Copy Function),
- ซอฟต์แวร์การแจ้งและการจัดการสัญญาณเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ
- กำหนดข้อมูลของสัญญาณเตือนและเหตุการณ์ในการแสดงผลของการเกิดเหตุการณ์ผิดปกติได้
- ลดการแสดงผลของข้อมูลของสัญญาณเตือนและเหตุการณ์ของการเกิดเหตุการณ์ผิดปกติที่ไม่จำเป็นลงได้
- ระบบการตรวจสอบของสัญญาณเตือนการเกิดเหตุการณ์ผิดปกติเป็นไปตามมาตรฐาน EEMUA No. 191 (Design Check for Alarm System (EEMUA No. 191 Compliance))

2) ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการสร้างเขียน/แก้ไขโปรแกรม จำนวน 1 ชุด

เพื่อใช้ในการทำหน้ากราฟิกในการแสดงผลค่าต่างๆ ใน ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS) ซึ่งจะต้องมีฟังก์ชันดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย เช่น การสร้างหน้าการแสดงผลของกระบวนการในแบบรูปภาพ, การสร้างหน้าการแสดงผลที่แสดงภาพรวมของกระบวนการ และ การสร้างหน้าการแสดงผลที่แสดงสถานะของการควบคุม เป็นต้น

3) ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการทดสอบระบบการทำงาน จำนวน 1 ชุด

สามารถเลือกทำการทดสอบระบบการแสดงผลและการควบคุมที่ทำการออกแบบไว้ ได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ โดยที่ไม่ต้องทำการเชื่อมต่อเดินสายกับหน่วยควบคุมและอุปกรณ์เครื่องมือวัดจริง (Virtual test)

#### 4.1.1.2 หน่วยควบคุม

ใช้ในการควบคุมการทดลองในชุดทดลองนี้ และ ทำการสื่อสารข้อมูลกับหน่วยแสดงผลและบังคับการ โดยส่งผ่านทางสายสัญญาณ Vnet/IP หรือ Ethernet มีรายละเอียดดังนี้ ๑

1) ฮาร์ดแวร์ของหน่วยควบคุม จำนวน 1 เครื่อง

- หน่วยความจำหลักไม่น้อยกว่า 16 เมกกะไบต์ (16 MB Main Memory Capacity) หรือดีกว่า
- การสื่อสารเป็นแบบ Vnet/IP หรือ Ethernet
- สามารถเก็บรักษาข้อมูลในหน่วยความจำหลักได้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 72 ชั่วโมง ในกรณีแหล่งจ่ายไฟหลักดับ (Max. 72 hours Battery Back-up for main memory protection during power failure)
- การติดตั้งเป็นแบบเข้าราง (19-inch Rack Mounting) หรือเป็นแบบ Din Rail
- 2 ขั้วต่อสำหรับการส่งสัญญาณออกของการตรวจสอบสถานะของหน่วยควบคุม (2 terminals (NC,C) FCU Status Contact Output)
- เชื่อมต่อกับหน่วยรับส่งสัญญาณได้จำนวนสูงสุดไม่น้อยกว่า 10 หน่วย (Max. 10 no. of node unit connectable)
- มีซอฟต์แวร์ฟังก์ชันควบคุมการทำงานสำหรับหน่วยควบคุม (The Control Function Software for Field Control Station)
- มีชุดควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์ (CPU Modules)

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

- หน่วยควบคุม เป็นแบบ redundant ในกรณีที่ หน่วยควบคุมหลักมีปัญหา หน่วยควบคุมรองต้องเป็นตัวควบคุมแทน
  - 2) แผงวงจรเชื่อมต่อการสื่อสารเป็นแบบVnet/IPหรือRedundant Profibus DPจำนวน 1 ชุด
    - ความเร็วในการสื่อสารไม่น้อยกว่า 12 เมกะไบต์ต่อวินาที
    - คุณสมบัติของการเชื่อมต่อ (Connection Specifications)
      - สาย (Cable): คาทิกอรี 5 อี (CAT5e), Unshielded Twisted Pair (UTP) หรือ Profibus, 1 Pair 22AWG (Solid) Bare Copper, PE Insulation
      - ข้อต่อ (Connector) : อาร์เจ 45 (RJ45 connector) หรือ D-SUB connector
  - 3) ชุดเชื่อมต่อสัญญาณอินพุตเอาพุตแบบอนาลอกเป็นแบบ redundancy (Analog I/O Modules) จำนวน 1 ชุด
    - จำนวนช่องสัญญาณอินพุตเอาพุต (Number of I/O channels) : 8 ช่องสัญญาณอินพุต/8 ช่องสัญญาณเอาพุต แบบกราวด์ร่วม หรือเป็นการดักแยะระหว่างอินพุตและเอาพุต
    - ชนิดสัญญาณอินพุต/เอาพุต (I/O Signal) : สัญญาณอินพุต 4 ถึง 20 mA (Input 4 to 20 mA), และ สัญญาณเอาท์พุต 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ (Output 4 to 20 mA)
    - เวลาตอบสนองสัญญาณอินพุต (Input step response time) : 0.1 วินาที (100 ms) หรือดีกว่า
    - เวลาตอบสนองสัญญาณเอาพุต (Output step response time) : 0.04 วินาที (40 ms) หรือดีกว่า
  - 4) ชุดเชื่อมต่อสัญญาณอินพุตเอาพุตแบบดิจิตอล (Digital I/O Modules) จำนวน 1 ชุด
    - จำนวนช่องสัญญาณอินพุต (Number of Input channels) : 32 ช่องสัญญาณอินพุต (32-channel input) 1 ชุด
    - ช่องสัญญาณอินพุต (rated Input) : ไฟกระแสตรง (24 V DC)
    - มีอินพุตกระแส (ที่แรงดันไฟฟ้าอินพุตที่กำหนด) : 4.1 mA $\pm$ 20 % ต่อช่อง
    - จำนวนช่องสัญญาณเอาท์พุต (Number of output channels) : 32 ช่องสัญญาณเอาท์พุต (32-channel output) 1 ชุด
    - ช่องสัญญาณเอาท์พุต (rated Input) : ไฟกระแสตรง (24 V DC)
    - พิกัดแหล่งจ่ายไฟภายนอก (External power supply rating) : 24 V DC, 50 mA
- 4.1.1.3 ต้องติดตั้งระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS: Distributed Control System) ให้พร้อมใช้
- 4.1.1.4 ผู้เสนอราคาจะต้องได้รับแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS: Distributed Control System) จากบริษัทฯ ผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อเป็นการสนับสนุนบริการหลังการขาย (เอกสารรับรอง) มาแสดงต่อ คณะกรรมการ
- 4.1.2 อุปกรณ์เครื่องมือวัด**
- 4.1.2.1 ตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) เป็นวาล์วควบคุมอัตโนมัติแบบElectro Pneumatic Control Valve ขนาดท่อ ½ นิ้ว จำนวน 1 ตัว
- ชนิดของวาล์วเป็นแบบ Diaphragm operated control valve (Body :Globe Type
  - วัสดุตัววาล์วเป็นแบบ Carbon Steel

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ



- Actuator Type เป็นแบบ Diaphragm operated
- Action เป็นแบบ Signal increased to OPEN (Fail to Close)
- มีอุปกรณ์ Electro pneumatic Positioner รับ Input 4-20 mA DC

#### 4.1.2.2 เครื่องมือวัดระดับ (Level Transmitter) จำนวน 2 เครื่อง

- เป็นเครื่องมือวัดระดับที่ใช้ Differential Pressure Transmitter แบบ Single Crystal Silicon Resonant Sensor ในการวัดระดับของของเหลว
- โปรโตคอลสำหรับการสื่อสารแบบ 4-20 mA Hart หรือ ดีกว่า
- มีช่วงการวัดตั้งแต่ -10,000 ถึง 10,000 mm.H<sub>2</sub>O
- ค่าความถูกต้องของ Calibration Span  $\pm 0.5\%$  of span หรือดีกว่า
- มีค่า Stability  $\pm 0.1\%$  of URL เป็นระยะเวลา 10 ปี
- วัสดุที่ใช้ทำส่วน Diaphragm เป็น Hastelloy C-276
- Indicator เป็นแบบ LCD Digital Indicator สามารถแสดงผลเป็น Engineering unit ได้ เป็น kg/cm<sup>2</sup>, bar, psi, mmH<sub>2</sub>O และ 0 To 100%

#### 4.1.2.3 เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Transmitter) จำนวน 2 เครื่อง

- เป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลที่ใช้ Differential Pressure Transmitter แบบ Single Crystal Silicon Resonant Sensor และ แผ่น Orifice ในการวัดอัตราการไหลของของเหลวได้
- โปรโตคอลสำหรับการสื่อสารแบบ 4-20 mA Hart
- มีช่วงการวัดตั้งแต่ -10,000 ถึง 10,000 mm.H<sub>2</sub>O
- ค่าความถูกต้องของ Calibration Span  $\pm 0.5\%$  of span
- ค่าความถูกต้องของ Static Pressure (Absolute)  $\pm 0.5\%$  of span
- มีค่า Stability  $\pm 0.1\%$  of URL เป็นระยะเวลา 10 ปี
- วัสดุที่ใช้ทำส่วน Diaphragm เป็น Hastelloy C-276
- Indicator เป็นแบบ LCD Digital Indicator สามารถแสดงผลเป็น Engineering unit ได้ เป็น kg/cm<sup>2</sup>, bar, psi, mmH<sub>2</sub>O และ 0 To 100%

#### 4.1.2.4 เครื่องวัดความดัน (Pressure Transmitter) จำนวน 2 เครื่อง

- เป็นเครื่องมือวัดความดัน Gauge Pressure Transmitter แบบ Single Crystal Silicon Resonant Sensor ในการวัดความดันของของเหลวได้
- โปรโตคอลสำหรับการสื่อสารแบบ 4-20 mA Hart
- ค่าความถูกต้องของ Calibration Span  $\pm 0.5\%$  of span หรือดีกว่า
- มีค่า Stability  $\pm 0.1\%$  of URL เป็นระยะเวลา 7 ปี
- วัสดุที่ใช้ทำส่วน Diaphragm เป็น Hastelloy หรือดีกว่า
- Indicator เป็นแบบ LCD Digital Indicator สามารถแสดงผลเป็น Engineering unit ได้ เป็น kg/cm<sup>2</sup>, bar, psi, mmH<sub>2</sub>O และ 0 To 100%

#### 4.1.3 อุปกรณ์ประกอบรวมของโครงสร้างชุดจำลอง จำนวน 1 ชุด

อุปกรณ์ประกอบรวมของโครงสร้างชุดจำลองพร้อมแบบแบบติดตั้งโครงสร้างชุดจำลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ถังเก็บน้ำ (Reserve Tank) 1 ถัง
  - ทำด้วยสแตนเลสหรือดีกว่า
  - บรรจุน้ำได้ไม่น้อยกว่า 100 ลิตร

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

- 2) ถึงระดับกระบวนการ (Process Tank) 2 ถัง
- 3) ท่อเชื่อมกระบวนการ 2 ชุด
- 4) ชนิดท่อ PVC หรือดีกว่า
- 5) ข้อต่อท่อหรือส่วนต่อเข้าอุปกรณ์วัดคุณสมบัติสามารถถอดและประกอบได้ง่ายส่วนยึด ระบบท่อมีความแข็งแรง
- 6) ปั๊มน้ำ (Water Pump) 2 ตัว เป็นมอเตอร์แบบหนึ่งเฟส 220 โวลต์ (Motor Single phase 220 VAC)
- 7) มีอุปกรณ์เปิด-ปิด(Valve)ตามจุดต่างๆ เป็นแบบเปิด-ปิด ด้วยมืออย่างเพียงพอต่อการทดลองและมีระบบกันน้ำล้นถึงกระบวนการ 2 ชุด
- 8) อุปกรณ์ติดต่อสัญญาณเครือข่าย 8 ช่องสัญญาณ(Network Switching Hub 8 Ports) 1 ตัว
- 9) อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Gauge) แสดงค่าความดันตามจุดต่างๆ 1 ชุด

#### 4.1.4 ชุดเรียนรู้การบำรุงรักษาอุปกรณ์เชิงป้องกัน

จำนวน 1 ชุด

##### ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

##### 4.1.4.1 เครื่องวัดการสั่นสะเทือน จำนวน 2 เครื่อง

- 1) ข้อมูลการวัดได้ทั้งหมด Velocity, Acceleration, Surface temperature
- 2) แกนการวัด X,Y,Z axes and 3-axis composite
- 3) ช่วงความถี่ในการวัด 10 Hz to 1kHz
- 4) ย่านการวัด Velocity 0 to 20 mm/s, Acceleration 0 to 130 m/s<sup>2</sup>
- 5) ย่านอุณหภูมิการใช้งาน -20 to 80 DG
- 6) ชนิดการส่งข้อมูล LoRa WAN
- 7) รอบการอัปเดตข้อมูล 1 hour
- 8) อายุแบตเตอรี่ 4 year (data update cycle 1 hour)
- 9) การติดตั้ง M6 screw thread or magnet
- 10) การป้องกัน IP65
- 11) ชนิดป้องกันการระเบิด Intrinsically safe: ATEX Approval, IECEx

##### 4.1.4.2 LoRaWAN Gateway อุปกรณ์รับข้อมูลจากเครื่องวัดและส่งต่อเพื่อแสดงผลและบันทึกข้อมูล

##### 4.1.4.3 โปรแกรมการแสดงผลและบันทึกข้อมูลอย่าง real time ของเครื่องวัดการสั่นสะเทือนมาพร้อมกับชุดแสดงผล

##### 4.1.4.4 ชุดแสดงผลแบบ smart control ขนาด ไม่ต่ำกว่า 75 นิ้ว จำนวน 1 ตัว

- ระบบจอภาพเป็น Led
- ขนาดจอภาพไม่น้อยกว่า 75"
- Sound output ไม่ต่ำกว่า 10 watt
- มีช่อง ต่อ HDMI ไม่ต่ำกว่า 3 ช่อง USB ไม่ต่ำกว่า 2 ช่อง Bluetooth, internet
- เป็นระบบ Smart TV สามารถต่อ internet ได้ Digital Tuner
- ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ AC 100-240V 50/60Hz
- Resolution Untra HD ไม่ต่ำกว่า (3840\*2160)

##### 4.1.4.5 ชุดแสดงผลแบบProjector พร้อมจอรับภาพ

จำนวน 1 ตัว

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ



- โปรเจคเตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 3600 Lumen
  - เป็นเครื่องฉายชนิด 3LCD Projector มีขนาด LCD Panelไม่น้อยกว่า 0.55 นิ้ว
- ความละเอียดภาพระดับ True XGA (1024x768 จุด)
- สามารถเชื่อมต่อได้โดยตรงกับคอมพิวเตอร์ระดับ VGA, SVGA, XGA, SXGA, WXGA และ UXGA
  - กำลังส่องสว่างของแสงขาว (White Light Output) และแสงสี (Color Light Output) ไม่น้อยกว่า 3,600 lumen
  - ใช้หลอดภาพชนิด UHE กำลังไฟไม่เกิน 210 วัตต์ อายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 6,000 ชั่วโมงในโหมดปกติ และไม่น้อยกว่า 10,000 ชั่วโมง ในโหมดประหยัดพลังงาน
  - อัตราส่วนการซูมภาพได้ไม่น้อยกว่า 1.2 เท่า
  - มีอัตราส่วน Contrast Ratio ไม่น้อยกว่า 15,000:1
  - มีช่องต่อสัญญาณอย่างน้อยดังนี้
  - Computer port (D-Sub 15 pin) ขาเข้าไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - Composite (RCA) ขาเข้าไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - HDMI ขาเข้าไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - Audio ขาเข้า แบบ RCA (สีขา 1 ช่อง และสีแดง 1 ช่อง) ไม่น้อยกว่า 1 ชุด 8.5 มี USB Port Type A และ Type B อย่างละไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - สามารถปรับแก้ไขสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวตั้งและแนวนอน (Keystone Correction) ได้ ไม่น้อยกว่า +/- 30 องศา และ แบบ Auto ได้ในแนวตั้งเป็นอย่างน้อย
  - สามารถเปิดเครื่องได้ทันที เมื่อมีการเชื่อมต่อช่องสัญญาณภาพขาเข้า ( Auto Power On) และ เมื่อมี กระแสไฟจ่ายเข้าตัวเครื่องโปรเจคเตอร์ (Direct Power On) เป็นอย่าง น้อย
  - มีฟังก์ชันการตรวจจับสัญญาณขาเข้า (input signal) อัตโนมัติ (Auto Source Search)
  - มีปุ่มเลื่อนสไลด์เพื่อปรับสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวนอน
  - สามารถนำเสนองานผ่าน USB Thumb Drive โดยไม่ ต้องผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์
  - ใช้ช่วงเวลาในการ Start Up ไม่เกิน 6 วินาที
  - มีระบบ Instant Off เพื่อรองรับการปิดเครื่องได้โดยไม่ต้องรอ Cool-Down
  - มีฝาปิดครอบเลนส์ เป็นอุปกรณ์มาตรฐาน ซึ่งเป็นส่วนประกอบเดียวกับตัวเครื่อง
  - มีระบบป้องกันการใช้งานและการโจรกรรมไม่น้อยกว่า 4 ระบบ
  - ตัวเครื่องมีน้ำหนักไม่เกิน 2.5 กิโลกรัม
  - รับประกันตัวเครื่อง 2 ปีและรับประกันหลอดภาพ 1 ปีหรือ 1,000 ชั่วโมง สิ้นสุดระยะ เวลารับประกันเมื่อระยะอย่างใดอย่างหนึ่งถึงก่อน

#### 4.1.5 เครื่องสอบเทียบอุปกรณ์เครื่องวัด

จำนวน 1 ชุด

4.1.5.1 เครื่องสอบเทียบอนกประสงค์และความแม่นยำสูงที่สามารถใช้ในการสอบเทียบและทดสอบอุปกรณ์กระบวนการอุตสาหกรรมและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

- 1) สามารถจ่ายชนิดสัญญาณมาตรฐานที่มีใช้ในอุตสาหกรรมมีดังนี้ DC V, DC mA, Thermometer, PT100, Frequency, Resistance Simultaneous source and measurement for process devices

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

2) สามารถแสดงค่าการวัดการสอบเทียบชนิดสัญญาณมาตรฐานได้พร้อมกันใน เวลาเดียวกันขณะทำการจ่ายชนิดสัญญาณมาตรฐานเพื่อการสอบเทียบ

3) มีฟังก์ชันแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC แบบ 2 wire Loop

4) มีความแม่นยำ 0.02% of Reading โดยไม่นับรวมค่าบวกต่อท้าย ของ สัญญาณ DCV

5) มีหน่วยความจำสำหรับบันทึกการตั้งค่าปุ่มกด ได้ 21 ครั้ง

6) มีหน่วยความจำสำหรับบันทึกข้อมูลค่าการสอบเทียบเก็บข้อมูลได้สูงสุด 100

รายการ

7) มีฟังก์ชัน Sweep Output สำหรับการตั้งค่าล่วงหน้าเพื่อการจ่ายสัญญาณมาตรฐาน สามารถเลือกได้เป็น Step Sweep output, Linear Sweep Output และ Program Sweep Output

8) แหล่งจ่ายไฟสามารถใช้ได้ทั้ง AC Adapter, AA size alkaline batteries และ dedicated NiMH battery

#### 4.1.5.2 ออสซิลโลสโคป

จำนวน 4 ชุด

- เป็นดิจิตอลสตรอเรียจอสซิลโลสโคป ที่มีแบนด์วิธ 50 MHz หรือสูงกว่า
- สามารถวัดสัญญาณไฟฟ้าได้พร้อมกัน 2 ช่องสัญญาณหรือมากกว่า
- มีอัตราการสุ่มสัญญาณสูงสุดไม่น้อยกว่า 1 GSa/s หรือดีกว่า
- จอภาพชนิด WVGA ขนาด 7 นิ้วหรือดีกว่า
- มีอัตราประมวลผลรูปคลื่นไม่น้อยกว่า 99,000 waveform/sec
- มีฟังก์ชัน ZOOM สำหรับดูสัญญาณเฉพาะส่วนที่ต้องการได้
- มีช่องจ่ายสัญญาณเสริมเพื่อใช้สำหรับอบรมและฝึกการใช้งานเครื่อง (Training signal)
- เมนูการใช้งานภาษาไทยบนตัวเครื่อง
- มีช่องต่อ USB 2.0 สำหรับด้านหน้าและด้านหลังเครื่องเพื่อการถ่ายโอนข้อมูล
- มีหน่วยความจำ : 200 kpts หรือมากกว่า
- โหมดการแสดงผลในแกนเวลา : ปกติ (Normal), X-Y และ Roll
- Vertical Range : 1 mV/div ถึง 10 V/div หรือกว้างกว่า
- DC Gain Accuracy : 4% หรือดีกว่า
- Maximum Input Voltage : 150 Vrms, 200 Vpk หรือสูงกว่า
- Time base range : 5 ns/div ถึง 50 s/div หรือกว้างกว่า
- Time base accuracy : 50 ppm  $\pm$  5 ppm per year หรือดีกว่า
- Trigger coupling : AC, DC, noise reject, LF reject, HF reject หรือดีกว่า
- Acquisition modes : Normal, Averaging, Peak, High resolution หรือมากกว่า
- Trigger mode : Edge, Pulse width, Video, หรือมากกว่า
- FFT window modes : Hanning, flat top, Blackman-Harris หรือมากกว่า
- Trigger holdoff range : ได้ตั้งแต่ 60 ns ถึง 10 s หรือกว้างกว่า

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ



- ฟังก์ชันรูปสัญญาณ Math : Add, Subtract, multiply, divide, FFT, filter หรือมากกว่า
- สายไฟ AC Power Cord จำนวน 1 เส้น
- สายวัดสัญญาณแบบ 1:1/1:10 จำนวน 2 เส้นต่อเครื่อง
- คู่มือการใช้งานภาษาไทย จำนวน 1 เล่ม

#### 4.1.6 เครื่องแสดงผลสำหรับซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน จำนวน 10 เครื่อง

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware) หน่วยประมวลผล (CPU) Intel Core i7, 3.5 GHz หรือดีกว่า
  2. หน่วยความจำหลัก (Main Memory) : 6 GB หรือดีกว่า
  3. หน่วยความจำถาวร (Hard disk) : 1 TB หรือดีกว่า
  4. หน่วยแสดงผล (Displays) : LED 20 นิ้ว WXGA ความละเอียดอย่างน้อย 1024x768
  5. มีระบบปฏิบัติการ (Operating System: OS) : Windows 10 หรือดีกว่า
  6. ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย
- จำนวน 1 ผู้ใช้งาน ต้องมีพื้นฐานการทำงานดังต่อไปนี้

6.1 ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการปฏิบัติการและการแสดงผล (Standard Operation and Monitoring Function)

6.2 ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการกำหนดค่าและการทำงานของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (Standard Builder Function)

6.3 ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการสร้างการแสดงผลด้วยหน้ากราฟิก (Graphic Builder)

6.4 ซอฟต์แวร์ฟังก์ชันการทดสอบระบบการแสดงผลและการควบคุมที่ทำการออกแบบไว้ได้ การใช้ซอฟต์แวร์โดยไม่ต้องทำการเชื่อมต่อเดินสายกับหน่วยควบคุมและอุปกรณ์เครื่องมือวัดจริง

#### 4.1.7 ชุดโต๊ะปฏิบัติการ พร้อมเก้าอี้ทำงาน จำนวน 10 ชุด

เป็นโต๊ะปฏิบัติการมีขนาดไม่น้อยกว่า 800 x 1500 x 800 มม. ประกอบด้วยพื้นโต๊ะ เป็น Particle Board of Melamine 2 ด้าน มีความหนาไม่น้อยกว่า 25 มม. ปิดขอบด้วยวัสดุ PVC หรือดีกว่า มีความหนาไม่น้อยกว่า 2 มม. พื้นโต๊ะสามารถยึดเข้ากับโครงขาโต๊ะได้อย่างมั่นคง แข็งแรง

1). โครงขาโต๊ะเป็นแบบ 4 ขา สามารถถอดประกอบได้ ทำจากเหล็กกล่องขนาดไม่น้อยกว่า 38 x 38 มม. มีความหนาไม่น้อยกว่า 2 มม. และมีตัวคานเป็นเหล็กกล่อง เชื่อมยึด 4 ด้าน มีคานกลางรับน้ำหนักพื้นโต๊ะ ชุดตัวคานประกอบเข้ากับขาโต๊ะได้มั่นคง แข็งแรง ที่ปลายขาโต๊ะด้านล่าง มีที่วางเท้า เพื่อเสริมความแข็งแรงป้องกันการล้มเอียงมาด้านหน้า ที่ปลายขาโต๊ะมีอุปกรณ์ปรับระดับ ชุดขา โต๊ะทุกชิ้นพ่นสีฝุ่นอุตสาหกรรม รองรับความชื้นได้เป็นอย่างดี

2). มีปลั๊ก 220 V พร้อมเบรกเกอร์ติดตั้งบนพื้นโต๊ะทางด้านซ้ายหรือขวาไม่น้อยกว่า 1 จุด

3). มีสายไฟสำหรับต่อเข้ากับระบบไฟภายนอกโต๊ะความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร

4). โต๊ะปฏิบัติการต้องได้รับการรับรองมาตรฐานระดับ ISO 9001:2015 เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านการบริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ

5). เก้าอี้ทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

- เป็นเก้าอี้ทำงานทั่วไป มีพนักพิง
- มีเท้าแขนทั้งด้านซ้ายและขวา
- มีล้อสำหรับการเคลื่อนที่ไม่น้อยกว่า 4 ล้อ
- มีขนาดไม่น้อยกว่า 56x62x84 (ก.\*ล.\*ส.) ซม.
- สามารถปรับระดับสูงต่ำได้

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

## 5. กำหนดการส่งมอบพัสดุ

ผู้เสนอราคาจะต้องส่งมอบพัสดุทั้งหมดภายในระยะเวลา 120 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาซื้อขาย

## 6. สถานที่ส่งมอบ

ผู้เสนอราคาจะต้องส่งมอบมอบครุภัณฑ์ ณ อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ C3 มทร.ล้านนา ตำบลป่าป้อ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ การส่งมอบครุภัณฑ์จะต้องดำเนินการติดตั้งให้เรียบร้อยและพร้อมใช้งานได้

## 7. วงเงินในการจัดซื้อ

เงินงบประมาณโครงการ วงเงิน 7,000,000 บาท (เจ็ดล้านบาทถ้วน)

ราคากลาง วงเงิน 7,000,000 บาท (เจ็ดล้านบาทถ้วน)

## 8. การรับประกันความชำรุดบกพร่องของพัสดุที่ส่งมอบ

ผู้เสนอราคาต้องรับประกันความชำรุดบกพร่องหรือขัดข้องของสิ่งของเป็นเวลา 1 ปี นับแต่วันที่มาวิทยาลัยฯ ได้รับมอบ โดยภายในกำหนดเวลาดังกล่าว หากสิ่งของเกิดชำรุดบกพร่องหรือขัดข้อง ผู้เสนอราคาจะต้องซ่อมแซม หรือแก้ไขให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดังเดิม ภายใน 30 วัน นับแต่วันที่ได้รับแจ้งจากมหาวิทยาลัยฯ โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

## 9. เงื่อนไขการชำระเงิน

มหาวิทยาลัยฯ จะชำระเงินค่าสิ่งของให้แก่ผู้ขาย เมื่อมหาวิทยาลัยฯ ได้รับมอบสิ่งของไว้โดยครบถ้วนแล้ว

## 10. ค่าปรับ

หากผู้ขายไม่สามารถส่งมอบสิ่งของภายในเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญา ผู้ขายจะต้องชำระค่าปรับให้แก่มหาวิทยาลัยฯ เป็นรายวันอัตราร้อยละ 0.20 (ศูนย์จุดสองศูนย์) ของมูลค่าสิ่งของที่ยังไม่ได้ส่งมอบ

## 11. หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

1. ในการพิจารณาผลการยื่นข้อเสนอประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้ มหาวิทยาลัยฯ จะพิจารณาตัดสินโดยในเกณฑ์ราคา (ใช้ราคาต่ำสุด)

## คณะกรรมการร่างขอบเขตของงาน

(ลงชื่อ) ..... ประธานกรรมการ  
(ผศ.พินิจ เนื่องภิรมย์)

(ลงชื่อ) ..... กรรมการ  
(นายสาคร ปันตา)

(ลงชื่อ) ..... กรรมการ  
(นายจักรรินทร์ ถิ่นนคร)

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ



**ตารางแสดงวงเงินงบประมาณที่ได้รับจัดสรรและรายละเอียดค่าใช้จ่าย  
ในการจัดซื้อจัดจ้างที่มีใช้งานก่อสร้าง**

๑. ชื่อโครงการ ครุภัณฑ์ชุดฝึกปฏิบัติการ process control ตำบลป่าป้อง อำเภอต๋อยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ๑ ชุด
๒. หน่วยงานเจ้าของโครงการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
๓. วงเงินงบประมาณที่ได้รับจัดสรร ๗,๐๐๐,๐๐๐ บาท (เจ็ดล้านบาทถ้วน)
๔. วันที่กำหนดราคากลาง (ราคาอ้างอิง) ณ วันที่ ๒๐ ตุลาคม ๒๕๖๓  
เป็นเงิน ๗,๐๐๐,๐๐๐ บาท (เจ็ดล้านบาทถ้วน)

ราคาต่อหน่วย

ลำดับ	รายการ	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	จำนวนเงิน
๑.	ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS: Distributed Control System)	๔,๐๗๕,๓๐๐.๐๐	๑ ชุด	๔,๐๗๕,๓๐๐.๐๐
๒.	ตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element)	๒๒๘,๘๒๐.๐๐	๑ ตัว	๒๒๘,๘๒๐.๐๐
๓.	เครื่องมือวัดระดับ (Level Transmitter)	๒๑๙,๐๒๐.๐๐	๒ เครื่อง	๔๓๘,๐๔๐.๐๐
๔.	เครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow Transmitter)	๒๓๐,๐๒๐.๐๐	๒ เครื่อง	๔๖๐,๐๔๐.๐๐
๕.	เครื่องมือวัดความดัน (Pressure Transmitter)	๒๑๐,๙๐๐.๐๐	๒ เครื่อง	๔๒๑,๘๐๐.๐๐
๖.	ถังเก็บน้ำ (Reserve Tank)	๖๓,๐๐๐.๐๐	๑ ถัง	๖๓,๐๐๐.๐๐
๗.	เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน	๒๕๐,๕๐๐.๐๐	๒ เครื่อง	๕๐๑,๐๐๐.๐๐
๘.	ชุดแสดงผลแบบ Smart control ขนาดไม่ต่ำกว่า ๗๕ นิ้ว	๑๒๑,๐๐๐.๐๐	๑ ตัว	๑๒๑,๐๐๐.๐๐
๙.	ชุดแสดงผลแบบ Projector พร้อมจอรับภาพ	๖๒,๐๐๐.๐๐	๑ ตัว	๖๒,๐๐๐.๐๐
๑๐.	เครื่องสอบเทียบอุปกรณ์เครื่องมือวัด	๑๕๗,๐๐๐.๐๐	๑ ชุด	๑๕๗,๐๐๐.๐๐
๑๑.	ออสซิลอสโคป	๓๐,๐๐๐.๐๐	๔ ชุด	๑๒๐,๐๐๐.๐๐
๑๒.	เครื่องแสดงผลสำหรับซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน	๒๙,๐๐๐.๐๐	๑๐ เครื่อง	๒๙๐,๐๐๐.๐๐
๑๓.	ชุดโต๊ะปฏิบัติการพร้อมเก้าอี้ทำงาน	๖,๒๐๐.๐๐	๑๐ ชุด	๖๒,๐๐๐.๐๐
	<b>รวมเป็นเงิน</b>			<b>๗,๐๐๐,๐๐๐.๐๐</b>

**๕. แหล่งที่มาของราคากลาง**

- ๕.๑ บริษัท พีทีเอส คอมบิเนชั่น จำกัด
- ๕.๒ บริษัท ไทยเมซูริง อินสตรูमेंท์ จำกัด
- ๕.๓ ห้างหุ้นส่วนจำกัด แคว้น เทคโนโลยี แอนด์ เซอร์วิส

**๖. รายชื่อผู้รับผิดชอบกำหนดราคากลาง**

- ๖.๑ ผศ.พินิจ เนื่องภิรมย์
- ๖.๒ นายสาคร ปันตา
- ๖.๓ นายจักรรินทร์ ถิ่นนคร