

ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการตรวจวัดค่ากรด-ด่างใน
สครับเบอร์แบบเปียก

REAL-TIME MONITORING AND REPORTING ALARM SYSTEM FOR pH
MEASUREMENT IN WET SCRUBBERS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560
KMITL-2017-EN-M-257-126

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการตรวจวัดค่ากรด-ด่างใน
สครับเบอร์แบบเปียก

REAL-TIME MONITORING AND REPORTING ALARM SYSTEM FOR pH
MEASUREMENT IN WET SCRUBBERS



T148779

ธิพิชญ์พนธ์ พรหมสวัสดิ์

THIPICHPON PROMSAWAT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**148779**
ชั้นเดือนปี : **23** พ.ย. **2560**

b. **00267093**
l.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560

KMITL-2017-EN-M-257-126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REAL-TIME MONITORING AND REPORTING ALARM SYSTEM FOR pH
MEASUREMENT IN WET SCRUBBERS



THIPICHPON PROMSAWAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-EN-M-257-126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์


หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการตรวจวัดค่ากรด-ด่างในสกรับเบอร์แบบเปียก
Thesis Title Real-time Monitoring and Reporting Alarm System for pH Measurement in Wet Scrubbers
นักศึกษา นายธิพิชญ์พนธ์ พรหมสวัสดิ์
รหัสประจำตัว 58601205
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม) รศ.ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-257-126

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จิระศักดิ์	ชาญวุฒิชัยธรรม	
ผศ.ดร.ธีรวัฒน์	เทพมณี	
รศ.ดร.ไสว	พงศ์สวัสดิ์	
รศ.ดร.พิทยา	ปานนิล	
รศ.ดร.อัมพวัน	จุลเสรีวงศ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 เวลา 09.00-11.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ห้อง HM-301

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ฉบับนี้ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการตรวจวัดค่า กรด-ด่างในสกรับเบอร์แบบเปียก
นักศึกษา	นายธิพิชญ์พนธ์ พรหมสวัสดิ์
รหัสประจำตัว	58601205
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สที่มีอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่โรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่ง จึงได้มีการนำเสนอเทคนิคในการสร้างระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการวัดค่ากรด-ด่างในสกรับเบอร์แบบเปียก โดยมีการส่งสัญญาณเอาต์พุตของเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างไปยังพีแอลซีตัวรองที่มีใช้อยู่แล้วซึ่งทำงานร่วมกับพีแอลซีตัวหลักบนเครือข่ายการควบคุมกระบวนการผลิตถุงมือยาง ค่ากรด-ด่างที่ตรวจวัดได้ถูกส่งไปยังเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ปฏิบัติงานที่ติดตั้งซอฟต์แวร์ Citect SCADA ผ่านพีแอลซีหลัก นอกจากนี้ ยังมีการถ่ายโอนข้อมูลการวัดจากซอฟต์แวร์ Citect SCADA ไปยังซอฟต์แวร์ SPC ที่ติดตั้งบนเครื่องเซฟเวอร์ในการจัดเก็บข้อมูล ดังนั้น ระบบที่นำเสนอจึงมีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลการวัดแบบอัตโนมัติ รวมทั้งมีฟังก์ชันในการแสดงผลและการแจ้งเตือนแบบเวลาจริง ตลอดจนมีความสามารถในการแจ้งเหตุทางอีเมลแบบอัตโนมัติไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทันทีที่มีการตรวจสอบได้ว่าค่ากรด-ด่างที่ตรวจวัดอยู่นอกช่วงที่ยอมรับได้อีกด้วย ประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่นำเสนอยืนยันได้จากผลการทดสอบที่แสดงไว้ในวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Real-Time Monitoring and Reporting Alarm System for pH Measurement in Wet Scrubbers
Student	Mr.Thipichpon Promsawat
Student ID.	58601205
Degree	Master of Engineering
Program	Automation Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Amphawan Julsereewong
Co-thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Sawai Pongswatd

ABSTRACT

In order to increase an efficiency of pollutant and harmful gas removal at a latex glove manufacturer, this thesis presents a technique to implement the real-time monitoring and reporting alarm system for pH measurement in wet scrubbers. All pH meter outputs are applied to an existing slave programmable logic controller (PLC) located on the master-slave network for production process control. A master PLC is communicated to an operator workstation running the Citect supervisory control and data acquisition (SCADA) software for sending measurement data received from the slave PLC. In addition, these measurement data from the Citect SCADA software are automatically transferred to the statistical process control (SPC) software installed in a data historian server. Thus the proposed system provides the continuous automatic data collection as well as the real-time display and alarm functions. The automatic and reliable email notification in real time for out of acceptable range of measured pH values can be also obtained. Experimentally test results verifying the performance of the proposed system are also included.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร. ไสว พงศ์สวัสดิ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนให้การดูแลและความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม (หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และหัวหน้างานที่คอยให้ความช่วยเหลือในหน้าที่การงาน และคำปรึกษาจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าเป็นไปอย่างราบรื่น

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ที่เป็นกำลังใจ คอยดูแลห่วงใย และให้การสนับสนุนข้าพเจ้าทุก ๆ เรื่องมาโดยตลอด และญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์นี้จะประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจและผู้ที่อยู่ในสายงานด้านวิศวกรรมอัตโนมัติเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งาน และพัฒนาในงานอุตสาหกรรมต่อไป

ธิพิชญพนธ์ พรหมสวัสดิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 แนวคิดของวิทยานิพนธ์.....	3
1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	3
1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 กล่าวนำ.....	5
2.2 การควบคุมมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	5
2.3 สกริปต์แบบเปียก.....	10
2.3.1 การดูดกลืน.....	10
2.3.2 ความสามารถในการละลายและกฎของเฮนรี่.....	12
2.3.3 วิธีการออกแบบ.....	13
2.3.4 การตรวจสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบการดูดกลืน.....	17
2.4 กระบวนการผลิตถุงมือยางในโรงงานที่ศึกษา.....	20
2.5 Programmable Logic Controller (PLC).....	26
2.6 EtherNet/IP.....	28
บทที่ 3 ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนสำหรับการวัดกรด-ด่างที่นำเสนอ.....	31
3.1 กล่าวนำ.....	31
3.2 สกริปต์แบบเปียกของโรงงานผลิตถุงมือยางที่ศึกษา.....	31
3.3 การวัดกรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในสกริปต์โดยผู้ปฏิบัติงาน.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนสำหรับการวัดกรด-ด่างที่นำเสนอ.....	37
3.5 ผลการทดสอบระบบ.....	55
บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	60
4.1 บทสรุปการวิจัย.....	60
4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย.....	60
เอกสารอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	64
ประวัติผู้เขียน.....	71



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างมลพิษอากาศกับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.3 มาตรฐานการระบายสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม.....	8
2.4 การตรวจสอบและการประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบการดูดกลิ่น.....	18



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Packed Column ที่พบโดยทั่วไป.....	11
2.2 รูปร่างของ Packing Material.....	12
2.3 กราฟแสดงการกำหนดอัตราการไหลของของเหลว.....	15
2.4 แบบพิมพ์ถุงมือที่ต้องการผลิต.....	20
2.5 แผนภาพการผลิตถุงมือ.....	21
2.6 ถังคลอรีนและฝาครอบถังคลอรีน.....	23
2.7 ระบบท่อดูดไอคลอรีน.....	24
2.8 ระบบถังดูดไอคลอรีนที่ติดตั้งจริง.....	25
2.9 แผนผังระบบดูดไอคลอรีนจากถังคลอรีนเข้าสครับเบอร์แบบเปียก.....	25
2.10 โครงสร้างพื้นฐานพีแอลซี.....	26
2.11 ระบบพีแอลซีที่ใช้ในโรงงานผลิตถุงมือที่ศึกษา.....	28
2.12 การกำหนดช่วงเวลาค่า RPI ของ Omron CJ1W-EIP21.....	29
2.13 การกำหนด IP Address ของเครือข่ายพีแอลซีที่ใช้.....	30
3.1 สครับเบอร์แบบเปียกหรือระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกที่ติดตั้งในโรงงานที่ศึกษา.....	32
3.2 ภาพสำหรับใส่สารละลาย Scrubbing Solution.....	34
3.3 การเก็บสารละลาย Scrubbing Solution จากสครับเบอร์แบบเปียก.....	34
3.4 สารละลาย Scrubbing Solution ที่ได้จากสครับเบอร์แบบเปียก.....	34
3.5 การวัดค่ากรด-ด่างโดยผู้ปฏิบัติงาน.....	35
3.6 ตัวอย่างการบันทึกค่ากรด-ด่างโดยผู้ปฏิบัติงาน.....	35
3.7 แบบฟอร์มสำหรับการบันทึกค่ากรด-ด่างบน Main Server	36
3.8 สครับเบอร์แบบเปียกที่ติดตั้งใช้งานในโรงงานผลิตถุงมือที่ศึกษา.....	37
3.9 โครงสร้างระบบฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนที่นำเสนอ.....	38
3.10 ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสครับเบอร์เพื่อแก้ไขปัญหาในการวัด.....	40
3.11 ไดอะแกรมของระบบถัง Circulation และการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่าง.....	40
3.12 การรับส่งข้อมูลของระบบที่นำเสนอ.....	41
3.13 ระยะเวลาในการอ่านค่าแต่ละครั้งเพื่อประมวลผลในระบบที่นำเสนอ.....	41
3.14 Flowchart Diagram สำหรับกำหนดย่านการวัดค่ากรด-ด่างในพีแอลซีตัวจริง.....	43
3.15 การสร้าง Function Block สำหรับกำหนดย่านการวัดค่ากรด-ด่าง ในพีแอลซีตัวจริง.....	44
3.16 การเปรียบเทียบการกำหนดย่านในการวัดค่าโดยใช้ pH Meter กับพีแอลซีตัวจริง.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 การเปรียบเทียบการกำหนดย่านในพีแอลซีตัวรองกับค่ากรด-ด่าง ที่ใช้งาน.....	45
3.18 การกำหนด IP Address บนระบบเครือข่าย.....	45
3.19 การสร้าง Tag Sets ใน In-Consume/Out-Produde ของพีแอลซีตัวรอง.....	47
3.20 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมต่อของพีแอลซีตัวรอง.....	47
3.21 การสร้าง Tag Sets ใน In-Consume/Out-Produde ของพีแอลซีตัวหลัก.....	48
3.22 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมต่อของพีแอลซีตัวหลัก.....	48
3.23 การสร้าง GUI สำหรับแสดงผลการวัดค่ากรด-ด่างของสกรับเบอร์แบบเปียก.....	49
3.24 การกำหนดเงื่อนไขการแจ้งเตือน.....	50
3.25 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมต่อกับพีแอลซีตัวหลัก.....	50
3.26 การกำหนดค่า Variable Tags.....	50
3.27 แผนภาพการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Citect SCADA และ SPC Software.....	51
3.28 ซอฟต์แวร์ Matrikon OPC ในการเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ Citect SCADA.....	53
3.29 Tag Name บนซอฟต์แวร์ Matrikon OPC.....	53
3.30 การนำ Tags จาก OPC มาใช้งานบนซอฟต์แวร์ SPC.....	54
3.31 ซอฟต์แวร์ SPC สำหรับกำหนดกฎการแจ้งเตือน.....	54
3.32 ซอฟต์แวร์ SPC สำหรับการตั้งค่าอีเมลล์การแจ้งเตือน.....	55
3.33 การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสกรับแบบเปียกที่ใช้งานจริง.....	56
3.34 pH Meter สำหรับการวัดค่ากรด-ด่างของสกรับแบบเปียก.....	56
3.35 pH Buffer ที่ใช้ในการสอบเทียบ.....	57
3.36 ผลที่ได้จากการสอบเทียบ.....	57
3.37 การแสดงผลและการแจ้งเตือนการวัดค่ากรด-ด่างบน Citect SCADA.....	57
3.38 การแสดงผลและการแจ้งเตือนการวัดค่ากรด-ด่างบนซอฟต์แวร์ SPC.....	58
3.39 การส่งอีเมลล์แจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินแบบอัตโนมัติของสกรับเบอร์แบบเปียก.....	59
4.1 การวัดปริมาณคลอรีนที่ปล่อยออกจากปล่องสกรับเบอร์แบบเปียก.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แะ VIII อ่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ดำเนินการโดยขาดความเอาใจใส่ อาจทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศหรือมลภาวะอากาศ (Air Pollution) [1] เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เป็นต้น ในปริมาณที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ รวมทั้งมีผลต่อพืชและสัตว์โดยตรง แล้วยังส่งผลทางอ้อมต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลกอีกด้วย ในปัจจุบัน หน่วยงานภาครัฐได้ดำเนินการด้านกฎหมาย เพื่อควบคุมและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ [2-5] โดยมีการกำหนดค่ามาตรฐานการระบายอากาศเสียจากปล่องด้วยกฎหมายโรงงาน การกำหนดค่ามาตรฐานภายในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานด้วยกฎหมายแรงงาน และการกำหนดค่ามาตรฐานบรรยากาศด้วยกฎหมายสิ่งแวดล้อม ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าข่ายจำเป็นต้องมีระบบบำบัดมลพิษอากาศ (Air Pollution Treatment) เพื่อเป็นไปตามบทบัญญัติทางกฎหมาย

กฎหมายหลักในด้านการควบคุมกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ พ.ร.บ. โรงงาน (พ.ศ. 2535) กฎกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2-3 (พ.ศ. 2535) และ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2539) โดยสาระสำคัญของกฎหมายหลัก สามารถสรุปโดยย่อได้ ดังนี้

พ.ร.บ. โรงงาน (พ.ศ. 2535) เป็นกฎหมายแม่ที่ใช้ในการควบคุมกำกับดูแลในด้านทำเลที่ตั้ง สภาพแวดล้อม ความปลอดภัยและอาชีวอนามัย รวมทั้งมีการจำแนกประเภทของโรงงาน

กฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) มีสาระสำคัญในการกำหนดให้ โรงงานต้องมีวิธีการควบคุมการปล่อยของเสียมลพิษ และโรงงานต้องจัดให้มีผู้ควบคุมดูแลและผู้ปฏิบัติงานประจำระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ นอกจากนี้ โรงงานต้องทำการอย่างใดอย่างหนึ่งจนอากาศที่ระบายออกมีปริมาณของสารเจือปนไม่เกินกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งนี้ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution) รวมถึงโรงงานต้องมีการควบคุมไม่ให้มีเสียงดังที่เกิดจากการประกอบกิจการเกินกว่าค่ามาตรฐาน

กฎกระทรวงฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2535) มีสาระสำคัญในการกำหนดให้โรงงานที่มีผลกระทบรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมต้องจัดทำรายงานข้อมูลในการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ การวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษในระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ และการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

กฎกระทรวงฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2539) มีสาระสำคัญในการกำหนดให้โรงงานที่มีระบบฟอกอากาศต้องติดตั้งมาตรวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการใช้สารเคมี รวมถึงโรงงานที่เข้าข่ายต้องติดตั้งเครื่องือการระบายอากาศเสียเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อส่งข้อมูลไปยังกรมโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโรงงานผลิตถุงมือยาง (Latex Glove Manufacturer) แห่งหนึ่งที่ได้ศึกษามีการใช้ระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียก หรือ สครับเบอร์แบบเปียก (Wet Scrubber) จำนวน 3 ชุด เพื่อควบคุมค่าปริมาณของคลอรีน (Chlorine) จากกระบวนการผลิตไม่ให้เกินค่าที่กฎหมายกำหนดไว้ (30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ก่อนจะมีการระบายอากาศเสียออกจากกระบวนการผลิตในโรงงาน โดยสครับเบอร์แบบเปียกแต่ละชุด มีลักษณะเป็นหอทรงกระบอก โดยป้อนอากาศเสียเข้าทางด้านล่างของหอและไหลขึ้นด้านบน ภายในหอมีหัวสเปรย์ฉีดละอองของเหลวซึ่งเป็นสารละลายต่างจำพวก โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ให้ตกลงกระทบกับไอคลอรีนกลายเป็นสารละลายที่มีความเป็นกรดมากยิ่งขึ้น (หรือความเป็นด่างน้อยลง) ตกลงด้านล่างของสครับเบอร์ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ทั้งนี้ต้องมีการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ [6] เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของสครับเบอร์ จากการปะทะละอองสารละลายต่างกับไอกรดคลอรีน รวมถึงต้องมีการปรับสภาพของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดน้ำในการทำสารละลาย จากการศึกษาพบว่า ที่โรงงานแห่งนี้มีการตรวจวัดค่ากรด-ด่างโดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน (Operator) ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในถังด้านล่างของสครับเบอร์ ซึ่งเป็นสารละลายที่ใช้บำบัดอากาศเสีย ทั้ง 3 ชุดนี้ จำนวน 6 ครั้งต่อวัน โดยการตรวจวัดแต่ละครั้ง ใช้เวลาประมาณ 60-75 นาที เพื่อรายงานผลที่ตรวจวัดได้ ในกรณีที่ค่ากรด-ด่างที่ตรวจวัดได้มีค่านอกช่วงที่ยอมรับได้ ผู้ปฏิบัติงานในการตรวจวัด ต้องแจ้งความผิดปกตินี้แก่วิศวกรผู้ควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อทำการแก้ไขปัญหาการทำงานของสครับเบอร์ต่อไป

เนื่องด้วยข้อจำกัดของการตรวจวัดค่ากรด-ด่างโดยผู้ปฏิบัติงาน อาจเกิดความผิดพลาดในการตรวจวัดและการจัดทำรายงาน รวมทั้งเกิดความล่าช้าในการแจ้งเตือนความผิดปกติในการทำงานของสครับเบอร์ ทำให้การแก้ไขปัญหาไม่สามารถทำได้ทันเวลาที่ อาจมีการระบายอากาศเสียที่มีปริมาณของคลอรีนเกินกว่าค่าที่กฎหมายกำหนดจากโรงงานสู่ชั้นบรรยากาศ

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการปรับปรุงการวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียด้วยสครับเบอร์แบบเปียก จากการวัดโดยผู้ปฏิบัติงาน เปลี่ยนเป็นการวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติที่มีการรายงานผลและการแจ้งเตือนแบบเวลาจริง เพื่อลดความผิดพลาดในการวัดและการจัดทำรายงานโดยผู้ปฏิบัติงาน [7] รวมทั้งเพิ่มความรวดเร็วในการแจ้งเตือนและการแก้ปัญหาในการทำงานของสครับเบอร์ที่ทำให้ค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียอยู่นอกช่วงที่ยอมรับได้ ส่งผลให้มีการควบคุมปริมาณคลอรีนของอากาศที่ระบายออกจากโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีปริมาณคลอรีนไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด

1.3 แนวคิดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการสร้างระบบการวัดแบบอัตโนมัติและการแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการเฝ้าสังเกตการเปลี่ยนแปลงค่ากรด-ด่างของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในสกรับเบอร์แบบเปียกทั้ง 3 ชุดสำหรับโรงงานผลิตถุงมือยางที่เป็นกรณีศึกษา โดยมีการติดตั้งเซนเซอร์และเครื่องมือวัดสำหรับตรวจวัดค่ากรด-ด่างที่สกรับเบอร์แต่ละชุด โดยสัญญาณเอาต์พุตของเครื่องมือวัดทั้งสามตัวถูกป้อนเข้าเป็นสัญญาณอินพุตของพีแอลซี (Programmable Logic Controller : PLC) ซึ่งเป็นพีแอลซีตัวรอง (Slave PLC) ที่มีใช้อยู่แล้วในระบบควบคุมกระบวนการผลิตถุงมือยาง เพื่อส่งค่ากรด-ด่างที่ตรวจวัดได้ไปยังส่วนระบบโฮสต์ (Host System) ผ่านตัวควบคุม ซึ่งเป็นพีแอลซีหลัก (Master PLC) โดยระบบโฮสต์ที่ใช้สำหรับการแสดงผลและการจัดทำรายงาน รวมถึงการแจ้งเตือนประกอบไปด้วยเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อกับผู้ปฏิบัติงาน (Operator Workstation) เวิร์คสเตชันสำหรับจัดเก็บข้อมูล (Data Historian Workstation) และส่วนหน้าจอสัมผัสสำหรับติดต่อกับผู้ปฏิบัติงาน (HMI Touch Screen) ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการจับละอองฝอยหรือไอคลอรีนด้วยสกรับเบอร์แบบเปียกที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการปรับปรุงการวัดค่าและการรายงานผลโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานในระบบบำบัดอากาศเสียที่มีการติดตั้งสกรับเบอร์จำนวน 3 ชุด เพื่อควบคุมมลพิษทางอากาศของโรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่ง โดยระบบที่นำเสนอได้ติดตั้งเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่าง (pH Meter) ของบริษัท Mettler Toledo ที่มีสัญญาณเอาต์พุตเป็นกระแส 4-20 mA จำนวน 3 เครื่อง และได้ทำการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดนี้เข้ากับการดอินพุตของพีแอลซีตัวรองที่เหลือใช้จากการเชื่อมต่อเข้ากับเซนเซอร์ในระบบควบคุมกระบวนการผลิตถุงมือยางที่ติดตั้งไว้อยู่แล้ว ทำให้ง่ายต่อการผสมระบบ (System Integration) ของการวัดค่าที่ติดตั้งใหม่เข้ากับระบบเดิมที่มีอยู่ ส่วนเครือข่ายการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีตัวรองและพีแอลซีตัวหลักซึ่งเป็นบริษัท Omron ผ่านเทคโนโลยีการสื่อสาร EtherNet/IP และได้ทำการเชื่อมต่อพีแอลซีตัวหลักเข้ากับเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งานผ่านโมดูล RS232 ส่วนการเชื่อมต่อเครือข่ายระบบโฮสต์ใช้เทคโนโลยี Ethernet นอกจากนี้ มีการใช้ซอฟต์แวร์ Citect SCADA สำหรับการแสดงผลและการแจ้งเตือนบนเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งาน และมีการใช้ซอฟต์แวร์ SPC บนเวิร์คสเตชันในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อทำรายงานและการส่งอีเมลแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินแบบอัตโนมัติไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทันทีที่ตรวจสอบได้ว่าค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียอยู่นอกช่วงที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 บทและ 1 ภาคผนวก ด้วยกันคือ

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวคิด ขอบเขต และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม สคริปต์แบบเปียก และกระบวนการผลิตถุงมือยางในโรงงานที่ได้ศึกษา พีแอลซี และเทคโนโลยี การสื่อสาร EtherNet/IP

บทที่ 3 ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนสำหรับการวัดกรด-ด่างที่นำเสนอ เป็นการอธิบายถึง สคริปต์แบบเปียกของโรงงานผลิตถุงมือยางที่ศึกษา การวัดกรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ใน สคริปต์แบบเปียกโดยผู้ปฏิบัติงาน ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนสำหรับการวัดกรด-ด่างที่นำเสนอ และผล การทดสอบระบบ

บทที่ 4 เป็นบทสุดท้ายที่กล่าวถึงบทสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อ

ภาคผนวก ที่แสดงถึงบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ ระดับนานาชาติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้อธิบายถึงการควบคุมมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม กฎหมายมลพิษอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มาตรฐานมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกหรือสครับเบอร์แบบเปียก หลักการทำงานของสครับเบอร์แบบเปียก การออกแบบ การตรวจสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของสครับเบอร์แบบเปียก กระบวนการผลิตถุงมือยางในโรงงานที่ได้ศึกษา มลพิษอากาศ (ไอคลอรีน) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตถุงมือยาง ระบบถังดูดไอคลอรีนจากกระบวนการผลิต และการนำไอคลอรีนเข้าสู่ระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกหรือสครับเบอร์แบบเปียก นอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงพีแอลซี และเทคโนโลยีการสื่อสาร EtherNet/IP

2.2 การควบคุมมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม [1-5]

มลพิษอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศ ที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลาานพอ ที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่าง ๆ โรงงานอุตสาหกรรมที่ดำเนินการโดยขาดความเอาใจใส่ อาจทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศหรือมลภาวะทางอากาศ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างมลพิษอากาศกับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

ประเภทอุตสาหกรรม	ชื่อสารมลพิษอากาศ
อุตสาหกรรมปุ๋ย อุตสาหกรรมเซรามิก อุตสาหกรรมอลูมิเนียม	ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ : HF
โรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมก๊าซ แอมโมเนีย และเยื่อกระดาษ	ไฮโดรเจนซัลไฟด์ : H ₂ S
โรงถลุงโลหะ อุตสาหกรรมเคมี	เซเลเนียมไดออกไซด์ : SeO ₂
อุตสาหกรรมโซดาไฟ กระบวนการผลิตพลาสติก	ไฮโดรเจนคลอไรด์ ; HCl
การผลิตกรดดินประสิว อุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีการสันดาป	ไนโตรเจนไดออกไซด์ : NO ₂
การผลิตกรดกำมะถัน อุตสาหกรรมใช้น้ำมันเตา-ถ่านหิน	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ : SO ₂
อุตสาหกรรมปุ๋ย	ซิลิคอนฟลูออไรด์ : SiF ₄
อุตสาหกรรมย้อมสี การสังเคราะห์สารอินทรีย์	ฟอสจีน : COCl ₂
การผลิตคาร์บอนไดซัลไฟด์ ตัวทำลาย การฆ่าเชื้อของพืช	คาร์บอนไดซัลไฟด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ประเภทอุตสาหกรรม	ชื่อสารมลพิษอากาศ
การผลิตกรด Hydrocyanic การผลิตเหล็ก อุตสาหกรรมก๊าซ อุตสาหกรรมเคมี	ไฮโดรเจนไซยาไนด์ : HCN
อุตสาหกรรมผลิตปุ๋ย การชุบโลหะ เวชภัณฑ์อินทรีย์ และ อนินทรีย์ การทำพิมพ์เขียว	แอมโมเนีย : NH ₃
การผลิตเวชภัณฑ์ ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์	ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ : PCl ₃
ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ ฟอสฟอรัสไดออกไซด์	ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ : PCl ₅
การถลุงฟอสฟอรัส การผลิตสารประกอบฟอสฟอรัส	ฟอสฟอรัสเหลือง : P ₄
การผลิตเวชภัณฑ์ การผลิตสีย้อม Chlorosulfuric acid	คลอโรซัลไฟริก : HSO ₂ Cl
การผลิตฟอร์มาลีน หนัง ยางสังเคราะห์ แผ่นกันแบคทีเรีย	ฟอร์มาลดีไฮด์ : HCHO
การผลิต Acrylic acid ยางสังเคราะห์ การผลิตวานิช	อะโครลีน : CH ₂ CHHO
การผลิตกรดฟอสฟอริก ปุ๋ยฟอสฟอริก	ไฮโดรเจนฟอสไฟด์ : PH ₄
โรงกลั่นน้ำมัน การผลิตฟอร์มาลีน ตัวทำลายอินทรีย์	เบนซีน : C ₆ H ₆
การผลิตเมทานอล การผลิตฟอร์มาลีน อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมยางสังเคราะห์ ทำแชลแลค	เมทานอล : CH ₃ OH
อุตสาหกรรมปิโตรเคมีโรงถลุงนิกเกิล	นิกเกิลคาร์บอนิก : Ni(CO) ₄
การผลิตกรดกำมะถัน อุตสาหกรรมปุ๋ย โรงงานสารอินทรีย์	กรดกำมะถัน : H ₂ SO ₄
สีย้อม เวชภัณฑ์ สารเคมีเกษตร	โบรมีน : Br ₂
อุตสาหกรรมก๊าซ การถลุงโลหะ การสันดาปภายใน	คาร์บอนมอนอกไซด์ : CO
อุตสาหกรรมทาร์ ยาเคมี อุตสาหกรรมสี ยางสังเคราะห์	ฟีนอล : C ₆ H ₅ OH
อุตสาหกรรมยา สารเคมี	Pyridine : C ₅ H ₅ SH
อุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม อุตสาหกรรมเภสัชกรรม	Mercaptan : C ₂ H ₅ SH
อุตสาหกรรมผลิตหลังคาไฟเบอร์	สไตรีน : C ₆ H ₅ CHCH ₂
อุตสาหกรรมโซดาไฟ อุตสาหกรรมเคมีอื่น ๆ	คลอรีน : Cl ₂

ที่มา : รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2540 สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎหมายมลพิษอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม [1]

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมปัญหามลพิษอากาศจากอุตสาหกรรมนั้นมีหลายฉบับและเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงาน ซึ่งสรุปได้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
พระราชบัญญัติการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522	การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กระทรวงอุตสาหกรรม
พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (เดิมเป็นกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม)
พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535	กระทรวงสาธารณสุข
กฎหมายฉบับอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง พระราชบัญญัติแร่	กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (เดิมเป็นกรมทรัพยากรธรณี) กระทรวงอุตสาหกรรม
พระราชบัญญัติการเดินเรือในน่านน้ำไทย พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน	กรมขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี (เดิมเป็นกรมเจ้าท่า กระทรวงอุตสาหกรรม) กระทรวงมหาดไทย

มาตรฐานมลพิษอากาศ [1]

หน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลควบคุมปัญหามลพิษอากาศได้มีการกำหนดมาตรฐานมลพิษอากาศที่เกี่ยวข้องภายใต้อำนาจหน้าที่ทางกฎหมายของแต่ละหน่วยงาน ซึ่งมาตรฐานที่ได้กำหนดขึ้นนี้แบ่งออกได้ตามวัตถุประสงค์ของการควบคุมคุณภาพอากาศได้ 3 ประการดังนี้

1. มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป
2. มาตรฐานอากาศจากแหล่งกำเนิดมลพิษทางอุตสาหกรรม
3. มาตรฐานอากาศภายในสถานประกอบการ

1. มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปเป็นการกำหนดระดับคุณภาพอากาศ (Air Quality Goals) ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน เนื่องจากสารมลพิษแต่ละชนิดจะก่อให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายต่อสุขภาพของประชาชนได้มากหรือน้อยขึ้นกับความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส สารมลพิษบางตัวอาจจะทำให้เกิดผลกระทบในระยะสั้น บางตัวเกิดผลระยะยาว ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศจึงได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่ได้รับแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาที่ได้รับสัมผัสด้วย ในประเทศไทยได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2524 และต่อมาได้มีการประกาศปรับปรุงเพิ่มเติมค่ามาตรฐานครั้งที่สองใน พ.ศ. 2535

2. มาตรฐานการระบายสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดมลพิษทางอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมต้องทำการควบคุมการระบายสารมลพิษสู่บรรยากาศให้อยู่ภายในมาตรฐานการระบายสารพิษจากแหล่งกำเนิด ซึ่งเป็นระดับจำกัดของปริมาณหรือความเข้มข้นของสารมลพิษชนิดต่าง ๆ ที่ยินยอมให้ระบายออกจากโรงงานประเภทต่าง ๆ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 พ.ศ. 2536 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องการกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานสำหรับสารมลพิษจำนวน 15 ชนิด โดยห้ามใช้วิธีเจือจางและให้คำนวณเทียบความดัน 1 บรรยากาศและอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.3

3. มาตรฐานมลพิษอากาศในสถานประกอบการ

มาตรฐานมลพิษในสถานประกอบการเป็นมาตรฐานที่ประกาศโดยกระทรวงมหาดไทยภายใต้ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) โดยตลอดระยะเวลาทำงานปกติภายในสถานที่ประกอบการที่ให้ลูกจ้างทำงานจะมีปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศของการทำงานโดยเฉลี่ยเกินกว่าค่าที่กำหนดไม่ได้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการระบายสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ที่สภาวะ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ)

ประเภทสารมลพิษ	แหล่งที่มาของสารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน(มก./ลบ.ม.)
1. ฝุ่นละออง (Particulate)	หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้	
	- น้ำมันเตา	300
	- ถ่านหิน	400
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	400
	การถลุง หล่อหลอม รีดตีง และ/หรือ ผลิตเหล็กกล้า	300
	อะลูมิเนียม และการผลิตทั่วไป	400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ประเภทสารมลพิษ	แหล่งที่มาของสารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน(มก./ลบ.ม.)
2. พลวง (Antimony)	การผลิตทั่วไป	20
3. สารหนู (Arsenic)	การผลิตทั่วไป	20
4. ทองแดง (Copper)	การหลอมหรือการถลุง	30
5. ตะกั่ว (Lead)	การผลิตทั่วไป	30
6. คลอรีน (Chlorine)	การผลิตทั่วไป	30
7. ไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen Chloride)	การผลิตทั่วไป	200
8.ปรอท (Mercury)	การผลิตทั่วไป	3
9. คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)	การผลิตทั่วไป	1000 (870 ppm)
10. กรดกำมะถัน (Sulfuric acid)	การผลิตทั่วไป	100 (25 ppm)
11. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide)	การผลิตทั่วไป	140 (100 ppm)
12. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	การผลิตกรดซัลฟูริกการเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่ใช้ น้ำมันเตา	1300 (500 ppm) 1250 ppm
13. ออกไซด์ของไนโตรเจน (วัด ในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์)	หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้ - ถ่านหิน - เชื้อเพลิง	940 (500 ppm) 470 (250 ppm)
14. ไซลีน (Xylene)	การผลิตทั่วไป	870 (200 ppm)
15. ครีซอล (Cresol)	การผลิตทั่วไป	22 (5 ppm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สক্রีบเบอร์แบบเปียก [1], [8-9], [11]

สক্রีบเบอร์หรือระบบบำบัดอากาศแบบเปียกเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้สำหรับการบำบัดสารมลพิษอากาศโดยสามารถดูดกลืนไว้ได้ด้วยของเหลว หรือ สารละลายบางชนิด ซึ่งการควบคุมก๊าซและไอจากแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดสารมลพิษ โดยทั่วไป แนวความคิดสำหรับการควบคุมก๊าซและไอมีดังนี้

1. สารมลพิษอากาศสามารถดูดซับไว้ได้โดยสารดูดซับที่เป็นของแข็ง
2. สารมลพิษอากาศสามารถดูดซับไว้ได้โดยของเหลว หรือสารละลายบางชนิด
3. สารมลพิษอาจเปลี่ยนรูปไปได้ โดยการเผาทำลายที่อุณหภูมิสูงหรือการเผาทำลายโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนรูปเป็นสารอื่นที่ไม่เป็นอันตราย
4. ความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศอาจลดลงได้ โดยการควบคุมที่กระบวนการผลิตหรือการควบคุมสภาพแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด

ลำดับแรกสำหรับการพิจารณาในการควบคุม จะเริ่มจากความคิดที่ 4 ก่อน โดยจะต้องเข้าใจเรื่องปฏิกิริยาทางเคมี และสมดุลเคมี เพื่อจัดเงื่อนไขขององค์ประกอบและสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมตามที่ต้องการ ในกรณีที่มีการปรับใช้วิธีที่ 4 ไม่ได้ผลแล้วจึงจะพิจารณาถึงการใช้อุปกรณ์บำบัดมลพิษทางอากาศ ซึ่งที่ใช้โดยทั่วไปมี 3 ระบบ คือ การดูดซับ (Adsorption) การดูดกลืน (Absorption) และการเผาทำลาย (Incineration)

ส่วนระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกนี้จะอยู่ในส่วนของอุปกรณ์บำบัดมลพิษทางอากาศแบบการดูดกลืน โดยมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

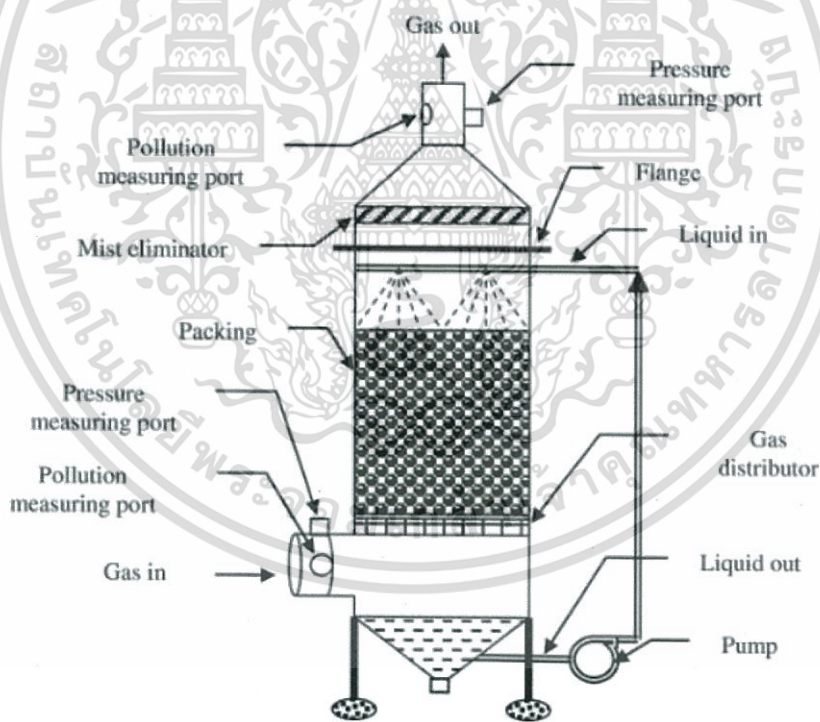
2.3.1 การดูดกลืน

การดูดกลืนเป็นวิธีที่แพร่หลายสำหรับใช้บำบัดก๊าซที่ถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิต การดูดกลืนก๊าซด้วยของเหลวจะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณก๊าซในของเหลวน้อยกว่าปริมาณที่ทำให้เกิดสมดุลทางเคมีหรือการละลายที่อิ่มตัว อัตราการดูดกลืนขึ้นอยู่กับคู่ของสารดูดกลืน (ของเหลวหรือสารละลาย) และสารถูกดูดกลืน (ก๊าซหรือไอ) การละลายหรือการเกิดปฏิกิริยาทางเคมียังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซและของเหลว เช่น การแพร่ ความหนืด ความหนาแน่น และยิ่งขึ้นอยู่กับสถานะของระบบดูดกลืน เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหลของก๊าซและของเหลว การดูดกลืนจะเกิดขึ้นได้ดี เมื่ออุณหภูมิต่ำลง พื้นที่สัมผัสมากขึ้น สัดส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซสูงขึ้น ความเข้มข้นของก๊าซในอากาศเสียมากขึ้น การดูดกลืนเกิดขึ้นได้ทั้งแบบกายภาพและแบบเคมี โดยทั่วไปมักใช้น้ำเป็นของเหลวที่ใช้ดูดกลืน เนื่องจากก๊าซที่ปนเปื้อนมักละลายในน้ำได้ อีกทั้งยังสามารถหาได้ง่ายและราคาถูก

Packed Column เป็นเครื่องพ่นจับแบบพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้สำหรับการดูดกลืนก๊าซ Packed Column จะทำการกระจายของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนเหนือ Packing Materials ที่เป็นตัวทำให้เกิดพื้นที่ผิวขนาดใหญ่สำหรับให้ก๊าซและของเหลวสัมผัสอย่างต่อเนื่อง และกระแสของก๊าซปนเปื้อนจะถูกแยกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อยเข้ามาทางด้านล่างของ Tower และไหลขึ้นสู่ Packing Material ส่วนของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนจะถูกนำเข้าทางด้านบนของ Packing โดยวิธีสเปรย์ และไหลลงสู่ Packing Material วิธีนี้จะให้ประสิทธิภาพการบำบัดที่สูงสุด หากทำการเจือจางก๊าซปนเปื้อนให้มากที่สุดและให้ก๊าซนั้นสัมผัสกับของเหลวที่เป็นตัวดูดกลืนที่สะอาด และให้กระบวนการทั้งหมดเกิดในคอลัมน์ขนาดที่มีความสูงเพียงพอ ลักษณะโครงสร้างของระบบ Packed Column ที่พบโดยทั่วไป แสดงในรูปที่ 2.1

วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบคอลัมน์สำหรับการดูดกลืน คือ การกำหนดอัตราการไหลของตัวทำลาย การคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ เส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของคอลัมน์ ให้เหมาะสมกับตัวทำลายที่เลือกใช้ในการดูดกลืน โดย Packed Towers ที่มีขนาดความสูงที่เหมาะสมกับการใช้งาน จะให้ประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซได้ดี กระแสของก๊าซที่ปล่อยออกมาจะต้องปราศจากอนุภาคที่ปนเปื้อนอยู่ การใช้ Packed Towers เป็นระบบบำบัดตอนท้ายก่อนปล่อยก๊าซออกสู่สิ่งแวดล้อม ของเหลวที่พ่นจับสำหรับกระบวนการเหล่านั้นและของเหลวจาก Packed Towers จะถูกส่งกลับสู่กระบวนการอีกครั้ง สำหรับการบำบัดกลิ่นของเหลวที่ใช้พ่นจับโดยทั่วไปมักใช้ Oxidizing Reagent เช่น โพรแตสเซียมเปอร์แมงกานेट หรือ โซเดียมไฮโปคลอไรต์



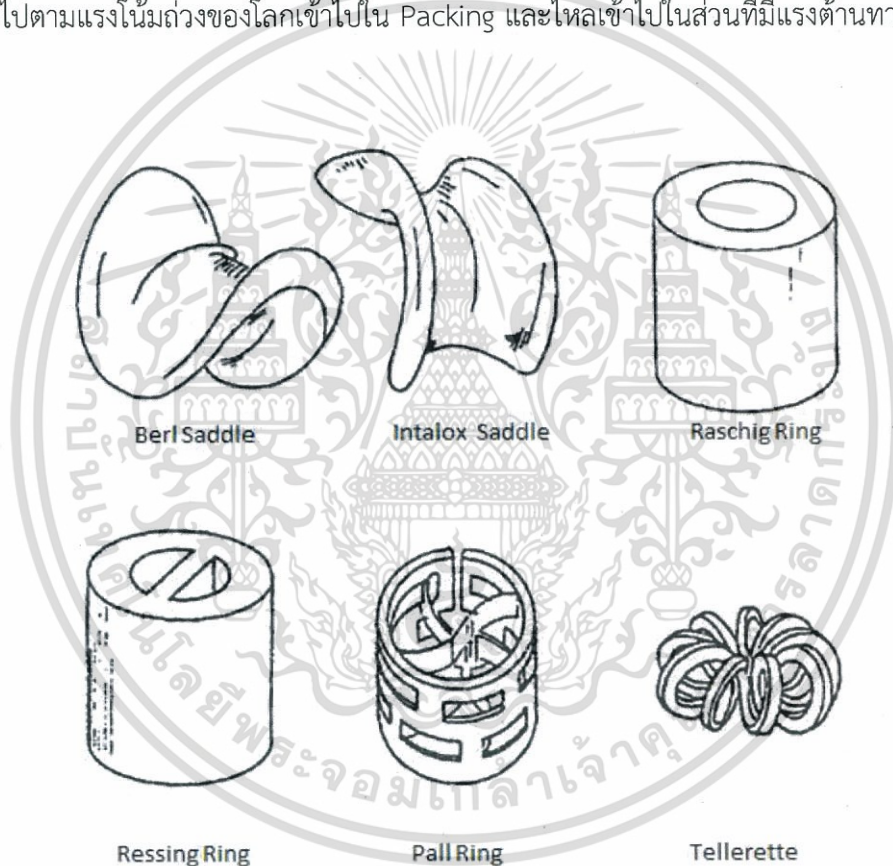
รูปที่ 2.1 Packed Column ที่พบโดยทั่วไป

Packing Material เป็นหัวใจสำคัญของเรื่องการดูดกลืน โดยทำให้เกิดพื้นที่ผิวสำหรับการดูดกลืน Packing Material เดิมทำจากหิน หรือ กระเบื้อง แต่ในปัจจุบันมักทำมาจากพลาสติกทนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนที่มีความหนาแน่นสูง เช่น โพลีเอทิลีน และโพลีโพรพีลีน โดยลักษณะรูปร่างของ Packing Material แบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.2

การเลือก Packing Material พิจารณาได้จากธรรมชาติของก๊าซปนเปื้อน รูปแบบของการสัมผัส ขนาดของตัวดูดกลืน และสารที่ใช้พ่นจับ พื้นที่ผิวขนาดใหญ่ต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร ของ Packing Material ใช้สำหรับการเปลี่ยนรูปของสารมลพิษ ความดันตกเกี่ยวข้องกับปริมาณของ Void Space ใน Tower หลังเติม Packing Material แล้ว โดยปกติขนาดของ Packing Material ที่ใหญ่กว่ามักจะทำให้เกิดความดันตก (Pressure Drop) ที่น้อยกว่า

Packing Material อาจจะถูกจัดเรียงในเครื่องดูดกลืนได้ 2 แบบด้วยกัน คือ อาจกองแบบสุ่มหรือเรียงแบบสมมาตร เมื่อของเหลวถูกสเปรย์ให้แพร่กระจายเหนือ Packing ของเหลวจะไหลลงด้านล่างไปตามแรงโน้มถ่วงของโลกเข้าไปใน Packing และไหลเข้าไปในส่วนที่มีแรงต้านทานน้อยที่สุด



รูปที่ 2.2 รูปร่างของ Packing Material

2.3.2 ความสามารถในการละลายและกฎของเฮนรี

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดูดกลืนสารปนเปื้อน คือ ความสามารถในการละลายของสารปนเปื้อน โดยความสามารถในการละลายนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันของระบบ ความสามารถในการละลายนั้นใช้การวัดที่สภาวะสมดุล (Equilibrium Conditions) โดยวัดปริมาตรก๊าซและของเหลวในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะปิด และตั้งทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งจนปริมาณของก๊าซที่ถูกดูดกลืนเข้าไปในของเหลวเท่ากับ ปริมาณสารละลายที่ได้ ณ จุดนี้จะไม่มีการเปลี่ยนรูปของสารมลพิษอีก และความเข้มข้นของก๊าซใน ส่วนที่เป็นก๊าซและในส่วนที่เป็นของเหลวจะคงที่ คือระบบก๊าซ - ของเหลวเกิดสมดุล

กฎของเฮนรี (Henry's Law) สามารถใช้ทำนายความสามารถในการละลาย (Solubility) เมื่อ ความเข้มข้นของตัวถูกละลายถูกทำให้เจือจางลงมาก ซึ่งเป็นกรณีทั่วไปในการบำบัดมลพิษทางอากาศ เขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$p^* = H \times x \quad (2.1)$$

เมื่อ p^* คือ ความดันย่อยของตัวถูกละลาย ที่สมดุล, Pa

x คือ สัดส่วนโมลของตัวถูกละลายในของเหลว

H คือ ค่าคงที่ในกฎของเฮนรี, Pa/mole Fraction

กฎของเฮนรีสามารถเขียนได้อีกแบบ โดยหารทั้ง 2 ข้างของสมการด้วยความดันรวมซึ่งทางด้าน ซ้ายของสมการจะกลายเป็นความดันย่อยหารด้วย ความดันรวม ซึ่งเท่ากับ สัดส่วนโมลของก๊าซ, y^* จากสมการที่ (2.1) จะเขียนใหม่ได้ว่า

$$y^* = H \times x \quad (2.2)$$

เมื่อ y^* คือ สัดส่วนโมลของก๊าซในภาวะสมดุลย์กับของเหลว

H คือ ค่าคงที่ในกฎของเฮนรี, สัดส่วนโมลของไอน้ำ/mole fraction ของของเหลว

ถ้าหอดูดกลืนเข้าถึงสภาวะสมดุลในการดำเนินการจริง ประสิทธิภาพการดักเก็บจะตกลงเป็น ศูนย์ที่จุดนั้น จึงไม่มีการเปลี่ยนรูปของสารมลพิษเกิดขึ้น วิธีที่ง่ายที่สุดในการวิเคราะห์ความสามารถ ในการละลาย คือ การใช้แผนภาพสมดุลระหว่าง แกน X ซึ่งเป็นสัดส่วนโมลของตัวถูกละลายในระย ะที่เป็นของเหลว กับ แกน Y ซึ่งเป็นสัดส่วนโมลของตัวถูกละลายในระยะที่เป็นของก๊าซ

2.3.3 วิธีการออกแบบ

ในการออกแบบการดูดกลืนต้องทราบค่าตัวแปรขณะใช้งาน เช่น อัตราการไหลของอากาศเสีย แหล่งกำเนิดที่ต้องการบำบัด อุณหภูมิ ความเข้มข้นสารมลพิษที่เข้ามา และความเข้มข้นสุดท้ายที่ ต้องการซึ่งปกติใช้ค่ามาตรฐานปริมาณสารมลพิษที่ระบายจากปล่องเป็นเกณฑ์ ในหลักการคือการ บำบัดเพื่อให้อยู่ภายใต้มาตรฐานของการระบายมลพิษ สิ่งที่ต้องการทราบในการออกแบบระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดกลืน อัตราการไหลของของเหลวหรือสารละลายดูดกลืน เส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมของหอดูดกลืน และความสูงของชั้นตัวกลางของหอดูดกลืน โดยมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

1. การหาอัตราส่วนของของเหลวต่อก๊าซ (Liquid to Gas Ratio)

สิ่งที่ต้องคำนวณหาเป็นลำดับแรกในการออกแบบคือ อัตราการไหล และองค์ประกอบของอากาศเสียและของเหลวที่ไหลเข้าสู่ระบบ การทำสมดุลมวลเป็นเทคนิคที่นำมาใช้เพื่อคำนวณหาอัตราการไหลและองค์ประกอบของของเหลวที่เข้าและออกจากระบบ ตามสมการดังนี้

กรัมโมลที่เข้า = กรัมโมลที่ออก จะเขียนได้ว่า

$$G_m(\text{in}) + L_m(\text{in}) = G_m(\text{out}) + L_m(\text{out}) \quad (2.3)$$

เมื่อ L_m คือ อัตราการไหลของของเหลว, กรัมโมล/ชั่วโมง

G_m คือ อัตราการไหลของอากาศ, กรัมโมล/ชั่วโมง

ในสมการที่ (2.3) มีการกำหนดสมมติฐานว่า การไหลของก๊าซและของเหลวในตัวดูดกลืนจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงปริมาณมวลทั้งหมดที่มีอยู่ ($G_{m1} = G_{m2}$ และ $L_{m1} = L_{m2}$) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่สำคัญ สำหรับระบบควบคุมมลพิษอากาศ ซึ่งปกติมวลของสิ่งปนเปื้อนหรือสารมลพิษจะเป็นสัดส่วนที่น้อยมากเทียบกับอัตราการไหลของอากาศและของเหลว ตัวอย่างเช่น อากาศเสียมีอัตราการไหล 10,000 m^3/min มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ 1,000 ppm ดังนั้นจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ 0.1% โดยปริมาตร โดยมีอัตราการไหลของสารมลพิษในอากาศเสีย 10.0 m^3/min ถ้า Scrubber มีประสิทธิภาพ 100% อัตราการไหลของมวลก๊าซควรจะเปลี่ยนจาก 10,000 m^3/min ที่ G_{m1} เป็น 9,990 m^3/min ที่ G_{m2}

$$G_m(Y_1 - Y_2) = L_m(X_2 - X_1) \quad (2.4)$$

โดยที่ 1, 2 เป็นเลขแสดงตำแหน่งด้านล่างและด้านบนของหอดูดกลืน ตามลำดับ

$$Y_1 - Y_2 = L_m / G_m (X_2 - X_1) \quad (2.5)$$

เมื่อ X คือ สัดส่วนโมลของตัวทำละลายในของเหลวบริสุทธิ์

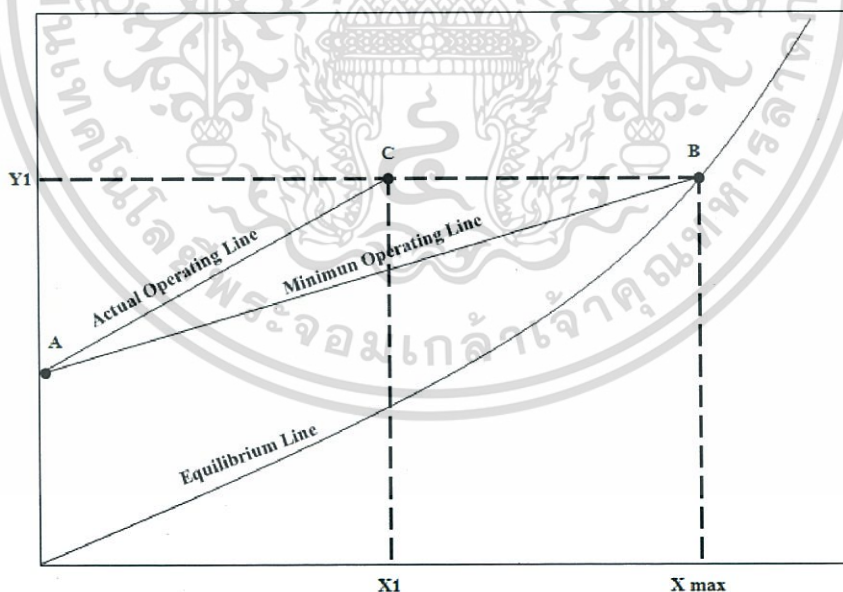
Y คือ สัดส่วนโมลของตัวละลายในก๊าซเฉื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสมการเป็นเส้นตรง เส้นนี้จะพิจารณาถึงสภาพการใช้งานภายในตัวดูดกลืน ซึ่งความชันของเส้นตรงนี้คืออัตราการใช้ของเหลวต่ออัตราการใช้ หรือ L_m/G_m

2. การหาปริมาณของเหลวที่ต้องการในระบบ (Liquid Requirements)

ในการออกแบบคอลัมน์ตัวดูดกลืนโดยส่วนมากจะใช้ปริมาณของก๊าซที่จะต้องทำการบำบัด (G_m) และความเข้มข้นของตัวละลายที่จะเข้าสู่ระบบ (Y_1) เป็นตัวกำหนดสภาพการทำงาน เมื่อเราทราบค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่มาตรฐานจะยอมให้ระเหยออกมาได้ (Y_2) และความเข้มข้นของสารมลพิษในสารละลายดูดกลืน (X_2) หรือสามารถสันนิษฐานให้เท่ากับศูนย์ ถ้าสารละลายนั้นไม่ใช่เป็นสารละลายที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ จากการนำข้อมูลนี้ไปเทียบกับเส้นกราฟสมดุลของมวลทำให้สามารถประมาณอัตราการใช้ของเหลวต่ำสุดของสารละลายดูดกลืนที่ต้องการเพื่อเคลื่อนย้ายสารมลพิษจากอากาศเสียไปอยู่ในสารละลายจนกระทั่งสารมลพิษในอากาศเสียมีความเข้มข้นเป็นไปตามมาตรฐาน (Y_2) รูปที่ 2.3 แสดงเส้นสมดุลสำหรับหอดูดกลืนแบบไหลสวนทาง เมื่อใช้อัตราการใช้ของเหลวหรือสารละลายดูดกลืนน้อยที่สุด ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศเสียที่เข้าระบบ (Y_1) ต้องสมดุลกับความเข้มข้นของสารมลพิษในสารละลายดูดกลืนหรือของเหลวที่ออกจากระบบ (X_{max}) ของเหลวที่ออกจากระบบจะอิ่มตัวและไม่สามารถละลายสารมลพิษได้อีก นอกจากต้องเพิ่มของเหลวเข้าไปในระบบ ซึ่งอธิบายได้ด้วยจุด B บนเส้นสมดุล



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการกำหนดอัตราการใช้ของเหลว

ความชันของเส้นที่ลากระหว่างจุด A และ B แสดงถึงอัตราการใช้ของเหลวที่ต่ำที่สุด ดังในรูปที่ 2.3 แรง

ขับเคลื่อนการละลายจะลดลงเป็นศูนย์ที่จุด B ความชันของเส้น AB มีค่าเท่ากับ $(L_m / G_m)_{min}$ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการใช้งานจริง มักจะไม่ใช้ค่าสัดส่วนอัตราการไหล (สารละลายต่ออากาศ) ที่ต่ำสุด $(L_m / G_m)_{\min}$ แต่จะเพิ่มอัตราการไหลของสารละลายให้มากกว่าค่าต่ำสุดดังกล่าว โดยทั่วไปนั้นมักเพิ่มอัตราการไหลของสารละลายอีก 25 ถึง 100% จากค่าความต้องการต่ำสุด เช่น การใช้สัดส่วน 1.5 เท่าของค่าอัตราส่วนต่ำสุดของของเหลวต่อก๊าซ และค่านี้ก็จะจะเป็นเส้นที่มีความชันเป็น 1.5 เท่าของ $(L_m / G_m)_{\min}$ ซึ่งเป็นเส้นที่ใช้ในการอธิบายถึงสภาพการทำงานจริงของสารดูดกลืนในระบบ

3. การหาเส้นผ่านศูนย์กลางของหอดูดกลืน (Pack Tower Diameter)

เมื่อทราบว่า มีสารชนิดใดเข้าและออกจากระบบ และได้มีการคำนวณอัตราการไหลของสารละลายดูดกลืนและกำหนดสภาพการทำงานของระบบได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณขนาดของหอที่เหมาะสมกับสภาวะการไหลของของเหลวและอากาศ ในการออกแบบควรให้หามีขนาดเล็กแต่สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด แต่การที่ลดขนาดพื้นที่หน้าตัดเพื่อให้หอดูดกลืนมีขนาดเล็กลง ผลที่จะตามมาก็คือ ความเร็วของอากาศที่มีทิศทางจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของหอจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และเมื่อถึงความเร็วที่จุดหนึ่งจะสูงจนกระทั่งสารละลายดูดกลืนถูกกระแสน้ำของอากาศดันไหลย้อนขึ้นทางด้านบนของหอ ความเร็วนี้เรียกว่า ความเร็วไหลย้อนกลับ (Flooding Velocity) ในทางปฏิบัติจะไม่สามารถใช้งานหอดูดกลืนโดยใช้ความเร็วเท่ากับหรือเกินกว่า Flooding Velocity ดังนั้นโดยหลักการเส้นผ่านศูนย์กลางของหอ มักถูกเลือกเพื่อให้ได้ความเร็วของอากาศในหามีค่าเพียงพอต่อการป้องกันไม่ให้เกิดการไหลย้อนของเหลวในหอดูดกลืน ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้ค่าความเร็วที่ 50 – 70% ของ Flooding Velocity เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ

Flooding Velocity ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการไหลของของเหลวต่ออากาศ ความหนืดของของเหลว คุณสมบัติของ Packing Material เช่น ประเภทและขนาด การเปียกน้ำ และพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของ Packing Material ที่นำมาใช้

4. ความสูงของหอบรรจุตัวกลาง

เมื่อทราบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหอแล้วต้องคำนวณความสูงของหอเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการดูดกลืนสารมลพิษที่ต้องการ ซึ่งความสูงในที่นี้จะหมายถึงความสูงของชั้นวัสดุตัวกลาง (Packing Material) ที่เป็นที่ยึดของของเหลว หากการดูดกลืนสารมลพิษเข้าไปในของเหลวทำได้ยากเท่าใดก็ยิ่งต้องการปริมาณของวัสดุตัวกลางมากขึ้นเท่านั้น ตัวอย่างเช่น หากต้องการกำจัด SO_2 ออกจากอากาศเสีย นั้นต้องการความสูงของชั้นวัสดุตัวกลางมากกว่าการกำจัด คลอรีน (Cl_2) ทั้งนี้เนื่องจากคลอรีนสามารถละลายน้ำได้ดีกว่า SO_2

ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณหาความสูงของชั้นวัสดุตัวกลางมีอยู่หลายทฤษฎี โดยส่วนใหญ่มีสมมติฐานเกี่ยวกับการแพร่กระจายของสารมลพิษเข้าไปในตัวกลางนั้นขึ้นอยู่กับเฟสใดจะเป็นตัวควบคุมกระบวนการดูดกลืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุปหลักการสำคัญในการออกแบบ

ในการออกแบบระบบดูดกลิ่นควรใช้แนวทางดังนี้

1. ความเร็ว ความเร็วของอากาศเสียในหอดูดกลิ่นที่ใช้กันโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0.9-1.22 เมตรต่อวินาที (3-4 ฟุต/วินาที) ถ้านำไปใช้กับตัวกลางที่เป็นเซรามิคควรใช้ค่าความเร็วต่ำ และใช้ความเร็วในช่วงค่าสูงเมื่อนำไปใช้กับตัวกลางที่เป็นพลาสติก

2. ความดันลด ความดันลดคร่อมชั้น Packing Material สำหรับหอดูดกลิ่นมลพิษอากาศ โดยทั่วไปนั้นจะใกล้เคียงกับ 0.25 นิ้วน้ำต่อฟุตในกรณีตัวกลางที่เป็นเซรามิค และเท่ากับ 0.2 นิ้วน้ำต่อฟุตสำหรับตัวกลางที่เป็นพลาสติก สำหรับหอดูดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้ตัวกลางที่มีขนาดใหญ่ ส่วนหอดูดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กก็ควรใช้ตัวกลางที่มีขนาดเล็กให้สอดคล้องกัน

3. อัตราการไหล สำหรับตัวกลางที่เป็นพลาสติก อัตราการไหลของของเหลวและก๊าซนั้น โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 7300-9750 kg/hr.m² (1500-2000 lb/hr.ft²) ส่วนตัวกลางที่เป็นเซรามิคจะมีอัตราการไหลของของเหลวและก๊าซอยู่ในช่วง 2440-4875 kg/hr.m² (500-1000 lb/hr.ft²) สำหรับก๊าซที่ดูดกลิ่นได้ยากนั้น ควรกำหนดให้อัตราการไหลของก๊าซมีค่าต่ำและอัตราการไหลของของเหลวควรมีค่าสูง

4. ปริมาณของเหลว โดยทั่วไปหาจากค่าอัตราส่วนต่ำสุดระหว่างของเหลวกับก๊าซซึ่งหาจากสมดุลมวลและการพิจารณาในสภาพสมดุล ในทางปฏิบัติมักใช้ Absorption Factor มีค่าระหว่าง 1.25-2.0

5. เส้นผ่านศูนย์กลางของหอดูดกลิ่น เมื่อทราบอัตราการไหลของอากาศเสียและของเหลวที่เข้าและออกจากระบบ และได้กำหนดค่าความเข้มข้นสารมลพิษที่ระบายออก ทราบชนิดของตัวกลาง ก็สามารถคำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางของหอดูดกลิ่นได้ โดยหอดูดกลิ่นจะต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่พอเหมาะกับความดันลดของอากาศและของเหลวโดยที่ไม่ทำให้เกิดการไหลย้อนกลับของของเหลวในการเดินระบบจริงควรใช้ความเร็วอากาศในหอดูดกลิ่นในช่วง 50-75 % ของความเร็วที่ทำให้เกิดการไหลย้อนกลับ (Flooding Velocity)

6. ความสูงของตัวกลาง สามารถคำนวณเพื่อหาความสูงของ Packing Material ที่เหมาะสมกับการดูดกลิ่นสารมลพิษ

2.3.4 การตรวจสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบการดูดกลิ่น

ในการใช้งานระบบดูดกลิ่นควรมีการตรวจสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบดูดกลิ่นเพื่อให้ระบบดูดกลิ่นสามารถดูดกลิ่นอากาศที่มีสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังสรุปในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การตรวจสอบและการประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบการดูดกลิ่น

การตรวจสอบ	การประเมินสมรรถนะ
สภาพทางกายภาพ	ตรวจสอบสภาพการสึกกร่อนของเซลล์ การกัดกร่อนหรือสภาพภายนอกที่ถูกทำลายซึ่งจะทำให้เกิดการไหลซึมของอากาศขึ้นสำหรับระบบที่ทำงานภายใต้ความดันลบและทำให้ความสามารถในการดักจับมลพิษทางอากาศลดลง
การสังเกตการปล่อยมลพิษทางอากาศออกสู่ปล่อง	ถ้ามีการปล่อยมลพิษทางอากาศอย่างมองเห็นได้ชัด (Visible Emission) แสดงว่า ระบบการดูดกลิ่นมีปัญหา
การวัดค่าความดันสถิตลดลง (Static Pressure Drop) ของเบ็ดตัวกลางหรือของแต่ละเพลท	เปรียบเทียบค่าความดันสถิตลดที่อ่านได้กับค่าปกติที่ทำให้การทำงานของระบบการดูดกลิ่นเป็นไปตามข้อกำหนด
การวัดค่าความชื้นของของเหลว	ถ้าค่าความชื้นของของเหลวมีค่าปานกลางจนกระทั่งสูงแสดงว่ามีแนวโน้มที่จะมีสิ่งต่าง ๆ สะสมอยู่ในตัวกลาง หรือหัวฉีดสีกกร่อนและหรือเส้นท่ออุดตัน หรือมีแนวโน้มจะเกิดการอุดตันที่บริเวณช่องเปิดหรือรูเจาะของเพลทขึ้น
การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลว	เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวที่วัดได้ว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 6 ถึง 10 (ซึ่งเป็นช่วงที่ระบบการดูดกลิ่นทำงานตามปกติ) หรือไม่
การวัดอัตราการเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างสำหรับระบบการดูดกลิ่นแบบมีตัวกลาง	ในกรณีที่มีระบบเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างอยู่แล้วพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวมีค่าน้อยกว่า 6 จะต้องตรวจสอบหาสาเหตุที่ทำให้อัตราการเติมต่างไม่เพียงพอ
การวัดอัตราการเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างสำหรับระบบการดูดกลิ่นแบบมีตัวกลาง	ในกรณีที่มีระบบเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างอยู่แล้วพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวมีค่าน้อยกว่า 6 จะต้องตรวจสอบหาสาเหตุที่ทำให้อัตราการเติมต่างไม่เพียงพอ
การวัดค่าอุณหภูมิก๊าซขาเข้าและขาออกของระบบการดูดกลิ่นแบบมีตัวกลาง	ในกรณีที่มีเครื่องมือวัดอุณหภูมิติดตั้งอยู่ ก็ทำให้อ่านค่าอุณหภูมิก๊าซขาเข้าและขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

การตรวจสอบ	การประเมินสมรรถนะ
การวัดอัตราการเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง สำหรับระบบการดูดกลืนแบบมีตัวกลาง	ในกรณีที่มีระบบเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างอยู่ แล้วพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวมีค่าน้อยกว่า 6 จะต้องตรวจสอบหาสาเหตุที่ทำให้ อัตราการเติมต่างไม่เพียงพอ
การวัดค่าความดันของหัวฉีดสำหรับระบบการดูดกลืนแบบมีตัวกลาง	การเปรียบเทียบค่าความดันของหัวฉีดกับค่าปกติที่ทำให้การทำงานของระบบการดูดกลืนแบบมีตัวกลางเป็นไปตามข้อกำหนด
การวัดค่าความดันของเครื่องกำจัดละอองน้ำ (Demister) สำหรับระบบการดูดกลืนแบบมีตัวกลาง	เปรียบเทียบค่าความดันลดของเครื่องกำจัดละอองน้ำกับค่าปกติที่ทำให้การทำงานของระบบการดูดกลืนแบบมีตัวกลางเป็นไปตามข้อกำหนด
การวัดค่าอัตราการไหลของของเหลว	เปรียบเทียบค่าอัตราการไหลของของเหลวที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลซึ่งติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์กับค่าปกติที่ทำให้การทำงานของระบบดูดกลืนเป็นไปตามข้อกำหนด ในกรณีที่ไม่มีการวัดอัตราการไหล การสามารถประมาณอัตราการไหลจากการสังเกตของเหลวที่ไหลออกมาจากระบบการดูดกลืนไปยังบ่อกักเก็บของเหลวได้ ถ้าค่าอัตราการไหลมีค่าลดลง แสดงว่า หัวฉีดตันหรือเกิดการอุดตันที่บริเวณช่องเปิดหรือรูเจาะของเพลทขึ้น
การวัดอัตราการเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง สำหรับระบบการดูดกลืนแบบมีตัวกลาง	ในกรณีที่มีระบบเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างอยู่ แล้วพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวมีค่าน้อยกว่า 6 จะต้องตรวจสอบหาสาเหตุที่ทำให้ อัตราการเติมต่างไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบวนการผลิตถุงมือยางในโรงงานที่ศึกษา [10]

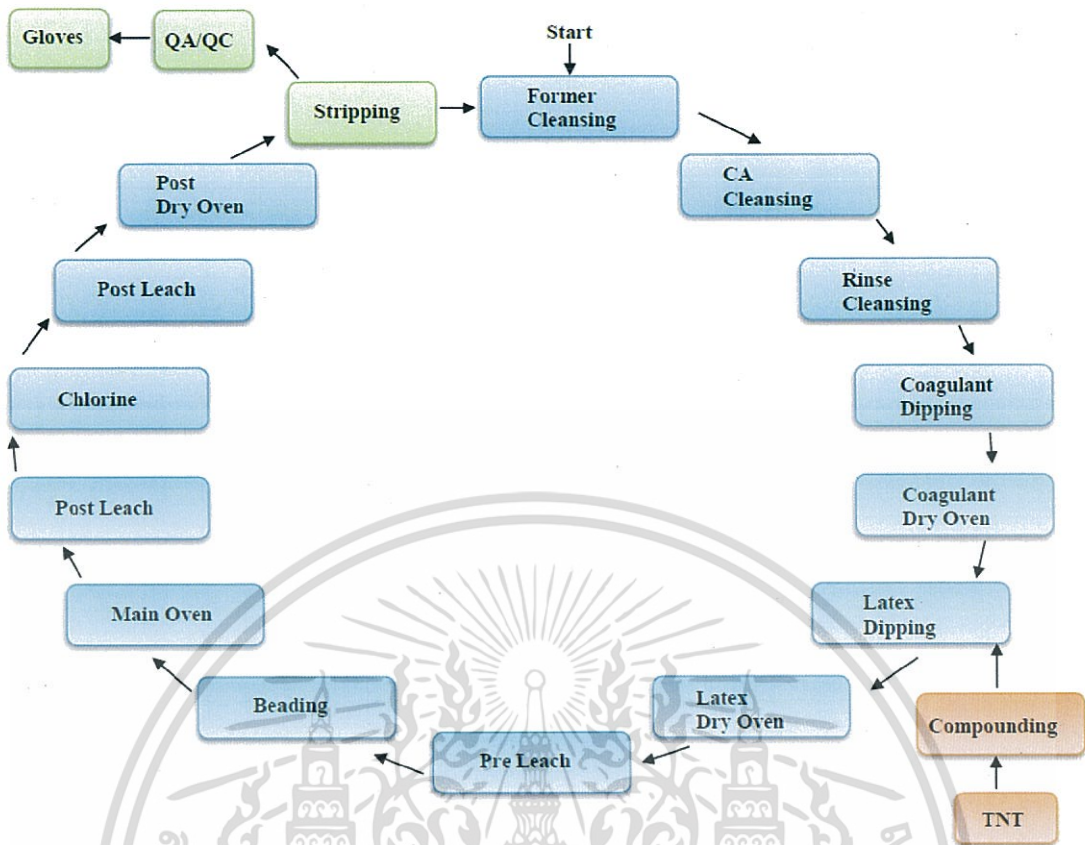
ปัจจุบันทั่วโลกมีความต้องการใช้ถุงมือยางเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น ถุงมือยางที่ใช้ในการแพทย์ ถุงมือยางที่ใช้ในงานบ้าน และถุงมือยางที่ใช้ในอุตสาหกรรม ทำให้อัตราการใช้ถุงมือยางมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วยส่งผลให้มีการพัฒนากระบวนการผลิตให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้น การผลิตถุงมือยางใช้เทคนิคการจุ่ม โดยจะนำแบบพิมพ์ (Former) ดังรูปที่ 2.4 ตามลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต

โดยทั่วไปแบบพิมพ์จะทำมาจากเซรามิกที่ปั้นขึ้นรูปเป็นรูปมือที่มีขนาดตามที่ต้องการ โดยแบ่งตามขนาดของมือ เช่น Size S, M, L, XL เป็นต้น ตามความต้องการของลูกค้า แล้วทำการประกอบแบบพิมพ์เข้ากับสายพานลำเลียง โดยแบบพิมพ์จะเคลื่อนที่ไปตามสายพานลำเลียงเพื่อทำการจุ่มลงในถังต่าง ๆ ตามขั้นตอนในการผลิตถุงมือยาง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 แผนภาพการผลิตถุงมือยาง เนื่องจากสายพานลำเลียงใช้ระบบการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ความเร็วในการเคลื่อนที่ซึ่งมีผลต่อคุณภาพการผลิต รวมถึงความนิ่งในการเคลื่อนที่แบบราบเรียบไม่กระชากจะส่งผลให้ถุงมือที่ได้มีความเรียบเนียน ซึ่งทำการกำหนดความเร็วรอบที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแบบพิมพ์อยู่ที่ 130 แบบพิมพ์ต่อนาที ใน 1 รอบการผลิตจะใช้เวลาประมาณ 23 นาที



รูปที่ 2.4 แบบพิมพ์ถุงมือยางที่ต้องการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แผนภาพการผลิตถุงมือยาง

จากรูปที่ 2.5 สามารถสรุปกระบวนการผลิตถุงมือยางได้ดังนี้

1. กระบวนการล้างแบบฟิมพ์ (Former Cleansing) ถือได้ว่าเป็นกระบวนการสำคัญมาก ขั้นตอนหนึ่งของการผลิตถุงมือยาง ถ้าแบบฟิมพ์สกปรก จะทำให้ถุงมือที่ผลิตออจรรู้ได้ ปกติการทำ ความสะอาดแบบฟิมพ์ (Former) จะใช้กรด (CA Cleansing) และด่าง (Rinse Cleansing) ในการทำ ความสะอาด หลังจากนั้นก็ล้างออกด้วยน้ำสะอาด

2. การจุ่มสาร Coagulant ซึ่ง Coagulant เป็นสารส่วนผสมที่เกิดจาก CaNO_3 หรือ CaCl_2 ผสมกับ CaCO_3 ซึ่งเป็นสารที่ช่วยในการจับตัวของอนุภาคยางใช้เป็นตัวป้องกันการติดแม่ฟิมพ์ โดย อุณหภูมิของแบบฟิมพ์ที่จุ่มลงในถัง Coagulant ต้องมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 50-55 องศาเซลเซียส เพื่อ ป้องกันน้ำยางจับตัวเสียสภาพ โดยปกติในถัง Coagulant จะมีการกวนตลอดเวลาเพื่อป้องกันการ ตกตะกอนของ Coagulant และไหลไปในทิศทางเดียวกับทิศทางของแบบฟิมพ์

3. การอบแห้ง Coagulant เป็นการทำให้สาร Coagulant แห้งก่อนลงจุ่มในถังน้ำยางเพื่อให้ Coagulant แห้งเคลือบติดกับแบบฟิมพ์

4. การจุ่มน้ำยาง (Latex Dipping) เป็นกระบวนการเคลือบแผ่นฟิล์มน้ำยาง บนแบบฟิมพ์มี อกกระบวนการนี้ถือได้ว่าเป็นมีความสำคัญมากในกระบวนการผลิตถุงมือยาง เพราะคุณภาพของถุงมือยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่กับกระบวนการนี้เป็นส่วนใหญ่ โดยปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพถุงมือยาง คือ อุณหภูมิของแบบพิมพ์ ความเร็วในการลงจุ่มระหว่างแบบพิมพ์ และความเร็วของน้ำยางในถัง อุณหภูมิของน้ำยาง และคุณภาพของน้ำยางจาก Compound ซึ่งถึงน้ำยางจะต้องออกแบบให้มีการกวบนแบบช้า เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางตกตะกอน และต้องมีการไหลตามทิศทางของการเคลื่อนที่ของแบบมือ

5. การอบแห้ง Latex เป็นการให้ความร้อนทำให้ฟิล์มถุงมือยางแห้งพอดิบเพื่อให้สามารถม้วนขอบถุงมือยางได้ อุณหภูมิใน Latex Dry Oven นี้จะอยู่ที่ประมาณ 70-130 องศาเซลเซียส

6. การล้างฟิล์มถุงมือ (Pre-Leach) หลังจากการขึ้นรูปในถังน้ำยาง เป็นการชะล้างสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่บนเนื้อยาง และยังเป็น การลดปริมาณโปรตีนในถุงมืออีกด้วย โดยอุณหภูมิในการล้างจะอยู่ระหว่าง 60-90 องศาเซลเซียส

7. การม้วนขอบถุงมือ (Beading) หลังจากการจุ่มในถังน้ำยางจะมีลักษณะขอบไม่เท่ากันและไม่สวยงาม รวมถึงขอบถุงมือไม่แข็งแรง การม้วนขอบถุงมือจึงเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว

8. การอบแห้ง (Main Oven) เป็นการอบให้ยางแห้งและทำให้ยางคงรูปเป็นกระบวนการที่สำคัญอีกกระบวนการหนึ่ง ที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของถุงมือยาง อีกทั้งกระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานมากที่สุดของการผลิต เนื่องจากต้องใช้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 100-150 องศาเซลเซียส และใช้เวลาอยู่ใน Main Oven นี้นานถึง 15-30 นาที

9. การล้าง (Post Leach) หลังจากออกมาจาก Main Oven ถุงมือแห้งต้องทำการล้างหรือจุ่มน้ำเพื่อที่จะคงสภาพของถุงมือไม่ให้แห้งแตกขาดง่ายเกินไป

10. การจุ่มคลอรีน (Chlorine) เป็นการล้างทำความสะอาด การฆ่าเชื้อโรคที่อาจจะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ที่ประมาณ 20-40 องศาเซลเซียส เนื่องจากคลอรีนเป็นสารเคมีที่อันตราย ถ้ามีการสัมผัสหรือสูดดมไอคลอรีนในปริมาณน้อยอาจจะส่งผลกระทบต่ออาการระคายเคืองต่อตา แสบคอ และเกิดการไอขึ้น ถ้าในกรณีที่ได้รับในปริมาณมากจะทำให้กกระบบการหายใจและมีการอุดตันระบบการหายใจส่วนต้น และปอดบวมน้ำได้ ดังนั้นถึงที่ใช้สำหรับคลอรีนจะเป็นถังปิดมีระบบดูดไอคลอรีน ดังแสดงในรูปที่ 2.7

11. การล้าง (Post Leach) เป็นการล้างน้ำหลังจากที่จุ่มคลอรีนมาแล้ว เพื่อไม่ให้คลอรีนกัดสีถุงมือมากเกินไป อาจจะทำให้สีถุงมือเปลี่ยนสีไปจากเดิมได้

12. การอบแห้ง (Post Dry Oven) เป็นการอบแห้งรอบสุดท้ายเพื่อให้ถุงมือที่ผ่านการล้างคลอรีน ล้างน้ำ ที่เปียกผ่านการอบแห้งอีกครั้ง และการถอดจะได้สะดวก ไม่เปียกน้ำ

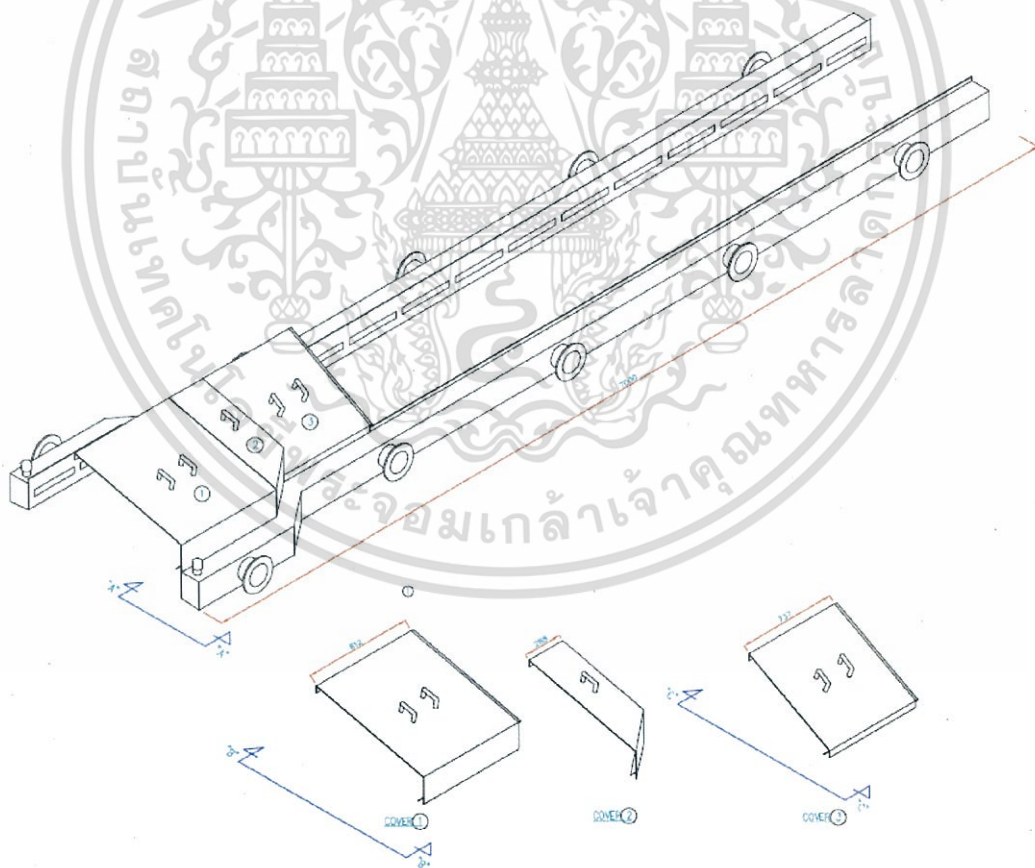
13. การถอดถุงมือ (Stripping) การถอดถุงมือเป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการผลิตถุงมือยาง โดยการถอดจะใช้เครื่อง Auto Strip เป็นเครื่องถอดถุงมือที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ ซึ่งจะใช้ลมในการเป่าให้ถุงมือกลับด้านแล้วใช้ที่ตั้งเพื่อถอดถุงมือ เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตถุงมือยาง

เนื่องจากในกระบวนการผลิตถุงมือยางที่กล่าวมาข้างต้น มีการใช้คลอรีนที่มีความเข้มข้นสูงประมาณ 0.3 – 3.5 g/l ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ในแต่ละรุ่น ทำให้มีไอคลอรีนเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตส่งผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศและเป็นอันตรายต่อผู้ที่สัมผัสหรือสูดดม ดังนั้นถึงคลอรีนต้องมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบดูดไอคลอรีนจากกระบวนการผลิตเพื่อส่งต่อไปบำบัดด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างก็ได้ตามที่กำหนดระบุ ทางโรงงานผลิตถุงมือยางที่ได้ศึกษา มีการเลือกใช้วิธีการบำบัดด้วยระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกหรือสครับเบอร์แบบเปียก

ถังดูดไอคลอรีนที่ใช้ในกระบวนการผลิตถุงมือยางจะมีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมพื้นผ้าสูงประมาณ 60 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1400 เซนติเมตร ซึ่งถูกออกแบบสำหรับระบบดูดไอคลอรีน โดยจะมีฝาครอบถังเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมสามารถถอดออกได้สำหรับการซ่อมบำรุงตัวถังหรือการซ่อมบำรุงท่อดูดไอคลอรีนด้านข้างของถัง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ถังคลอรีนและฝาครอบถังคลอรีน

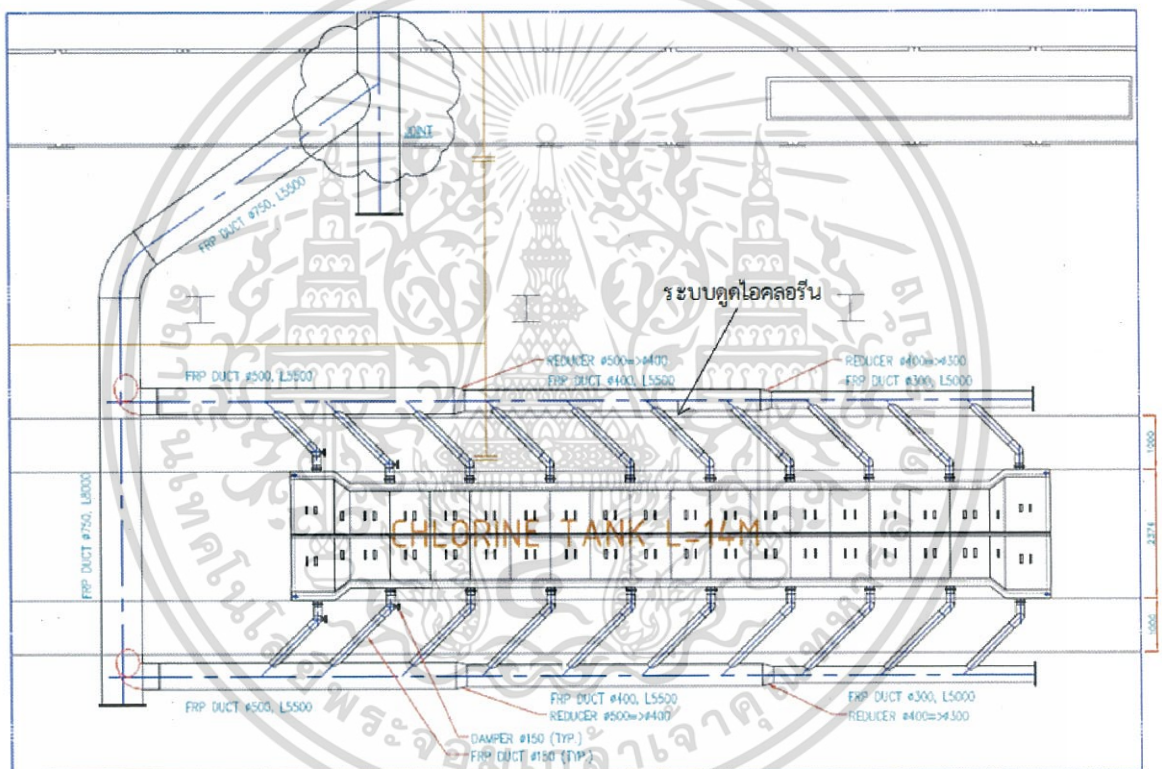
ถังคลอรีนจะมีท่อสำหรับดูดไอคลอรีนเป็นช่วง ๆ ตลอดแนวถังคลอรีน ดังรูปที่ 2.7 ท่อดูดไอคลอรีนจากรอบถังคลอรีนขนาด 500 มิลลิเมตร ส่งไอคลอรีนที่เกิดจากกระบวนการผลิตไปตามท่อขนาด 5500 มิลลิเมตร เข้าสู่ด้านล่างสครับเบอร์แบบเปียกเพื่อทำการบำบัดอากาศที่มีการปนเปื้อนคลอรีน ลักษณะการเดินทางท่อไอคลอรีนเข้าระบบสครับเบอร์แบบเปียก ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เนื่องจากกระบวนการผลิตอยู่ห่างจากระบบบำบัด จึงทำการเดินท่อหลักสำหรับดูดอากาศจากท่อเล็กที่อยู่บริเวณโดยรอบของถังคลอรีนเพื่อส่งต่อไปบำบัดที่สครับเบอร์แบบเปียก



รูปที่ 2.6 ถังคลอรีนและฝาครอบถังคลอรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 แสดงแผนผังระบบดูดไอคลอรีนของสายการผลิต 1 สายการผลิต เนื่องจากระบบดูดไอคลอรีนมีทุกสายการผลิต โรงงานผลิตถลุงมีอย่างนี้มีสายการผลิตทั้งหมด 7 สายการผลิตโดยแบ่งตามขนาดของสายการผลิตและความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ในกระบวนการผลิต สายการผลิต 1 -6 มีขนาดสายการผลิตและความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้เท่ากันประมาณ 0.3-1.5 g/l จึงใช้ระบบบำบัด 2 เครื่องต่อ 6 สายการผลิต แบ่งเป็นสายการผลิต 1-3 ใช้สกรับเบอร์หมายเลข 1 สายการผลิต 4-6 ใช้สกรับเบอร์หมายเลข 2 และสายการผลิต 7 ใช้สกรับเบอร์หมายเลข 3 เนื่องจากมีสายการผลิตที่ใหญ่และความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ประมาณ 0.5-3.5 g/l เพื่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดที่ใช้บำบัดไอคลอรีนจากถังคลอรีนเดินท่อดูดไอคลอรีนตามแนวโครงสร้างหลังคาโรงผลิต แล้วเดินท่อออกผนังด้านข้างของโรงผลิตเพื่อต่อเข้ากับระบบสกรับเบอร์ของแต่ละเครื่อง

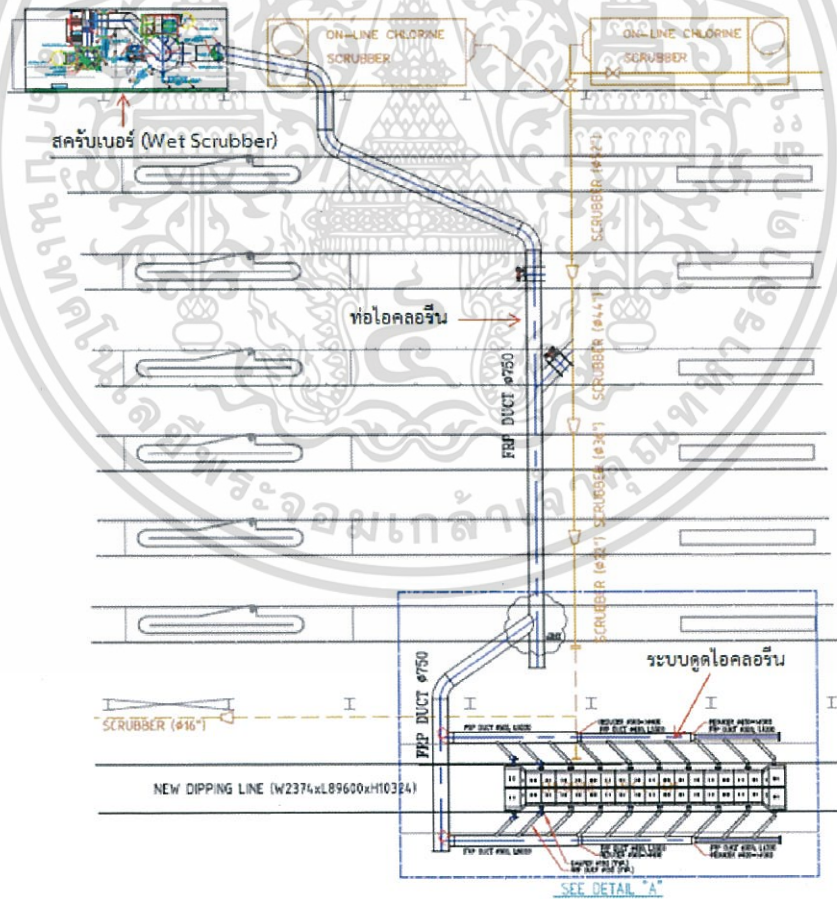


รูปที่ 2.7 ระบบท่อดูดไอคลอรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ระบบดึงดูดไอคลอรีนที่ติดตั้งจริง

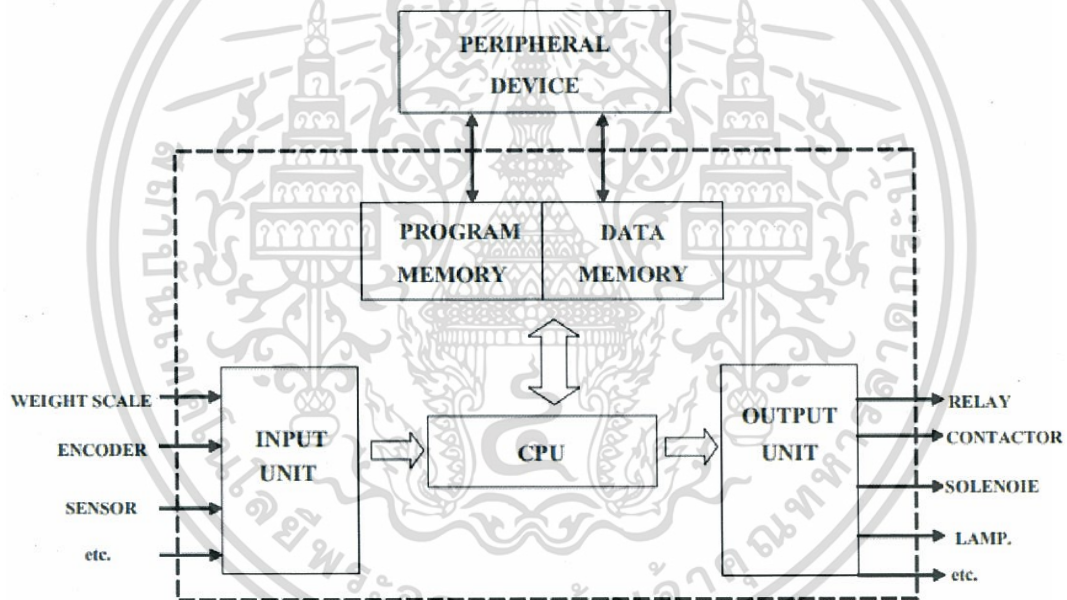


รูปที่ 2.9 แผนผังระบบดูดไอคลอรีนจากถังคลอรีนเข้าสครับเบอร์แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Programmable Logic Controller (PLC) [18]

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ แบบลำดับ (Sequence Control) ที่สามารถป้อนโปรแกรมได้ โดยภายในมีไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นสมองสั่งการที่สำคัญพีแอลซีมีส่วนที่เป็นอินพุต และเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที โดยตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย ในการใช้งานจะต้องมีการกำหนดลำดับการควบคุม โดยการสร้างเงื่อนไขด้วยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่ง เช่น Ladder Diagram เข้าไปในพีแอลซี นอกจากนี้ พีแอลซียังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องอ่านบาร์โค้ด เครื่องพิมพ์ ซึ่งในปัจจุบันนอกจากพีแอลซีจะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand Alone) แล้ว ยังสามารถต่อพีแอลซีหลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันเป็นเครือข่าย (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 2.10 โครงสร้างพื้นฐานพีแอลซี

จากรูปที่ 2.10 พีแอลซีจะมีโครงสร้างพื้นฐานดังนี้

1. หน่วยอินพุต (Input Unit) ปัจจุบันพีแอลซี ได้มีการพัฒนาให้มีความสามารถและประสิทธิภาพสูงขึ้นมา ซึ่งสามารถรับสัญญาณได้ทั้งสัญญาณในรูปแบบ ON/OFF หรือสัญญาณแบบ Digital และสัญญาณ Analog ที่เป็นสัญญาณมาตรฐานต่าง ๆ เช่น 4-20 mA, 1-5 V และ 0-10 V เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์อินพุตที่ให้สัญญาณได้แก่ พร็อกซิมีตี้สวิตช์ (Proximity Switch) โฟโต้สวิตช์ (Photo Switch) และเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

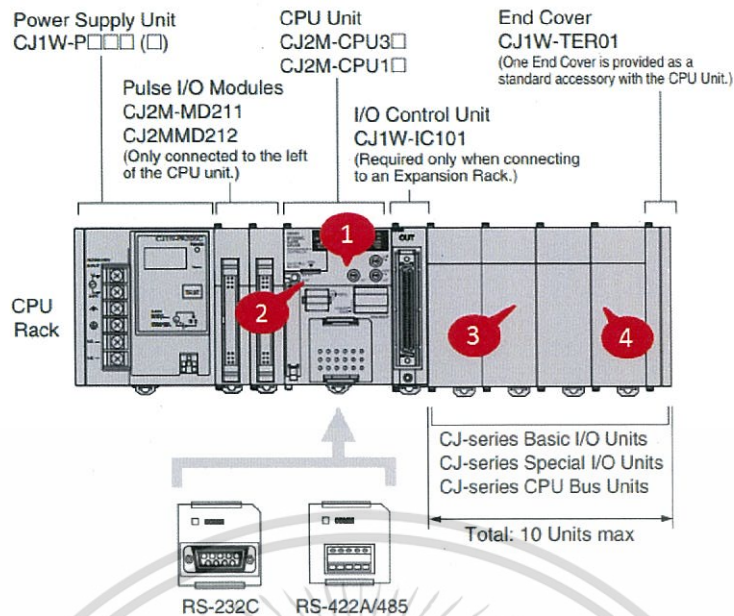
2. หน่วยเอาต์พุต (Output Unit) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และโซลินอยด์วาล์ว เป็นต้น

3. หน่วยประมวลผล (CPU) จะทำหน้าที่ควบคุมและจัดการระบบการทำงานทั้งหมดภายในระบบพีแอลซี เช่น การสั่งให้ระบบพีแอลซีทำงานตามคำสั่งที่ถูกโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำซีพียู หน่วยความจำ และภาคอินพุตเอาต์พุต เป็นต้น

4. หน่วยความจำเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญเพราะใช้เป็นที่เก็บโปรแกรมและข้อมูล หน่วยความจำภายในพีแอลซี แบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ Program Memory (ROM) เก็บโปรแกรมจัดระบบงาน Data Memory (RAM) เก็บข้อมูลหรือโปรแกรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขการทำงานของพีแอลซี

การทำงานครบ 1 ลูปของพีแอลซีเรียกว่า สแกนไทม์ (Scan Time) ในการสแกนพีแอลซีจะเป็นลำดับการสแกนคือ พีแอลซีจะทำการตรวจสอบสถานะของอินพุตที่เข้ามาในพีแอลซี เสร็จแล้วก็จะนำเอาอินพุตไปประมวลผลโปรแกรมว่าอินพุตที่เข้ามาตรงกับเงื่อนไขอะไรบ้าง เป็นจริงหรือเป็นเท็จอย่างไรบ้าง หลังจากนั้นก็ปรับปรุงสถานะเอาต์พุต เมื่อทำงานสแกนครบ 1 ลูปก็จะทำการวนลูปขึ้นไปใหม่ การทำงานครบ 1 ลูปเรียกว่า การสแกนไทม์ โดยปกติการทำงานจะเร็วมากเป็นมิลิเซค ไมโครเซค นาโนเซค ขึ้นอยู่กับรุ่นของพีแอลซี

โรงงานผลิตถุงมืออย่างที่ได้ทำการศึกษาใช้พีแอลซีของ Omron รุ่น CJ2M CPU31 มีการตั้งค่าสแกนไทม์ที่ 500 ms เนื่องจากกระบวนการผลิตถุงมือมีระบบควบคุมที่ซับซ้อนต้องใช้อินพุตและเอาต์พุตจำนวนมาก จึงทำการเลือกพีแอลซีเป็นแบบ Rack Expansion ดังแสดงในรูปที่ 2.11 การจัดเรียงตามโครงสร้างของพีแอลซี เริ่มจากหมายเลข 1 CJ2M CPU31 จะทำหน้าที่ควบคุมและจัดการระบบการทำงานทั้งหมดภายในระบบพีแอลซีในการควบคุมการผลิตถุงมือ หมายเลข 2 Data Memory สำหรับเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขการทำงานของพีแอลซี หมายเลข 3 หน่วยอินพุตรับสัญญาณอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ และหมายเลข 4 หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 2.11 ระบบพีแอลซีที่ใช้ในโรงงานผลิตถุงมือที่ศึกษา

2.6 EtherNet/IP [19]

โรงงานผลิตถุงมืออย่างที่ศึกษา มีการใช้ระบบพีแอลซีของ Omron เชื่อมต่อในเครือข่ายในการควบคุมกระบวนการผลิตหลาย ๆ กระบวนการผลิตเข้าด้วยกัน โดยลักษณะการใช้งานพีแอลซีจะเป็นการต่อพีแอลซีหลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันผ่านเทคโนโลยีการสื่อสาร EtherNet/IP ปัจจุบันเทคโนโลยี EtherNetwork เป็นเครือข่ายเชื่อมต่ออุปกรณ์และคอมพิวเตอร์เพื่อรับ-ส่งข้อมูล ที่ใช้งานกันอยู่แพร่หลายทั่วไป ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่เรียกว่า EtherNet/IP (EtherNet Industrial Protocol) ภายใต้ CIP Protocol (Common Industrial Protocol) เพื่อใช้เป็นเครือข่ายของระบบควบคุมในอุตสาหกรรม เช่น รับ-ส่งข้อมูลระหว่างพีแอลซีหรืออุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ

EtherNet/IP สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูล คือ Explicit Message ใช้กับข้อมูลที่ไม่สนใจเรื่องของเวลา ข้อมูลจะถูกส่งผ่านโปรโตคอล TCP/IP แบบ Unscheduled ตามการร้องขอในรูปแบบ Client/Server ส่วน Implicit Message หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า I/O Message เพราะใช้สำหรับส่งข้อมูลของ I/O ที่ให้ความสำคัญเรื่องเวลาในการรับ-ส่งข้อมูลเป็นอย่างมาก ข้อมูลจะถูกส่งผ่านโปรโตคอล UDP/IP แบบ Scheduled ตามช่วงเวลาของค่า RPI (Requested Packet Interval) ที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 2.12 เป็นการกำหนดช่วงเวลาค่า RPI ของพีแอลซีรุ่น Omron CJ1W-EIP21

192.168.250.250 CJ1W-EIP21(CJ2) Edit Connection

It will add a connection configuration to originator device.
Please configure the Tag Set each of originator device and target device.

Originator Device	Target Device
Node Address : 192.168.250.1	Node Address : 192.168.250.250
Comment : CJ2M-EIP21	Comment : CJ1W-EIP21(CJ2)
Input Tag Set : <input type="button" value="Edit Tag Sets"/>	Output Tag Set :
Connection Type : Multi-cast connection	

Hide Detail

Detail Parameter

Packet Interval (RPI) : 50.0 ms (1.0 - 10000.0 ms)

Timeout Value :

Connection Name :

รูปที่ 2.12 การกำหนดช่วงเวลา RPI ของ Omron CJ1W-EIP21

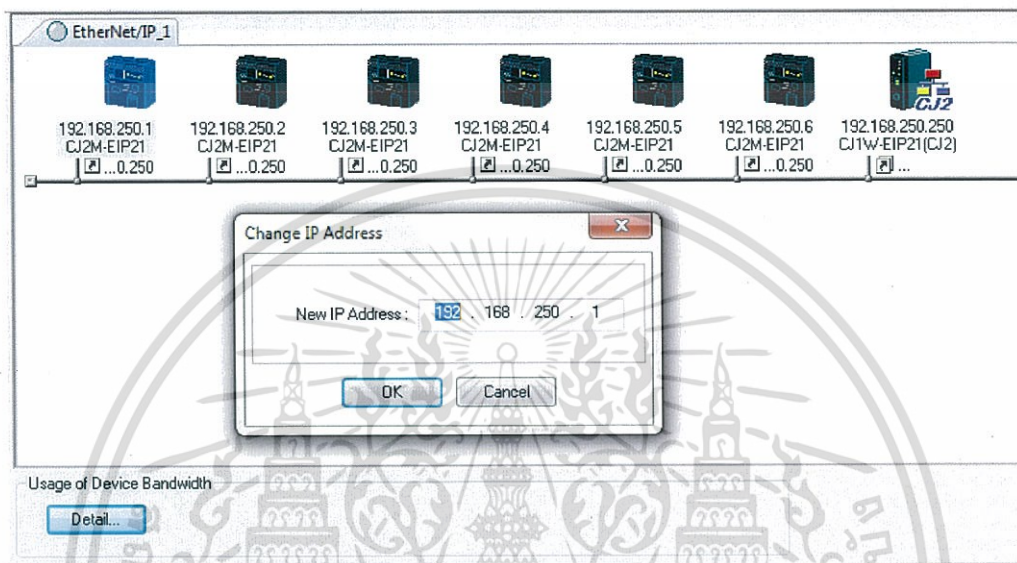
อุปกรณ์ทุกตัวบนเครือข่าย EtherNet/IP ต้องมีหมายเลขระบุตัวตนที่ไม่ซ้ำกันที่เรียกว่า IP Address โดย IP Address Version 4 (IPv4) จะประกอบไปด้วยหมายเลขทั้งหมด 32 บิต แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 8 บิต แต่ละชุดขึ้นด้วยจุด เช่น 00000000.00000000.00000000.00000000 เพื่อให้อ่านง่ายขึ้น จึงเปลี่ยนจากเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบแทน ทำให้ค่าตัวเลขในแต่ละกลุ่มมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 (8 Bits) เช่น 0-255.0-255.0-255.0-255 หมายเลขทั้ง 4 กลุ่มนี้ แบ่งออกได้ 2 ส่วนคือ หมายเลขเครือข่าย (Network) และหมายเลขอุปกรณ์หรือโฮสต์ (Host) ซึ่งทาง InterNIC ซึ่งเป็นผู้จัดสรร IP ทั่วโลกได้แบ่ง IP ออกเป็น 3 Class ตามหมายเลข Network ดังนี้

1. Class A หมายเลข IP Address เริ่มตั้งแต่ 1.0.0.0-127.255.255.255 เหมาะสำหรับเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากหมายเลขเครือข่ายมีขนาด 7 บิต จึงสามารถรองรับได้ 126 เครือข่าย โดยแต่ละเครือข่ายมีหมายเลขโฮสต์ 24 บิต ซึ่งจะรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้ 16 ล้านตัว
2. Class B หมายเลข IP Address เริ่มตั้งแต่ 128.0.0.0-191.255.255.255 มีหมายเลขเครือข่ายขนาด 14 บิตหรือ 16384 เครือข่าย และมีจำนวนโฮสต์ได้ 16 บิตซึ่งจะรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในเครือข่ายได้ 65,534 ตัว
3. Class C หมายเลข IP Address เริ่มตั้งแต่ 192.0.0.0-223.255.255.255 มีเครือข่ายขนาด 21 บิตหรือเครือข่ายมากกว่า 2 ล้านเครือข่าย และมีจำนวนโฮสต์ได้ 8 บิต ซึ่งจะรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในแต่ละเครือข่ายได้ 254 ตัว

ในการใช้งาน IP ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Public IP ที่สามารถใช้ติดต่อสื่อสารกับ Public IP ด้วยกันหรือสื่อสารกับ Internet ได้ และ Private IP จะเป็น IP ที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่อยู่ในเครือข่ายภายในเดียวกันเท่านั้น IP ที่นำมาใช้ในการตั้งค่าให้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ในระบบควบคุมกระบวนการผลิตถูกมียังใช้ IP ในกลุ่มของ Private IP แสดงในรูปแบบที่ 2.13 ซึ่งการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์จะเกิดขึ้นได้ก็เมื่ออุปกรณ์อยู่ในเครือข่ายวงเดียวกัน และมีโครงสร้าง Ethernet/IP เป็นแบบ Star Switch คือ สวิตช์ย่อยหลาย ๆ ตัวเชื่อมต่อเข้ากับสวิตช์หลัก ออกแบบมาให้ใช้งานง่าย เพิ่มหรือลดอุปกรณ์ไม่มีผลกับอุปกรณ์อื่น ๆ แต่ถ้าสวิตช์หลักเสียจะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ทุกตัวในระบบ



รูปที่ 2.13 การกำหนด IP Address ของเครือข่ายพีแอลซีที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนสำหรับการวัดกรด-ด่างที่นำเสนอ

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้อธิบายถึงการใช้สกรับเบอร์แบบเปียกของโรงงานผลิตถุงมือยางที่ได้ศึกษา ลักษณะโครงสร้างของสกรับเบอร์ การดูดอากาศเสียจากกระบวนการผลิตเข้ามาบำบัด สารเคมีที่ใช้ในการบำบัด การวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในสกรับเบอร์โดยผู้ปฏิบัติงาน ขั้นตอนการวัด การบันทึกข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานและการแจ้งเตือนโดยผู้ปฏิบัติงาน ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนสำหรับการวัดกรด-ด่างที่นำเสนอ การติดตั้งเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างแบบอัตโนมัติ การส่งข้อมูลการวัดผ่านการสื่อสารของพีแอลซีตัวหลักและพีแอลซีตัวรองที่มีอยู่เดิม การแสดงผลการวัดและการแจ้งเตือนโดยใช้ซอฟต์แวร์ Citect SCADA บนเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งาน และการใช้ซอฟต์แวร์ SPC ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำรายงานและการส่งอีเมลแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาการทำงานของสกรับเบอร์แบบเปียก

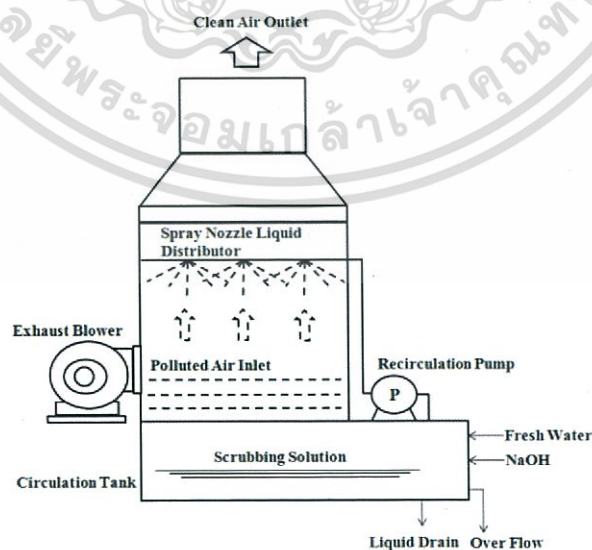
3.2 สกรับเบอร์แบบเปียกของโรงงานผลิตถุงมือยางที่ศึกษา

โรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งที่ได้ศึกษา ในกระบวนการผลิตมีการใช้คลอรีนสำหรับล้างถุงมือยาง จึงมีไอคลอรีนเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตซึ่งเป็นสารมลพิษชนิดหนึ่ง จึงต้องมีระบบบำบัดอากาศเสีย เพื่อบำบัดไอคลอรีนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไม่ให้เกินค่าที่กฎหมายกำหนดไว้ก่อนปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ [2-5] โรงงานผลิตถุงมือยางแห่งนี้ใช้ระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกหรือสกรับเบอร์แบบเปียก (Wet Scrubber) จำนวน 3 ชุด โดยสกรับเบอร์แบบเปียกแต่ละชุด มีลักษณะเป็นหอทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยป้อนอากาศเสียเข้าทางด้านล่างของหอและไหลขึ้นไปด้านบนภายในหอนี้หัวสเปร์ยฉีดละอองของเหลว (Spray Nozzle) ซึ่งเป็นสารละลายต่างจำพวกโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับน้ำในการฉีดพ่นสวนทางกับทิศทางของไอคลอรีน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับอากาศที่ปนเปื้อนคลอรีน เมื่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ถูกปั๊มสูงขึ้นไปที่ด้านบนของหอ หัวฉีดจะทำหน้าที่พ่นสารละลายเป็นละอองสวนกับทิศทางของอากาศเสียเพื่อดักจับคลอรีนที่ปนเปื้อนมาที่อากาศ จากนั้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับไอคลอรีน กลายเป็นสารละลายที่มีความเป็นด่างน้อยลงตกลงด้านล่างของสกรับเบอร์ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนอากาศที่ผ่านการบำบัดจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะถูกปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ [1] ทั้งนี้ต้องมีการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของสกรับเบอร์รวมถึงมีการปรับสภาพของสารละลายโซเดียม-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮดรอกไซด์ให้มีความเป็นด่างมากยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้หมุนเวียนได้อีกเป็นการประหยัดน้ำในการทำสารละลายต่างนี้ โดยควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ที่ 10-13 [6]

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะโครงสร้างโดยรวมของสครับเบอร์แบบเปียกหรือระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียก ซึ่งประกอบด้วยหอดูดกลืนแบบแนวตั้ง ด้านล่างจะมีถังสำหรับบรรจุสารละลายที่ใช้ในสครับเบอร์ (Scrubbing Solution) โดยสารละลายนี้ประกอบด้วยน้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์ และมีการติดตั้งปั๊มเพื่อการใช้หมุนเวียนของสารละลายที่ใช้ในสครับเบอร์ (Recirculation Pump) สำหรับสูบลูสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จากถัง Scrubbing Solution ขึ้นไปจ่ายให้กับ Spray Nozzle เพื่อพ่นเป็นละอองฝอยจากด้านบนลงมาด้านล่าง ซึ่งสวนทางกับทิศทางของไอคลอรีนที่ดูดมาจากกระบวนการผลิต โดยใช้ Exhaust Blower เป็นตัวดูดผ่านท่อของระบบถึงดูดไอคลอรีนจากกระบวนการผลิตมาเข้าที่บริเวณด้านล่างของสครับเบอร์ เพื่อปล่อยอากาศผ่านระบบบำบัดจากด้านล่างให้ลอยสู่ด้านบน ผ่านม่านละอองฝอยของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อบำบัดไอคลอรีน เมื่อสารละลายทำปฏิกิริยากับคลอรีนที่ปนเปื้อนมากับอากาศก็จะตกลงสู่ถัง Scrubbing Solution ด้านล่างกลายเป็นสารละลายที่มีความเป็นด่างน้อยลง เพื่อเป็นการนำสารละลายนี้ไปใช้หมุนเวียน จะถูกปรับค่าความเป็นด่างให้มากขึ้น โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือน้ำลงไปในสารละลายเพื่อให้ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่กำหนด เพื่อให้สามารถนำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กลับไปใช้ใหม่ จนกว่าประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงหรือไม่สามารถบำบัดได้ จึงจะเปลี่ยน Scrubbing Solution โดยการพิจารณาประสิทธิภาพของ Scrubbing Solution ที่ใช้ในการบำบัดมี 2 ส่วนด้วยกันคือ ค่าความเป็นกรด-ด่างของ Scrubbing Solution และระยะเวลาในการใช้ Scrubbing Solution วนซ้ำในการบำบัด ดังนั้นจึงต้องควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของ Scrubbing Solution ที่ใช้ในการบำบัด เพื่อให้สครับเบอร์แบบเปียกมีประสิทธิภาพสูงสุด [1], [6]



รูปที่ 3.1 สครับเบอร์แบบเปียกหรือระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกที่ติดตั้งในโรงงานที่ศึกษา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวัดกรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในสครับเบอร์โดยผู้ปฏิบัติงาน

เพื่อให้สครับเบอร์แบบเปียกหรือระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียก มีประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดไอคลอรีนจากกระบวนการผลิตถลุงมีอย่าง ก่อนที่จะปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ จึงต้องมีการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลาย [6] ที่ใช้ในการบำบัดให้อยู่ในช่วง 10-13 ตามที่โรงงานกำหนด โรงงานผลิตถลุงมีอย่างที่ศึกษานี้มีระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกจำนวน 3 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องจะมีผู้ปฏิบัติงานสำหรับควบคุมสครับเบอร์แบบเปียกและแผนกที่เกี่ยวข้องในการดูแลระบบ ดังนี้

1. พนักงานเก็บสารละลายที่ใช้ในสครับเบอร์ (Scrubbing Solution)
2. ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)
3. แผนกควบคุมกระบวนการ (Process Control)
4. แผนกกระบวนการผลิต (Production)
5. แผนกวิศวกรรม (Engineering)

ทั้ง 5 ส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันในการควบคุมดูแลสครับเบอร์แบบเปียกหรือระบบบำบัดอากาศเสียแบบเปียกให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะอธิบายขั้นตอนในการวัดค่ากรด-ด่างของสครับเบอร์แบบเปียกโดยผู้ปฏิบัติงาน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. พนักงานเก็บสารละลาย Scrubbing Solution : โดยเริ่มจากการเตรียมภาชนะสำหรับใส่สารละลาย Scrubbing Solution จำนวน 3 ขวด ตามจำนวนของสครับเบอร์ (ดังรูปที่ 3.2) หลังจากเตรียมภาชนะเรียบร้อยแล้วพนักงานจะเปิดวาล์วเดรนของถัง Scrubbing Solution (ในรูปที่ 3.3) นำสารละลาย Scrubbing Solution ใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ ปิดฝาให้เรียบร้อย พนักงานจะทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบทั้ง 3 เครื่อง จะใช้เวลาในการปฏิบัติงานอยู่ที่ประมาณ 10 นาที เมื่อครบแล้วพนักงานจะนำสารละลาย Scrubbing Solution ส่งตรวจวัดค่ากรด-ด่างที่ห้องปฏิบัติการต่อไป ส่วนการวัดค่ากรด-ด่างจะวัด 6 ครั้งต่อวัน ห่างกันครั้งละ 4 ชั่วโมง ในรูปที่ 3.4 แสดงสารละลาย Scrubbing Solution ที่ได้จากสครับเบอร์แบบเปียก

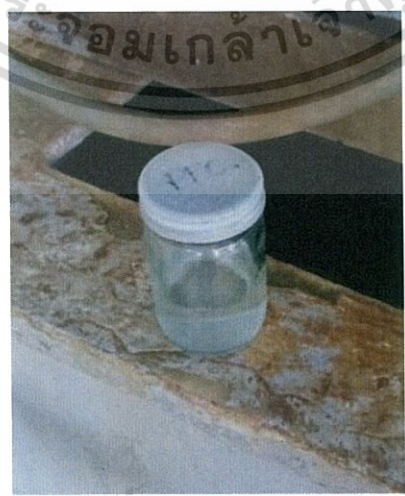
2. ห้องปฏิบัติการ (Laboratory) : เมื่อพนักงานนำสารละลาย Scrubbing Solution ที่ได้จากสครับเบอร์แบบเปียกมาส่งที่ห้องปฏิบัติการทำการจ้องคิวเพื่อวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย Scrubbing Solution หลังจากนั้นจะนำสารละลายที่ได้เข้าห้องดูดอากาศสำหรับวัดค่ากรด-ด่าง โดยใช้โพรบ pH Electrode ในการวัดค่ากรด-ด่าง จุ่มลงในสารละลาย Scrubbing Solution ที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้สักพักจนกว่าค่าที่อ่านได้จะนิ่งแล้วทำการบันทึกผล (ในรูปที่ 3.5 และ 3.6 แสดงตัวอย่างการบันทึกผล) หลังจากนั้น พนักงานห้องปฏิบัติการจะส่งผลการวัดค่ากรด-ด่างที่ได้ ให้แผนกควบคุมกระบวนการ (Process Control) ต่อไป ระยะเวลาที่ใช้ในห้องปฏิบัติการประมาณ 30-45 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนคิวในการวัดค่ากรด-ด่าง



รูปที่ 3.2 ภาชนะสำหรับใส่สารละลาย Scrubbing Solution



รูปที่ 3.3 การเก็บสารละลาย Scrubbing Solution จากสครับเบอร์แบบเปียก



รูปที่ 3.4 สารละลาย Scrubbing Solution ที่ได้จากสครับเบอร์แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ โดยผู้จัดทำเป็นประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การวัดค่ากรด-ด่างโดยผู้ปฏิบัติงาน

Chlorine emission (ppm.) at Scrubber results

Date	Time	PFC Scrubber (ppm.)			TNT Scrubber (ppm.)		HHG Scrubber 3 (ppm.)
		2	3	4	1	2	
01-09-15	08.00	2.0/12.71	-	2.0/10.83/11.46/11.60	2.0/10.25	2.0	0.5/12.15
	14.00	0.5	-	0.5	-	2.0	1.0
	17.00	0.5	-	1.5	-	2.0	1.0
	21.00	0.5	-	2.0	-	2.0	1.0
	01.00	1.0	-	2.0	-	1.5	1.0
05.00	0.5	-	0.5	-	1.5	1.0	
02-09-15	08.00	0.5/10.88	-	1.0/11.61/11.60/11.60	1.5/12.90	1.5	1.5/13.17
	14.00	0.5	-	1.5	-	1.5	2.0
	17.00	0.5	-	0.5	-	1.0	2.0
	21.00	1.0	-	0.5	-	1.0	2.0
	01.00	2.0	-	1.0	-	1.5	2.0
05.00	3.0	-	0.5	-	1.5	2.0	
03-09-15	08.00	-	0.5/12.97	0.5/12.16/11.60	1.0/12.95	1.0/12.90	2.0/12.90
	14.00	-	0.5	0.5	1.5	-	3.5
	17.00	-	0.5	0.5	1.5	-	2.0
	21.00	-	1.0	1.5	1.5	-	2.0
	01.00	-	1.0	1.5	1.5	-	2.0
05.00	-	1.5	1.5	1.5	-	2.0	
04-09-15	08.00	-	1.5/10.10	1.0/11.61/11.60/11.60	1.0/13.09	1.0/13.09	2.5/13.09
	14.00	-	1.0	1.0	1.0	-	4.0
	17.00	-	1.0	1.0	1.0	-	4.0
	21.00	-	1.0	1.0	1.0	-	4.0
	01.00	-	2.0	2.0	1.0	-	4.0
05.00	-	3.5	2.5	1.0	-	4.0	
05-09-15	08.00	2.0/13.06	-	1.0/12.88/12.76	1.0/12.96	1.0/13.10	1.5/13.10
	14.00	0.5	-	0.5	2.0	-	1.0
	17.00	0.5	-	0.5	2.0	-	1.0
	21.00	0.5	-	0.5	2.0	-	1.0
	01.00	0.5	-	1.0	2.0	-	2.0
05.00	0.5	-	0.5	2.0	-	2.0	

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการบันทึกค่ากรด-ด่างโดยผู้ปฏิบัติงาน

3. แผนกควบคุมกระบวนการ (Process Control) : นำค่ากรด-ด่างที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการ บันทึกลงในแบบฟอร์มที่สร้างขึ้นจาก Microsoft Excel ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยในตารางประกอบด้วยช่วงเวลาที่ทำกรวัดค่ากรด-ด่างแบ่งออกเป็น 6 ครั้งต่อวัน เริ่มที่ 08:00, 14:00, 17:00, 21:00, 01:00 และ 05:00 แล้วบันทึกค่าที่วัดได้ตามเวลาที่กำหนดลงบน Main Server ในกรณีที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่ามากหรือน้อยกว่าที่กำหนดไว้ ช่วงระหว่าง 10-13 พนักงานจะทำหน้าที่ส่งอีเมลแจ้งเตือนไปยังแผนกต่าง ๆ เช่น ผู้จัดการแผนกวิศวกรรม ผู้จัดการแผนกกระบวนการผลิต และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขการทำงานของสครับเบอร์แบบเปียกต่อไป

4. แผนกระบวนการผลิต (Production) : เมื่อมีการแจ้งเตือนกรณีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ทางแผนกระบวนการผลิตจะมีหน้าที่ตรวจสอบเบื้องต้น 2 วิธี คือ

1. ตรวจสอบค่าความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่
2. ตรวจสอบระบบบำบัดโดยการวิเคราะห์จากค่ากรด-ด่าง ถ้ามีค่ากรด-ด่างต่ำกว่า 10 พนักงานจะเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้าไปในระบบเพื่อปรับสภาพของสารละลาย Scrubbing Solution ให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด หรือถ้ามีค่ากรด-ด่างมากกว่า 13 พนักงานจะเติมน้ำเข้าไปในระบบเพื่อปรับสภาพของสารละลาย Scrubbing Solution ให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด และตรวจสอบระยะเวลาในการใช้สารละลาย Scrubbing Solution ปกติจะอยู่ที่ 5-7 วัน จึงจะเปลี่ยนสารละลาย Scrubbing Solution ใหม่ ในกรณีที่เปลี่ยนสารละลาย Scrubbing Solution แล้ว แต่ค่ากรด-ด่างยังไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดทางแผนกระบวนการผลิตจะแจ้งไปยังแผนกวิศวกรรมอีกครั้งเพื่อทำการตรวจสอบสครับเบอร์แบบเปียก

5. แผนวิศวกรรม (Engineering) : เมื่อได้รับอีเมลแจ้งเตือนแผนวิศวกรรมจะทำการตรวจสอบระบบบำบัดโดยการตรวจสอบหัวฉีด Spray Nozzle ว่าเกิดการอุดตันชำรุดเสียหายหรือไม่ Packing Media ยังอยู่ในสภาพใช้งานได้ปกติหรือไม่ ระบบ Recirculation Pump ปกติหรือไม่ ถ้ามีส่วนชำรุดเสียหายทางแผนวิศวกรรมจะทำการเปลี่ยน เพื่อให้สครับเบอร์แบบเปียกสามารถใช้งานได้ตามปกติและมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดี ในรูปที่ 3.8 แสดงสครับเบอร์แบบเปียกที่ติดตั้งใช้งานในโรงงานผลิตถุงมือยางที่ศึกษา

Chlorine Emission at Chlorine scrubber on September 15

Measure date / time	Chlorine Emission value									
	Outlet (ppm)									
	Measurement by GasDetector tube									
	HHG No.			PFC - TNT for AC Machine						
	3	pH	Remark	2	3	pH	No.4(ACT)	pH	Remark	
09/09/15, 08.00	0.5	12.65	Water in scrubber is Turbid white	< 0.5		12.71	2.0	10.33/11.44	Water in scrubbers 2,4 are Yellowish	
14.00	1.0			0.5			0.5			
17.00	1.0			< 0.5			1.5			
21.00	1.0			0.5			2.0			
01.00	1.0			1.0			2.5			
05.00	1.0			0.5			3.0			
02/09/15, 08.00	1.5	13.17	Water in scrubber is Yellowish	0.5		10.88	1.0	12.55	Water in scrubbers 2,4 are Yellowish	
14.00	2.0			0.5			1.5			
17.00	2.0			0.5			0.5			
21.00	2.0			1.0			0.5			
01.00	2.0			2.0			1.0			
05.00	2.0			3.0			0.5			
03/09/15, 08.00	2.0	12.70	Water in scrubber is Yellowish		0.5	12.97	0.5	12.48/11.50	Water in scrubbers 3,4 are Yellowish	
14.00	3.5				0.5		0.5			
17.00	2.0				0.5		0.5			
21.00	2.0				1.0		1.5			
01.00	2.0				1.0		1.5			
05.00	2.0				1.5		2.0			
04/09/15, 08.00	2.5	13.03	Water in scrubber is Yellowish		1.5	10.10	External measure		Water in scrubbers 3,4 are Yellowish	
14.00	4.0				1.0		1.0			
17.00	4.0				1.0		1.0			
21.00	4.0				1.0		1.0			
01.00	4.0				2.0		2.0			
05.00	4.0				3.5		2.5			

รูปที่ 3.7 แบบฟอร์มสำหรับการบันทึกค่ากรด-ด่างบน Main Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 สกรับเปอร์แบบเปียกที่ติดตั้งใช้งานในโรงงานผลิตถุงมือยางที่ศึกษา

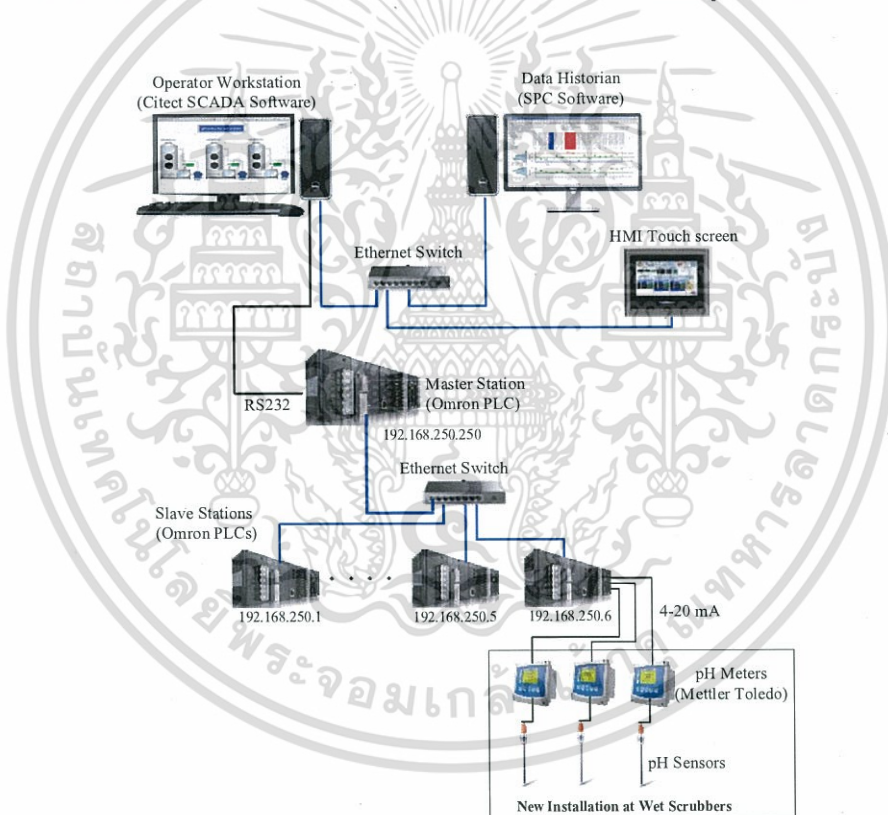
3.4 ระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนสำหรับการวัดกรด-ด่างที่นำเสนอ

จากระบบเดิมการวัดค่ากรด-ด่างของสกรับเปอร์แบบเปียกโดยผู้ปฏิบัติงาน ใช้เวลาในการวัดค่ากรด-ด่าง ประมาณ 60-75 นาที เนื่องด้วยข้อจำกัดของการตรวจวัดค่ากรด-ด่างโดยผู้ปฏิบัติงาน อาจเกิดความผิดพลาดในการตรวจวัดและการจัดทำรายงาน รวมทั้งเกิดความล่าช้าในการแจ้งเตือนความผิดปกติในการทำงานของสกรับเปอร์ ทำให้การแก้ไขปัญหาไม่สามารถทำได้ทันเวลาที่ อาจมีการระบายอากาศเสียที่มีปริมาณของคลอรีนเกินกว่าค่าที่กฎหมายกำหนดจากโรงงานสู่ชั้นบรรยากาศ

ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงการตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสารละลาย Scrubbing Solution ที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียของสกรับเปอร์แบบเปียก เปลี่ยนเป็นการตรวจวัดค่ากรด-ด่าง ด้วยระบบอัตโนมัติที่มีการรายงานผลและการแจ้งเตือนแบบเวลาจริง เพื่อลดความผิดพลาดในการตรวจวัดและการจัดทำรายงานโดยผู้ปฏิบัติงาน [7] รวมทั้งเพิ่มความเร็วในการแจ้งเตือนและการแก้ปัญหาในการทำงานของสกรับเปอร์ในกรณีที่ค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียอยู่นอกช่วงที่กำหนด เพื่อให้มีการควบคุมปริมาณคลอรีนของอากาศที่ระบายออกจากโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยปริมาณคลอรีนไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด [2] จึงนำเสนอระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสกรับเปอร์แบบเปียก ตามโครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 3.9

ระบบที่นำเสนอเพื่อปรับปรุงการตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียของสกรับเปอร์แบบเปียกเปลี่ยนการตรวจวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติ โดยใช้เครื่องมือวัดค่ากรด-ด่าง (pH Meter) ของบริษัท Mettler Toledo รุ่น M200 [12] เซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่าง (pH Sensor) รุ่น Easy sense pH 32 [13] ด้วยการติดตั้งโพรบวัดบริเวณ Circulation Tank เพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดค่ากรด-ด่างของสารละลาย Scrubbing Solution โดย pH Meter จะส่งสัญญาณเอาต์พุตเป็นกระแส 4-20 mA และทำการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดนี้เข้ากับการ์ดอินพุตของพีแอลซีตัวรองที่เหลือใช้จากการเชื่อมต่อเข้ากับเซนเซอร์ในระบบควบคุมกระบวนการผลิตถลุงมืออย่างที่ติดตั้งไว้อยู่แล้ว ทำให้ง่ายต่อการผสานระบบการตรวจวัดค่าที่ติดตั้งใหม่เข้ากับระบบเดิมที่มีอยู่ พีแอลซีตัวรองและพีแอลซีตัวหลักเป็นของบริษัท Omron รุ่น CJ2M [14] เครือข่ายการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีตัวรองและพีแอลซีตัวหลัก ใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร EtherNet/IP และได้ทำการเชื่อมต่อพีแอลซีตัวหลักเข้ากับเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งานผ่านโมดูล RS232 ส่วนเครือข่ายระบบโฮสต์ใช้เทคโนโลยี Ethernet นอกจากนี้มีการใช้ซอฟต์แวร์ Citect SCADA Version 7.01 สำหรับการแสดงผลและการแจ้งเตือนบนเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งาน [17] และมีการใช้ซอฟต์แวร์ SPC บนเวิร์คสเตชันในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อทำรายงานและการส่งอีเมลแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินแบบอัตโนมัติ [16] ไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทันทีที่ตรวจสอบได้ว่าค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียอยู่นอกช่วงที่กำหนด



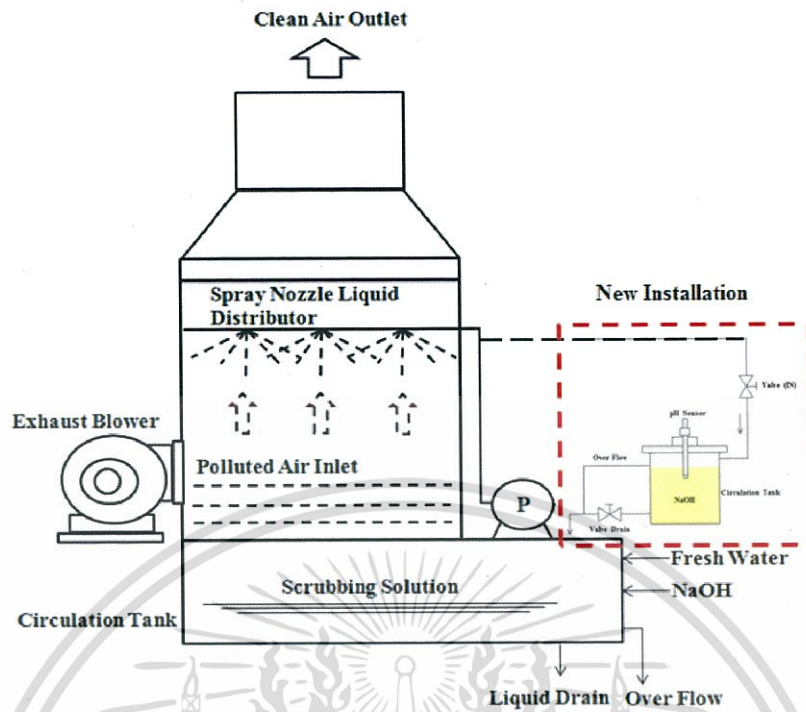
รูปที่ 3.9 โครงสร้างระบบเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนที่นำเสนอ

1. การติดตั้งเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่าง หรือ pH Meter

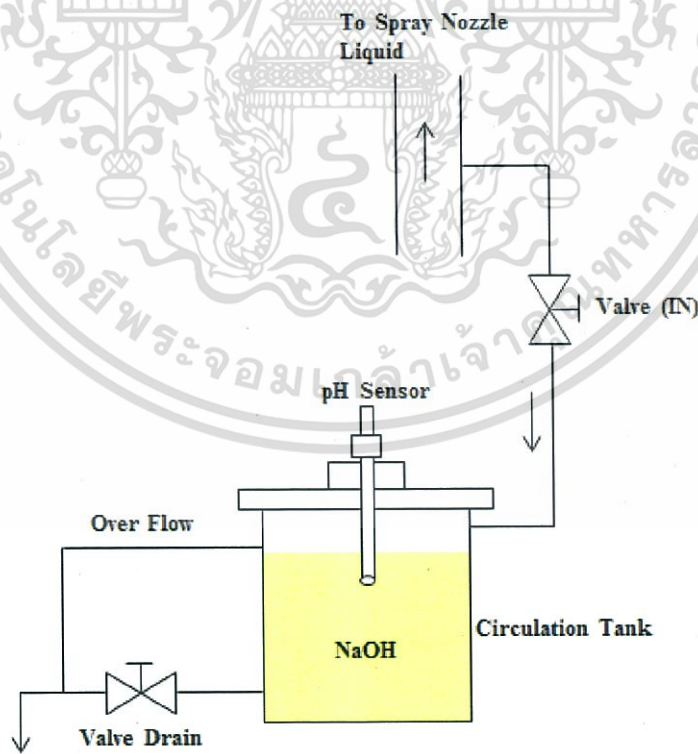
การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่างหรือ pH Sensor ของ Mettler Toledo [12-13] ที่ใช้สำหรับวัดค่ากรด-ด่างของสคริบเบอร์แบบเปียก โดยใช้โพรบของเซนเซอร์จุ่มลงในถังสารละลาย Scrubbing Solution ของสคริบเบอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 แต่พบปัญหาคือ เมื่อเซนเซอร์วัดค่ากรด-ด่างที่ได้มีค่าน้อยกว่าที่กำหนด พนักงานปฏิบัติงานจะทำการปรับปรุงคุณภาพของสารละลายที่เอ็กสตรานเป็นเอ็กสตรานที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรักษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ในการบำบัดอากาศเสีย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีในการบำบัดอากาศเสีย โดยเติมสารละลายต่าง จำพวกโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ลงในถังสารละลาย Scrubbing Solution โดยตรงทำให้ค่ากรด-ด่างที่วัดได้มีค่าไม่คงที่ส่งผลต่อการแจ้งเตือน ขณะกำลังเติมสารละลายเพื่อปรับสภาพของ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการบำบัด และเกิดตะกอนของสารละลายตกค้างเกาะบริเวณ โพรบที่ใช้ในการวัดค่ากรด-ด่างทำให้ค่าที่วัดได้ไม่แม่นยำ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้เปลี่ยนตำแหน่ง ติดตั้ง เซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่างหรือ pH Sensor ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ซึ่งมีการติดตั้งไว้บริเวณ ด้านนอกของถังสครับเบอร์ โดยทำการออกแบบถังสำหรับนำสารละลาย Scrubbing Solution จาก ระบบบำบัดจ่ายเข้าสู่ถัง Circulation ขนาด 150 x 230 x 200 มิลลิเมตร และทำการต่อท่อออกมา จากท่อที่สูบลำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ขึ้นไปจ่ายให้กับหัวสเปรย์ที่ใช้สำหรับฉีดพ่นละอองฝอย ของสารละลาย Scrubbing Solution เนื่องจากนี้ ยังมีวาล์วสำหรับปรับปริมาณสารละลายที่เข้าถึง Circulation ด้านล่างมีวาล์วเดรนสำหรับเดรนสารละลายออกจากถัง ด้านบนมี Over Flow ส่วนตรง กลางเจาะรูสำหรับจุ่มโพรบของ pH Sensor ที่ใช้ในการวัดค่ากรด-ด่างของระบบบำบัด ดังแสดงใน รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมของถัง Circulation และการติดตั้ง pH Sensor

การใช้งานถัง Circulation สำหรับวัดค่ากรด-ด่างของสครับเบอร์เริ่มจากการเปิดวาล์วขาเข้า เพื่อให้สารละลาย Scrubbing Solution เข้ามาในถัง และสามารถใช้วาล์วตัวนี้สำหรับปรับระดับของ สารละลายในถังให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะกับ pH Sensor ที่ใช้วัด ในสภาวะปกติวาล์วเดรนจะเปิด ตลอดเพื่อให้สารละลายในถังมีการหมุนเวียน ในกรณีที่มีการสลับสครับเบอร์หรือซ่อมบำรุง วาล์ว เดรนจะปิดเพื่อรักษาระดับของสารละลายให้อยู่ในระดับที่ pH Sensor จุ่มพอดีเพราะ pH Sensor ต้องจุ่มอยู่ในน้ำหรือสารละลาย Scrubbing Solution ตลอดเวลาเพื่อรักษาประสิทธิภาพในการวัด ของ pH Sensor เมื่อ pH Sensor ตรวจวัดค่ากรด-ด่างที่ได้ส่งสัญญาณออกมาเป็น mV ให้กับ pH Meter เพื่อทำการประมวลผลที่ได้ออกมาเป็นค่ากรด-ด่าง อยู่ในช่วง 0 - 14 ดังแสดงในรูปที่ 3.13 pH Meter ในการอ่านค่ากรด-ด่าง เครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างมีสัญญาณเอาต์พุตเป็นกระแส 4-20 mA ที่สามารถนำไปใช้งานได้ 2 ช่อง สัญญาณเอาต์พุตตรีเสย์ 2 ช่อง ดิจิตอลอินพุต 2 ช่อง [12-13] ดังนั้นจึงนำสัญญาณเอาต์พุต 4-20 mA ไปใช้งานและได้ทำการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดนี้เข้ากับการ์ด อินพุตของ พีแอลซีตัวรอง

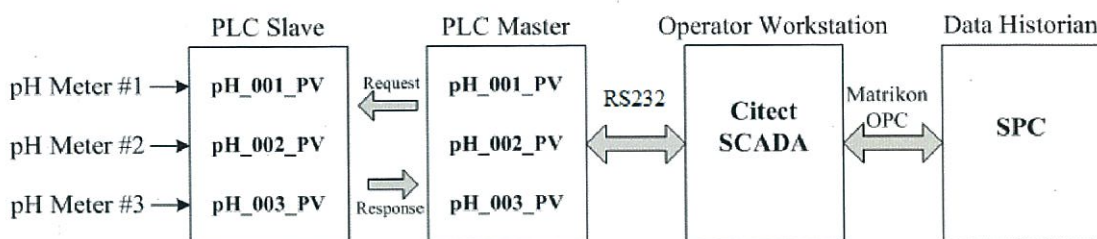


รูปที่ 3.10 ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสครับเบอร์เพื่อแก้ไขปัญหาในการวัด

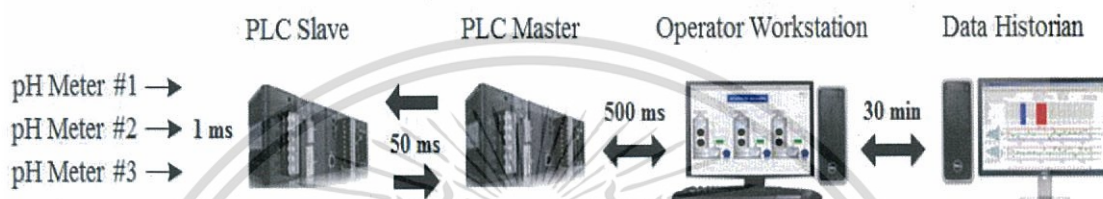


รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมของระบบถัง Circulation และการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การรับส่งข้อมูลของระบบที่นำเสนอ



รูปที่ 3.13 ระยะเวลาในการอ่านค่าแต่ละครั้งเพื่อประมวลผลในระบบที่นำเสนอ

2. การรับส่งข้อมูลของระบบที่นำเสนอ

การรับส่งข้อมูลของเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างส่งสัญญาณเอาต์พุตเป็น 4-20 mA จำนวน 3 เครื่อง และได้ทำการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดนี้เข้ากับการดอินพุตของพีแอลซีตัวรองแล้วส่งข้อมูลต่อให้กับพีแอลซีตัวหลัก ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีตัวรองกับพีแอลซีตัวหลักใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร EtherNet/IP [14] ส่วนพีแอลซีตัวหลักได้ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งานผ่านโมดูล RS232 นอกจากนี้มีการใช้ซอฟต์แวร์ Citect SCADA สำหรับการแสดงผลและแจ้งเตือนบนเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งาน และมีการใช้ซอฟต์แวร์ SPC บน เวิร์คสเตชันได้ทำการเชื่อมต่อกับ Citect SCADA โดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร OPC ของบริษัท Matrikon [15] ซอฟต์แวร์ SPC จะทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อทำรายงานและการส่งอีเมลแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินแบบอัตโนมัติดังแสดงในรูปที่ 3.12 การรับส่งข้อมูลของระบบที่นำเสนอ

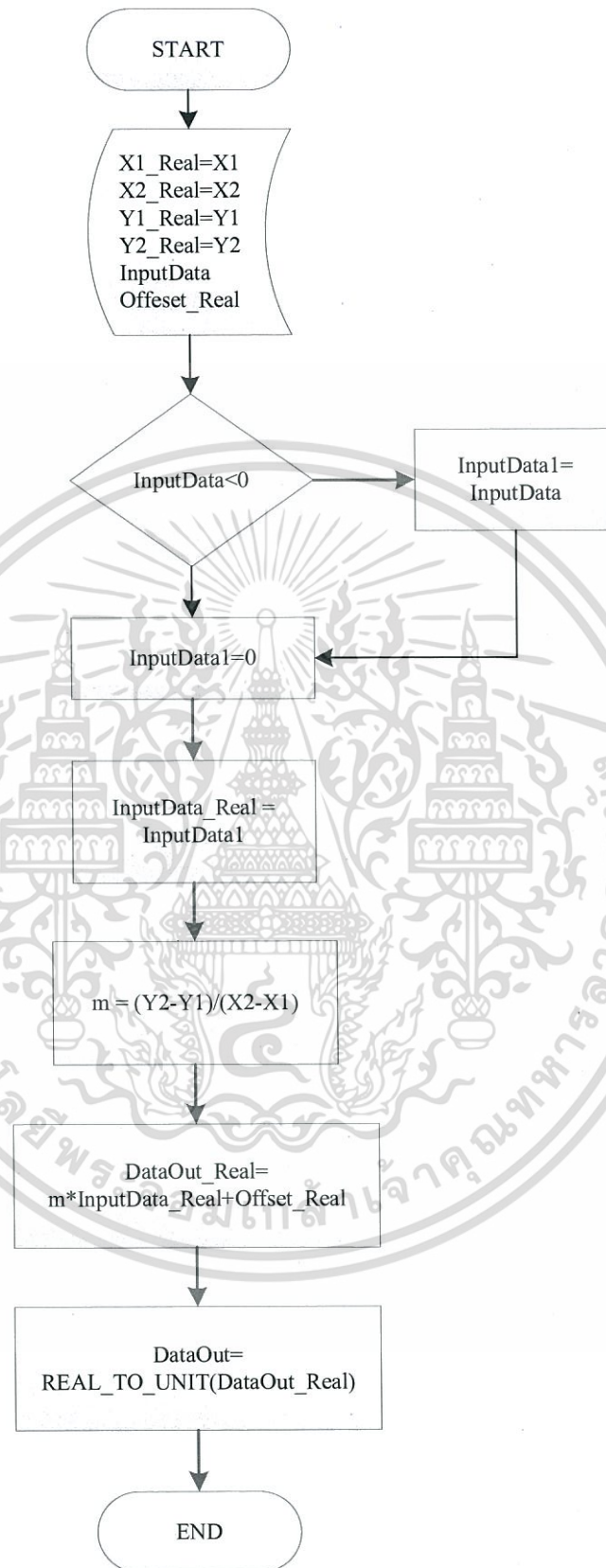
รูปที่ 3.13 แสดงระยะเวลาในการอ่านค่าแต่ละครั้ง เพื่อประมวลผล (Requested Packet Interval หรือ Time Interval) ของแต่ละส่วนในระบบที่นำเสนอ โดยเริ่มจากพีแอลซีตัวรองจะอ่านค่าที่ pH Meter วัดค่าได้แต่ละครั้ง คือ 1 ms (ตามค่าสแกนไทม์ของพีแอลซี) นั่นคือ ทุก ๆ 1 มิลลิวินาที พีแอลซีตัวรองจะตรวจสอบสถานะหรือค่าของ pH Meter ที่ต่อเป็นส่วนอินพุตของพีแอลซีตัวรอง ส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่าง พีแอลซีตัวหลักและตัวรองที่เชื่อมต่อกันบนเครือข่าย EtherNet/IP มีโมเดลการสื่อสารแบบ การร้องขอ-การตอบสนอง (Request-Response หรือ Master-Slave) โดยพีแอลซีตัวหลักจะร้องขอข้อมูลค่ากรด-ด่างที่ตรวจวัดได้แต่ละครั้งคือ 50 ms เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีแอลซีตัวหลักทำการเชื่อมต่อผ่านโมดูล RS232 เข้ากับ Citect SCADA บน Operator Workstation ระยะเวลาในการอ่านค่าแต่ละครั้งคือ 500 ms และ Operator Workstation ทำการเชื่อมต่อผ่าน OPC เข้ากับ Workstation ในการทำ Data Historian เวลาในการอ่านค่าแต่ละครั้งคือ 30 min ในการรับส่งข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานและการแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินแบบอัตโนมัติ

3. การวัดและการทำ Scaling

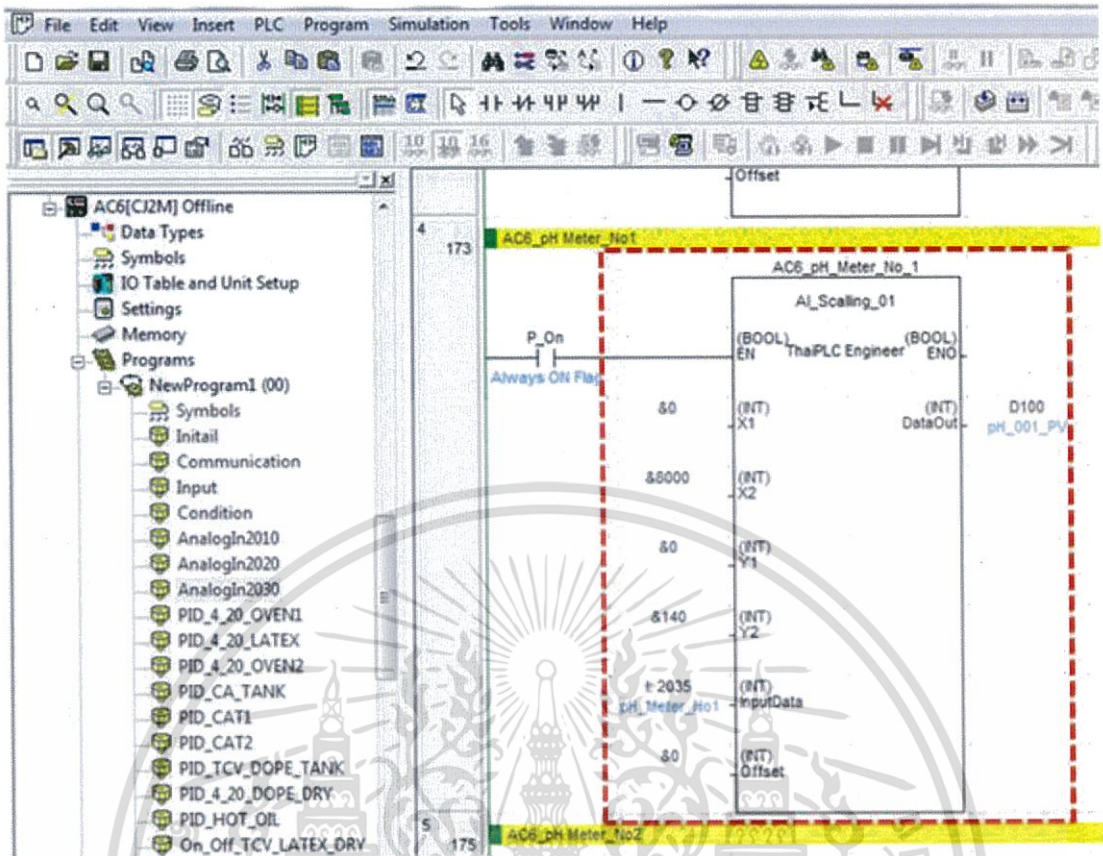
สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างหรือ pH Meter เป็นกระแส 4-20 mA จำนวน 3 เครื่อง มาต่อเข้ากับคาร์ดิอินพุตของพีแอลซีตัวรอง (PLC Slave No.6 IP Address ที่ใช้ 192.168.250.6) โดยกำหนดหมายเลขอินพุตที่ใช้สำหรับรับสัญญาณจากเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่าง คือ Analog Input No.5 ใช้กับ pH Meter No.1 , Analog Input No.6 ใช้กับ pH Meter No.2 และ Analog Input No.7 ใช้กับ pH Meter No.3 สามารถสร้าง Tag Name และสร้าง Function block สำหรับ Scaling ให้กับเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างโดยใช้ CX-Programmer v9.4 ด้วยการกำหนด Tag Name คือ pH_001_PV, pH_002_PV, pH_003_PV และสร้าง Function Block สำหรับ Scaling 4-20 mA เอาต์พุตของแต่ละเครื่องมือวัด ในรูปที่ 3.14 Flowchart Diagram ของการทำ Scaling ในพีแอลซีตัวรอง และตัวอย่าง Function Block สำหรับกำหนดย่านการวัดค่ากรด-ด่างในพีแอลซีตัวรอง ดังรูปที่ 3.15

เมื่อ $X1 = 0$, $X2 = 8000$, $Y1 = 0$ และ $Y2 = 140$ ทำการตรวจสอบเงื่อนไข ถ้า InputData น้อยกว่า 0 แล้วจะกำหนดให้ InputData1=InputData แต่ถ้า InputData1=0 กำหนดให้ InputData_Real = InputData1 จากสมการเส้นตรงจะได้ความชัน $m = (Y2-Y1)/(X2-X1)$ นำค่า m ที่ได้แทนค่าเพื่อหา DataOut_Real ดังนั้น จะได้ค่า DataOut_Real = $m \cdot \text{InputData_Real} + \text{Offset_Real}$ แล้วนำค่า DataOut_Real ที่ได้ไปเก็บไว้ที่ Data bit (D100) เพื่อส่งค่าที่ได้ต่อไปยังพีแอลซีตัวหลัก จากรูปที่ 3.16 เป็นการเปรียบเทียบการกำหนดย่านในการวัดค่า pH Meter เทียบกับพีแอลซีตัวรองที่อ่านค่าได้ เมื่อ pH Meter ส่งค่าที่วัดได้ 4 mA พีแอลซีตัวรองจะอ่านค่าได้ที่ 0 และในกรณีที่ pH Meter ส่งค่าที่วัดได้ 20 mA พีแอลซีตัวรองจะอ่านค่าได้ที่ 8000 จากกราฟแสดงให้เห็นว่า การกำหนดย่านในการวัดมีความเป็นเชิงเส้น และรูปที่ 3.17 แสดงการเปรียบเทียบการกำหนดย่านในพีแอลซีตัวรองเทียบกับค่ากรด-ด่างหรือ pH ที่ใช้งาน เมื่อพีแอลซีตัวรองอ่านค่าได้ที่ 0 จะส่งค่าออกไปใช้งานเท่ากับ 0 แต่ถ้าพีแอลซีตัวรองอ่านค่าได้ที่ 8000 จะส่งค่าออกไปใช้งานเท่ากับ 14 เพื่อเป็นการกำหนดย่านในการวัดค่ากรด-ด่างที่ใช้งานจริงคือ 0-14 จากกราฟแสดงให้เห็นถึงความเป็นเชิงเส้นในการกำหนดย่านการวัด

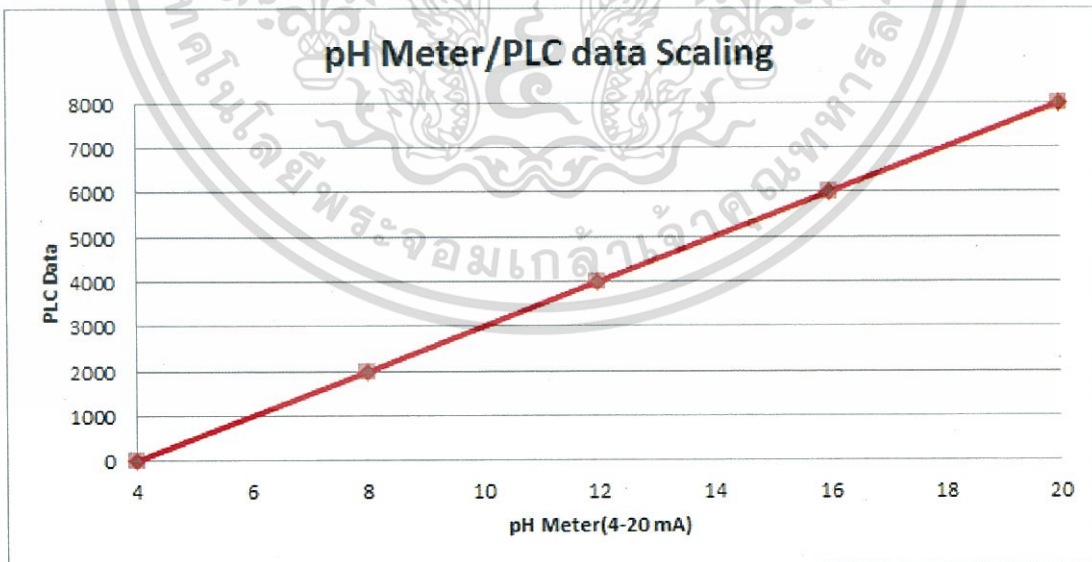


รูปที่ 3.14 Flowchart Diagram สำหรับกำหนดย่านการวัดค่ากรด-ด่างในพีแอลซีตัวรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

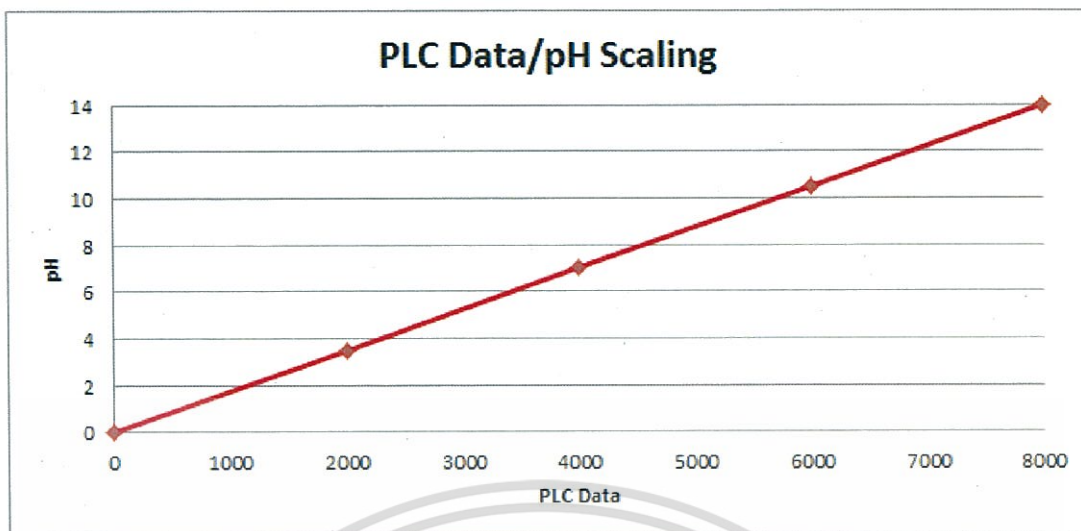


รูปที่ 3.15 การสร้าง Function Block สำหรับกำหนดย่านการวัดค่ากรด-ด่างในพีแอลซีตัวรอง



รูปที่ 3.16 การเปรียบเทียบการกำหนดย่านในการวัดค่าโดยใช้ pH Meter กับพีแอลซีตัวรอง

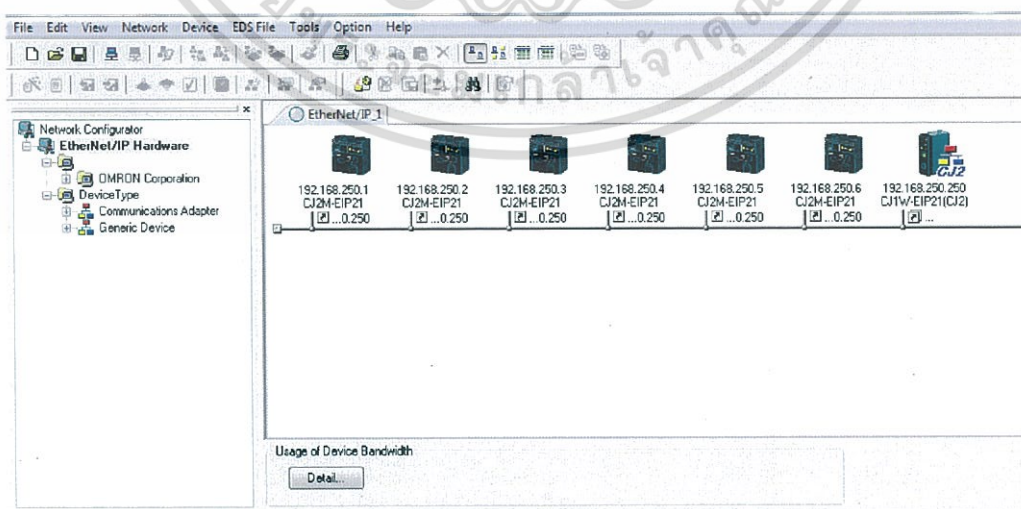
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การเปรียบเทียบการกำหนดย่านในพีแอลซีตัวรองกับค่ากรด-ด่างที่ใช้งาน

4. การสื่อสาร EtherNet/IP ระหว่างพีแอลซีตัวหลักและพีแอลซีตัวรอง

เครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างหรือ pH Meter ทั้ง 3 เครื่องจะส่งค่ามาที่พีแอลซีตัวรอง และพีแอลซีตัวรองได้ทำการเชื่อมต่อพีแอลซีตัวหลักโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร EtherNet/IP ของ Omron ได้มีการใช้โปรแกรม Network Configuration (EtherNet/IP) เพื่อกำหนดค่า IP Address และเงื่อนไขในการสื่อสาร โดยเริ่มจากสร้างเครือข่ายที่จะสื่อสาร เช่น การกำหนด IP Address 192.168.250.6 ให้กับพีแอลซีตัวรอง และการกำหนด IP Address 192.168.250.250 ให้กับพีแอลซีตัวหลัก ดังแสดงในรูปที่ 3.18 เมื่อกำหนดพีแอลซีตัวหลักและพีแอลซีตัวรองแล้วสามารถสร้าง “Tag Sets” และ “Connections” เพื่อสื่อสารระหว่างกันดังนี้



รูปที่ 3.18 การกำหนด IP Address บนระบบเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักศึกษาเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีแอลซีตัวรอง

Tag Sets : การสร้าง Tag Name และกำหนดขนาดในการเก็บข้อมูล โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ “In-Consume” เป็นการกำหนดการสื่อสารที่รับเข้ามา เช่น รับ Tag (Master_to_AC6_W) มาจาก Master เป็นต้น และ “Out-Produce” เป็นการกำหนดการสื่อสารที่ส่งออกไป เช่น ส่ง Tag (AC6_to_Master_W) ไปหา Master เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.19 การสร้าง Tag Set ของพีแอลซีตัวรอง

Connections : การสร้างการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีตัวหลักและพีแอลซีตัวรองโดยกำหนด Tag Name ต้นทางและปลายทางที่จะสื่อสารกัน เช่น Originator Device, Target Device, Packet Interval, Timeout Value เป็นต้น ทั้งหมดนี้ต้องกำหนดในการตั้งค่า ดังแสดงในรูปที่ 3.20

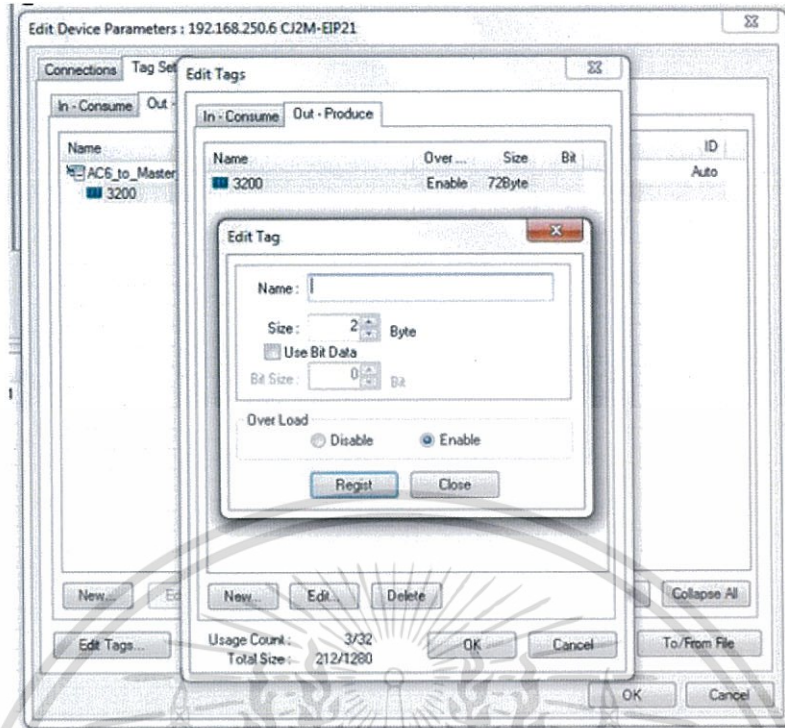
พีแอลซีตัวหลัก

Tag Sets : การสร้าง Tag Name และกำหนดขนาดในการเก็บข้อมูล โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ “In-Consume” เป็นการกำหนดการสื่อสารที่รับเข้ามา เช่น รับ Tag (AC6_to_Master_W) มาจาก AC6 เป็นต้น และ “Out-Produce” เป็นการกำหนดการสื่อสารที่ส่งออกไป เช่น ส่ง Tag (Master_to_AC6_W) ไปหา AC6 เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.21 การสร้าง Tag Set ของพีแอลซีตัวหลัก

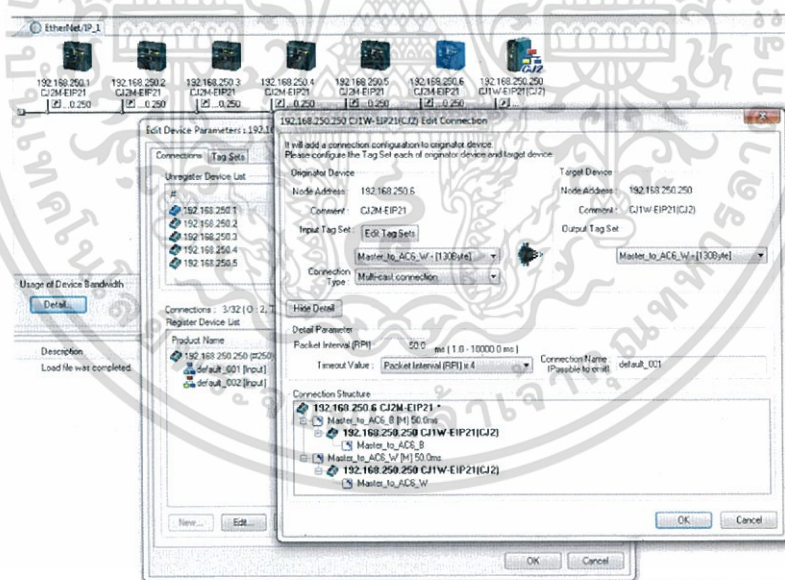
Connections : การสร้างการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีตัวหลักและพีแอลซีตัวรองโดยกำหนด Tag Name ต้นทางและปลายทางที่จะสื่อสารกัน เช่น Originator Device, Target Device, Packet Interval, Timeout Value เป็นต้น ทั้งหมดนี้ต้องกำหนดในการตั้งค่า ดังแสดงในรูปที่ 3.22

5. ซอฟต์แวร์ Citect SCADA

พีแอลซีตัวหลักได้ทำการเชื่อมต่อกับเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งานผ่านโมดูล RS232 นอกจากนี้บนเวิร์คสเตชันมีการใช้ซอฟต์แวร์ Citect SCADA สำหรับการแสดงผลและการแจ้งเตือนแบบเวลาจริง เพื่อลดข้อผิดพลาดในการวัดและการจัดทำรายงานโดยผู้ปฏิบัติงาน [7] โดยใช้ Citect SCADA Software การสร้าง Graphic User Interface (GUI) โดยใช้ Citect Graphics Builder ในการสร้างกราฟิกแสดงผลการวัดค่ากรด-ด่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.23 การกำหนดเงื่อนไขการแจ้งเตือน การแสดงสีสถานะ และข้อความการแจ้งเตือนค่าความเป็นกรด-ด่างของสกรับเบอร์ แสดงดังรูปที่ 3.24

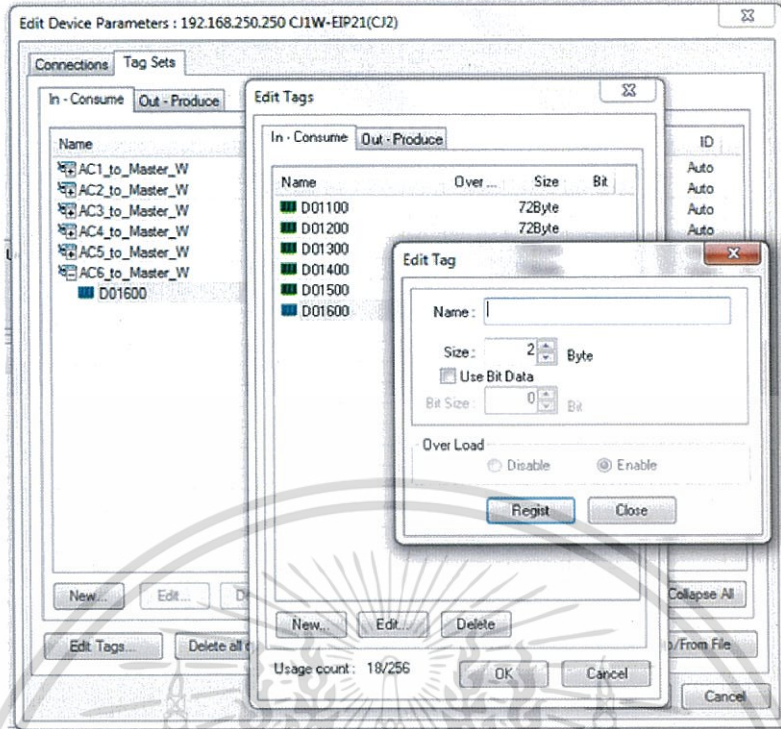


รูปที่ 3.19 การสร้าง Tag Sets ใน In-Consume/Out-Produce ของพีแอลซีตัวรอง

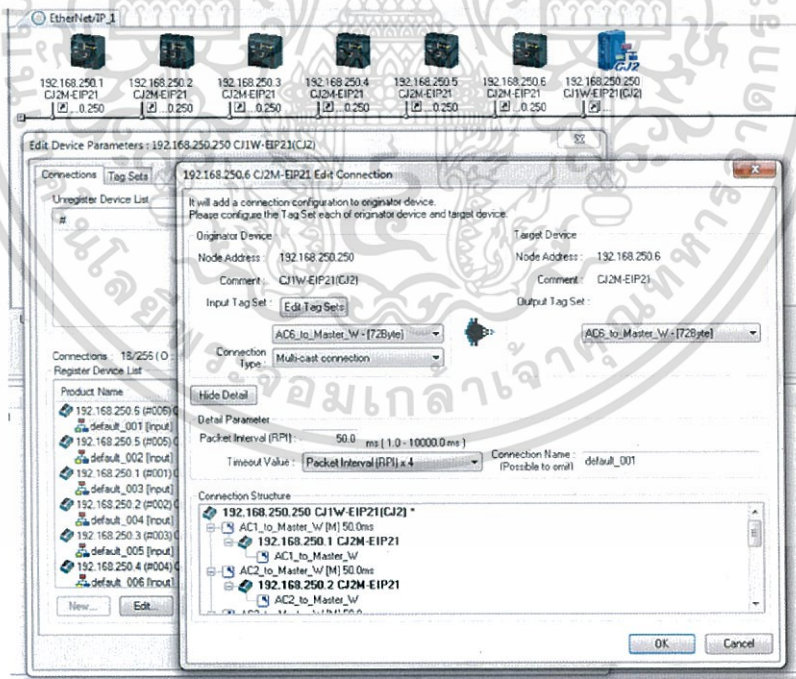


รูปที่ 3.20 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมต่อของพีแอลซีตัวรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การสร้าง Tag Sets ใน In-Consume/Out-Produce ของพีแอลซีตัวหลัก



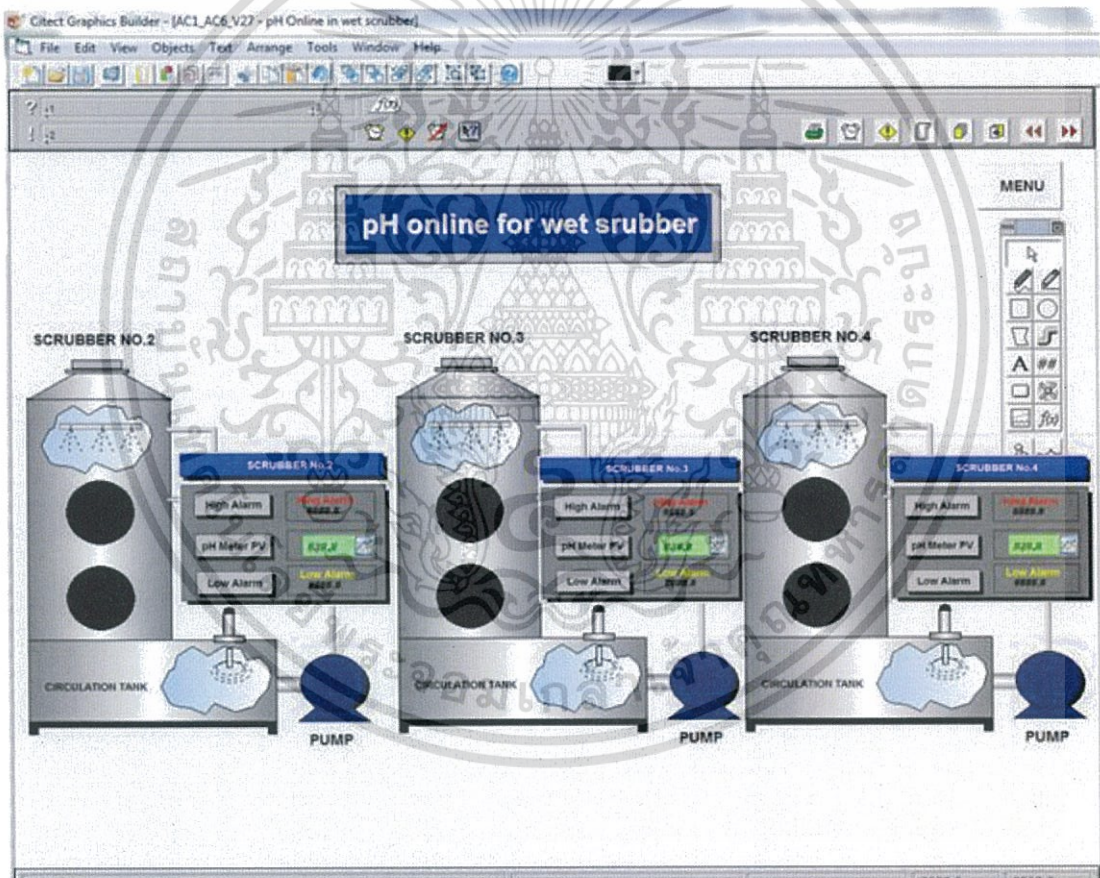
รูปที่ 3.22 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมต่อของพีแอลซีตัวหลัก

โดยกำหนดช่วงในการตั้งค่าการแจ้งเตือนอยู่ที่ 10-13 สำหรับ Low Alarm มีค่าน้อยกว่า 10
 เอกสารให้แสดงสถานะสีของพื้นหลังเป็นสีเหลืองกระพริบมีข้อความแจ้งเตือน Low Alarm ส่วน High
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alarm มีค่ามากกว่า 13 ให้แสดงสถานะสีของพื้นหลังเป็นสีแดงกระพริบมีข้อความแจ้งเตือน High Alarm ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้อยู่ในช่วงที่กำหนดสภาวะปกติให้แสดงสถานะสีของพื้นหลังเป็นสีเขียว

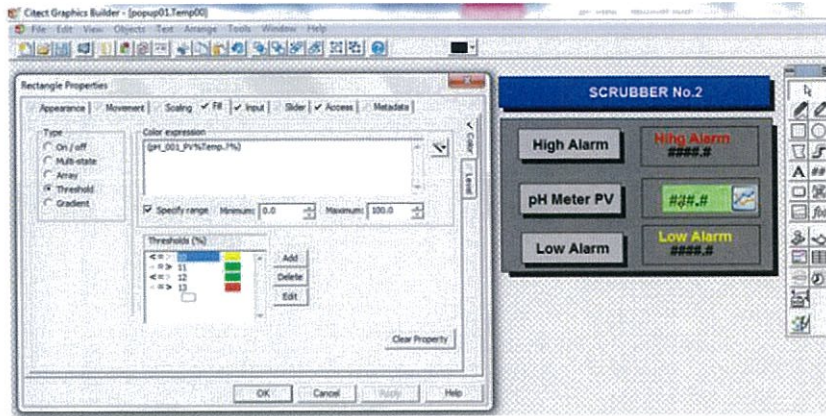
การกำหนดการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สามารถสร้างได้ที่ Citect Project Editor เข้าไปที่ Communication เลือกการเชื่อมต่อถ้าอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อเป็นแบบ Serial Port RS232 ให้เลือก Communication เป็นแบบ Port แล้วกำหนดค่า เช่น Port Name, I/O Board Rate, Data Bits, Stop Bits, และ Parity ตามรูปที่ 3.25 แสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมต่อ

เมื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้แล้วสามารถสร้าง Tag Name เพื่อกำหนด Address, I/O Device, Data Type ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์พีแอลซีตัวหลัก ดังแสดงในรูปที่ 3.26 รายละเอียดในการตั้งค่า Variable Tags

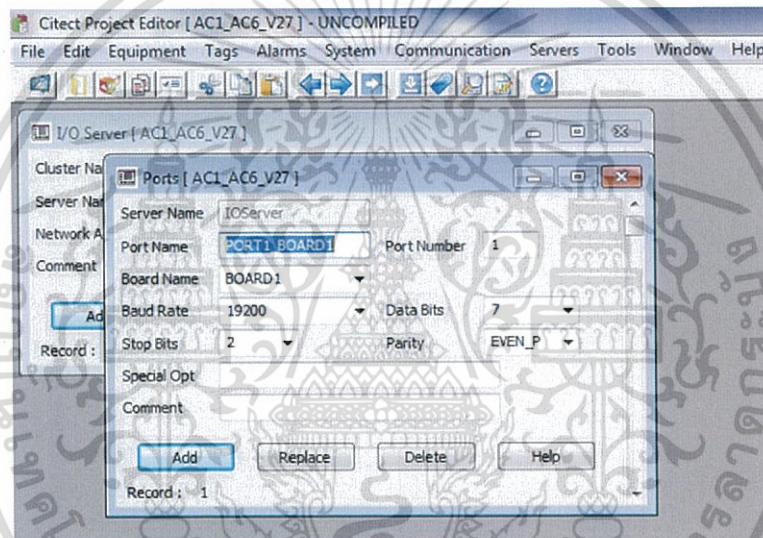


รูปที่ 3.23 การสร้าง GUI สำหรับแสดงผลการวัดค่ากรด-ด่างของสกรับเบอร์แบบเปียก

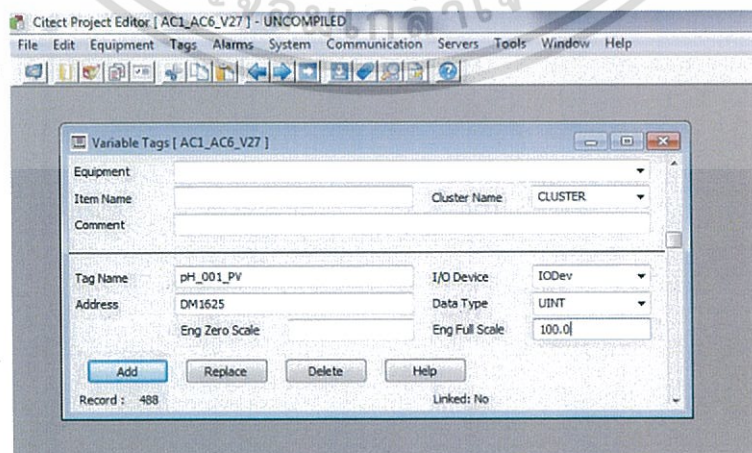
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 การกำหนดเงื่อนไขการแจ้งเตือน



รูปที่ 3.25 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมต่อกับพีแอลซีตัวหลัก

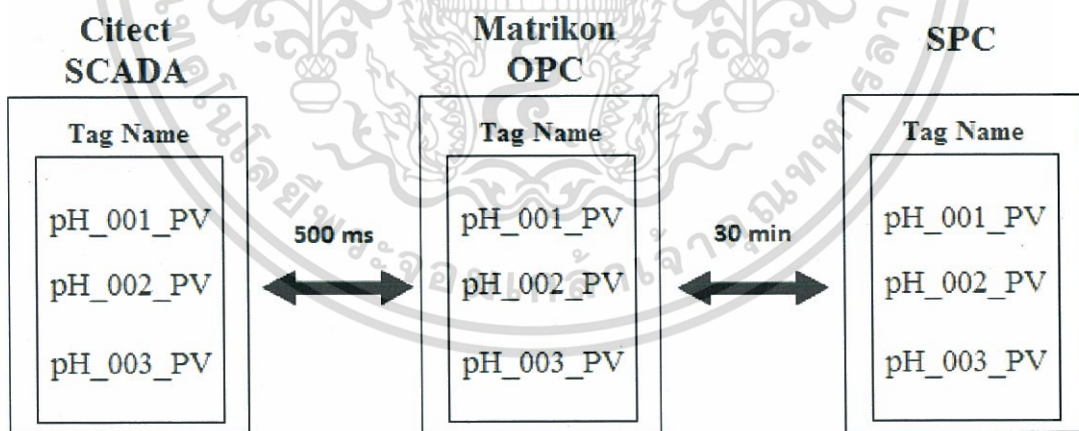


รูปที่ 3.26 การกำหนดค่า Variable Tags

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ เท่านั้น ไม่แนะนำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ซอฟต์แวร์ OPC [15]

ข้อมูลผลการวัดค่ากรด-ด่างของสกรับเบอร์ทั้ง 3 เครื่องจากระบบ Citect SCADA จะถูกส่งไปโดยอัตโนมัติให้กับซอฟต์แวร์ SPC ในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อทำรายงาน และการส่งอีเมลแจ้งเตือน โดยใช้ Matrikon OPC Software ในการเชื่อมต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Citect SCADA กับซอฟต์แวร์ SPC โดยมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลตามแผนภาพแสดงในรูปที่ 3.27 Citect SCADA ส่งข้อมูลในรูปของ Tag Name มาที่ Matrikon OPC ระยะเวลาในการอ่านค่าแต่ละครั้งที่ 500 ms SPC Software จะดึงค่าตาม Tag Name บน Matrikon OPC ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งที่ 30 นาที จะทำการเก็บค่าตาม Tag Name ที่ตั้งไว้ เพื่อนำไปแสดงผลบน SPC Software และทำการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินแบบอัตโนมัติต่อไป การติดตั้งซอฟต์แวร์ Matrikon OPC บนเวิร์คสเตชันและบน Main Server ของซอฟต์แวร์ SPC โดยใช้ Matrikon OPC Explorer สร้างการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่ต้องการ เช่น ต้องการเชื่อมต่อกับ SchneiderElectric.SCADA.OpcDA Server. แสดงในรูปที่ 3.28 แล้วทำการสร้าง Group เพื่อที่ Add Tags pH_001_PV, pH_002_PV และ pH_003_PV ที่ใช้งานให้เข้ามาอยู่บนซอฟต์แวร์ Matrikon OPC ดังแสดงในรูปที่ 3.29 เมื่อข้อมูลที่ต้องการอยู่บนซอฟต์แวร์ Matrikon OPC แล้ว Main Server ของซอฟต์แวร์ SPC ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์ Matrikon OPC ก็สามารรถเห็นข้อมูล Tag pH_001_PV, pH_002_PV และ pH_003_PV ที่อยู่บน Matrikon OPC ได้เช่นกัน ดังนั้นสามารถนำข้อมูลที่ได้ออกไปจัดเก็บเพื่อทำรายงาน และการส่งอีเมลแจ้งเตือนต่อไป



รูปที่ 3.27 แผนภาพการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Citect SCADA และ SPC Software

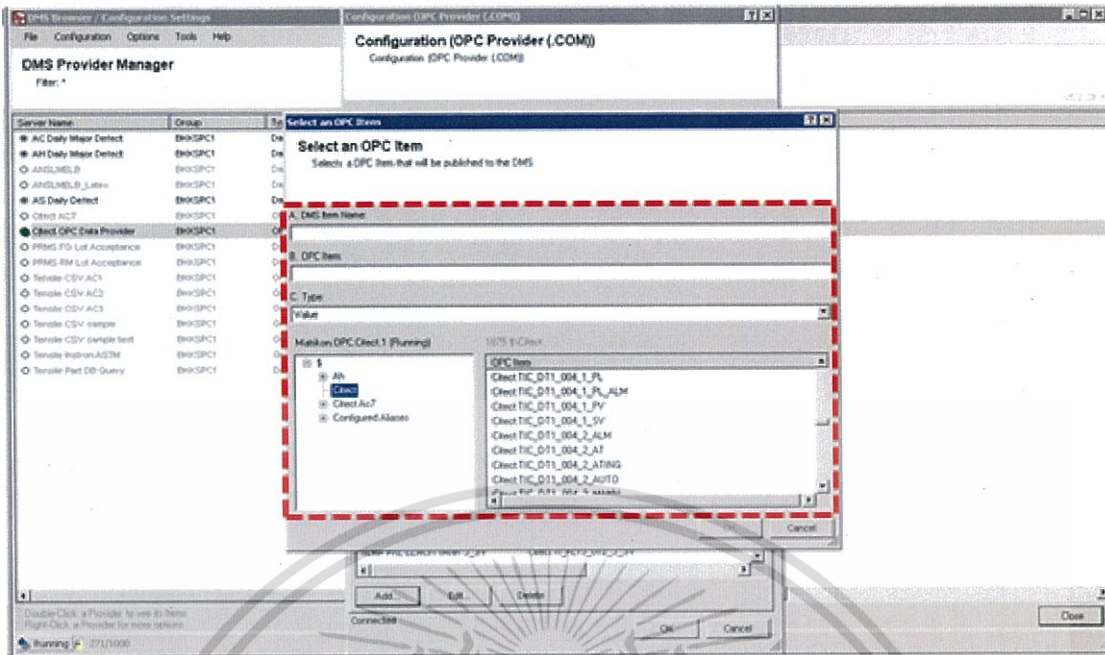
7. ซอฟต์แวร์ SPC [16]

ซอฟต์แวร์ SPC (Statistical Process Control) จะนำข้อมูลที่อยู่บนซอฟต์แวร์ Matrikon OPC มาใช้งาน ซอฟต์แวร์ SPC มี Application สำหรับการดึงข้อมูลเพื่อบริหารจัดการเรียกว่า Data เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

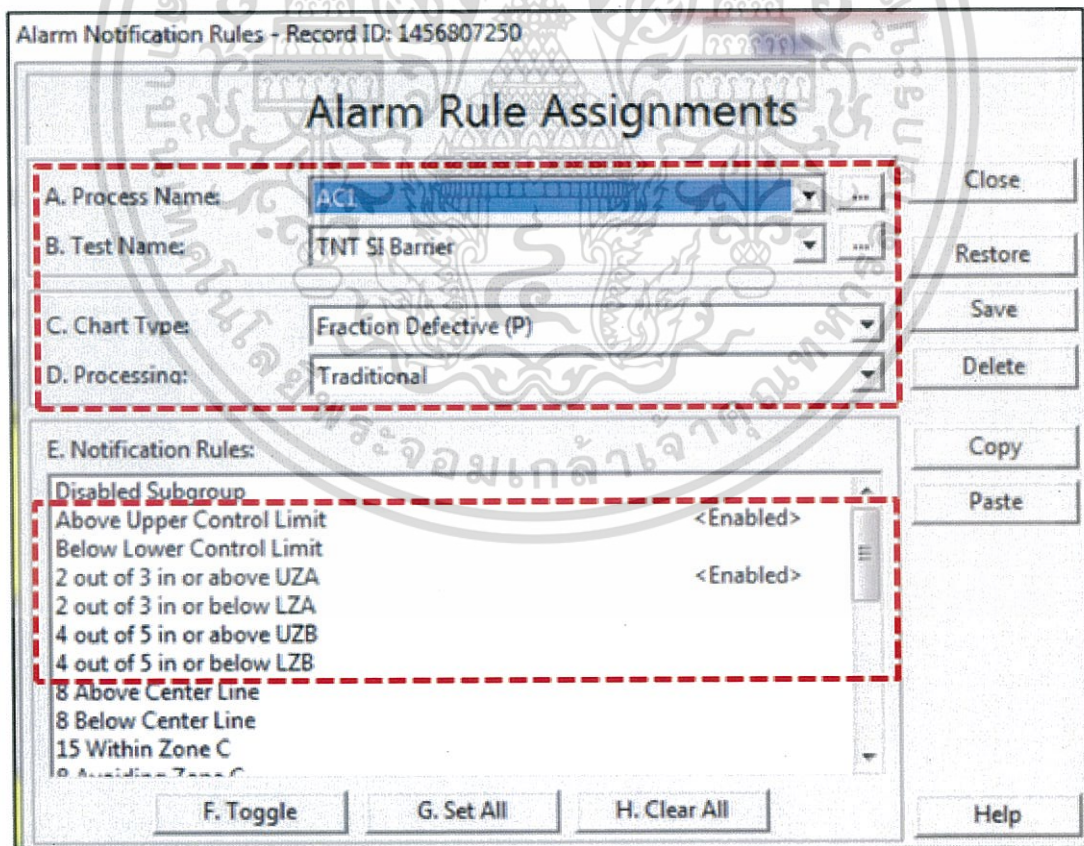
Management System โดยสร้างการเชื่อมต่อที่ DMS Provider Manager สร้าง Server Name ที่ จะเชื่อมต่อกำหนด Group, Type ในการดึง Tags มาใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.30

เมื่อได้ Tag pH_001_PV, pH_002_PV และ pH_003_PV SPC Software นำ Tag ที่ได้มา กำหนดเงื่อนไขในการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของสกรับเบอร์แบบเปียก เพื่อเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนให้ค่าที่วัดได้เป็นไปตามที่กำหนดโดยใช้ Application ของ SPC Software ที่เรียกว่า Alarm Notification Rules เพื่อกำหนดเงื่อนไขในการแจ้งเตือน เช่น Specification Limits , Control Limits, Alarm Rule Assignments และ Notification Rules ในการแจ้งเตือนค่าความเป็นกรด-ด่างของสกรับเบอร์แบบเปียกเลือกใช้การแจ้งเตือนแบบ Out of Control เมื่อค่าที่วัดได้อยู่นอก ช่วงที่กำหนด โดยแบ่งเป็น Upper Control Limit คือการแจ้งเตือนในกรณีค่าที่วัดได้อยู่สูงกว่าค่าที่กำหนด และ Lower Control Limit คือการแจ้งเตือนในกรณีค่าที่วัดได้อยู่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด เพื่อควบคุมค่ากรด-ด่างที่วัดได้จากสกรับเบอร์ เมื่อค่ากรด-ด่างที่วัดได้ออกนอกช่วงที่กำหนดจะมีการแจ้งเตือนแบบ 2 out of 3 คือ ข้อมูลที่ทำการสุ่มเก็บค่าทุก ๆ 30 นาที มีค่าที่ออกนอกช่วงเกิดขึ้นติดกัน 2 ครั้งหรือใน 3 ครั้งมีค่าที่อยู่นอกช่วงเกิดขึ้น 2 ครั้งก็จะทำการแจ้งเตือน เหตุผลในการเลือกการตั้งค่าแบบ 2 out of 3 เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของข้อมูลในการวัดซ้ำ เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในสกรับเบอร์มีความไวต่อการตอบสนองของเครื่องมือวัด จึงเว้นช่วงระยะเวลาสำหรับการยืนยันการวัดค่ากรด-ด่างที่ได้อยู่ที่ 1 ชั่วโมง 30 นาที ก่อนการส่งอีเมลแจ้งเตือนความผิดปกติของสกรับเบอร์แบบเปียก ดังแสดงในรูปที่ 3.31 การกำหนดกฎการแจ้งเตือน

เมื่อข้อมูลการวัดค่ากรด-ด่างที่ได้อยู่นอกช่วงที่กำหนดตามกฎการแจ้งเตือน 2 out of 3 จะส่งข้อมูลการแจ้งเตือนผ่านทางอีเมล โดยแจ้งเวลา ช่วงที่เกิดเหตุ ช่วงที่ควบคุม สถานที่ อุปกรณ์ที่เกิดเหตุ และส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตสายการผลิตที่เท่าไร โดยข้อมูลทั้งหมดนี้สามารถกำหนดได้ในซอฟต์แวร์ SPC จะมี Application ที่เรียกว่า SPC Email Notification สำหรับการส่งอีเมลแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติโดยสามารถกำหนดรายละเอียดในการแจ้งเตือนทางอีเมลได้ เช่น Part Group คือการระบุว่าจะเกิดขึ้นที่แผนกใด, Process คือเกิดขึ้นที่สายการผลิตใด, Test Item คือการระบุว่าเป็น Scrubber Number อะไร เป็นต้น ส่วนการส่งอีเมลแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินแบบอัตโนมัติ สามารถกำหนดได้ที่ Send Email Notification โดยการเพิ่มรายชื่อบุคคลที่เกี่ยวข้องเช่น ผู้จัดการฝ่ายการผลิต ผู้จัดการแผนกวิศวกรรม ผู้จัดการกระบวนการผลิต ช่างซ่อมบำรุงสกรับเบอร์แบบเปียกแสดงตามรูปที่ 3.32 เมื่อตรวจสอบพบว่าค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียอยู่นอกช่วงที่กำหนดจะมีการส่งอีเมลแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทันที [7]



รูปที่ 3.30 การนำTags จาก OPC มาใช้งานบนซอฟต์แวร์ SPC



รูปที่ 3.31 ซอฟต์แวร์ SPC สำหรับกำหนดกฎการแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPC Email Notification

SPC Email Notification

Whenever an action occurs for the following combination:

A. Part Group: TNT glove
 B. Part Item: <all items>
 C. Process Group: Dipping Machine No.
 D. Process Item: AC1
 E. Test Group: Visual Inspection
 F. Test Item: STT SI Major

Send Email notifications to the following employees:

Boonpluk Sudchaliaw	7715	boonpluk.sudchaliaw@ansell.com
Charin Paibuang	7717	charin.paibuang@ansell.com
Jakkrit Deekania	7242	jakkrit.deekania@ansell.com
Kitipong Artawan	0732	kitipong.artawan@ansell.com
Kritsada Jaloornatanakul	7806	kritsada.jaloornatanakul@ansell.com
Kumthorn Kareewhet	1297	kumthorn.kareewhet@ansell.com
Nattaiate Ketkamon	7681	nattaiate.ketkamon@ansell.com

Add... Remove

Close Help

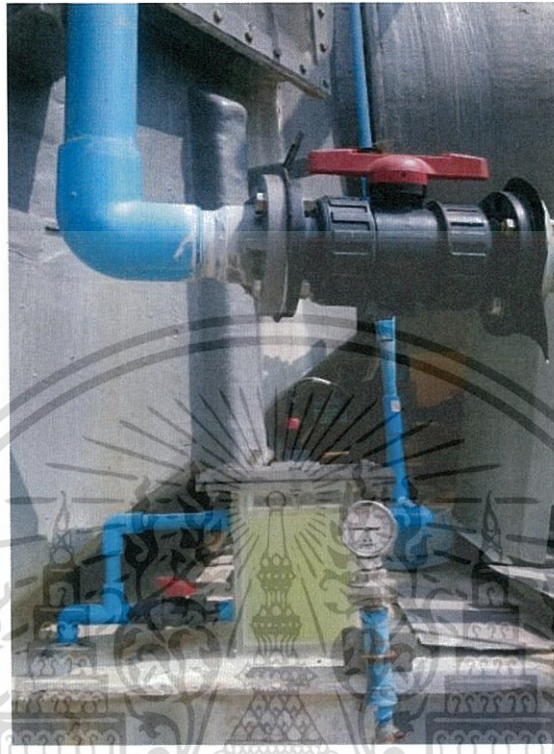
รูปที่ 3.32 ซอฟต์แวร์ SPC สำหรับการตั้งค่าอีเมลการแจ้งเตือน

3.5 ผลการทดสอบระบบ

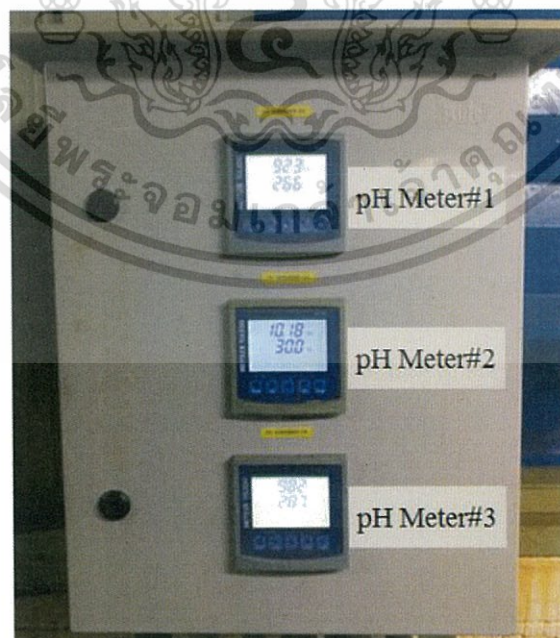
รูปที่ 3.33 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างของสกรับเบอร์แบบเปียกที่ใช้งานสำหรับวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการบำบัด เมื่อ pH Sensor วัดค่ากรด-ด่างของสารละลายจะส่งสัญญาณมาที่ pH Meter เพื่อประมวลผลและแสดงผลที่หน้าจอ pH Meter ติดตั้งไว้ในตู้ควบคุมบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.34 ในการทดสอบเครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างนำสารละลาย Buffer ที่มีค่า pH คงที่ 4.0, 7.0, และ 10.0 ช่วงที่ยอมรับ +/- 0.5 มาใช้ในการสอบเทียบการวัดค่ากรด-ด่างของระบบอัตโนมัติที่ติดตั้งใหม่ แสดงในรูปที่ 3.35 ผลที่ได้จากการสอบเทียบที่ pH Buffer 4.0 ค่าที่ pH Meter อ่านได้ 4.02 ที่ pH Buffer 7.0 ค่าที่ pH Meter อ่านได้ 7.03 และที่ pH Buffer 10.0 ค่าที่ pH Meter อ่านได้ 10.42 ค่าที่ได้จากการสอบเทียบทั้ง 3 จุดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ แสดงในรูปที่ 3.36 pH Meter ส่งสัญญาณเอาต์พุตเป็น 4-20 mA ไปเข้าการ์ดอินพุตของพีแอลซีตัวรอง ซึ่งพีแอลซีตัวรองเชื่อมต่อกับพีแอลซีตัวหลัก โดยพีแอลซีตัวหลักมีการเชื่อมต่อกับระบบ Citect SCADA สำหรับแสดงผลและการแจ้งเตือนบนเวิร์คสเตชันสำหรับติดต่อผู้ใช้งาน ในการแสดงผลค่ากรด-ด่างที่วัดได้บน Citect SCADA เมื่อค่าที่วัดได้อยู่นอกช่วงที่กำหนด 10-13 บนหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลจะแสดงสถานะแถบสีในการแจ้งเตือนพร้อมข้อความระบุเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของสกรับเบอร์นั้น ๆ และเสียงสัญญาณแจ้งเตือนดังต่อเนื่อง เพื่อแจ้งเตือนต่อผู้ใช้งาน แสดงในรูปที่ 3.37

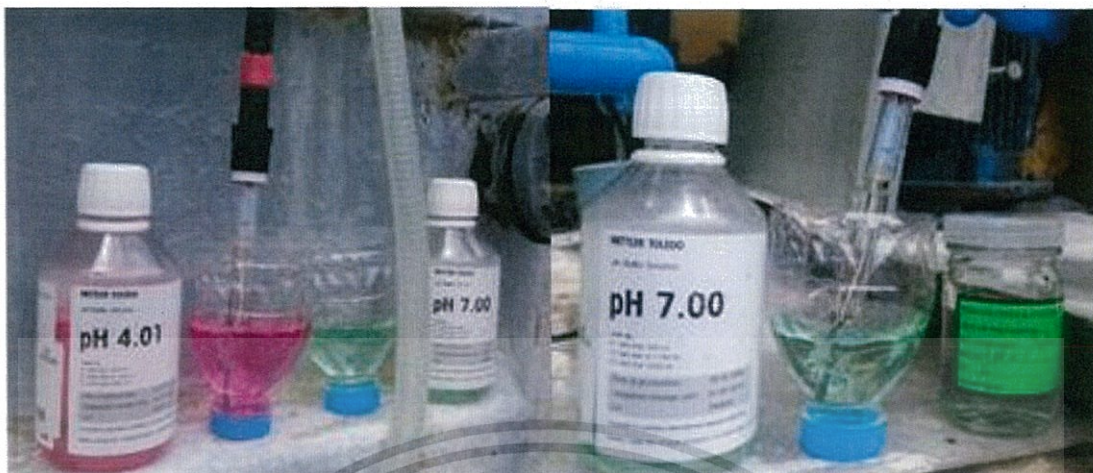


รูปที่ 3.33 การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสกรับเบอร์แบบเปียกที่ใช้งานจริง



รูปที่ 3.34 pH Meter สำหรับการวัดค่ากรด-ด่างของสกรับเบอร์แบบเปียก

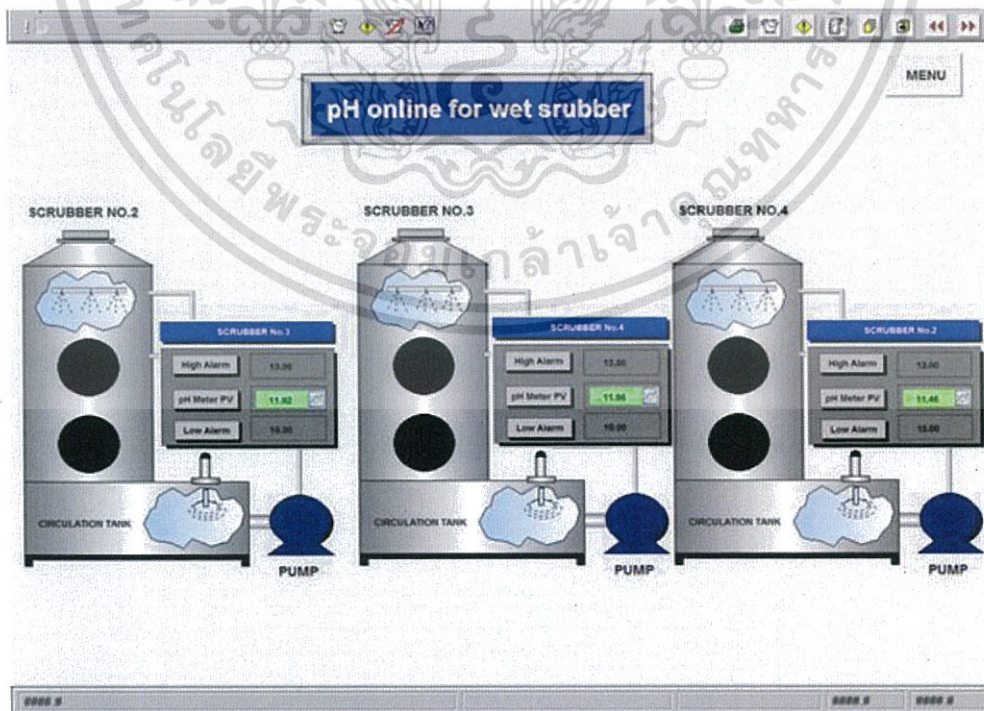
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 pH Buffer ที่ใช้ในการสอบเทียบ

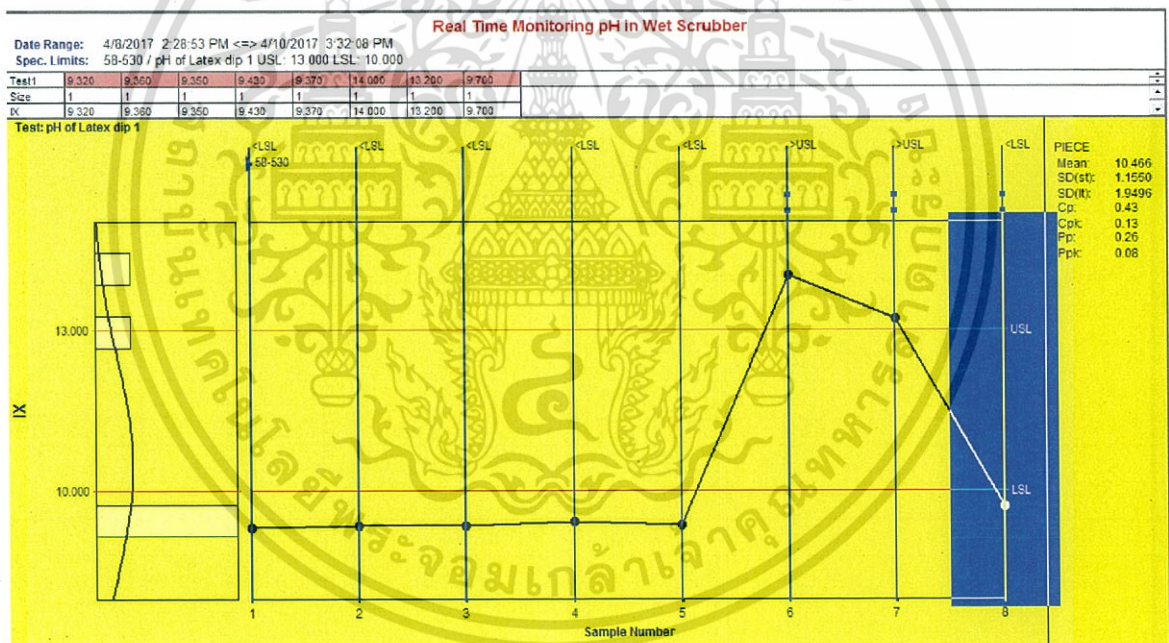
pH Meter in Wet Scrubbers												
pH Buffer Solution	No.1				No. 2				No. 3			
	#1	#2	#3	Avg	#1	#2	#3	Avg	#1	#2	#3	Avg
4.0	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
7.0	7.02	7.03	7.03	7.03	7.02	7.03	7.01	7.02	7.02	7.03	7.03	7.03
10.0	10.4	10.41	10.44	10.42	10.4	10.41	10.42	10.41	10.41	10.41	10.42	10.41

รูปที่ 3.36 ผลที่ได้จากการสอบเทียบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 3.37 การแสดงผลและการแจ้งเตือนการวัดค่ากรด-ด่างบน Citect SCADA บนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ซอฟต์แวร์ SPC ในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อทำรายงานแสดงผลการวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ของสกรับเบอร์ โดยซอฟต์แวร์ SPC ดึงข้อมูลผ่าน Matrikon OPC ทุก ๆ 30 นาที บันทึกข้อมูล 1 ครั้ง เพื่อจัดทำรายงานแสดงผลการวัดค่ากรด-ด่างเชิงสถิติบนซอฟต์แวร์ SPC แสดงผลที่วัดได้เป็นแบบ X-Bar Chart เวลาที่ใช้ในการบันทึกผลการวัดจะเป็นเวลาเดียวกันกับเวิร์คสเตชันบนกราฟมีการแสดงค่า Specification Limits ระบุ USL (Upper Specification Limit) ที่ 13 และ LSL (Lower Specification Limit) ที่ 10 ด้านบนมีตารางในการบันทึกค่าที่วัดได้รวมถึงระบุจำนวนในการเก็บค่าในแต่ละครั้ง แสดงผลค่ากรด-ด่างที่วัดได้เทียบกับเวลาจากกราฟด้านซ้ายมือ จะแสดงถึงการเกิดขึ้นของค่าที่อยู่นอกช่วงที่กำหนดเป็นแผนภูมิแท่งเทียบกับ X-Bar Chart เพื่อสังเกตแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่ากรด-ด่างในสกรับเบอร์แบบเปียก ดังแสดงในรูปที่ 3.38 รวมถึงการส่งอีเมลแจ้งเตือนฉุกเฉินแบบอัตโนมัติไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทันทีที่ตรวจสอบได้ว่าค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในสกรับเบอร์แบบเปียกอยู่นอกช่วงที่ยอมรับได้ เกิดขึ้น 2 ใน 3 ครั้งจะทำการแจ้งเตือนต่อผู้ที่เกี่ยวข้องทันที ดังแสดงในรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.38 การแสดงผลและการแจ้งเตือนการวัดค่ากรด-ด่างบนซอฟต์แวร์ SPC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPC ALARM VIOLATION [AS1] [58-530] [pH of Latex dip 1]



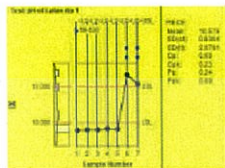
BKK_InfinityQS <SPC@Ansell.com>

Mon 4/10/2017 3:30 PM

To: Nattajate Ketkamon; Boonpluk Sudchaliaw; Wei Ming Low; Manapong Mingkhunthong; Supat Kaewnum; Thammasak Mathitanang;

BKK InfinityQS

Flag for follow up. Start by Monday, April 10, 2017. Due by Monday, April 10, 2017.

report.txt
987 bytes
[Show all 2 attachments \(19 KB\)](#)
[Download all](#)
[Save all to OneDrive - Ansell Healthcare](#)

SPC Alarm Violation (4/10/2017 3:30:06 PM)

User: bkkkj1

Computer Name: BKKL40FLH12

Computer User Name: bkkkj1

Process: AS1

Part: 58-530

Test: pH of Latex dip 1

Alarm: >USL (4/10/2017 3:30:03 PM)

ACC: <None>

CAC: <None>

3 Shift: PM

AS1 Machine Run No: AS-1/07/15

Subgroup Size: 1

LSL: 10

USL: 13

Test: 1.0

Value: 13.2 (>USL)

รูปที่ 3.39 การส่งอีเมลแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินแบบอัตโนมัติของสกริปเตอร์แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุปการวิจัย

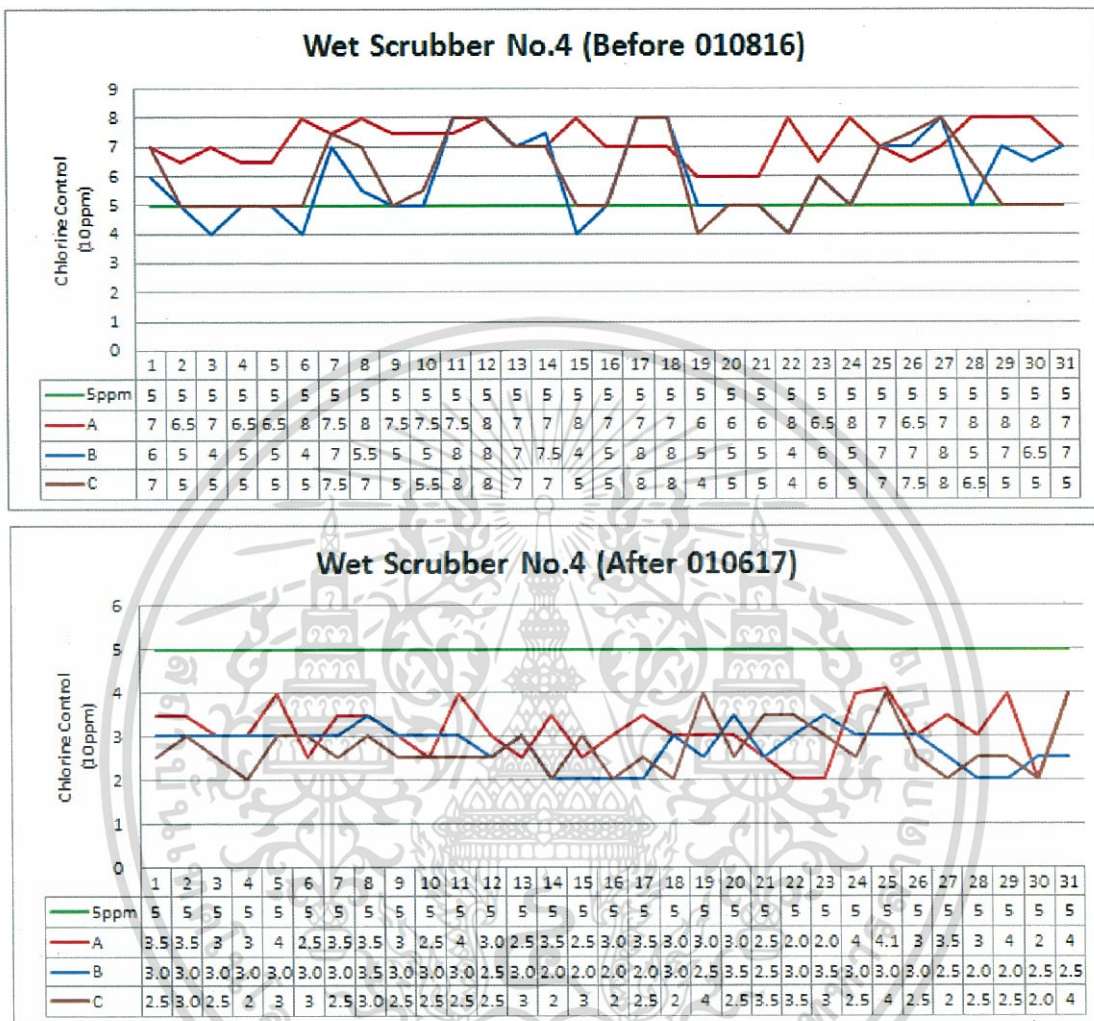
ระบบฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสครับเบอร์แบบเปียกที่นำเสนอนี้เป็นการปรับปรุงการวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการบำบัดอากาศของสครับเบอร์แบบเปียก จากการวัดโดยผู้ปฏิบัติงานเปลี่ยนเป็นการวัดค่าด้วยระบบอัตโนมัติที่มีการรายงานผล และการแจ้งเตือนแบบเวลาจริง เพื่อลดข้อผิดพลาดในการวัดและการจัดทำรายงานโดยผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงเพิ่มความรวดเร็วในการแจ้งเตือนต่อผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ปัญหาในการทำงานของสครับเบอร์ที่ทำให้ค่ากรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียอยู่นอกช่วงที่ยอมรับได้ ซึ่งเห็นได้จากผลของการตรวจวัดปริมาณคลอรีนที่ปล่อยออกจากปล่องของสครับเบอร์ ก่อนการปรับปรุงการวัดค่ากรด-ด่างปริมาณคลอรีนที่ปล่อยออกจากปล่องสครับเบอร์มีค่าคลอรีนอยู่ที่ 6-8 ppm ต่อเนื่องตลอดทั้ง 3 กะ คือ กะเช้า (A) กะบ่าย (B) และกะดึก (C) ซึ่งค่าเป้าหมายที่โรงงานต้องการควบคุมอยู่ที่ 5 ppm หลังการปรับปรุงการวัดค่ากรด-ด่างปริมาณคลอรีนที่ปล่อยออกจากปล่องของสครับเบอร์มีค่าคลอรีนอยู่ที่ 2-4 ppm ตลอดทั้ง 3 กะ ส่งผลให้ค่าคลอรีนที่ปล่อยออกจากปล่องของสครับเบอร์มีค่าเป็นไปตามเป้าหมายที่โรงงานต้องการควบคุมอยู่ที่ 5 ppm ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จากระบบฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนแบบเวลาจริงสำหรับการตรวจวัดค่ากรด-ด่างของสครับเบอร์แบบเปียกนี้ส่งผลให้มีการควบคุมปริมาณคลอรีนของอากาศที่ระบายออกจากโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีปริมาณคลอรีนไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด

4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

เนื่องจากสครับเบอร์แบบเปียกเป็นการบำบัดสารเคมีประเภทออกฤทธิ์เป็นกรดคือ คลอรีน วัสดุที่นำมาทำเป็นถังพักสำหรับวัดค่ากรด-ด่างต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนสารเคมีประเภทคลอรีน ก่อนหน้านี้ได้ใช้วัสดุประเภท อะคริลิกใส ต่อขึ้นรูปเป็นถังพักเพื่อสะดวกในการตรวจสอบปริมาณของสารละลาย Scrubbing Solution และความขุ่นของสารละลาย แต่วัสดุประเภทนี้ต้องใช้กาวยซิลิโคนในการประสานขึ้นรูป จึงทำให้คลอรีนกัดกร่อนบริเวณรอยต่อเกิดการรั่วซึมขึ้น ดังนั้นควรทำการเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำถังพักเป็นไฟเบอร์กลาส เพื่อทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีประเภทคลอรีนได้ดีขึ้น

เครื่องมือวัดค่ากรด-ด่างหรือ pH Meter ที่นำมาใช้ในการวัดค่ากรด-ด่างของสารละลายในสครับเบอร์แบบเปียกนี้ สามารถนำสัญญาณเอาต์พุตตรีเล่ย์จากเครื่องมือวัดนี้ไปส่งการให้วาล์วทำงานในกรณีที่ค่ากรด-ด่างที่วัดได้ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด เช่น ค่าที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด Low Alarm ควรมีการส่งสัญญาณเอาต์พุตเพื่อไปสั่งเปิดวาล์วในการเติมสารเคมีเข้ามาในระบบบำบัดเพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการปรับปรุงคุณภาพของสารละลายที่ใช้ในการบำบัดอากาศเสียแบบอัตโนมัติ ส่งผลให้ระบบบำบัดมีประสิทธิภาพในการบำบัดอากาศเสียที่ดียิ่งขึ้น จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาต่อไป



รูปที่ 4.1 การวัดปริมาณคลอรีนที่ปล่อยออกจากปล่องสครับเบอร์แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] นพภาพร พานิช และคณะ. ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : 2550
- [2] ราชกิจจานุเบกษา. “พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.diw.go.th/hawk/news/62.pdf>
- [3] กระทรวงอุตสาหกรรม. “กฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535)” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www2.diw.go.th/PIC/download/waste/waste1.pdf>
- [4] กระทรวงอุตสาหกรรม. “กฎกระทรวงฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2535)” [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.dld.go.th/th/images/stories/law/ministerial_clinic3-2535.pdf
- [5] กระทรวงอุตสาหกรรม. “กฎกระทรวงฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2539)” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ih-consultant.com/images/law/K82.pdf>
- [6] J. Y. Bai and P. F. Hou, “Optimization of slurry pH value for limestone wet desulfurization technology,” Proc. of the International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring, 2011. pp. 545- 549
- [7] S. Sookjadit, T. Thepmanee, A. Julsereewong, and P. Julsereewong, “Improving process data reporting system using IT process automation software in sulfuric acid production”, Proc. of the International Conference on Control, Automation and Systems, 2012. pp.588-593
- [8] N. Zhenqi, G. Yincheng, and L. Wenyi, “Experimental studies on CO₂ capture in a spray scrubber using NaOH solution,” Proc. of the International Conference on Energy and Environment Technology, 2009. pp.52-55
- [9] B. A. Danzomo, M. J. E. Salami, and Md. R. Khan, “Hardware implementation of ANFIS controller for gas-particle separation in wet scrubber system,” Proc. of the International Conference on Computer & Communication Engineering, 2014. pp. 277-280
- [10] สถาบันพลาสติก. “รายงานการศึกษาเชิงลึก เรื่อง อนาคตถุงมือยางไทยในตลาดโลก” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://rubber.oie.go.th/ArticleCategory.aspx?acid=3016>
- [11] สภาวิศวกร. “ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/ENV/CH6.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] Mettler Toledo. “M200 easy Line transmitters” [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.mwt.no/easyLinedatasheet.pdf>
- [13] Mettler Toledo. “easySense pH and ORP” [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.mwt.no/easyLinedatasheet.pdf>
- [14] Omron Thailand. “CJ2M-CPU3[]/-CPU1[]_Manual” [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.mouser.com/ds/2/307/-532203.pdf>
- [15] Matrikol. “MatrikonOPCExplorer_OperationManual” [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://home.hit.no/~hansha/documents/software/documents/MatrikonOPC%20Explorer%20User%20Manual.pdf>
- [16] InfinityQS. “Statistical Process Control (SPC)” [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.infinityqs.com/resources/what-is-spc>
- [17] Schneider Electric. “CitectSCADA CitectHMI” [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://vius.ru/files/CitectSCADAUserGuide.pdf>
- [18] Omron Thailand. “CJ1_CJ2_CPUOperation_Manual” [Online]. เข้าถึงได้จาก :
https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/w465_cs_cj_series_ethernet_ip_units_operation_manual_en.pdf
- [19] Omron Thailand. “EtherNet/IP_Manual” [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.ia.omron.com/products/family/1995/>

ภาคผนวก

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

ผลงานวิจัยที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ได้รับการตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (Proceedings) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

[1] Thipichpon Promsawat, Sart Kumool, Sawai Pongswatd, Amphawan

Julsereewong, “Real-Time Monitoring and Reporting Alarm System for pH Measurement in Wet Scrubbers”, 2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2016), October 16-19,2016, HICO, Gyeongju, Korea, pp 353-358



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Real-Time Monitoring and Reporting Alarm System for pH Measurement in Wet Scrubbers

Thipichpon Promsawat, Sart Kunnool,

Sawai Pongswatd, and Amphawan Julserewong*

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, 10520, Thailand (amphawan.ju@kmitl.ac.th)* Corresponding author

Abstract: In order to improve a maintenance of wet scrubber operation for achieving harmful and polluting gas removal efficiency at a latex glove manufacturer in Thailand, this paper presents a technique to implement the real-time monitoring and reporting alarm system for pH measurement in wet scrubbers. All pH meter outputs are applied to an existing programmable logic controller (PLC) slave located on the master-slave network for production line control. A PLC master is communicated to an operator workstation running the supervisory control and data acquisition (SCADA) software. In addition, measurement data from the SCADA software are automatically transferred to the statistical process control (SPC) software installed in a data historian server. Traditional routine manual data collection and non real-time email notification are replaced by the proposed system, which provides the continuous automatic data collection as well as the real-time display and alarm functions. The automatic and reliable email notification in real time can be also obtained. Experimental results verifying the performance of the proposed system are also included.

Keywords: pH measurement, wet scrubber, monitoring system, alarm notification, SCADA, SPC.

1. INTRODUCTION

Nowadays, manufacturing industries are facing strict environmental regulations and laws for preventing pollution during the production process. In order to control air pollution, many pollution-intensive industrial sectors such as chemical industry utilize scrubber systems to remove pollutants from exhaust streams before release into the environment. The water-soluble toxic and/or corrosive gases like sulfur dioxide (SO_2) and chlorine (Cl_2) in exhaust gaseous stream can be removed well by using a wet scrubber [1-3]. Wet scrubbers operate by spraying the gaseous stream with a scrubbing solution containing a scrubbing chemical, which dissolves or destroys the harmful and polluting gas. Concentration of the scrubbing chemical is one of primary indicators of wet scrubber performance. To ensure the effectiveness of the scrubber, the scrubbing chemical concentration must be maintained. Practically, pH value can be used to monitor as an alternative to scrubbing chemical concentration for proper operation of wet scrubbers [4]. Therefore, pH measurement is critical to the efficient operation of wet scrubbers using continuous blowdown and replenishment. Additionally, real-time measurements and reporting systems are essential for realizing dynamic work strategies because they feed timely data to the decision process [5]. The system with real-time notification capability for monitoring critical operating parameters is required for operator response effectiveness.

The aim of this paper is to propose a monitoring and reporting alarm system in real time for measuring pH values of scrubbing chemical in wet scrubbers of a latex glove manufacturer in Thailand. In the past, this manufacturer used manual pH measurement by laboratory personnel and took a long time for measured data analysis. In the case of undesired conditions, the measured pH value was over or under the specification limits, email notification was sent out to staffs responsible for maintaining the scrubber operation. In

order to be more effective control of air pollution using wet scrubbers, the previous pH measurement and alarm email notification system needs to be improved.

2. WET SCRUBBERS USED IN INTERESTED MANUFACTURER

At the interested latex glove manufacturer, three identical wet scrubbers are employed to remove toxic chlorine gas from exhaust stream produced during production process. One of chlorine gas wet scrubbers used as shown in Fig. 1 consists of a scrubber vessel, vessel packing, scrubbing solution containing scrubbing chemical, recirculation pump, and exhaust blower to draw polluted air. The scrubbing chemical that has been typically used to scrub chlorine is sodium hydroxide (NaOH). Solution of this chemical in water is sometimes called caustic soda. The scrubber system draws the polluted air through the wet scrubber where

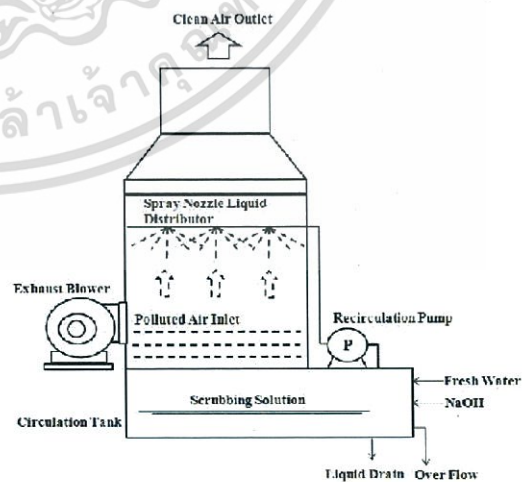


Fig. 1 Wet scrubber used in the interested manufacturer.

scrubbing solution is being circulated and sprayed into the contaminated air. The caustic soda reacts with the chlorine in the polluted air, thereby neutralizing it. Treated air is then discharged into the atmosphere.

3. MANUAL MEASUREMENT

Since pH is specific to hydrogen ion, which is related to the concentration of the scrubbing chemical such as caustic, thus periodic pH measurement is required to ensure that the scrubbing solution of each wet scrubber used is at sufficient strength (alkalinity) and can handle the amount of chlorine release into the environment. The desired pH value is between 11 and 13.

Before improvement, pH values of the scrubbing solution were manually measured about six times per day. The measurement procedures performed by the laboratory personnel for three wet scrubbers can be explained as follows.

- (1) Prepare three sample containers with corresponding labels.
- (2) Open the valve at a liquid drain pipeline to collect the sample of scrubbing solution in the circulation tank of each wet scrubber.
- (3) Bring the samples to the laboratory
- (4) Measure the pH of each sample in a fume hood by using pH electrode and record the measured result.

The total time spent on manual measurement procedures is approximately 60-75 minutes. Example of the manual measurement results is illustrated in Fig. 2.

After finishing the pH measurements, the results are then sent to the process control sector for using the statistical process control (SPC) software to determine whether the production specification limits are being regulated. If the measured pH value is out of the specification limits, a staff of the process control sector will send the email to notify other production-related staffs such as a production manager and engineer for solving problem.

Chlorine emission (ppm) at Scrubber results

Time	Wet Scrubber (ppm)	Wet Scrubber (ppm)	Wet Scrubber (ppm)	Wet Scrubber (ppm)
08:00	2.0	2.0	2.0	2.0
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	1.0	1.0	1.0	1.0
08:00	2.5	2.5	2.5	2.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	1.0	1.0	1.0	1.0
05:00	1.0	1.0	1.0	1.0
08:00	1.5	1.5	1.5	1.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	1.0	1.0	1.0	1.0
05:00	1.0	1.0	1.0	1.0
08:00	1.5	1.5	1.5	1.5
14:00	1.0	1.0	1.0	1.0
17:00	1.0	1.0	1.0	1.0
21:00	1.0	1.0	1.0	1.0
05:00	2.0	2.0	2.0	2.0
08:00	2.5	2.5	2.5	2.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5	0.5	0.5	0.5
17:00	0.5	0.5	0.5	0.5
21:00	0.5	0.5	0.5	0.5
05:00	0.5	0.5	0.5	0.5
08:00	0.5	0.5	0.5	0.5
14:00	0.5			

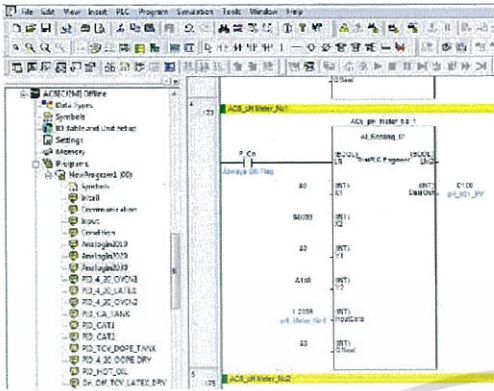


Fig. 5 Creating the function block for scaling the pH.

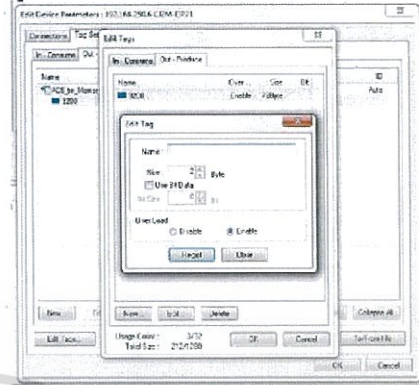


Fig. 7 Creating 'Tag Sets' for the PLC slave.

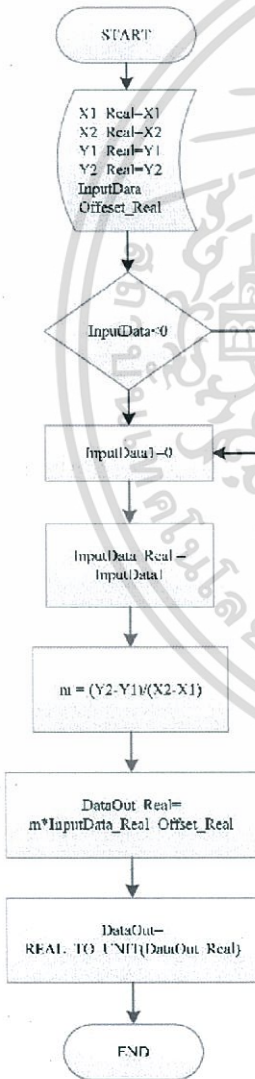


Fig. 6 Flowchart diagram of the created function block.

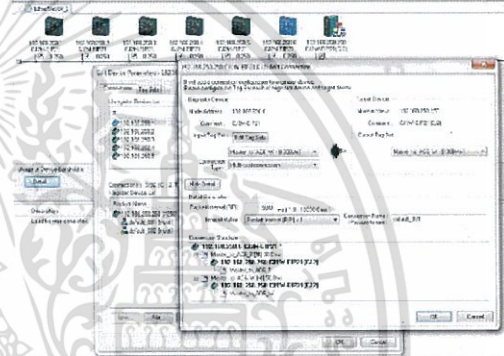


Fig. 8 Setting the connection parameters of the slave.

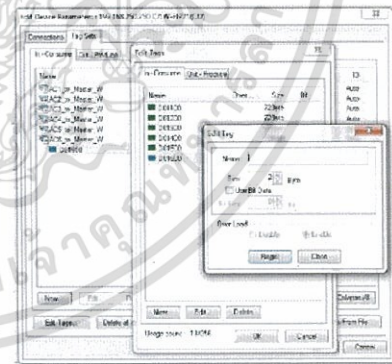


Fig. 9 Creating 'Tag Sets' for the PLC master.

The measured values are sent to the PLC master station by master/slave protocol. Fig. 7 shows the software window for creating the 'Tag Sets' at the PLC slave station with In-Consume/Out-Produce commands. In addition, some device connection parameters such as Originator Device, Target Device, Packet Interval, and Timeout Value are required to configure (see Fig. 8). For the PLC master station, the 'Tag Sets' and device connection parameters are also required to set as shown in Figs. 9 and 10, respectively.

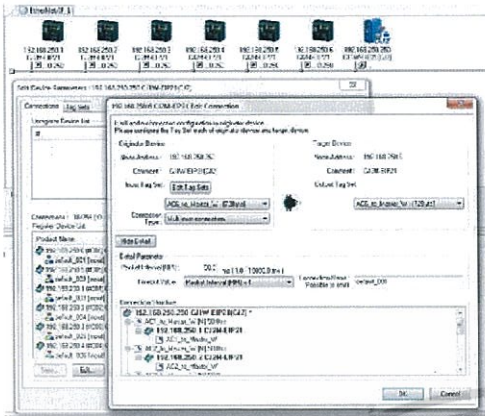


Fig. 10 Setting the connection parameters of the master.



Fig. 11 Matrikon OPC software.

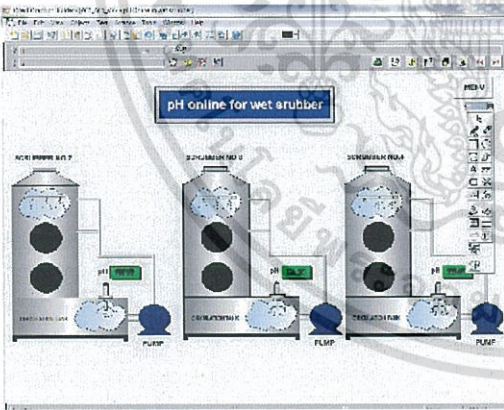


Fig. 12 GUI for monitoring the pH values.

Measurement data are available for different software applications running on the master PLC, operator workstation, and data historian server through the Matrikon OPC software as shown in Fig. 11. For the operator workstation, the pH measurement results are monitored as well as alarm functions are configured to report when alarms occur in real time by using the Citect SCADA software.

The graphic user interface (GUI) is created by the Citect Graphics Builder as shown in Fig. 12. Configurations of device communication parameters such as Port Name, Board Rate, Data Bits, Stop Bits, and Parity as well as variable tag descriptions such as Tag Name, I/O Device, Address, and Data Type in the Citect Project Editor are required as shown in Figs. 13 and 14, respectively. The alarm limits are set to 11.0 and 13 for low alarm (displayed in yellow) and high alarm (displayed in red), respectively, as shown in Fig. 15. The process data including the pH measurement results from the SCADA software are automatically transferred to the SPC software installed in the data historian server.

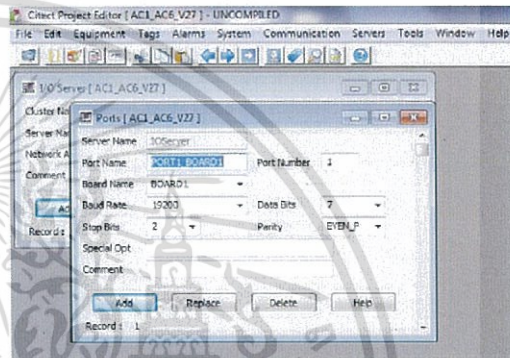


Fig. 13 Configuring the communication parameters.

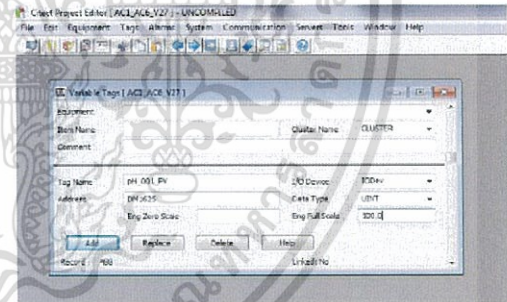


Fig. 14 Configuring the variable tag descriptions.

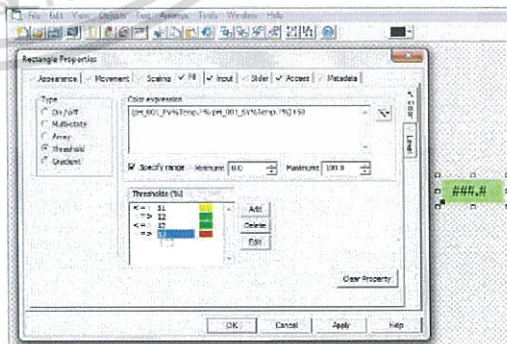


Fig. 15 Configuring the alarm conditions.

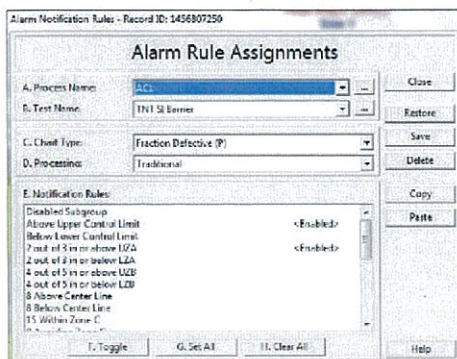


Fig. 16 SPC software for alarm rule assignments.

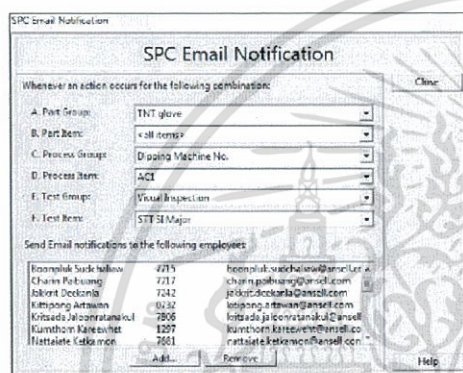


Fig. 17 SPC software window for email notification.



Fig. 18 Example of alarm email notification.

The SPC software with the application named 'Data Management System' is used for determining whether the production specification limits are being maintained. Furthermore, the SPC software with the application named 'SPC Email Notification' can be configured to send email notification automatically when low or high alarm occurs (see Figs. 16-18). This means that the proposed system provides alarm notification faster than the previous system to provide the staff response.

5. EXPERIMENTAL RESULTS

Fig. 19 displays the pH meter installation at one of the wet scrubbers in the interested manufacturer. Fig. 20

shows an example of the graphic display in running system for pH measurements on the operator workstation, while Fig. 21 shows an example of the display window on the data historian server by using the SPC software, which provides user to specify the statistical algorithm to process data.

Using the proposed system for monitoring pH values and reporting alarms in real time, the following advantages can be obtained.

- Minimizing problems caused by errors due to manual measurements and records.
- Reducing time spent for reporting process alarms.
- Reducing paper usage for recording the measurement results.
- Reducing the chance of losing paper-based documents.
- Improving security of electronic-based data historian through a single secure location for keeping documents as well as ensuring that the authorized personnel are allowed to access.



Fig. 19 Installation of the pH meter in the scrubber.

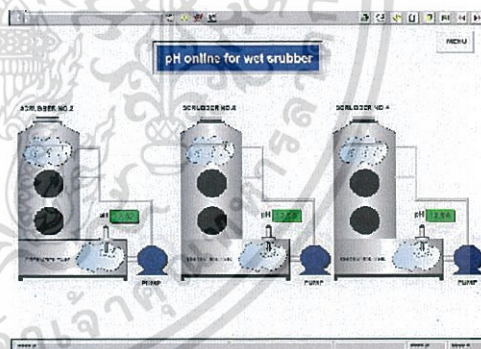


Fig. 20 Example of pH measurement data display.

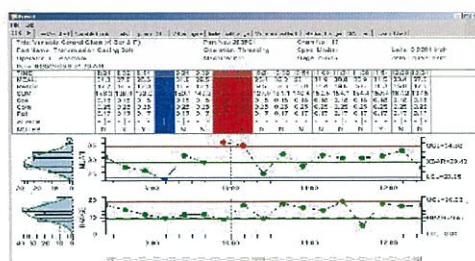


Fig. 21 Example of SPC data display.

6. CONCLUSION

The real-time monitoring and reporting alarm system for measuring pH measurement in wet scrubbers has been presented in this paper. The proposed system can help the interested manufacturer to improve the maintenance of wet scrubber operation. Since the proposed real-time system feed timely important data to the staffs to take actions for response to alarm notification.

REFERENCES

- [1] N. Zhenqi, G. Yincheng, and L. Wenyi, "Experimental studies on CO₂ capture in a spray scrubber using NaOH solution," *Proc. of the International Conference on Energy and Environment Technology*, pp.52-55, 2009.
- [2] B. A. Danzomo, M. J. E. Salami, and Md. R. Khan, "Hardware implementation of ANFIS controller for gas-particle separation in wet scrubber system," *Proc. of the International Conference on Computer & Communication Engineering*, pp. 277-280, 2014.
- [3] S. Safariyeganeh and C. J. Lovett, "Cement plant environmental technology for achieving high SO₂ removal," *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 51, No. 3, pp.2548-2552, 2015.
- [4] J. Y. Bai and P. F. Hou, "Optimization of slurry pH value for limestone wet desulfurization technology," *Proc. of the International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring*, pp. 545- 549, 2011.
- [5] S. Sookjadit, T. Thepmanee, A. Julsereewong, and P. Julsereewong, "Improving process data reporting system using IT process automation software in sulfuric acid production", *Proc. of the International Conference on Control, Automation and Systems*, pp.588-593, 2012.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายธิพิชญ์พนธ์ พรหมสวัสดิ์
 วัน เดือน ปีเกิด 3 พฤศจิกายน 2530
 ที่อยู่ 199/15 หมู่บ้านรววยิ่ง ถ.มาลัยแมน หมู่ที่ 4 ตำบลรั้วใหญ่
 อำเภอเมืองสุพรรณบุรี สุพรรณบุรี 72000
 ประวัติการศึกษา 2553 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้