บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำทั่วไป

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้เจริญเติบโตขึ้นมาก และกระบวนการในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นั้นจะต้องมีการใช้น้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์โดยตรง หรือโดยอ้อม เช่น การใช้น้ำในรูปของไอน้ำเพื่อเพิ่มความร้อนให้กับกระบวนการ ชะล้างเครื่องปฏิกรณ์ หรือการใช้น้ำเพื่อล้างโลหะหลังจากโลหะผ่านกระบวนการขจัดสนิมเหล็กโดยใช้กรด เป็นต้น จึงทำให้เกิดน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ ทั้งที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้และไม่สามารถละลายน้ำได้, กรด-ด่าง, น้ำมัน, ไขมัน, เกลือของแข็งหรือตะกอนแขวนลอย และโลหะหนักต่าง ๆ ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเป็นปริมาณสูง หากถูกปล่อยลงแหล่งน้ำ และก่อให้เกิดปัญหาแก่ชุมชน เช่น มีกลิ่นเหม็น หรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ เหล่านี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "น้ำเสีย" จึงต้องผ่านกระบวนการบำบัด เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้น สามารถปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับสิ่งที่เจือปนอยู่ในน้ำเสีย โดยปกติของแข็งหรือตะกอนแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำเสีย มักบำบัดออกได้ด้วยวิธีกายภาพ ตะกอนขนาดเล็กหรือสารละลายในน้ำเสียต้องบำบัดออกโดยใช้วิธีเคมีหรือวิธีชีวเคมี ซึ่งสามารถทำให้ตะกอนขนาดเล็กหรือสารละลาย กลายเป็นตะกอนแขวนลอยที่รวมกันเป็นก้อนใหญ่ จนสามารถบำบัดออกจากน้ำเสียได้โดยวิธีกายภาพ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางเคมี ได้มีการริเริ่มใช้มาเมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้ว โดยเป็นการใช้สารเคมีเพื่อช่วยตกตะกอนของแข็งแขวนลอย และอนุภาคขนาดเล็กออกจากน้ำเสีย ต่อมาก็มีการพัฒนาและมีจุดประสงค์ในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้นคือ ปรับสภาพของน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการ เช่น ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), เติมสารอาหาร, ฆ่าเชื้อโรค, ปรับสภาพของตะกอน เพื่อใช้ในขบวนการย่อยตะกอนและ/หรือ แยกเอาน้ำออกจากตะกอน

สำหรับการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH adjustment) ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้น มีความจำเป็นเนื่องจากค่าพีเอชมีบทบาทสำคัญสำหรับขบวนการต่าง ๆ เหล่านี้คือการแยกอีมัลชั่นออกจากน้ำเสีย การควบคุมปฏิกิริยาทางเคมี การทำให้สารละลายตกตะกอน โดยเฉพาะการปรับสภาพของน้ำเสียให้เป็นกลาง ซึ่งมีชื่อเฉพาะเรียกว่า การสะเทิน (neutralization) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากการผสมกันของสารละลายกรดและด่าง ทำให้ได้เกลือกับน้ำ สารละลายยังคงนำไฟฟ้าได้เพราะไอออนของเกลือ แต่ไม่มีความเป็นกรดหรือเบส เนื่องจากจำนวนกรดและเบสเท่ากัน

การที่สารละลายหรือของเหลวที่มีฤทธิ์เป็นกรด เนื่องจากมีไฮโดรเจนไอออน (hydrogen ion) และถ้าเป็นด่างเนื่องจากมี ไฮดรอกซิลไอออน (hydroxyl ion) ดังนั้นจึงบอกค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายด้วยค่าพีเอช การปรับสภาพของของเหลวให้เป็นกลาง คือค่าพีเอช เท่ากับ 7 แสดงว่ามีค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน และ ไฮดรอกซิลไอออนเท่ากัน ถ้าค่าพีเอชมีค่ามากกว่า 7 แสดงว่า เป็นด่าง และถ้ามีค่า พีเอช น้อยกว่า 7 แสดงว่าเป็นกรด

การปรับค่าพีเอชให้ได้ค่าตามที่ต้องการ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใส่กรดหรือด่างลงไปอัตราส่วนที่เหมาะสม สามารถทำได้ทั้งเป็นแบบครั้งหรือกะ (batch) และแบบต่อเนื่อง (continuous) ตามความเหมาะสมของปริมาณน้ำเสียและระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา นอกจากนั้น จะต้องคำถึงปัญหาในการควบคุมการทำงาน ซึ่งอาจจะต้องปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงสุดด้วย เช่น การติดตั้งแผ่นป้องกันน้ำหมุน (baffle) ที่ขอบถังกลม การใช้วัสดุ หรือการเคลือบถังด้วยสารป้องกันการกัดกร่อนจากสารเคมีที่ใช้ และการกวนน้ำจะต้องดีพอที่จะทำให้สารเคมีกระจายได้อย่างทั่วถึง

1.2 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักใช้ตัวควบคุมค่าพีเอชแบบป้อนกลับ (feedback controller) และ ตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด (on - off controller) เนื่องจากเป็นตัวควบคุมที่ออกแบบได้ง่าย เพียงวัดค่าพีเอชเอาท์พุทของน้ำเสียแล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าพีเอชเซ็ทพอยท์ หากค่านี้มีค่ามากกว่าค่าที่ต้องการก็ทำการเติมกรด หรือในทางตรงกันข้ามหากน้อยกว่าค่าที่ต้องการก็ทำการเติมด่างเพื่อให้ได้ค่าพีเอชตามที่ต้องการ แต่การควบคุมแบบดั้งเดิมนี้เป็นการควบคุมแบบเชิงเส้นธรรมดา ซึ่งไม่สามารถใช้กับการควบคุมค่าพีเอชได้ดีมากนัก เนื่องจาก

เป็นระบบที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นสูงมาก นอกจากนั้นการควบคุมแบบนี้ ทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอช รวมทั้งการควบคุมแบบนี้จะคำนวณผลจากข้อมูลที่เกิดขึ้นแล้ว ทำให้การควบคุมล่าช้า มีการแกว่งของตัวแปรสูง เพื่อลดปัญหาดังกล่าว ได้มีการพัฒนาการควบคุมที่อาศัยแบบจำลองซึ่งสามารถควบคุมกระบวนการที่ไม่เชิงเส้นสูงได้ดี มาทำการควบคุมค่าพีเอชในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ตัวควบคุมค่าพีเอช โดยเลือกใช้การควบคุมที่อาศัยแบบจำลองที่มีการออกแบบง่ายที่สุดคือ ตัวควบคุมแบบป้อนกลับสเตต ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับระบบการบำบัดน้ำเสียภายในโรงงานรีดเหล็กเย็น และทำการเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรมแม็ทแลบ เพื่อศึกษาหาแนวทางที่เป็นไปได้สำหรับการพัฒนาปรับปรุงระบบการบำบัดน้ำเสียของโรงงานแห่งนี้ ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และนำไปประยุกต์ใช้กับระบบการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอื่นๆ ได้อีกต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบป้อนกลับสเตต (State Feedback Controller) บนโปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB ในการควบคุมค่าพีเอช (pH) ของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
2. ประยุกต์ใช้การประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์ สำหรับการประมาณค่าพีเอช
3. เปรียบเทียบผลการควบคุมของตัวควบคุมแบบป้อนกลับสเตต ร่วมกับ/ไม่ร่วมกับ การประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์ ในการควบคุมค่าพีเอช นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบกับตัวควบคุมแบบพีไอดีด้วย

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. สร้างแบบจำลองกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
2. สร้างระบบการควบคุมแบบป้อนกลับสเตต ในการควบคุมค่าพีเอช สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียบนโปรแกรม MATLAB

3. สร้างตัวประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์ในการประมาณค่าพีเอช บนโปรแกรม MATLAB
4. สร้างระบบการควบคุมแบบป้อนกลับสเตต ร่วมกับการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์ในการควบคุมค่าพีเอช บนโปรแกรม MATLAB
5. ทดสอบตัวควบคุมแบบป้อนกลับสเตตในการควบคุมค่าพีเอช ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ อาทิเช่น ความเข้มข้น และ อัตราการไหลของน้ำเสีย เป็นต้น และมีความผิดพลาดของแบบจำลองหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ เปรียบเทียบ กับตัวควบคุมแบบพีไอดี

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยชิ้นนี้ได้กำหนดลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมค่าพีเอชในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ระบบการควบคุมแบบป้อนกลับสเตต การประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยใช้คาลมานฟิลเตอร์ และศึกษาการใช้งานของโปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB
2. เขียนแบบจำลองของกระบวนการควบคุมค่าพีเอชและตรวจสอบเงื่อนไขการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบป้อนกลับสเตตร่วมกับ/ไม่ร่วมกับ คาลมานฟิลเตอร์
3. เขียนโปรแกรมระบบการควบคุมแบบป้อนกลับสเตต ในการควบคุมค่าพีเอชของกระบวนการบำบัดน้ำเสียร่วมกับ/ไม่ร่วมกับ คาลมานฟิลเตอร์
4. ทดสอบสมรรถนะของระบบควบคุม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและอัตราการไหลของกรดเสีย และน้ำเสียโดยเปรียบเทียบกับระบบการควบคุมแบบพีไอดี

1.6 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

รายงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วย เนื้อหาต่างๆ รวมด้วยกัน 6 บท ซึ่งประกอบด้วย

บทที่ 1 กล่าวถึง บทนำทั่วไป, ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย, วัตถุประสงค์ของงานวิจัย, ขอบเขตของงานวิจัย, ขั้นตอนการดำเนินวิจัย และ โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงผลงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับ การประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบป้อนกลับสเตต สำหรับการควบคุมค่าพีเอชในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยแบ่งออกสามส่วน คือส่วน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ของผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมค่าพีเอช, การควบคุมแบบป้อนกลับสเตต และการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยใช้คาลมานฟิลเตอร์

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีการควบคุมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับสเตต และการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยใช้คาลมานฟิลเตอร์

บทที่ 4 กล่าวถึงการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์และขั้นตอนการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบป้อนกลับสเตต รวมทั้งประยุกต์ใช้คาลมานฟิลเตอร์ สำหรับกระบวนการควบคุมค่าพีเอช

บทที่ 5 กล่าวถึง การทดลองและผลการทดลอง เมื่อมีกรณีศึกษาต่าง ๆ แบ่งเป็น 4 กรณีคือ กรณีที่ 1 สภาวะเริ่มต้นการทดลอง, กรณีที่ 2 เมื่อมีตัวรบกวนซึ่งได้แก่อัตราการไหลและความเข้มข้นของน้ำเสียและกรดเสีย, กรณีที่ 3 เมื่อแบบจำลองของกระบวนการผิดพลาด และกรณีสุดท้ายคือเมื่อตัวแปรวัดมีสัญญาณรบกวน

บทที่ 6 กล่าวถึง การวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการทดลองรวมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับงานในอนาคต

นอกจากนั้นเป็นรายการอ้างอิงและภาคผนวกที่เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสีย มาตรฐานการควบคุมน้ำเสียของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งโปรแกรมแม็ทแล็บและตัวอย่างโปรแกรมแม็ทแลบที่ใช้ในการควบคุมค่าพีเอช และภาคผนวกสุดท้ายเป็นข้อมูลและรายละเอียดจากผลการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย