

บทที่ 4

ผลการออกแบบโครงสร้างการควบคุม

4.1 บทนำ

โครงสร้างการควบคุมที่เหมาะสมจะมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการควบคุม สำหรับขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างระบบควบคุมนั้น ในปัจจุบันยังไม่มีกฎเกณฑ์การออกแบบที่แน่นอน แต่มีการเสนอวิธีการออกแบบโครงสร้างการควบคุมกระบวนการไว้หลายวิธี เช่น การเลือกโครงสร้างการควบคุมตามแนวทางของการควบคุมหน่วยผลิตเดียว เลือกจากค่าที่คำนวณจากภาวะคงตัวของกระบวนการ เลือกจากการแบ่งระดับความสำคัญของการดำเนินกระบวนการ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบโครงสร้างการควบคุมสำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้หลักการของแพลนท์ไวต์ ซึ่งเป็นการออกแบบที่พิจารณากระบวนการทุกหน่วยย่อยแล้วจึงทำการเลือกจับคู่ตัวแปรปรับและตัวแปรควบคุม หลักการของแพลนท์ไวต์นั้นให้ความสำคัญกับการควบคุมทางพลังงานก่อนการควบคุมปริมาณสาร แตกต่างจากการควบคุมยุคเก่าที่มักเลือกวงจรควบคุมที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารในกระบวนการก่อนพิจารณาการควบคุมพลังงานที่ใช้ในกระบวนการ

สำหรับงานวิจัยนี้ มีการออกแบบโครงสร้างการควบคุม 3 แบบโดยในแต่ละแบบมีวัตถุประสงค์ในการควบคุมที่แตกต่างกัน โดยมีการประเมินสมรรถนะของโครงสร้างการควบคุมที่ได้ออกแบบไว้ โดยเปรียบเทียบค่าไอเออี (IAE) เพื่อประเมินสมรรถนะการควบคุมของแต่ละโครงสร้าง

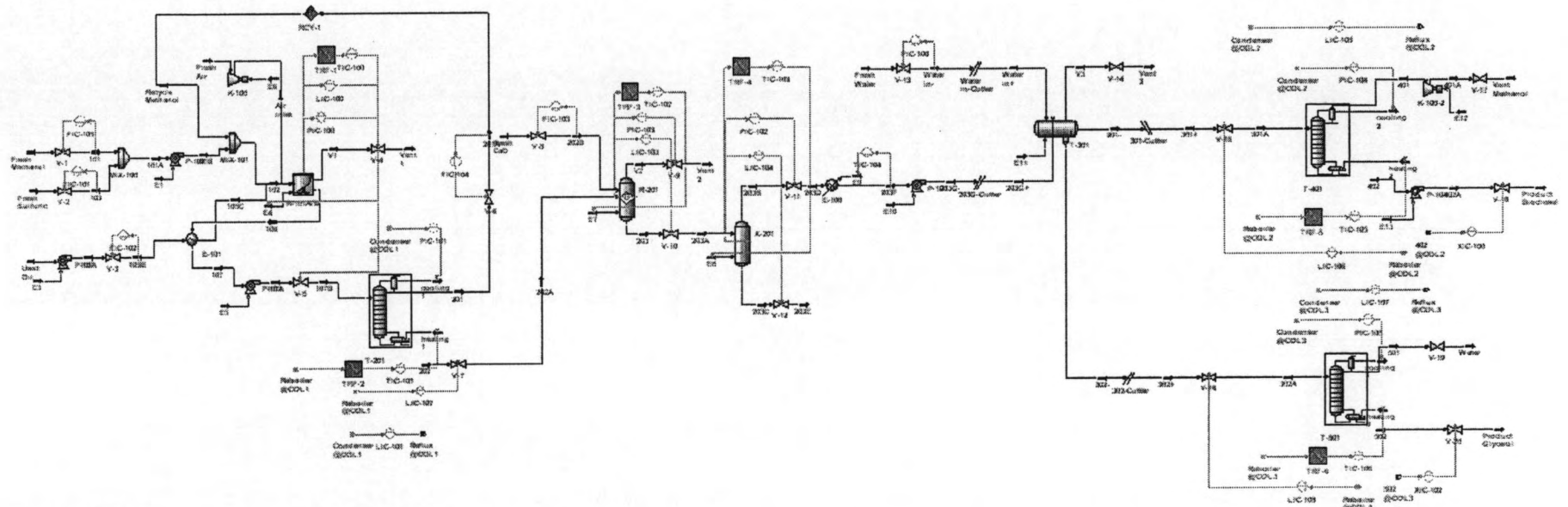
โครงสร้างระบบควบคุมแบบที่ 1 เป็นโครงสร้างการควบคุมที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยอัตราการไหลของสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อดีของกระบวนการนี้คือ ความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ค่อนข้างคงที่ แต่อัตราการผลิตไม่คงที่และไม่ใช่ค่าที่ตรงตามเป้าหมาย ซึ่งโครงสร้างนี้สามารถยอมรับได้เนื่องจากกำหนดให้กระแสของผลิตภัณฑ์มิได้ถูกส่งไปเป็นกระแสป้อนสำหรับกระบวนการอื่น

โครงสร้างระบบควบคุมแบบที่ 2 เป็นโครงสร้างการควบคุมที่เน้นเกี่ยวข้องกับการจัดการทางด้านการลดผลกระทบของสายรีไซเคิลเมื่อเกิดความแปรปรวนมวลสาร โดยทำการวัดปริมาณของเมทานอลรวมที่เข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์แล้วปรับอัตราการป้อนเมทานอลใหม่ให้ได้ตามภาวะที่ต้องการ จากการทดสอบโครงสร้างระบบควบคุมแบบที่ 1 พบว่ายังไม่สามารถลดผลกระทบของสายรีไซเคิลเมื่อเกิดความแปรปรวนมวลสารได้ไม่มากนัก ในโครงสร้างที่ 2 นี้จึงได้เพิ่มหน่วย

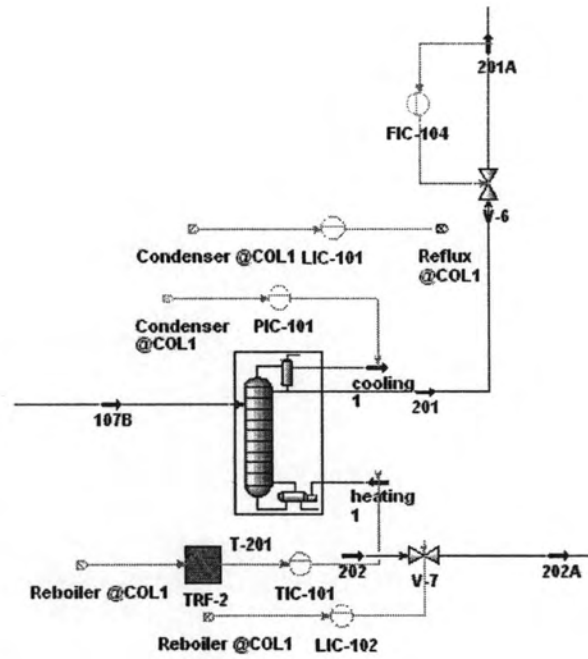
ควบคุม โดยวัดปริมาณของเมทานอลที่ออกมาจากยอดหอกลั่นรีไซเคิล แล้วปรับอัตราการไหลของเมทานอลรีไซเคิลให้คงที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุม

โครงสร้างระบบควบคุมแบบที่ 3 โครงสร้างนี้ปรับปรุงโดยนำข้อดีของโครงสร้างระบบควบคุมแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มารวมกันโดยประยุกต์การควบคุมแบบแคสเคดรวมเข้าไปด้วย เป้าหมายของโครงสร้างนี้คือ ควบคุมทั้งปริมาณ และคุณภาพของไบโอดีเซลที่หน่วยทำไบโอดีเซล ให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้นโดยใช้การควบคุมแบบแคสเคดเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ร่วมกับวงจรควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำ และเพิ่มการควบคุมอัตราการไหลของสายผลิตภัณฑ์เข้าไป

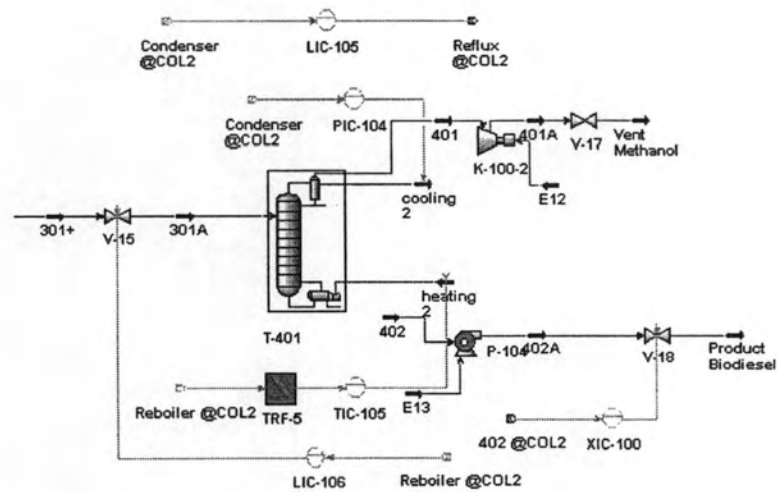
4.2 โครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1



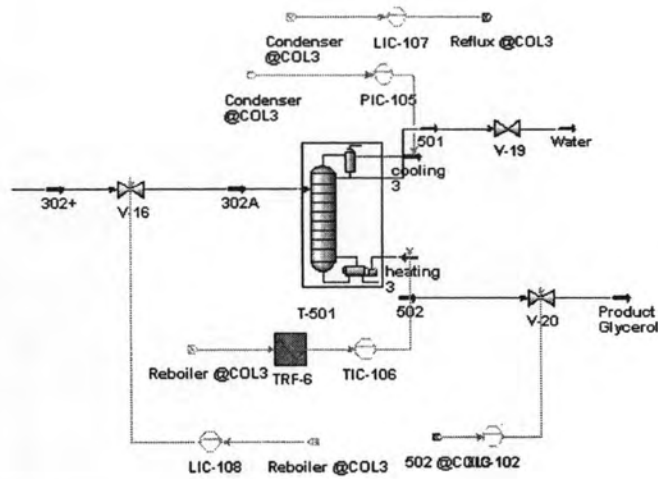
รูปที่ 4.1 โครงสร้างการควบคุมกระบวนการผลิตโพลีเอทิลีนแบบที่ 1



รูปที่ 4.2 โครงสร้างการควบคุมภายในหอกลั่นหน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

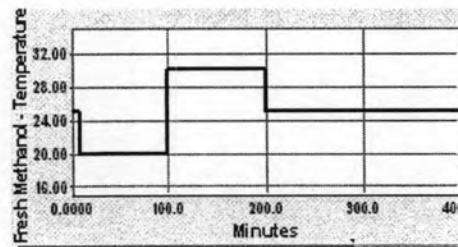


รูปที่ 4.3 โครงสร้างการควบคุมภายในหอกลั่นหน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



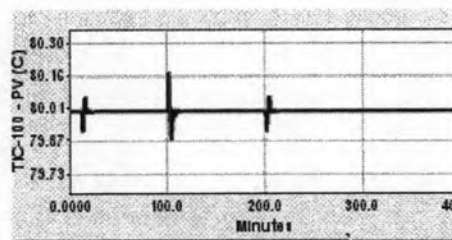
รูปที่ 4.4 โครงสร้างการควบคุมภายในหอกลั่นหน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

กรณีศึกษาที่ 1 เมื่อรบกวนอุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์ในช่วง 100 นาที โดยลดอุณหภูมิลงจาก 25 องศาเซลเซียสเป็น 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบลบ จากนั้นทำการรบกวนระบบโดยเพิ่มอุณหภูมิเป็น 30 องศาเซลเซียส อีก 100 นาที ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบบวก จากนั้นหยุดการรบกวนระบบอีก 200 นาที



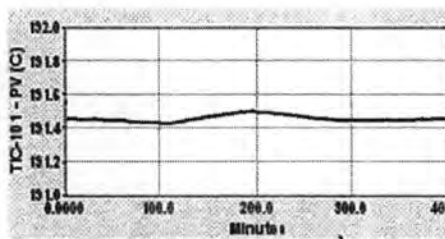
รูปที่ 4.5 การรบกวนระบบที่อุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์หน่วยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิคเคชัน

รูปที่ 4.6 การตอบสนองทางพลวัตของโครงสร้างที่ 1 เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์



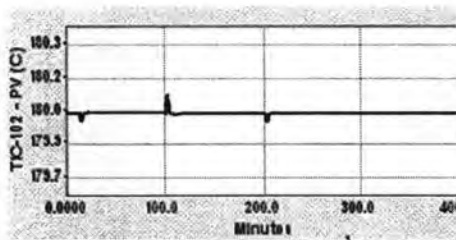
รูปที่ 4.6ก ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิคเคชัน

พิจารณาจากรูปที่ 4.6ก เมื่อระบบควบคุมกระบวนการโดยการลดอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ เป็น 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 นาที พบว่าจุดยอดของกราฟสูงขึ้นเล็กน้อยก่อนที่จะเข้าสู่ค่าเป้าหมาย แต่เมื่อระบบควบคุมกระบวนการโดยการเพิ่มอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์เป็น 30 องศาเซลเซียส และทดสอบอีก 100 นาที พบว่าจุดยอดของกราฟขึ้นสูงมากกว่าตอนทดสอบด้วยการลดอุณหภูมิและใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายช้ากว่า จึงเป็นที่สังเกตว่าการเพิ่มอุณหภูมิมิมีผลกระทบต่อระบบมากกว่า



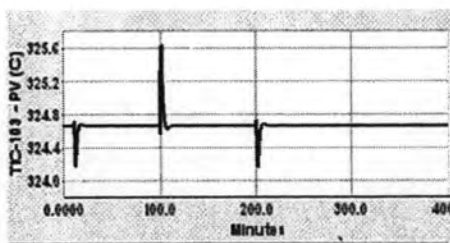
รูปที่ 4.6ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มข้าวของหอกลั่นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

พิจารณาจากรูปที่ 4.6ข เมื่อระบบควบคุมกระบวนการโดยการลดอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ พบว่าความร้อนในกระแสที่เข้าหอกลั่นลดลงทำให้อุณหภูมิของหอกลั่นลดลง แต่เมื่อระบบควบคุมกระบวนการโดยการเพิ่มอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ พบว่าความร้อนในกระแสที่เข้าหอกลั่นเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิของหอกลั่นเพิ่มขึ้น



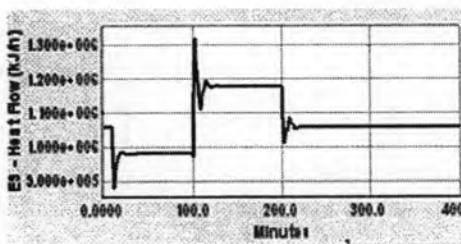
รูปที่ 4.6ค ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยกำจัดความเป็นกรด

พิจารณาจากรูปที่ 4.6ค ซึ่งเป็นหน่วยควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ จากกราฟจะเห็นว่ากระบวนการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบร่วมกับหน่วยดังกล่าว เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่หน่วยนี้ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์จึงไม่ส่งผลกระทบมากนักที่หน่วยนี้



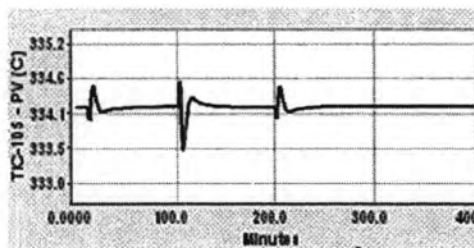
รูปที่ 4.6ง ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องแยกแพรชหน่วยกำจัดความเป็นกรด

พิจารณาจากรูปที่ 4.6ง ซึ่งเป็นหน่วยควบคุมอุณหภูมิเครื่องแยกแพรชของหน่วยกำจัดความเป็นกรด จากกราฟจะเห็นว่า การรบกวนกระบวนการโดยการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์จะเห็นได้ว่ามีจุดยอดของอุณหภูมิค่อนข้างสูง แต่เครื่องควบคุมสามารถควบคุมให้กลับสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากที่หน่วยนี้มีช่วงอุณหภูมิในการแยกที่กว้างจึงรองรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี และจุดยอดที่สูงของอุณหภูมินั้นไม่ส่งผลกระทบต่อมากนักกับการดำเนินการ

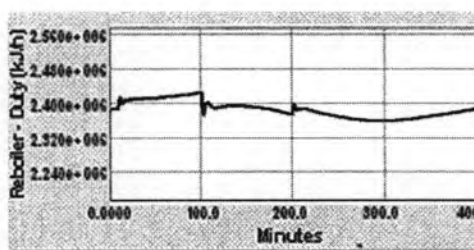


รูปที่ 4.6จ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ถ่ายออกจากฟัดคอนเดนเซอร์

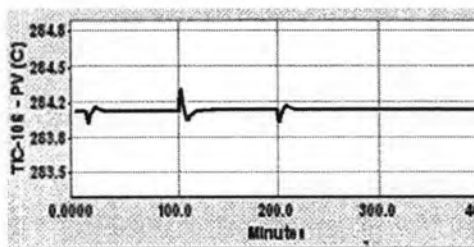
พิจารณาจากรูปที่ 4.6จ ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของความร้อนที่ถ่ายออกจากฟัดคอนเดนเซอร์ โดยเป็นหน่วยจัดการกับพลังงานที่สะสมในระบบ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไอกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วย จากกราฟจะเห็นว่า การรบกวนกระบวนการโดยการลดอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์จะทำให้ช่วงแรกมีกระแสเย็นเข้ามาในกระบวนการ โดยในส่วนของระบบควบคุมอุณหภูมิจะควบคุมความร้อนที่ป้อนเข้ากระบวนการดังนั้นเมื่อมีกระแสเย็นเข้ามาในระบบจึงต้องให้ความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ความร้อนในระบบมากขึ้นเมื่อมาถึงที่ฟัดคอนเดนเซอร์ระบบจึงต้องถ่ายความร้อนออกมากขึ้น และเมื่อรบกวนกระบวนการโดยการเพิ่มอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์จึงให้ผลตรงข้ามกันดังกราฟ



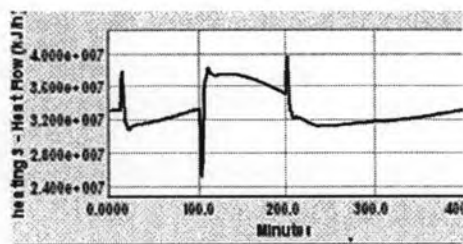
รูปที่ 4.6จ ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.6ข ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

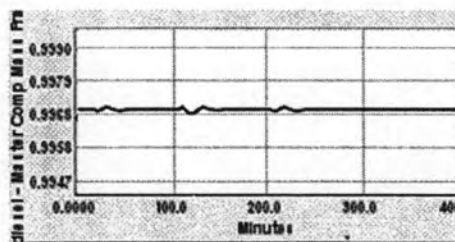


รูปที่ 4.6ค ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

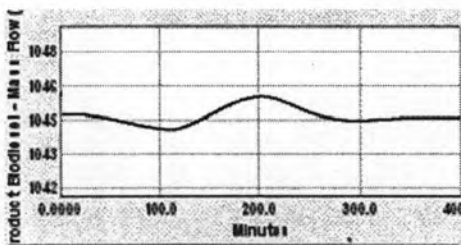


รูปที่ 4.6ด ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

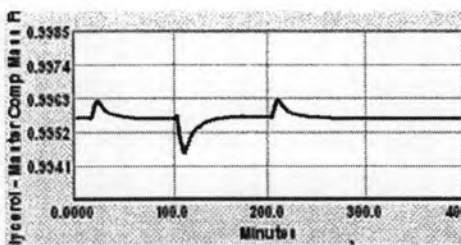
พิจารณาจากรูปที่ 4.6ข ถึง 4.6ฉ เห็นได้ว่าผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของ หอก ถังที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ และที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ ระบบควบคุม สามารถควบคุมระบบให้กลับสู่ค่าเป้าหมายได้ แต่เมื่อพิจารณาในส่วนของการตอบสนองของ ความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอก ถัง ไม่ว่าอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์จะลดลงเท่าไร หน่วยควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำจะต้องควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำให้อยู่ที่ค่า เป้าหมาย ดังนั้นในช่วงแรกความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำจึงมากขึ้นดังรูปที่ 4.6ข และ 4.6ฉ เมื่อระบบวนกระบวนการโดยการเพิ่มอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ทำให้กระแสความร้อนเข้าสู่หอก ถังมากขึ้นส่งผลให้หน่วยควบคุมต้องลดปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำลง



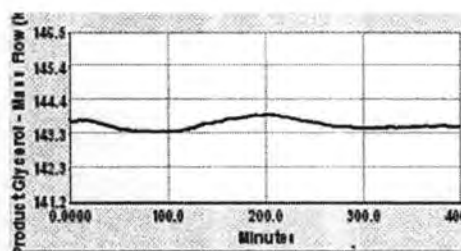
รูปที่ 4.6ข ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล



รูปที่ 4.6ค ผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล



รูปที่ 4.6ง ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล

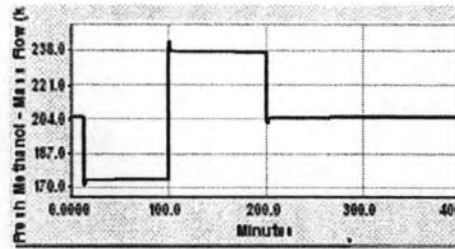


รูปที่ 4.6 รู ผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล

พิจารณารูปที่ 4.6 ก และ 4.6 ข ซึ่งเป็นกราฟแสดงผลการตอบสนองของเศษส่วนมวลผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล และกลีเซอรอล เมื่อทำการรบกวนระบบจะเห็นว่าหน่วยควบคุมสามารถควบคุมเศษส่วนมวล ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้คงที่ได้ กล่าวคือ โครงสร้างการควบคุมที่ 1 สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ค่อนข้างดี

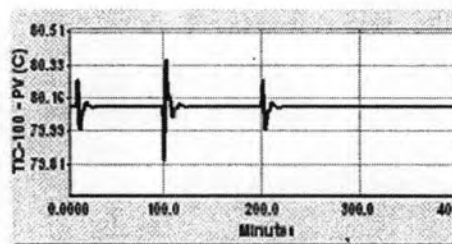
พิจารณารูปที่ 4.6 ก และ 4.6 ข ซึ่งเป็นกราฟแสดงผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล และกลีเซอรอล สังเกตได้ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่ออุณหภูมิลดลงในช่วงแรกพบว่าค่าอัตราการไหลจะมีค่าที่ต่ำลง เนื่องจากหน่วยควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มข้าวจะต้องควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มข้าวให้อยู่ที่ค่าเป้าหมายทำให้ค่าพลังงานความร้อนที่ป้อนเข้าสู่หม้อกลั่นมีค่าสูงที่มากขึ้นส่งผลต่อระดับของของเหลวในเครื่องต้มข้าวในทางที่ลดระดับลงซึ่งส่งผลในแนวโน้มที่สอดคล้องกับอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ คือ ทำให้อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ลดลง และเมื่อรบกวนกระบวนการโดยการเพิ่มอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ทำให้กระแสความร้อนเข้าสู่หม้อกลั่นมากขึ้นส่งผลให้หน่วยควบคุมต้องลดปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มข้าวลงทำให้ระดับของของเหลวในเครื่องต้มข้าวเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

กรณีศึกษาที่ 2 เมื่อรบกวนอัตราการไหลของเมทานอลในช่วง 100 นาที โดยลดอัตราการไหลของเมทานอลลงจาก 215.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็น 182.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบลบ จากนั้นทำการรบกวนระบบโดยเพิ่มอัตราการไหลเป็น 247.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อีก 100 นาที เพื่อการรบกวนระบบแบบบวก แล้วหยุดการรบกวนระบบอีก 200 นาที



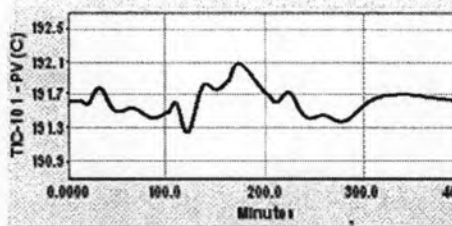
รูปที่ 4.7 การรบกวนระบบที่อัตราการไหลของเมทานอลใหม่

รูปที่ 4.8 การตอบสนองทางพลวัตของโครงสร้างที่ 1 เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ



รูปที่ 4.8ก ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์พีเคชั่น

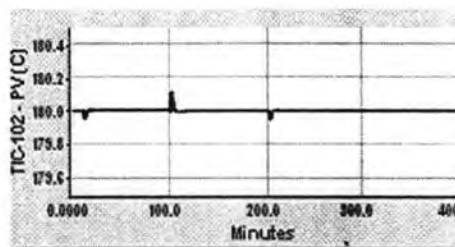
พิจารณาจากรูปที่ 4.8ก เมื่อรบกวนกระบวนการโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ พบว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกับการรบกวนระบบในกรณีศึกษาที่ 1 จึงเป็นที่สังเกตได้ว่าการเพิ่มปริมาณเมทานอลมีผลกระทบต่อระบบมากกว่า



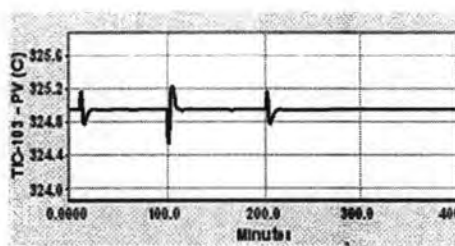
รูปที่ 4.8ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลับที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

พิจารณาจากรูปที่ 4.8ข เมื่อรบกวนกระบวนการโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ พบว่าอุณหภูมิมีความแปรปรวนมากเนื่องจากการติดตั้งเครื่องควบคุมอัตราการไหลของสายรีไซเคิลเมทานอลไว้ซึ่งส่งผลให้ระบบต้องการอัตราการไหลของเมทานอลที่ออกทาง

ยอดหอกลับที่คงที่ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้อุณหภูมิภายในหอกลับไม่คงที่ ทำให้การควบคุมอุณหภูมิทำได้ยาก และได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร

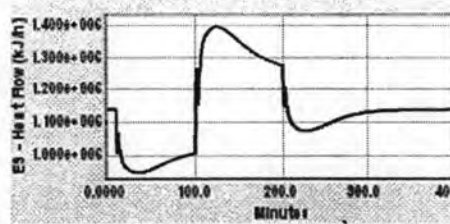


รูปที่ 4.8ค ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยกำจัดความเป็นกรด



รูปที่ 4.8ง ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องแยกแพรชหน่วยกำจัดความเป็นกรด

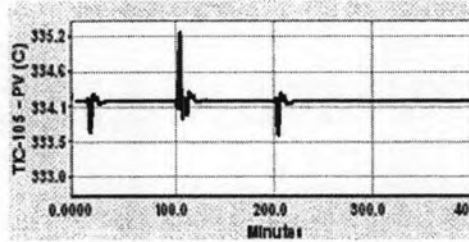
พิจารณาจากรูปที่ 4.8ค และ 4.8ง เมื่อระบบกระบวนการโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ พบว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกับการรบกวนระบบในกรณีศึกษาที่ 1 แต่มีจุดยอดความแปรปรวนน้อยกว่า



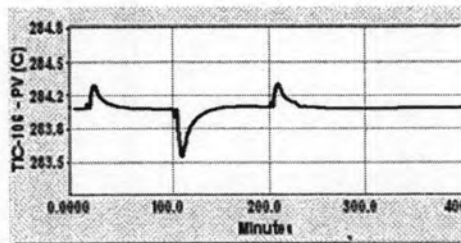
รูปที่ 4.8จ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ถ่ายออกจากปลัคคอนเดนเซอร์

พิจารณาจากรูปที่ 4.8จ เมื่อระบบกระบวนการโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ เมื่อปริมาณเมทานอลในกระบวนการลดลงระดับของของเหลวในแต่ละหน่วยปฏิบัติการน้อยลง จะส่งผลให้ระดับของของเหลวในเครื่องต้มซ้ำของหอกลับที่หน่วยนำเมทานอลกลับมาใช้ใหม่ลดลงทำให้ระบบต้องป้อนความร้อนเข้าสู่หอกลับน้อยลงทำให้ความร้อนที่เข้าสู่

กระบวนการลดลง ส่งผลให้ความร้อนที่ถ่ายออกจากฟลัดคอนเดนเซอร์ลดลงนั่นเอง และเมื่อเพิ่มปริมาณของเมทานอลความร้อนที่ถ่ายออกจึงเพิ่มขึ้นดังกราฟ

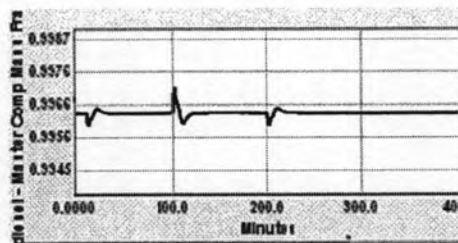


รูปที่ 4.8จ ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

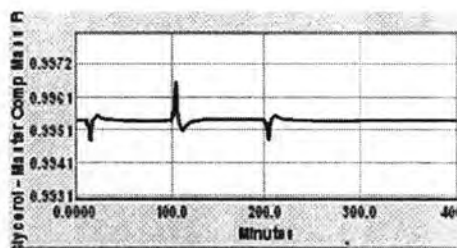


รูปที่ 4.8ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

พิจารณาจากรูปที่ 4.8จ และ 4.8ข เมื่อรบกวนกระบวนการโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ พบว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกับการรบกวนระบบในกรณีศึกษาที่ 1 แต่ระบบจะเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ช้ากว่า

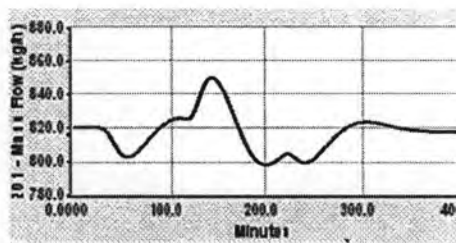


รูปที่ 4.8ค ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล

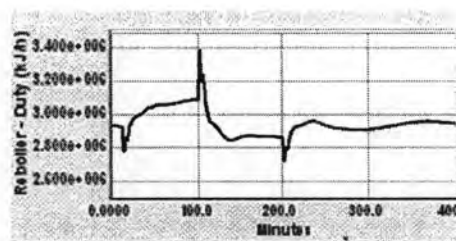


รูปที่ 4.8ฉ ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล

พิจารณาจากรูปที่ 4.8ช และ 4.8ฉ จากกราฟจะเห็นว่ายังคงควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ แต่จุดยอดของกราฟสูงกว่ากรณีศึกษาที่ 1 และจะเห็นว่ามีส่วนที่ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานแต่ก็แค่ในช่วงเวลาไม่นานจึงจัดได้ว่ายังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

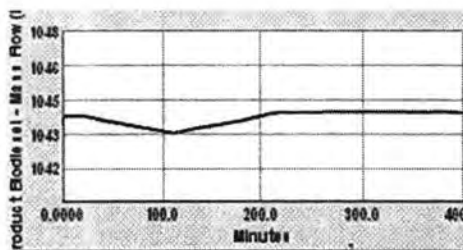


รูปที่ 4.8ค ผลการตอบสนองของอัตราการไหลของกระแสไหลเคิล

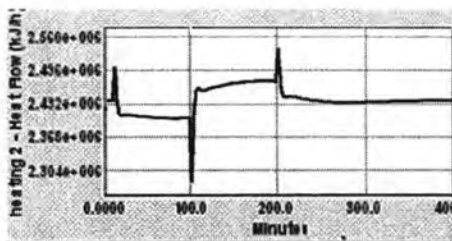


รูปที่ 4.8ค ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

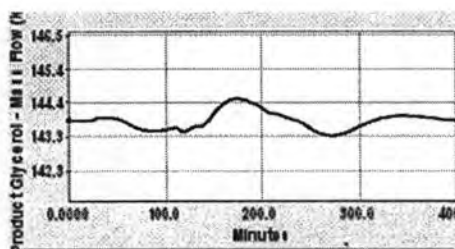
พิจารณารูปที่ 4.8ค และ 4.8ค เมื่อระบบกระบวนการโดยการลดอัตราการไหลของกระแสเมทานอลใหม่เป็นเหตุให้ปริมาณเมทานอลที่เข้าสู่กระบวนการน้อยลง เนื่องจากหอกลั่นหน่วยแยกเมทานอลต้องควบคุมระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัม ดังนั้นเมื่อระดับของเหลวลดลงส่งผลให้อัตราการไหลของกระแสไหลเคิลลดลง ความร้อนที่ป้อนเข้าหอกลั่นมากขึ้น และเมื่อระบบกระบวนการโดยการเพิ่มอัตราการไหล จึงให้ผลในทิศทางตรงข้ามกันดังกราฟ แต่จะสังเกตได้ว่าอัตราการไหลของกระแสไหลเคิลแปรปรวนมากเหมือนกรณีศึกษาที่ 1



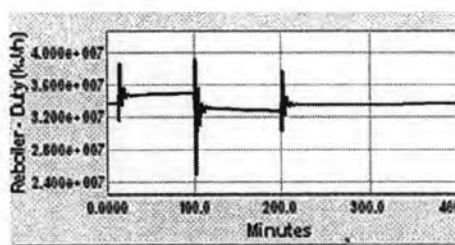
รูปที่ 4.8ก ผลการตอบสนองของอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล



รูปที่ 4.8ข ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลิ้นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.8ค ผลการตอบสนองของอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล



รูปที่ 4.8ค ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลิ้นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

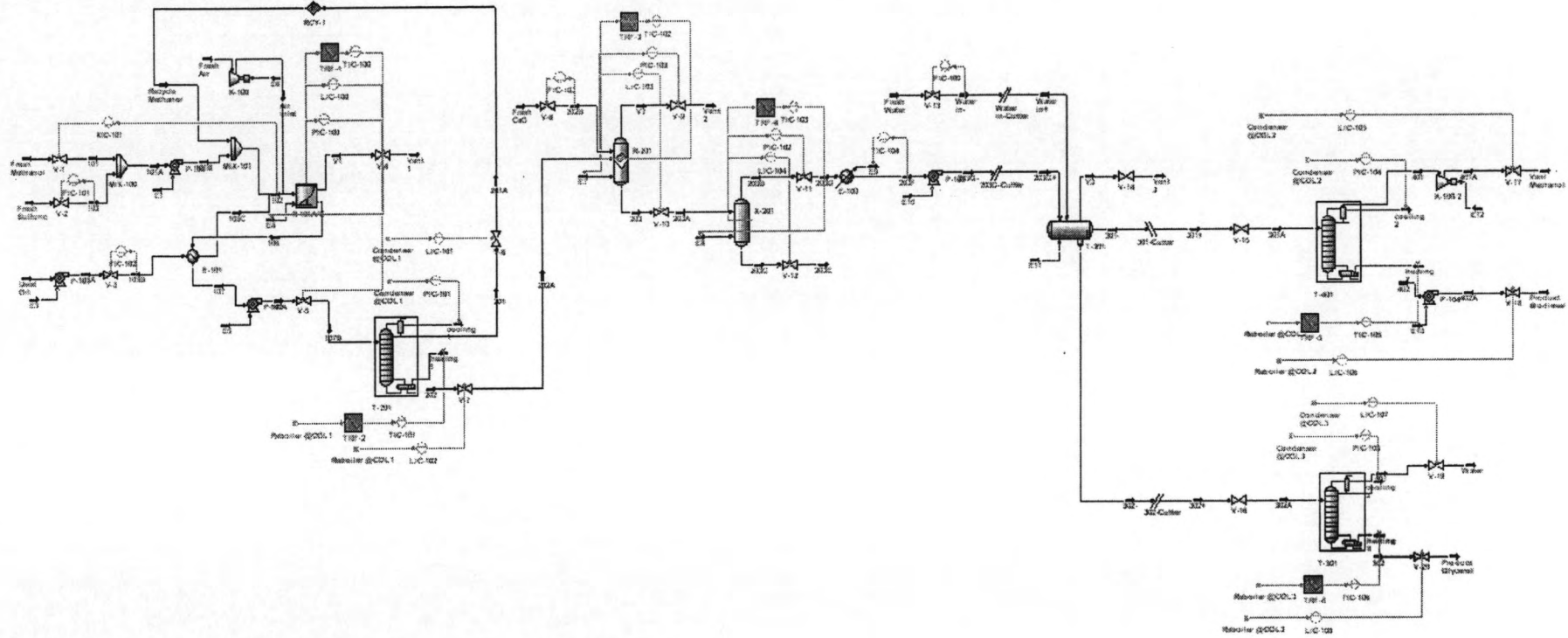
พิจารณารูปที่ 4.8ก ถึง 4.8ค เมื่อรบกวนกระบวนการโดยการลดอัตราการไหลของกระแสเมทานอลใหม่ เป็นผลให้เมทานอลเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์น้อยลง ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่า

น้อยตามไปด้วย ผลិតภัณฑ์จึงมีปริมาณน้อยลง และมีสิ่งเจือปนมากขึ้น ในขณะที่หอกลับหน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น และหน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้นต้องการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่กั้นหอกจึงต้องกลั่นสิ่งเจือปนออกทางยอดหอมมากขึ้นตามไปด้วย จึงส่งผลให้พลังงานความร้อนที่เข้าสู่หอกลับนั้นจะมีค่ามากขึ้น และส่งผลให้ค่าของอัตราการไหลของกระแสผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำลง และเมื่อรวบจนกระบวนการโดยการเพิ่มอัตราการไหล จึงให้ผลในทิศทางตรงข้ามกันดังกราฟ

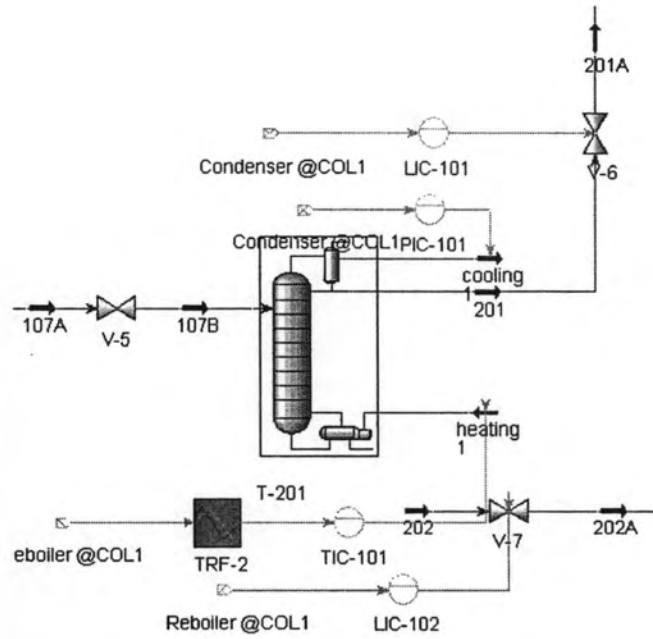
สำหรับกรณีศึกษาที่ 2 ของโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1 นั้น จะเห็นได้ว่ากระแสการรีไซเคิลมีความแปรปรวนมาก เนื่องจากโครงสร้างการควบคุมนี้มีได้ออกแบบให้กระบวนการสามารถรองรับตัวรบกวนทางด้านมวลสารได้ดีเท่าที่ควร

สำหรับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1 เน้นไปที่การควบคุมผลิตภัณฑ์ โดยการปรับการไหลของสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีข้อเสียคือ อัตราการไหลของกระแสผลิตภัณฑ์ไม่คงที่ และเมื่อพิจารณาจากผลการตอบสนองการรบกวนระบบที่อุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์ พบว่าโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1 สามารถจัดการกับตัวแปรรบกวนดังกล่าวได้เป็นอย่างดี แต่เมื่อพิจารณาจากผลการตอบสนองการรบกวนระบบที่อัตราการไหลของเมทานอลใหม่ โครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1 ยังไม่สามารถควบคุมความแปรปรวนของมวลสารได้ดีเท่าที่ควร

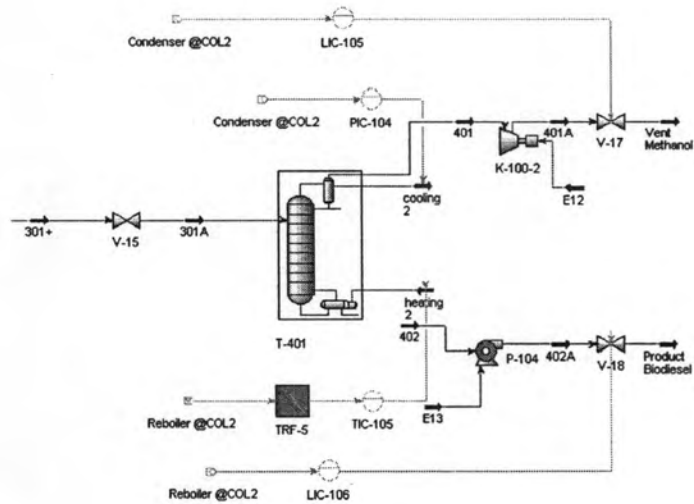
4.3 โครงสร้างการควบคุมแบบที่ 2



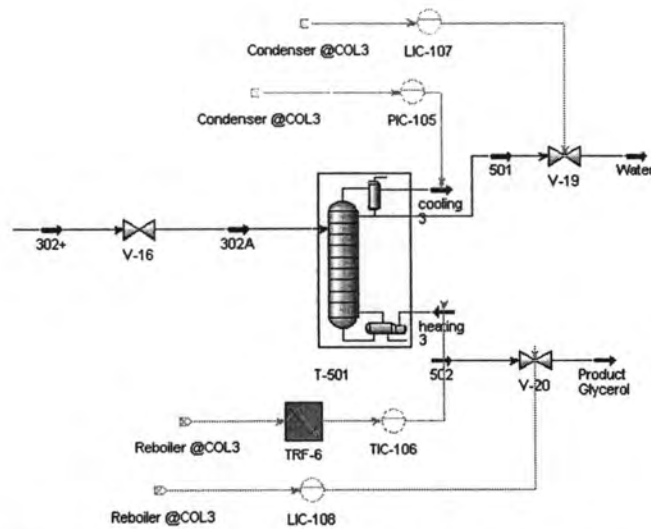
รูปที่ 4.9 โครงสร้างการควบคุมกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบที่ 2



รูปที่ 4.10 โครงสร้างการควบคุมภายในหอกลั่นหน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่แบบที่ 2

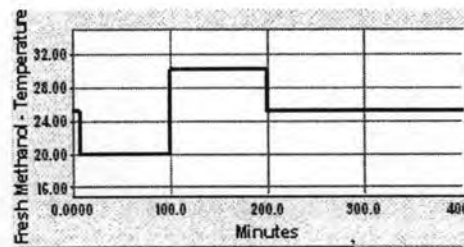


รูปที่ 4.11 โครงสร้างการควบคุมภายในหอกลั่นหน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้นแบบที่ 2



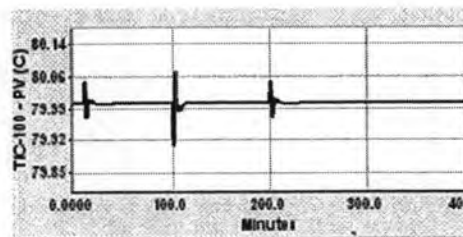
รูปที่ 4.12 โครงสร้างการควบคุมภายในหอกกลั่นหน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้นแบบที่ 2

กรณีศึกษาที่ 1 เมื่อรบกวนอุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์ในช่วง 100 นาที โดยลดอุณหภูมิลงจาก 25 องศาเซลเซียสเป็น 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบลบ จากนั้นทำการรบกวนระบบโดยเพิ่มอุณหภูมิเป็น 30 องศาเซลเซียส อีก 100 นาที ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบบวก จากนั้นหยุดการรบกวนระบบอีก 200 นาที



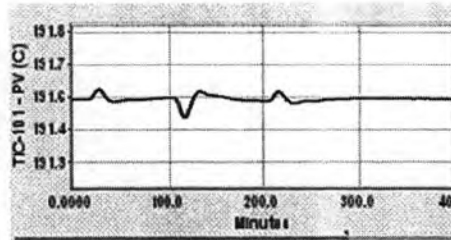
รูปที่ 4.13 การรบกวนระบบที่อุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์หน่วยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน

รูปที่ 4.14 การตอบสนองทางพลวัตของโครงสร้างที่ 2 เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์



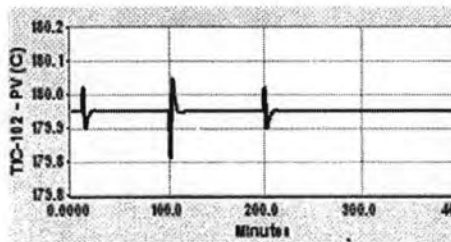
รูปที่ 4.14ก ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน

พิจารณาจากรูปที่ 4.14ก เมื่อระบบควบคุมอุณหภูมิโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ พบว่าจุดยอดของกราฟเปลี่ยนแปลงตามลักษณะการรบกวนเล็กน้อยก่อนที่จะเข้าค่าเป้าหมาย

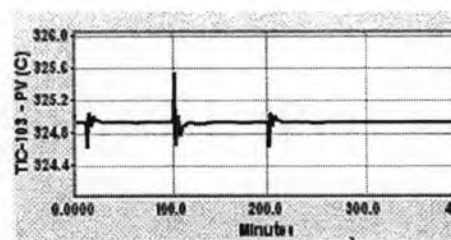


รูปที่ 4.14ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มฆ่าของหอกลิ้นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

พิจารณาจากรูปที่ 4.14ข จะเห็นว่าอุณหภูมิในหอกลิ้นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่มีความปั่นป่วนน้อยลงเมื่อเทียบกับโครงสร้างการควบคุมที่ 1 เนื่องจากระบบมีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของมวลสารที่ดีขึ้น



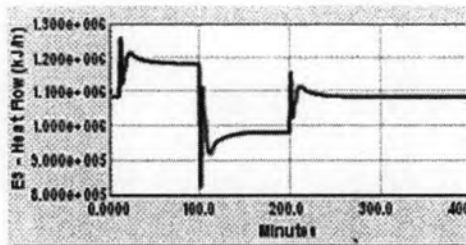
รูปที่ 4.14ค ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยกำจัดความเป็นกรด



รูปที่ 4.14ง ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องแยกแพรชหน่วยกำจัดความเป็นกรด

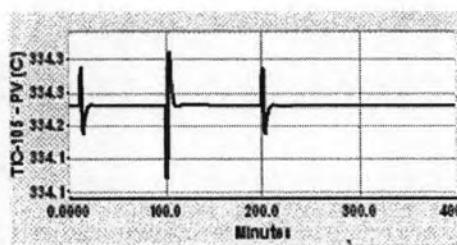
พิจารณาจากรูปที่ 4.14ค และ 4.14ง ผลการตอบสนองของกรณีศึกษาที่ 1 สำหรับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 2 ของหน่วยควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ และเครื่องแยกแพรช

ที่หน่วยกำจัดความเป็นกรด จะให้ผลการตอบสนองที่คล้ายคลึงกับโครงสร้างควบคุมแบบที่ 1 แต่จุดยอดของความแปรปรวนต่ำกว่าโครงสร้างที่ 1 แต่จะใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายนานกว่า

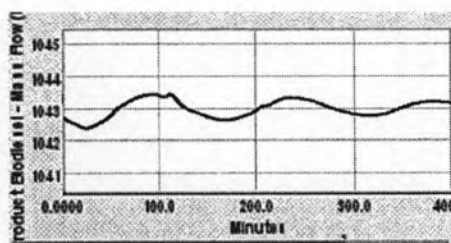


รูปที่ 4.14จ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ถ่ายออกจากฟัดคอนเดนเซอร์

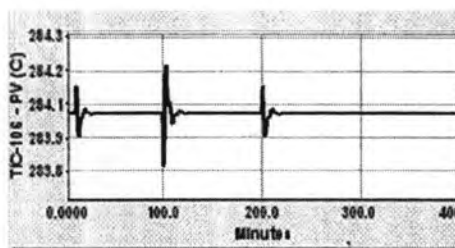
พิจารณาจากรูปที่ 4.14จ ผลการตอบสนองในกรณีศึกษาที่ 1 สำหรับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 2 ให้ผลคล้ายกันกับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1 แต่จะเห็นได้ว่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายออกจากฟัดคอนเดนเซอร์มากกว่าเมื่อเทียบกับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1



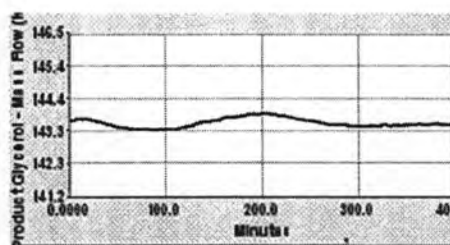
รูปที่ 4.14ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลิ้นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.14ค ผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล

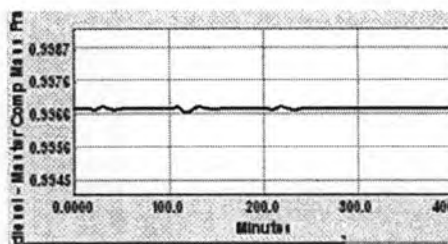


รูปที่ 4.14ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลิ้นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

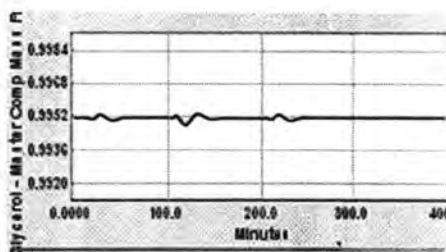


รูปที่ 4.14ค ผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล

พิจารณาจากรูปที่ 4.14ข ถึง 4.14ค เห็นได้ว่าผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลิ้นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ และที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ ใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายเร็วกว่าโครงสร้างแบบที่ 1 และในส่วนของ การตอบสนองของอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล ไม่ว่าอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์จะลดลงเท่าไร หน่วยควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำจะต้องควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำให้อยู่ที่ค่าเป้าหมาย ดังนั้นในช่วงแรกอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลจึงลดลงดังรูปที่ 4.14ข เมื่อระบบกระบวนการโดยการเพิ่มอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ทำให้กระแสความร้อนเข้าสู่หอกลิ้นมากขึ้นส่งผลให้หน่วยควบคุมต้องเพิ่มอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลขึ้น



รูปที่ 4.14ง ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล

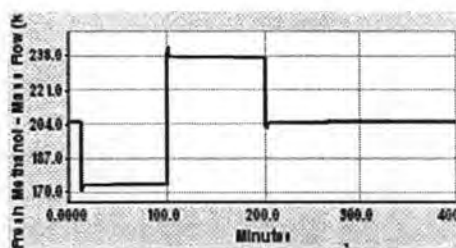


รูปที่ 4.14 ฏ ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล

พิจารณารูปที่ 4.14 ฏ และ 4.14 ฏ ซึ่งเป็นกราฟแสดงผลการตอบสนองของเศษส่วนมวลผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล และกลีเซอรอล เมื่อทำการรบกวนระบบจะเห็นว่าหน่วยควบคุมสามารถควบคุมเศษส่วนมวล ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้คงที่ได้ กล่าวคือโครงสร้างการควบคุมที่ 2 สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี

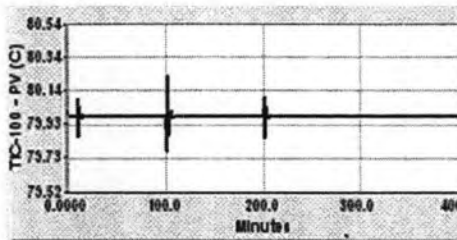
สำหรับผลการตอบสนองของกรณีศึกษาที่ 1 สำหรับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 2 เมื่อรบกวนกระบวนการโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์ดังรูปที่ 4.39 หน่วยควบคุมอุณหภูมิของหอกลิ้นไบโอดีเซล และหอกลิ้นกลีเซอรอลใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายเร็วกว่าโครงสร้างแบบที่ 1 และการรบกวนระบบยังส่งผลต่ออัตราการไหลของกระแสผลิตภัณฑ์ทั้งสองตัว เนื่องจากอุณหภูมิภายในหอกลิ้นเปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบต่อระดับของเหลวในเครื่องต้มซ้ำนั่นเอง

กรณีศึกษาที่ 2 เมื่อรบกวนอัตราการไหลของเมทานอลในช่วง 100 นาที โดยลดอัตราการไหลของเมทานอลลงจาก 215.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเป็น 182.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบลบ จากนั้นทำการรบกวนระบบโดยเพิ่มอัตราการไหลเป็น 247.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อีก 100 นาที เพื่อการรบกวนระบบแบบบวก แล้วหยุดการรบกวนระบบอีก 200 นาที

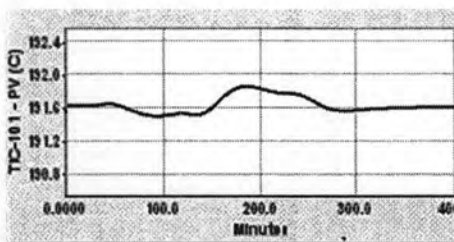


รูปที่ 4.15 การรบกวนระบบที่อัตราการไหลของเมทานอลใหม่

รูปที่ 4.16 การตอบสนองทางพลวัตของโครงสร้างที่ 2 เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ

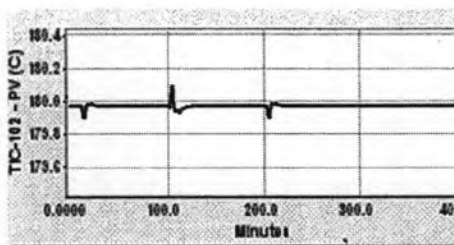


รูปที่ 4.16ก ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน

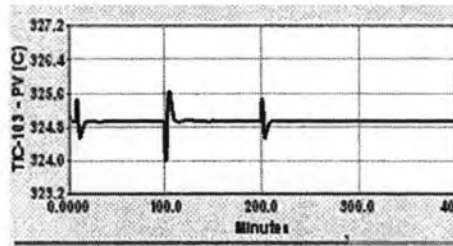


รูปที่ 4.16ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

พิจารณาจากรูปที่ 4.16ข เนื่องจากโครงสร้างการควบคุมที่ 2 นี้เน้นการลดผลกระทบจากการรบกวนระบบโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการซึ่งทำให้ปริมาณเมทานอลในระบบไม่แปรปรวนมากนักส่งผลให้อุณหภูมิของหอกลั่นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่มีความแปรปรวนน้อยลง

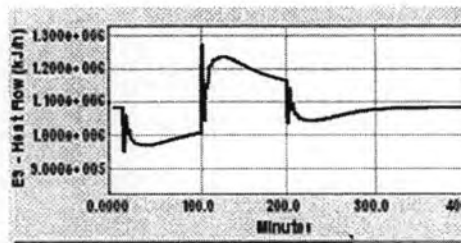


รูปที่ 4.16ค ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยกำจัดความเป็นกรด



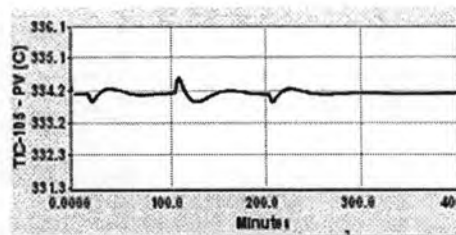
รูปที่ 4.16ง ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องแฟรชหน่วยกำจัดความเป็นกรด

พิจารณาจากรูปที่ 4.16ค และ 4.16ง เมื่อระบบควบคุมการโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในระบบ พบว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกับการรบกวนระบบในกรณีศึกษาที่ 1

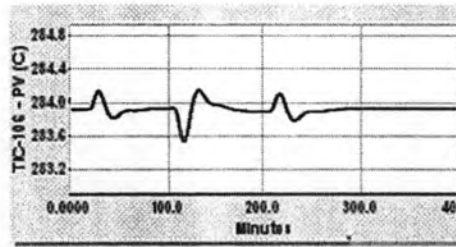


รูปที่ 4.16จ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ถ่ายออกจากฟลัดคอนเดนเซอร์

พิจารณาจากรูปที่ 4.16จ เมื่อระบบควบคุมการโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในระบบ พบว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกับการรบกวนระบบในโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1 แต่ปริมาณความร้อนที่ถ่ายออกน้อยกว่า

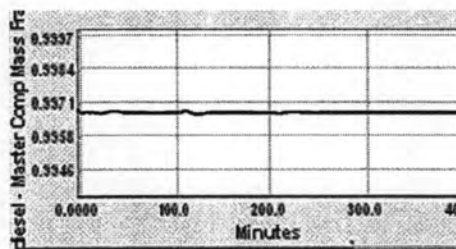


รูปที่ 4.16ฉ ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

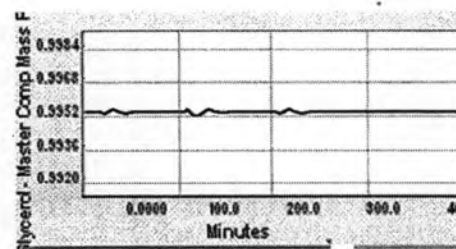


รูปที่ 4.16ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลิ้นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

พิจารณาจากรูปที่ 4.16ค และ 4.16ข เมื่อปรับกระบวนการโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ พบว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมีจุดยอดของความแปรปรวนต่ำกว่าในกรณีศึกษาที่ 1 และจะสังเกตได้ว่าระบบจะเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เร็วกว่าอีกด้วย

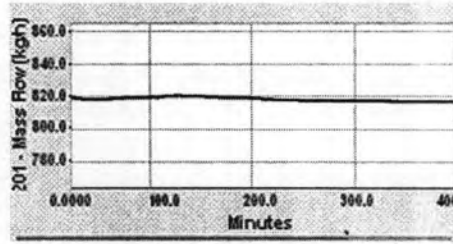


รูปที่ 4.16ค ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล

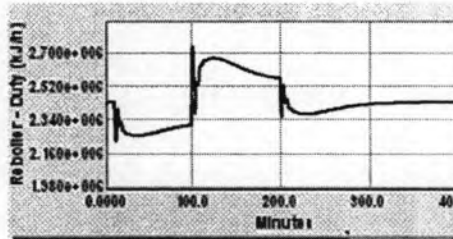


รูปที่ 4.16ด ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล

พิจารณาจากรูปที่ 4.16ข และ 4.16ด พบว่าเมื่อปรับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 2 ด้วยการเปลี่ยนอัตราการใช้เมทานอลใหม่ หน่วยควบคุมยังคงควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี

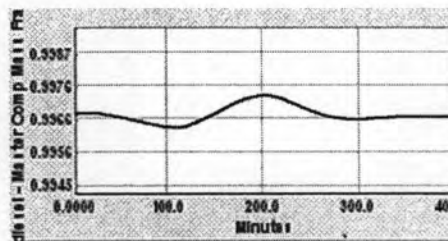


รูปที่ 4.16ญ ผลการตอบสนองของอัตราการไหลของกระแสรีไซเคิล

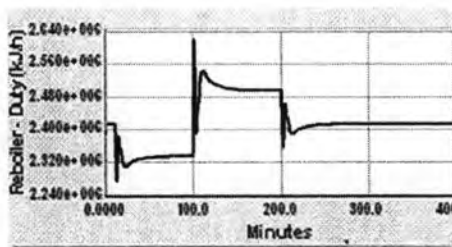


รูปที่ 4.16ฎ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

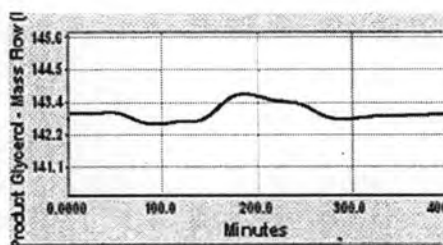
พิจารณารูปที่ 4.16ญ และ 4.16ฎ เมื่อระบบกระบวนการโดยการลดอัตราการไหลของกระแสเมทานอลใหม่เป็นเหตุให้ปริมาณเมทานอลที่เข้าสู่กระบวนการน้อยลง เนื่องจากหอกลั่นหน่วยแยกเมทานอลต้องควบคุมระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัม ดังนั้นเมื่อระดับของเหลวลดลงส่งผลให้อัตราการไหลของกระแสรีไซเคิลลดลง แต่เนื่องจากโครงสร้างแบบที่ 2 นี้ต้องการควบคุมอัตราการไหลของสายรีฟลักซ์ จึงทำให้ไม่ได้รับผลกระทบของการรบกวน แต่ความร้อนที่ป้อนเข้าหอกลั่นต้องเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เข้าสู่ค่าเป้าหมาย และเมื่อระบบกระบวนการโดยการเพิ่มอัตราการไหล จะให้ผลในทิศทางตรงข้ามกันดังกราฟ



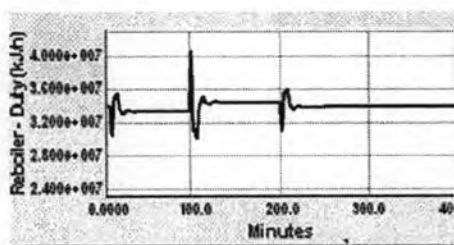
รูปที่ 4.16ฏ ผลการตอบสนองของอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไปโอดีเซล



รูปที่ 4.16ฐ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.16ท ผลการตอบสนองของอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล

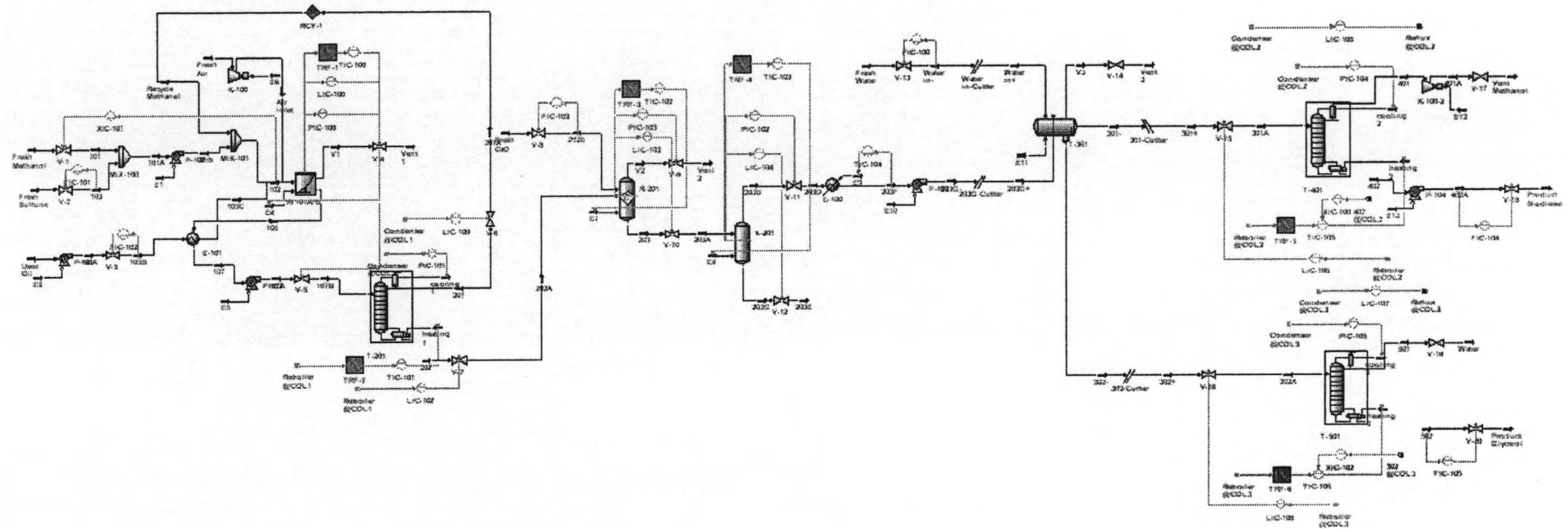


รูปที่ 4.16ค ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

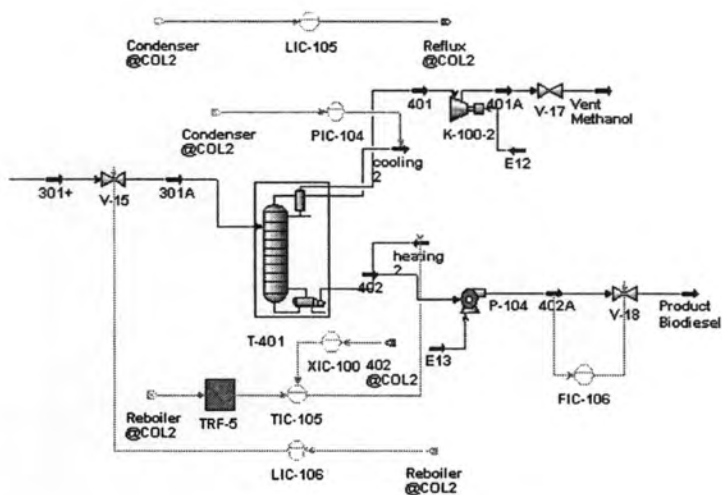
พิจารณารูปที่ 4.63 ถึง 4.66 เมื่อปรับกระบวนการ จะให้ผลการตอบสนองความร้อนที่ป้อนเข้าหอกลั่นที่คล้ายคลึงกับโครงสร้างควบคุมแบบที่ 1 แต่จะสังเกตได้ว่าผลกระทบของกรณีศึกษาที่ 2 นั้นจะไม่ส่งผลกระทบรุนแรงมากนักต่ออัตราการไหลของสายผลิตภัณฑ์ทั้งสองตัว

สำหรับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 2 เน้นไปที่การลดผลกระทบจากการรบกวนระบบเนื่องจากในโครงสร้างแบบที่ 1 หอกลั่นต้องรับการรบกวนกลับเข้าสู่หอเนื่องจากการควบคุมระดับของเหลวของรีฟลักซ์ด้วยอัตราการรีฟลักซ์ ดังนั้นในส่วนของอุณหภูมิของหอกลั่นจึงควบคุมได้ยาก ข้อดีของกระบวนการนี้คือเมื่อรบกวนระบบระบบควบคุมของหอกลั่นจะส่งการรบกวนออกนอกหอทำให้วงจรควบคุมอุณหภูมิใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายเร็วกว่าโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1 แต่จะเห็นได้ว่าอัตราการผลิตมีความแปรปรวนมากกว่าโครงสร้างแบบที่ 1

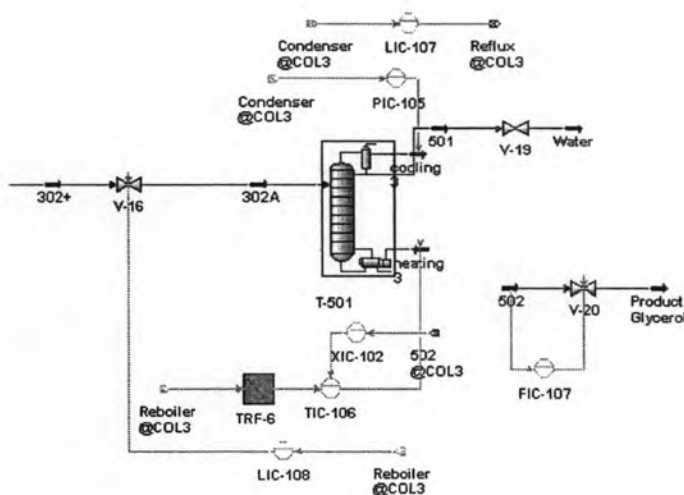
4.4 โครงสร้างการควบคุมแบบที่ 3



รูปที่ 4.17 โครงสร้างการควบคุมกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบที่ 3



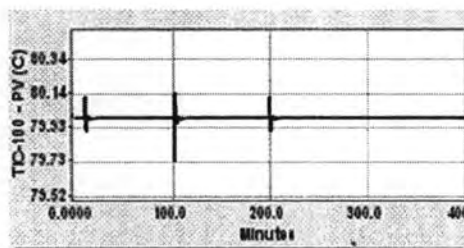
รูปที่ 4.18 โครงสร้างการควบคุมภายในหอกลิ้นหน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้นแบบที่ 3



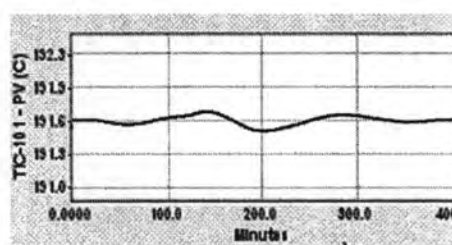
รูปที่ 4.19 โครงสร้างการควบคุมภายในหอกลิ้นหน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้นแบบที่ 3

กรณีศึกษาที่ 1 เมื่อรบกวนอุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์ในช่วง 100 นาที โดยลดอุณหภูมิลงจาก 25 องศาเซลเซียสเป็น 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบลบ จากนั้นทำการรบกวนระบบโดยเพิ่มอุณหภูมิเป็น 30 องศาเซลเซียส อีก 100 นาที ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบบวก จากนั้นหยุดการรบกวนระบบอีก 200 นาที

รูปที่ 4.20 การตอบสนองทางพลวัตของโครงสร้างที่ 3 เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขาเข้าเครื่องปฏิกรณ์

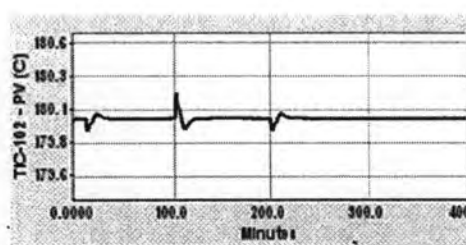


รูปที่ 4.20ก ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน

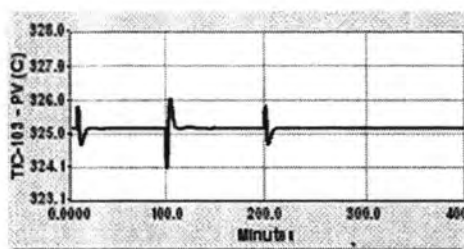


รูปที่ 4.20ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

พิจารณาจากรูปที่ 4.20ก และ 4.20ข เมื่อระบบกระบวนการโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเข้าเครื่องปฏิกรณ์ พบว่าจุดยอดของกราฟเปลี่ยนแปลงตามลักษณะการรบกวนเล็กน้อยก่อนที่จะเข้าค่าเป้าหมายและจะเห็นว่าในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิในหอกลั่นที่หน่วยแยก เมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่มีความปั่นป่วนน้อยลงเมื่อเทียบกับโครงสร้างการควบคุมที่ 1 และ 2

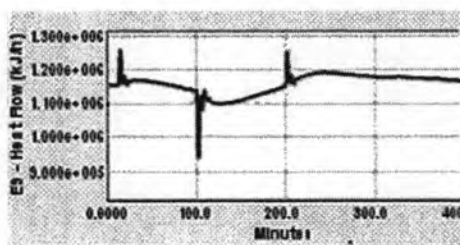


รูปที่ 4.20ค ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยกำจัดความเป็นกรด



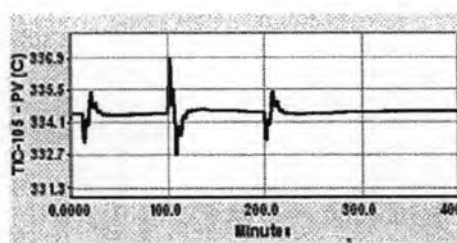
รูปที่ 4.20ง ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องแยกแพรชหน่วยกำจัดความเป็นกรด

พิจารณาจากรูปที่ 4.20ค และ 4.20ง ผลการตอบสนองของกรณีศึกษาที่ 1 สำหรับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 3 ของหน่วยควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ และเครื่องแยกแพรชที่หน่วยกำจัดความเป็นกรด จะให้ผลการตอบสนองที่คล้ายคลึงกับโครงสร้างควบคุมแบบที่ 2 และเมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่าจุดยอดของความแปรปรวนต่ำกว่า แต่จะใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายเร็วกว่า

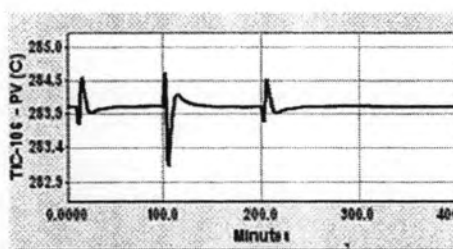


รูปที่ 4.20จ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ถ่ายออกจากฟลักคอนเดนเซอร์

พิจารณาจากรูปที่ 4.20จ จะเห็นได้ว่าให้ผลคล้ายกันกับโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายออกจากฟลักคอนเดนเซอร์น้อยกว่า

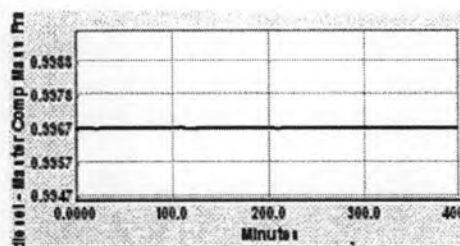


รูปที่ 4.20ฉ ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

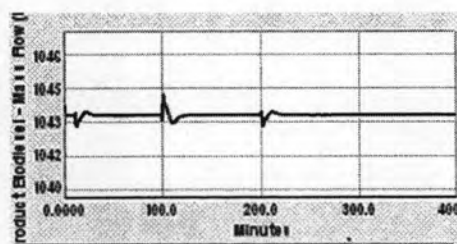


รูปที่ 4.20ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มข้าวของหอกลั่นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

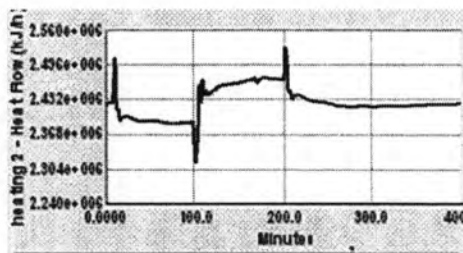
พิจารณาจากรูปที่ 4.20ข และ 4.20ค เห็นได้ว่าผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มข้าวของหอกลั่นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ และที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ ระบบควบคุมสามารถควบคุมระบบให้กลับสู่ค่าเป้าหมายได้ โดยโครงสร้างการควบคุมตั้งแต่ส่วนนี้เป็นต้นไปนั้นใช้มีลักษณะโครงสร้างการควบคุมคล้ายกับโครงสร้างการควบคุมที่ 1 แต่ได้เพิ่มเติมการควบคุมแบบแคสเคดเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ร่วมกับวงจรควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มข้าว และเพิ่มการควบคุมอัตราการไหลของสายผลิตภัณฑ์เข้าไป ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าความแปรปรวนของอุณหภูมิจะรุนแรงกว่าโครงสร้างการควบคุมที่ 1 เนื่องจากใช้ความร้อนที่ป้อนเข้าหอกลั่นเป็นตัวแปรควบคุมร่วมกัน



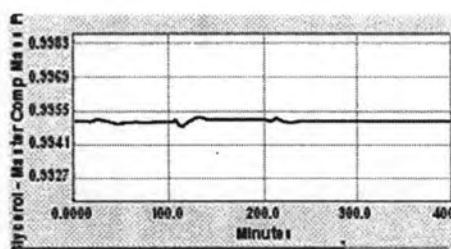
รูปที่ 4.20ค ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล



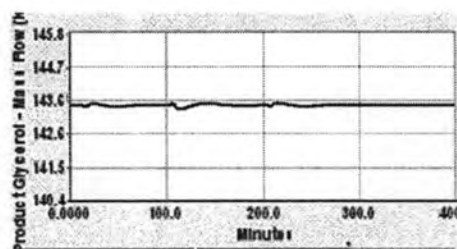
รูปที่ 4.20ด ผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล



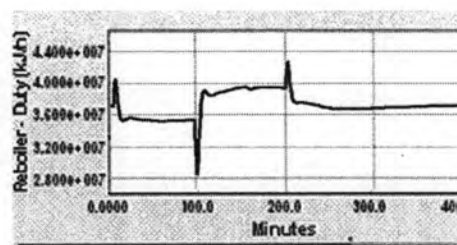
รูปที่ 4.20ญ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มฆ่าของหม้อกลั่นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.20ฎ ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล



รูปที่ 4.20ฅ ผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล



รูปที่ 4.20ฐ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มฆ่าของหม้อกลั่นที่ทำหน่วยกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

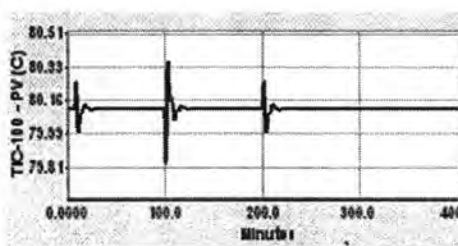
พิจารณาจากรูปที่ 4.20ช ถึง 4.20ฐ จะเห็นว่าระบบควบคุมสามารถควบคุมให้ทั้งผลตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวล และค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ทั้งสองนั้นค่อนข้างคงที่

แต่จะเห็นว่าความร้อนที่ป้อนเข้าหอกลั่นนั้นมีจุดยอดความแปรปรวนที่สูงซึ่งนั่นหมายถึงการใช้พลังงานที่มากขึ้นนั่นเอง

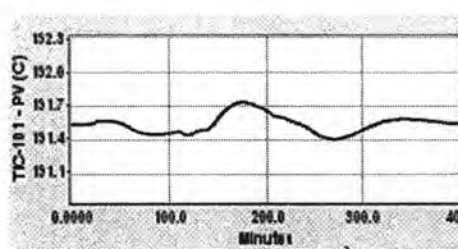
ผลการตอบสนองของกรณีศึกษาที่ 1 สำหรับระบบระบบโครงสร้างการควบคุมแบบที่ 3 พบว่าให้ผลตอบสนองในทางที่ดีคือระบบสามารถควบคุมได้ทั้งค่าเศษส่วนโดยมวล และค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ และยังสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีในระดับหนึ่งอีกด้วย

กรณีศึกษาที่ 2 เมื่อระบบควบคุมอัตราการไหลของเมทานอลในช่วง 100 นาที โดยลดอัตราการไหลของเมทานอลลงจาก 215.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเป็น 182.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นการรบกวนระบบแบบลบ จากนั้นทำการรบกวนระบบโดยเพิ่มอัตราการไหลเป็น 247.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อีก 100 นาที เพื่อการรบกวนระบบแบบบวก แล้วหยุดการรบกวนระบบอีก 200 นาที

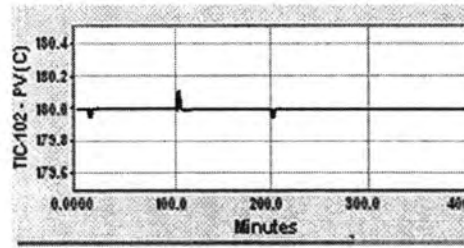
รูปที่ 4.21 การตอบสนองทางพลวัตของโครงสร้างที่ 3 เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทานอลในกระบวนการ



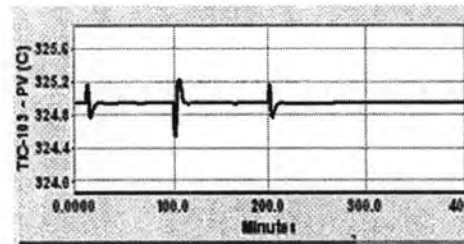
รูปที่ 4.21ก ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน



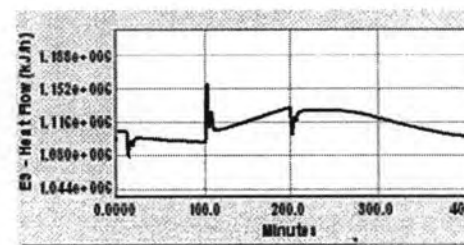
รูปที่ 4.21ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่



รูปที่ 4.21ค ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์หน่วยกำจัดความเป็นกรด

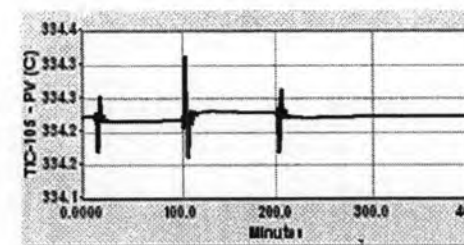


รูปที่ 4.21ง ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องแพรชหน่วยกำจัดความเป็นกรด

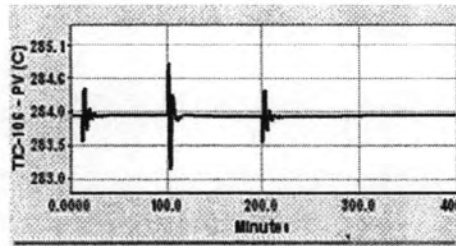


รูปที่ 4.21จ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ถ่ายออกจากฟัดคอนเดนเซอร์

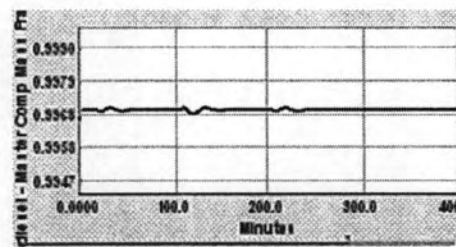
พิจารณาจากรูปที่ 4.83 ถึง 4.87 จะเห็นว่าให้ผลการตอบสนองที่คล้ายคลึงกับโครงสร้างควบคุมแบบที่ 2 และเมื่อพิจารณาที่การตอบสนองของความร้อนที่ถ่ายออกจากฟัดคอนเดนเซอร์ จุดยอดของความแปรปรวน และมีความแปรปรวนน้อยกว่า



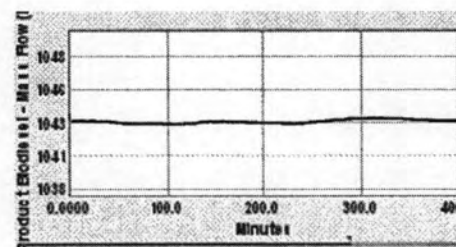
รูปที่ 4.21ด ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่ที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



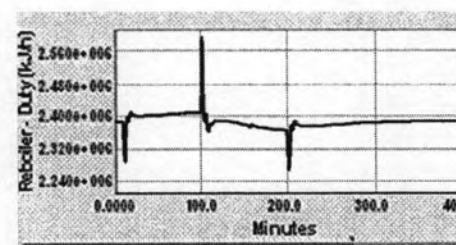
รูปที่ 4.21ข ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำของหอกลิ้นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



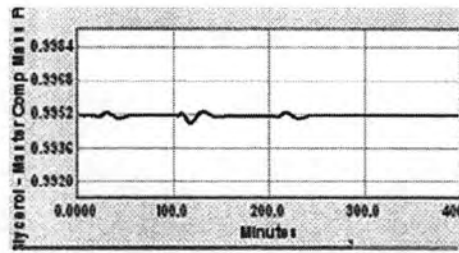
รูปที่ 4.21ค ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล



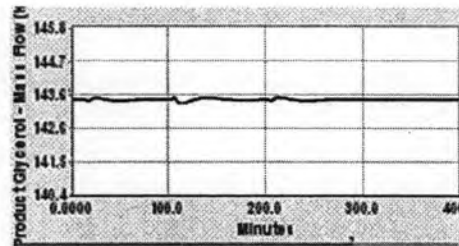
รูปที่ 4.21ด ผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล



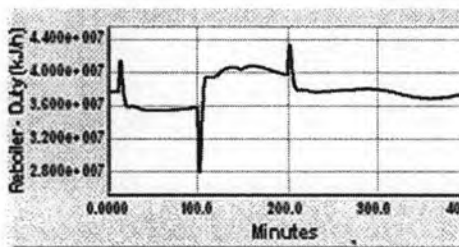
รูปที่ 4.21จ ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลิ้นที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



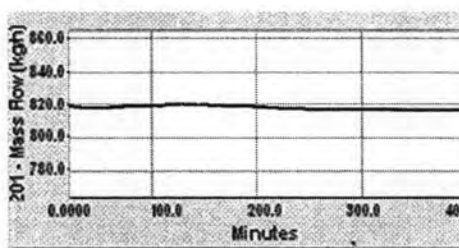
รูปที่ 4.21ก ผลการตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล



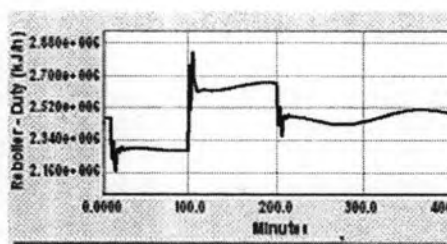
รูปที่ 4.21ข ผลการตอบสนองของค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์กลีเซอรอล



รูปที่ 4.21ค ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.21ด ผลการตอบสนองของอัตราการไหลของกระแสไซเคิล



รูปที่ 4.21 ผลการตอบสนองของความร้อนที่ป้อนเข้าเครื่องต้มซ้ำของหอกลั่นที่หน่วยแยกเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

สำหรับกรณีศึกษาที่ 2 โครงสร้างการควบคุมแบบที่ 3 นั้น เมื่อระบบทางมวลสารจะให้ผลการตอบสนองที่คล้ายกันกับกรณีศึกษาที่ 1 คือระบบควบคุมสามารถควบคุมให้ทั้งผลตอบสนองของค่าเศษส่วนโดยมวล และค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ทั้งสองนั้นค่อนข้างคงที่ และต้องใช้ปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าหอกลั่นเพื่อควบคุมกระบวนการให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายที่มากกว่า อีกทั้งยังแปรปรวนมากอีกด้วย

โครงสร้างระบบควบคุมแบบที่ 3 เป็นการนำความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิให้ปรับตัวเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เร็วของโครงสร้างแบบที่ 1 และความสามารถในการลดผลกระทบจากการรบกวนระบบโดยอัตราการไหลของเมทานอลใหม่ของโครงสร้างแบบที่ 2 มาใช้ร่วมกัน อีกทั้งยังมีการปรับปรุง โดยมีเป้าหมายเพื่อควบคุมทั้งปริมาณและคุณภาพของไบโอดีเซลที่หน่วยทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้นโดยใช้การควบคุมแบบแคสเคดควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ร่วมกับวงจรควบคุมอุณหภูมิของเครื่องต้มซ้ำ จากการรบกวนระบบด้านพลังงาน และการรบกวนระบบด้านมวลสารพบว่าโครงสร้างระบบควบคุมแบบที่ 3 สามารถควบคุมได้ดีทั้งในด้านอุณหภูมิ และการควบคุมทั้งปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวแต่จะใช้พลังงานมากขึ้นในการทำให้ระบบเข้าสู่เป้าหมายดังกล่าว