บทที่ 6

การตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของความผิดพร่อง ได้ในช่วงภาวะชั่วครู่ของระบบ โดยอาศัยข่ายงานประสาทแบบลำดับชั้นหลายขั้นตอน

โดยส่วนใหญ่แล้ว ระบบตรวจพบความผิดพร่องโดยอาศัยข่ายงานประสาทจะมีความสามารถในการตรวจพบและวินิจฉัยหรือจำแนกชนิดของความผิดพร่องได้เท่านั้น แต่ในงานวิจัยของ Watanabe, Matsuura, Abe, Kubota, Himmelblau[18] และ Mageed, Sakr, Bahgat[21] ยังได้นำเสนอโครงสร้างของ HANN ที่สามารถตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับของความผิดพร่องเดี่ยวได้ถูกต้อง เมื่อระบบเข้าสู่สถานะอยู่ตัวแล้ว

การสร้างสัญญาณเตือนที่บอกถึงระดับขนาดหรือระดับความรุนแรงของความผิดพร่องที่เกิดขึ้นช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถทราบได้ทันทีว่ามีความผิดพร่องชนิดใดเกิดขึ้นในระบบ และความผิดพร่องนั้นส่งผลรุนแรงต่อระบบมากหรือน้อยเพียงไร ทำให้การตัดสินใจแก้ไขทำได้ถูกต้องและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยสัญญาณเตือนที่ระดับความรุนแรงน้อย อาจคิดได้ว่าเป็นการรบกวนระบบและสามารถปล่อยให้ระบบทำงานต่อไปได้อย่างปกติ แต่หากระบบตรวจพบความผิดพร่องสร้างสัญญาณเตือนที่ระดับความรุนแรงมาก อาจต้องรีบหยุดการทำงานของระบบเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อผลผลิต เครื่องจักรและคนงาน

นอกจากนี้ การทราบระดับขนาดของความผิดพร่องที่เกิดขึ้น จะช่วยให้การปรับแก้ไขความผิดพร่องที่เกิดขึ้น โดยอาศัยการปรับโครงสร้างของตัวควบคุม สามารถทำได้สอดคล้องกับขนาดของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไป และทำให้ควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในบทที่ 6 นี้จะกล่าวถึงระบบตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของความผิดพร่องเดี่ยวให้ได้ถูกต้องตั้งแต่ระบบยังอยู่ในภาวะชั่วครู่ โดยอาศัยข่ายงานประสาทแบบลำดับชั้นหลายขั้นตอน (MSHANN) และศึกษาการปรับโครงสร้างของตัวควบคุมเพื่อแก้ไขความผิดพร่องเดี่ยวในบางกรณี และทดสอบด้วยการจำลองระบบกับหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิด

6.1 โครงสร้าง MSHANN และรูปแบบของการสอนเพื่อการวินิจฉัยและบอกระดับขนาดของความผิดพร่อง

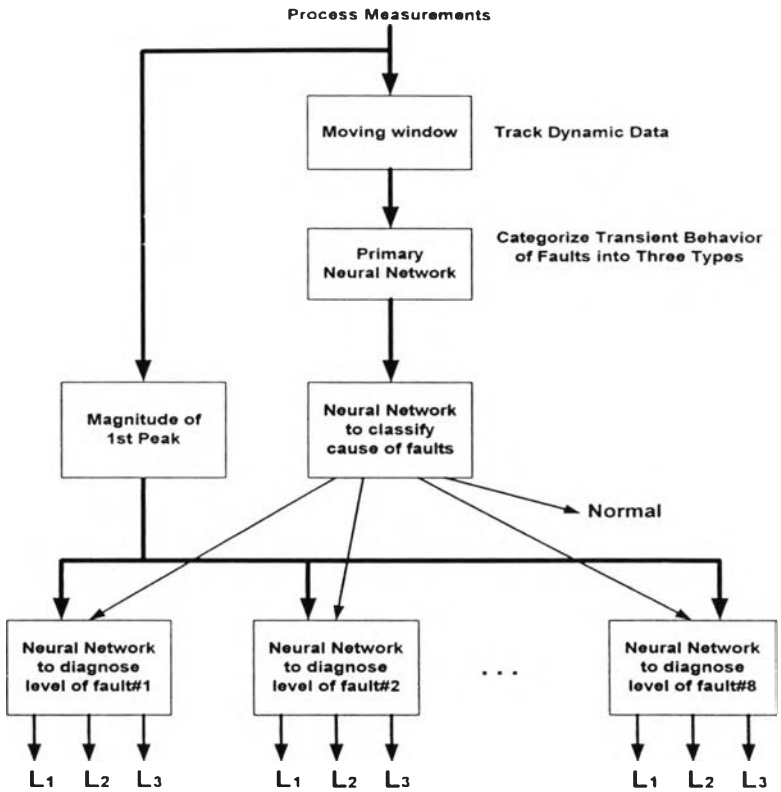
โครงสร้างของระบบตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับของความผิดพร่องให้ได้ตั้งแต่ในภาวะชั่วครู่ โดยอาศัย MSHANN ดังรูปที่ 6.1 ประกอบด้วยการทำงานของข่ายงานประสาทใน 3 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนที่หนึ่งจะมีหน้าต่างเคลื่อนที่คอยติดตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบ ส่งต่อไปยังข่ายงานประสาทปฐมภูมิซึ่งทำหน้าที่จำแนกแนวโน้มทางพลวัตของแต่ละสัญญาณออกเป็น 3 ลักษณะ และส่งต่อไปยังขั้นตอนที่สอง ซึ่งเป็นข่ายงานประสาทที่ทำหน้าที่ตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่องเดี่ยวของระบบ จากนั้นสัญญาณเตือนความผิดพร่องจะถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนที่สาม ซึ่งเป็นข่ายงานประสาทที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณที่บอกระดับของความผิดพร่องที่เกิดขึ้นจากสัญญาณเข้าที่เป็นสัญญาณที่วัดได้จากระบบ โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งระดับขนาดของความผิดพร่องออกเป็น 3 ระดับ คือ

- ระดับ 1 (L_1) เป็นความผิดพร่องระดับต่ำ
- ระดับ 2 (L_2) เป็นความผิดพร่องระดับปานกลาง
- ระดับ 3 (L_3) เป็นความผิดพร่องระดับรุนแรง

และใช้ขนาดที่เวลาพุ่งเกินสูงสุดอันแรกของสัญญาณ เป็นสัญญาณเข้าของข่ายงานในขั้นตอนที่สาม เพื่อวินิจฉัยระดับขนาดความผิดพร่องที่เกิดขึ้น เนื่องจากระดับขนาดที่ต่างกันของความผิดพร่อง จะทำให้สัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงด้วยค่าที่พุ่งเกินสูงสุดต่างกัน

ข้อดีของโครงสร้างนี้ ได้แก่

1. มีข่ายงานประสาทหลายข่ายงานที่ทำงานร่วมกัน จึงใช้จำนวนข้อมูลในการสอนต่อ 1 ข่ายงานน้อยกว่าการใช้ข่ายงานประสาทข่ายงานเดียวในการวินิจฉัยและบอกระดับความผิดพร่อง ทำให้ MSHANN มีประสิทธิภาพในการวินิจฉัยความผิดพร่องดีกว่า
2. เนื่องจากการสอนข่ายงานประสาทแต่ละข่ายงานทำได้อย่างอิสระต่อกัน จึงสามารถเพิ่มเติมข้อมูลใหม่ให้กับข่ายงานประสาทข่ายงานใดข่ายงานหนึ่งได้ง่าย โดยทำการสอนเฉพาะข่ายงานที่ต้องการเพิ่มข้อมูลนั้น เช่น ทำการสอนเฉพาะข่ายงานประสาทขั้นตอนที่สองหากต้องการเพิ่มชนิดของความผิดพร่อง หรือสอนข่ายงานประสาทในขั้นตอนที่สาม เฉพาะข่ายงานที่ต้องการเพิ่มจำนวนระดับของความผิดพร่อง
3. สามารถตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของความผิดพร่องที่เกิดขึ้นได้ในช่วงภาวะชั่วครู่ของระบบ



รูปที่ 6.1 โครงสร้างของ MSHANN สำหรับการบอกระดับของความผิดพร่อง

6.2 การปรับแก้ความผิดพร่องที่เกิดขึ้น โดยอาศัยการปรับโครงสร้างของตัวควบคุมแบบ PI

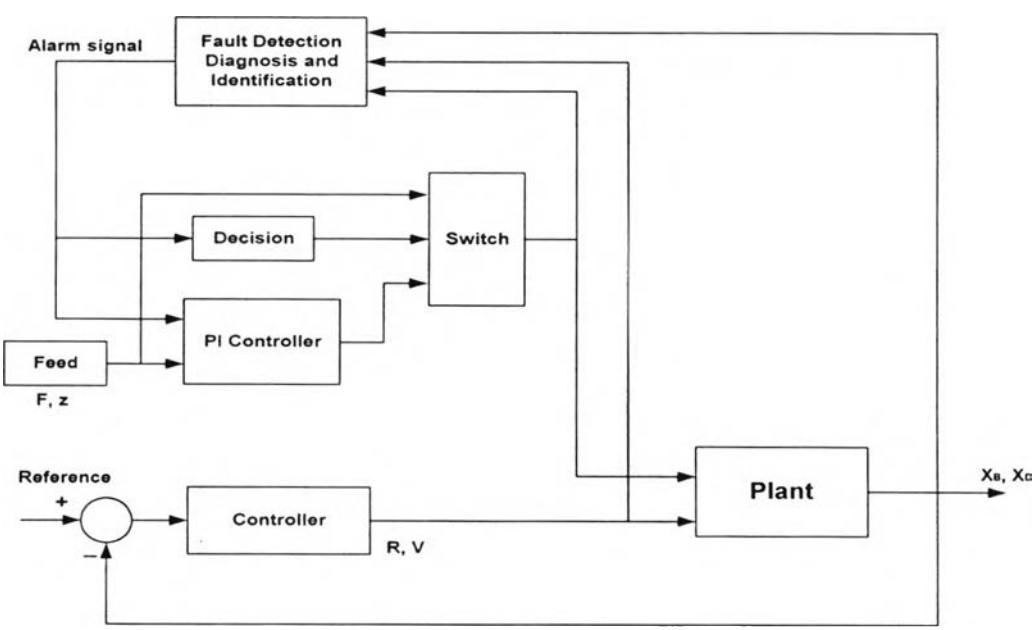
โดยทั่วไป การควบคุมแบบป้อนกลับจะถูกออกแบบเพื่อให้ทำงานได้ดีในสภาวะปกติของระบบ แต่ถ้าระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากเกิดความผิดพร่องขึ้น หากตัวควบคุมเดิมไม่สามารถควบคุมให้สัญญาณต่างๆ ในระบบมีค่าอยู่ที่สภาวะปกติแล้ว อาจทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน หรือหากตัวควบคุมเดิมไม่สามารถควบคุมให้ระบบมีเสถียรภาพได้ จะทำให้เกิดความสูญเสียของผลผลิต เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ราคาแพง และอาจทำให้สูญเสียชีวิตของคนงาน นอกจากนี้ ในสภาพแวดล้อมที่อันตรายยังจำกัดความสามารถของมนุษย์ ทำให้ยากในการตรวจสอบและเข้าไปแก้ไขความผิดพร่องที่เกิดขึ้น ดังนั้น การบำรุงรักษาโดยอัตโนมัติเมื่อตรวจพบความผิดพร่องได้ในช่วงต้น จึงกลายเป็นปัญหาสำคัญในการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ และทำให้มีการพัฒนาโครงสร้างสอดส่องระบบโดยอัตโนมัติ และวิธีการปรับแก้ความผิดพร่อง(Fault Accommodation Schemes) ที่เกิดขึ้นในระบบได้

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน เมื่อตรวจพบว่ามีความผิดพร่องเกิดขึ้นในระบบแล้วยังมีความต้องการให้ระบบสามารถแก้ไขความผิดพร่องได้เองโดยอัตโนมัติ โดยผ่านการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวควบคุมใหม่ (Control Reconfiguration) ได้แก่ เครื่องบินสมรรถภาพสูงซึ่งต้องการรักษาให้สภาวะการทำงานเป็นปกติอยู่ตลอดเวลาแม้กระทั่งเกิดความผิดพร่องหรือมีความเสียหายบางส่วน เช่น เครื่องบินทหาร

จุดประสงค์ของหัวข้อนี้คือการออกแบบและวิเคราะห์วิธีการปรับแก้ความผิดพร่อง โดยอาศัยการปรับค่าอัตราขยายสัดส่วนและอินทิกรัลของตัวควบคุมแบบ PI ให้เหมาะสมกับระดับขนาดของความผิดพร่องชนิดที่เกิดขึ้นนั้นๆ โดยผ่านการตัดสินใจสวิตช์ด้วยสัญญาณเตือนความผิดพร่องที่แบ่งออกเป็น 3 ระดับต่อความผิดพร่อง 1 ชนิด ซึ่งการทำงานในส่วนนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อตรวจพบว่ามีความผิดพร่องเกิดขึ้นในระบบแล้วเท่านั้น

รูปที่ 6.2 แสดงโครงสร้างของระบบตรวจพบ วินิจฉัยและปรับแก้ความผิดพร่อง ที่ได้ทดลองศึกษาในเบื้องต้นกับแบบจำลองของระบบหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิดของ Luyben[27] โดยพิจารณาเฉพาะความผิดพร่องที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการป้อนสารและความเข้มข้นของสารที่ป้อนเข้ากลางหอ(F และ z) ซึ่งใช้การปรับแก้ความผิดพร่องด้วยตัวควบคุมอัตราการป้อนสารและตัวควบคุมความเข้มข้นของสาร เพื่อทดสอบการปรับแก้ความผิดพร่องผ่านการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์

สำหรับในหอกลั่นจริงซึ่งมีตัวควบคุมอัตราการป้อนสารกลางหออยู่แล้ว หากมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการป้อนสาร ตัวควบคุมเพียงอย่างเดียวก็อาจจะสามารถควบคุมให้ได้ค่าอัตราการป้อนสารที่สภาวะปกติได้ แต่หากเกิดความผิดพร่องของตัวควบคุมเองและทำให้สัญญาณควบคุมที่ได้ผิดไป (เช่น กรณีที่เกิด F#5) การมีโครงสร้างสอดส่องระบบที่สามารถตรวจพบความผิดพร่องของตัวควบคุมนั้นและสามารถปรับแก้ไขความผิดพร่องได้ โดยการปรับค่าอัตราขยายของตัวควบคุมเดิม(ในกรณีที่ตัวควบคุมเดิมเป็นตัวควบคุมแบบ PI) ให้เหมาะสมกับระดับขนาดของความผิดพร่องที่เกิดขึ้น หรืออาจมีตัวควบคุมแบบ PI เข้ามาเสริมการทำงานของตัวควบคุมเดิมเมื่อเกิดความผิดพร่องขึ้น จะช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องที่สภาวะปกติของระบบได้ดีกว่าการใช้ตัวควบคุมเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 6.2 แผนภาพของระบบตรวจพบ วินิจฉัย และแก้ไขความผิดพร่องเดี่ยว F#5 และ F#7 ของหอกลั่น

6.3 ผลการทดลองกับระบบหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิด โดยการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์

6.3.1 ผลการตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของความผิดพร่องเดี่ยว

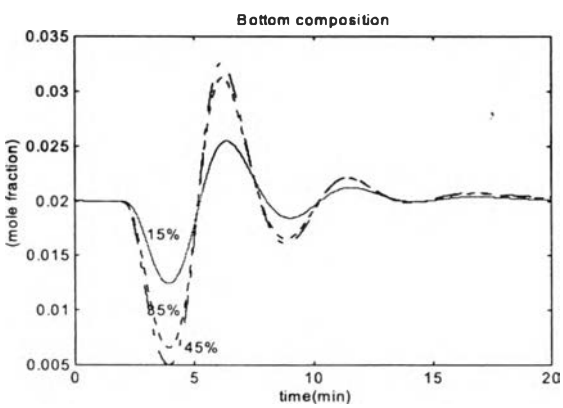
สัญญาณที่วัดได้จากระบบหอกลั่นมีทั้งหมด 6 แห่ง ได้แก่ ความเข้มข้นของสารที่ยอดหอ(x_D), ความเข้มข้นของสารที่ฐานหอ(x_B), อัตราการป้อนกลับสารที่ยอดหอ(R), อัตราการไหลของไอ(V), อัตราการป้อนสารกลางหอ(F) และความเข้มข้นของสารที่ป้อนกลางหอ(z)

สำหรับหน้าต่างเคลื่อนที่ ข่ายงานประสาทปฐมภูมิและข่ายงานประสาททุติยภูมิ(Net_0) ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะเป็นโครงสร้างแบบเดียวกับที่ออกแบบไว้ในบทที่ 5 ดังนั้น จะมีข่ายงานประสาทที่ต้องทำการสอนใหม่ เฉพาะในขั้นตอนที่ 3 เพื่อบอกระดับขนาดของความผิดพร่องเดี่ยวให้ได้เท่านั้น

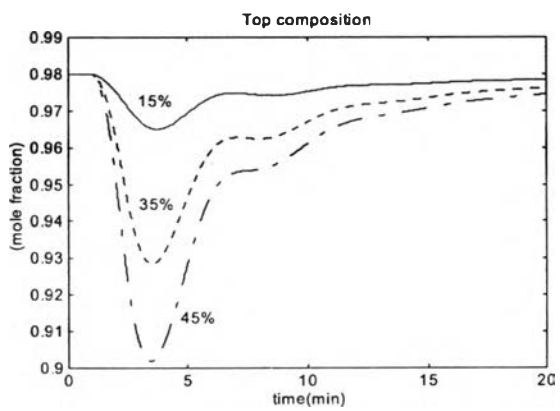
ผลการจำลองระบบกรณีเกิดความผิดพร่อง F#2 ณ เวลาผ่านไป 1 นาที ที่ขนาด 15%, 35% และ 45% ของค่า R ที่สภาวะปกติ จะได้การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่ฐานหอและยอดหอในช่วงภาวะชั่วครู่ ดังรูปที่ 6.3 และ 6.4 ซึ่งเนื่องมาจาก R ที่ลดลงทำให้ความบริสุทธิ์ของสารผลิตภัณฑ์ยอดหอลดลง(x_D ลดลง) และเนื่องจากของเหลวความเข้มข้นสูงเข้ามาในยอดหอน้อยลงจึงทำให้ความเข้มข้นของสารที่ฐานหอลดลงด้วย(x_B ลดลง) และจากรูปจะเห็นขนาดพุ่งเกินสูงสุดอันแรกของแต่ละสัญญาณ พบว่ามีเปลี่ยนแปลงไปมากขึ้นตามระดับขนาดความผิดพร่องที่มีเปอร์เซ็นต์มากขึ้น ซึ่งจะนำมาเป็นตัวบอกระดับขนาดของความผิดพร่องที่เกิดขึ้นได้โดยการวินิจฉัยของข่ายงานประสาทในขั้นตอนที่สาม

ข่ายงานประสาททุติยภูมิในขั้นตอนที่สาม มีทั้งหมด 8 ข่ายงาน(Net_1 ถึง Net_8) แต่ละข่ายงานเป็นข่ายงานประสาท 2 ชั้น โดยมีจำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับ 2 โหนด ซึ่งเท่ากับจำนวนสัญญาณ x_B และ x_D ที่เป็นสัญญาณเข้าของข่ายงาน, จำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 10 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นเอาท์พุตเท่ากับ 3 โหนด ซึ่งเป็นจำนวนระดับขนาดของความผิดพร่อง

สำหรับรูปแบบของชุดข้อมูลที่ใช้สอนเป็นดังตารางที่ 6.1



รูปที่ 6.3 ความเข้มข้นของสารที่ฐานหอ x_B



รูปที่ 6.4 ความเข้มข้นของสารที่ยอดหอ x_D

ตารางที่ 6.1 รูปแบบของข้อมูลสัญญาณเข้าและสัญญาณออกสำหรับสอน Net_1 ถึง Net_8

ระดับขนาดของความผิดพร่อง	สัญญาณออก		
	L_1	L_2	L_3
ระดับ 1	1	0	0
ระดับ 2	0	1	0
ระดับ 3	0	0	1

ผลการตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของความผิดพร่องเดี่ยว 3 ระดับ ของหอกลั่นโดยอาศัย MSHANN พบว่าสามารถตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับความผิดพร่องได้ถูกต้องภายในเวลาประมาณ 1.6 - 6 นาที ขณะที่ช่วงเวลาเข้าที่ของระบบประมาณ 15 - 30 นาที โดยแสดงผลดังตารางที่ 6.2

รูปที่ 6.5 แสดงผลการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่องกรณีเกิด F#1 30% (ระดับ 2) ณ นาทีที่ 2 โดยรูปที่ 6.5(ก) เป็นสัญญาณเตือนความผิดพร่องที่ออกจาก Net_0 จะเห็นว่าสามารถตรวจพบ F#1 ได้ภายในช่วงภาวะชั่วครู่ของระบบ รูปที่ 6.5(ข) แสดงสัญญาณบอกระดับขนาดของ F#1 ที่ออกจาก Net_1 ซึ่งสามารถบอกได้ถูกต้องว่าเกิดความผิดพร่องที่ระดับ 2 โดยบอกระดับขนาดได้ในเวลาประมาณ 3 นาทีหลังจากเกิดความผิดพร่อง ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างสัญญาณบอกระดับขนาดของความผิดพร่องนั้นต้องอาศัยการวินิจฉัยจากค่าพุ่งเกินสูงสุดอันแรกของ x_B และ x_D ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 6.5(ค)-(ง) แสดงการเปลี่ยนแปลงของ x_B และ x_D ที่ต้องใช้เวลาประมาณ 3 นาทีจึงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงถึงค่าพุ่งเกินสูงสุดอันแรก

รูปที่ 6.6(ก)-(ข) เป็นสัญญาณเตือนความผิดพร่องที่ออกจาก Net_0 และสัญญาณบอกระดับขนาดของ F#4 ที่ออกจาก Net_4 กรณีที่เกิด F#4 12% (ระดับ 1) ซึ่งเกิดขึ้น ณ นาทีที่ 1 จะเห็นว่าสามารถตรวจพบ F#4 ได้ภายในช่วงภาวะชั่วครู่ของระบบ และสามารถบอกระดับขนาดได้ถูกต้องว่าเกิดความผิดพร่องที่ระดับ 1 ภายในเวลาประมาณ 1.6 นาทีหลังจากเกิดความผิดพร่อง ซึ่งจะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงถึงค่าพุ่งเกินสูงสุดอันแรกของ x_B และ x_D ที่เวลาประมาณ 1.6 นาทีหลังเกิดความผิดพร่อง ดังรูปที่ 6.6(ค)-(ง)

สำหรับกรณีของหอกลั่น ซึ่งพิจารณาความผิดพร่องเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ R, V, F และ z แต่จะเห็นได้ว่าข่ายงานประสาท Net_1 ถึง Net_8 สามารถบอกระดับขนาดของความผิดพร่องเดี่ยวที่เกิดขึ้นได้โดยอาศัยเพียงข้อมูลจากสัญญาณ x_B และ x_D เท่านั้น

ตารางที่ 6.2 ผลการตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของความผิดพร่อง

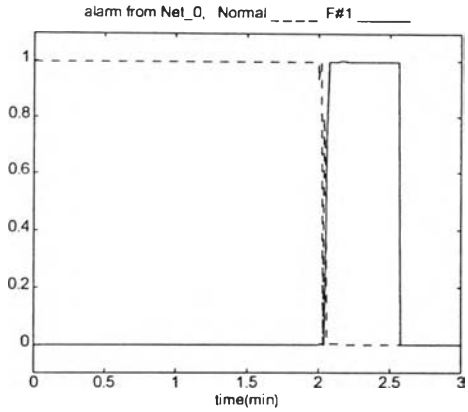
Fault (%)		L_1	L_2	L_3	เวลา(นาที)
F#1	10	✓			2.86 - 3.1
	15	✓			
	25		✓		
	35		✓		
	45			✓	
	50			✓	
F#2	10	✓			2.93 – 2.95
	15	✓			
	25		✓		
	35		✓		
	45			✓	
	50			✓	
F#3	10	✓			1.86 – 2.07
	15	✓			
	25		✓		
	35		✓		
	45			✓	
	50			✓	
F#4	10	✓			1.6 – 1.69
	15	✓			
	25		✓		
	35		✓		
	45			✓	
	50			✓	

Fault (%)		L_1	L_2	L_3	เวลา(นาที)
F#5	10	✓			3 – 4
	15	✓			
	25		✓		
	35		✓		
	45			✓	
	50			✓	
F#6	10	✓			4.7 – 6
	15	✓			
	25		✓		
	35		✓		
	45			✓	
	50			✓	
F#7	10	✓			2.9 – 5.5
	15	✓			
	25		✓		
	35		✓		
	45			✓	
	50			✓	
F#8	10	✓			2.87 – 2.9
	15	✓			
	25		✓		
	35		✓		
	45			✓	
	50			✓	

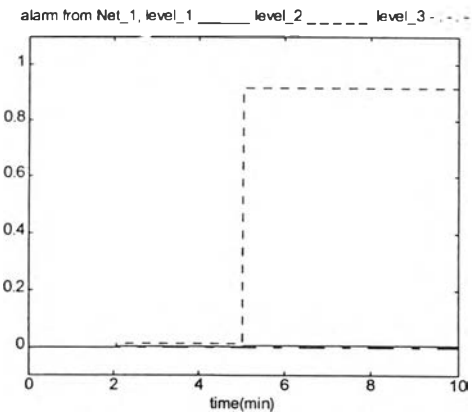
ระดับ 1(L_1): **ความผิดพร่องมีขนาด** 10% - 20%

ระดับ 2(L_2): **ความผิดพร่องมีขนาด** 25% - 40%

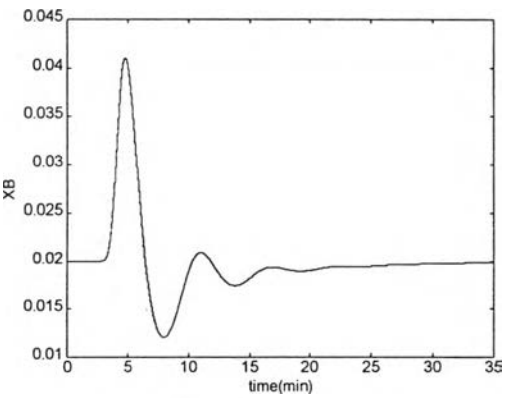
ระดับ 3(L_3): **ความผิดพร่องมีขนาด** มากกว่าหรือเท่ากับ 45%



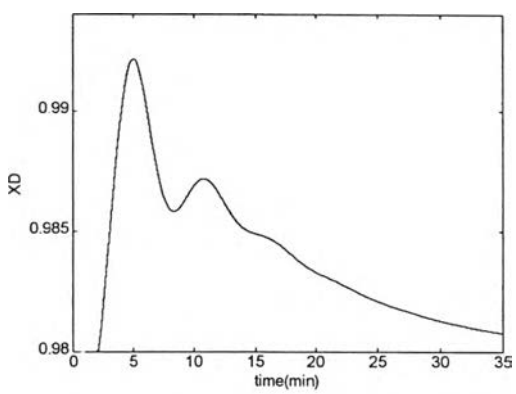
(ก)



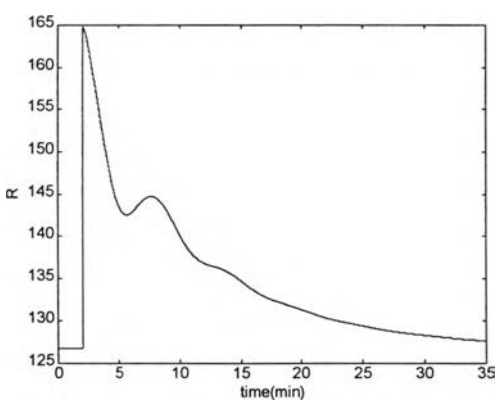
(ข)



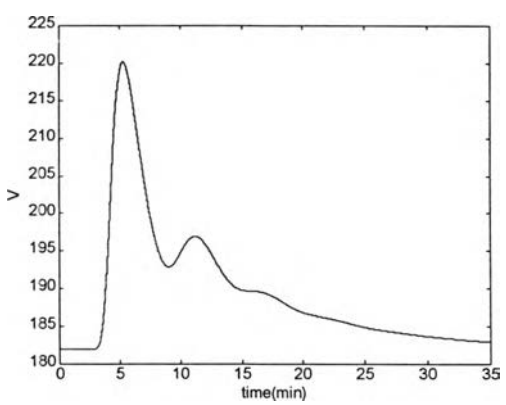
(ค) x_B



(ง) x_D

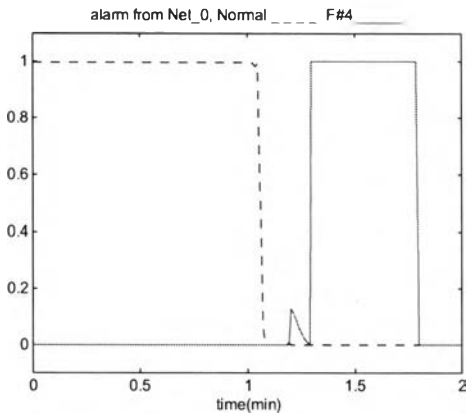


(จ) R

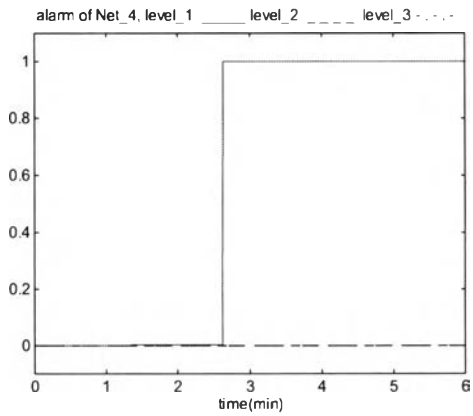


(ฉ) V

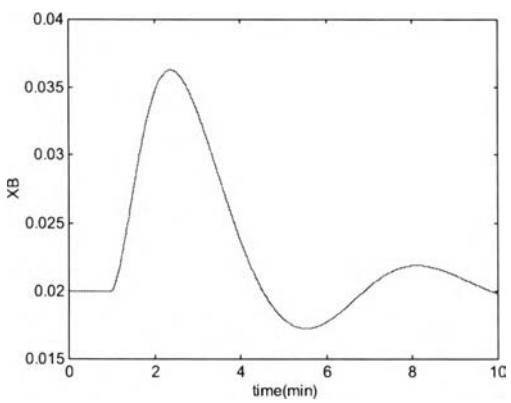
รูปที่ 6.5 ผลการตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของ F#1 30% (ระดับ 2) ซึ่งเกิดขึ้น ณ นาทีที่ 2
(ก) สัญญาณเตือนความผิดพร่องที่ออกจาก Net_0 (ข) สัญญาณบอกระดับขนาดที่ออกจาก Net_1
(ค)-(ฉ) การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณต่างๆ ที่วัดได้จากระบบ



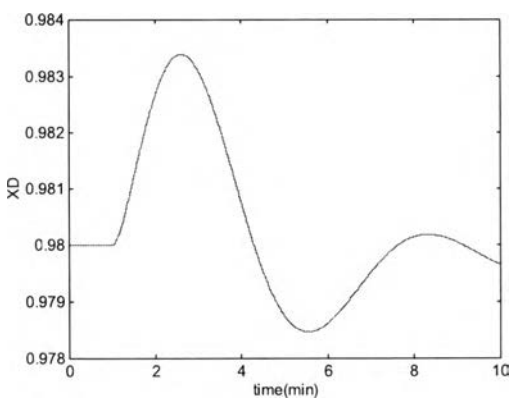
(ก)



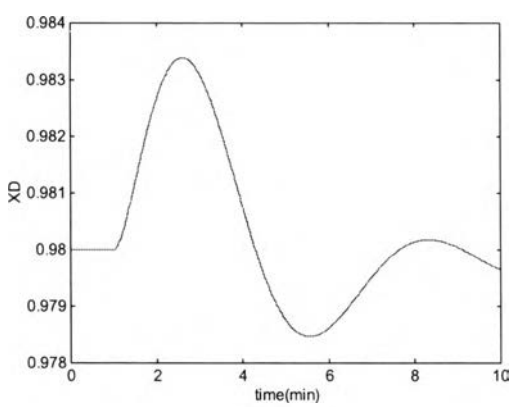
(ข)



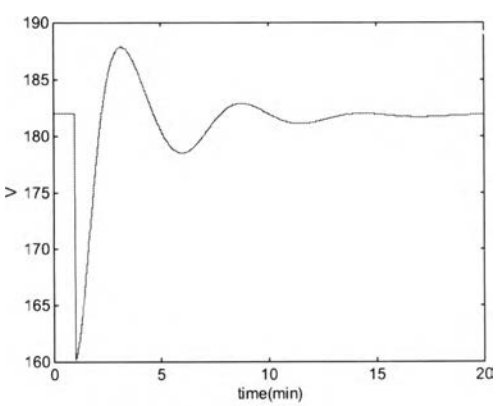
(ค) x_B



(ง) x_D



(จ) R

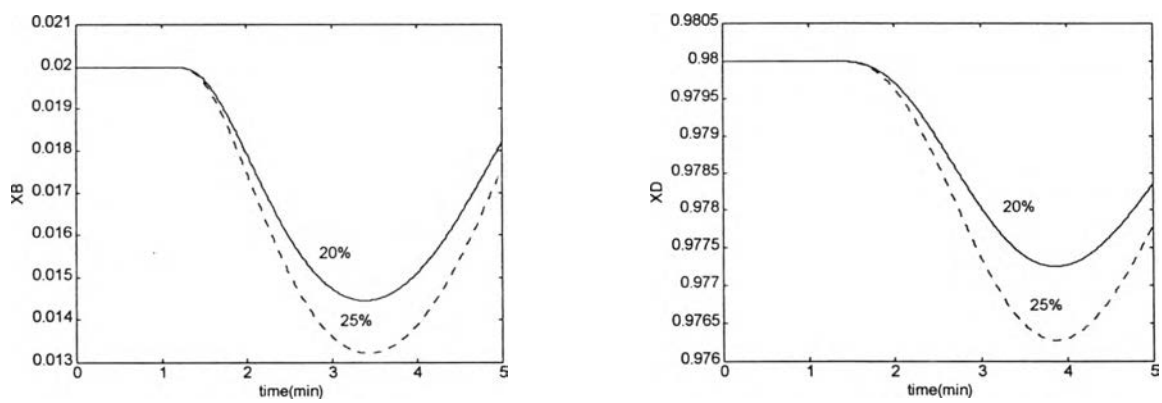


(ฉ) V

รูปที่ 6.6 ผลการตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของ F#4 12% (ระดับ 1) ซึ่งเกิดขึ้น ณ นาทีที่ 1
(ก) สัญญาณเตือนความผิดพร่องที่ออกจาก Net_0 (ข) สัญญาณบอกระดับขนาดที่ออกจาก Net_4
(ค)-(ฉ) การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณต่างๆ ที่วัดได้จากระบบ

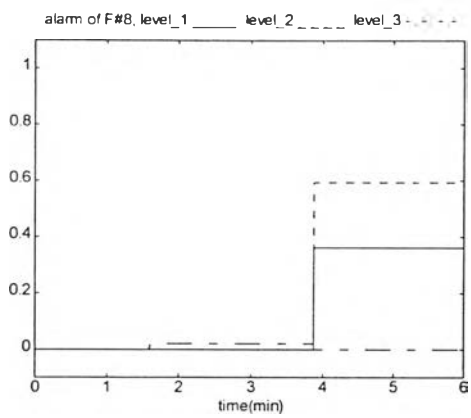
อย่างไรก็ตาม การบอกระดับขนาดความผิดพร่องโดยอาศัย MSHANN นี้ ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างตรงบริเวณรอยต่อของแต่ละระดับขนาด เนื่องจากในการตัดสินใจว่าความผิดพร่องที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับใด จะต้องสอนให้ข่ายงานประสาทแยกรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเมื่อเกิดความผิดพร่องที่ต่างระดับขนาดกันให้ได้ว่าเกิดความผิดพร่องที่ระดับขนาดใด และที่บริเวณรอยต่อของแต่ละระดับขนาด การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณจะใกล้เคียงกัน การจะทำให้ข่ายงานประสาทสร้างสัญญาณบอกระดับความผิดพร่องที่ต่างกันจึงทำได้ยาก ดังนั้นหากเกิดความผิดพร่องในบริเวณรอยต่อนี้ MSHANN จะไม่สามารถบอกระดับขนาดของความผิดพร่องขึ้นได้แน่ชัดว่าเป็นระดับใด

รูปที่ 6.7 เป็นรูปเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ x_B และ x_D กรณีที่เกิดความผิดพร่อง F#8 20% และ 25% จะเห็นได้ว่าค่าพุ่งเกินสูงสุดของสัญญาณใน 2 ระดับของความผิดพร่องนั้น มีค่าใกล้เคียงกัน และรูปที่ 6.8 แสดงสัญญาณบอกระดับขนาดของ MSHANN เมื่อเกิดความผิดพร่อง F#8 23% จะเห็นได้ว่า MSHANN จะสร้างสัญญาณที่บอกทั้งระดับ 1 และระดับ 2 แต่มีค่าของสัญญาณเตือนไม่มากพอที่จะตัดสินได้ว่าเป็นความผิดพร่องที่ระดับขนาดใด อย่างไรก็ตาม เหตุการณ์ในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะที่บริเวณรอยต่อของระดับขนาดเท่านั้น ซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถทราบได้ว่าความผิดพร่องที่เกิดขึ้นมีระดับขนาดอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างระดับ 1 และระดับ 2



(ก) x_B (ข) x_D

รูปที่ 6.7 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ x_B และ x_D กรณีที่เกิด F#8 20% และ 25%



รูปที่ 6.8 สัญญาณเตือนบอกระดับขนาดความผิดพร่อง เมื่อเกิด F#8 23%

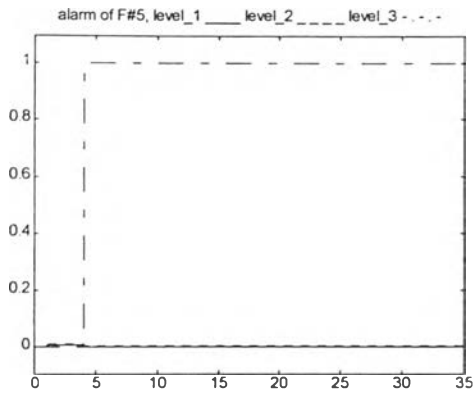
6.3.2 ผลการปรับแก้ความผิดพร่องเดี่ยวที่เกิดขึ้นในระบบ

ในการปรับแก้ความผิดพร่องโดยอาศัยการปรับค่าอัตราขยายสัดส่วนและอินทิกรัลของตัวควบคุมแบบ PI ให้เหมาะสมกับระดับขนาดของความผิดพร่องชนิดที่เกิดขึ้น โดยผ่านการตัดสินใจสวิตช์ด้วยสัญญาณเตือนความผิดพร่องที่แบ่งออกเป็น 3 ระดับต่อความผิดพร่อง 1 ชนิด สำหรับชนิดของความผิดพร่องที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลของสาร จะพิจารณาเฉพาะในกรณีที่อัตราการไหลมีค่ามากเกินไปเท่านั้น เนื่องจากหากมีการตันของท่อเกิดขึ้น การแก้ไขความผิดพร่องควรจะเป็นการซ่อมแซมระบบโดยตรงมากกว่าอาศัยการปรับตัวควบคุม ซึ่งอาจทำให้สิ้นเปลืองพลังงานได้

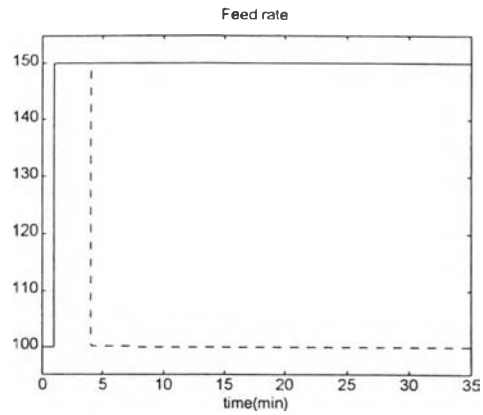
ในงานวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาและทดลองแก้ไขความผิดพร่องเดี่ยวของหอกลั่นใน 2 กรณี คือ F มีค่ามากขึ้น (F#5) และ z มีค่ามากขึ้น(F#7)

จากรูปที่ 6.9 แสดงให้เห็นว่าเมื่อข่ายงานประสาทตรวจพบความผิดพร่องเนื่องจาก F เพิ่มขึ้นกว่าปกติแล้ว จะสวิตช์ให้สัญญาณนี้ผ่านเข้าตัวควบคุมแบบ PI เพื่อควบคุมให้ F มีค่าเท่ากับที่สภาวะปกติก่อนส่งเข้าสู่หอกลั่น และจะเห็นได้ว่าสัญญาณอื่นๆ ในระบบเช่น V และ R จะลดลงเข้าสู่ระดับปกติ ซึ่งหากไม่มีการแก้ไขความผิดพร่องแล้วจะทำให้ V และ R มีค่าสูงตลอดเวลาเพื่อควบคุมความเข้มข้นสารให้ได้ตามต้องการ ซึ่งมีผลให้ต้องใส่พลังงานมากๆ และปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จะน้อยลงด้วย

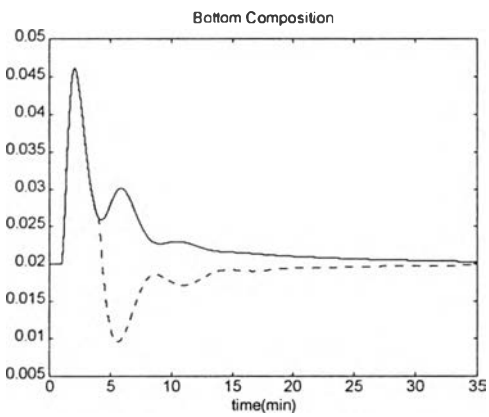
รูปที่ 6.10 เป็นกรณีเกิดความผิดพร่องเนื่องจาก z เพิ่มขึ้น จะพบว่าระบบตรวจพบ วินิจฉัย บอกระดับขนาด และปรับแก้ไขความผิดพร่อง สามารถสร้างสัญญาณเตือนที่บอกระดับความผิดพร่องได้ถูกต้อง อีกทั้งยังสามารถแก้ไขให้ z มีค่าเท่ากับที่สภาวะปกติได้ และเป็นผลให้สัญญาณตัวอื่นๆ ในระบบกลับเข้าสู่ค่าที่สภาวะปกติได้ด้วย



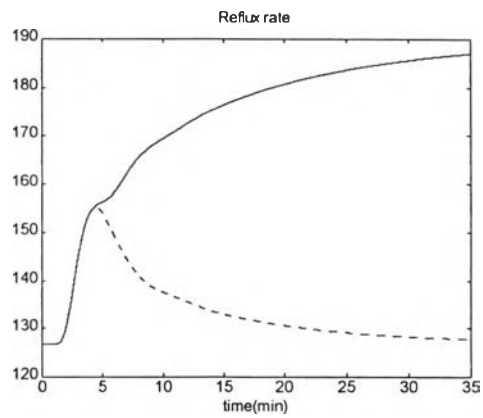
(ก) สัญญาณเตือนที่บอกระดับความผิดพร่อง



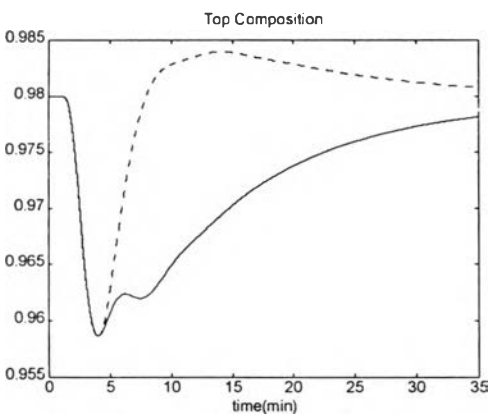
(ง) F



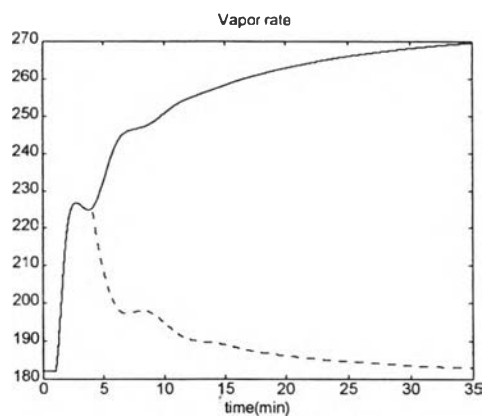
(ข) x_B



(จ) R

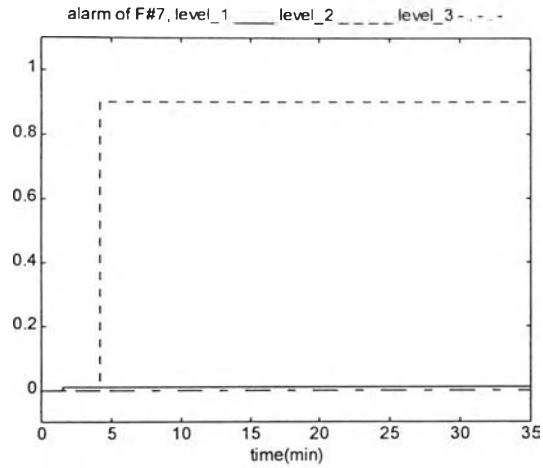


(ค) x_D

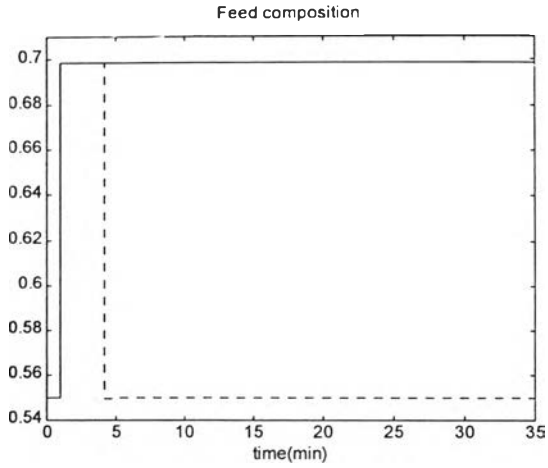


(ฉ) V

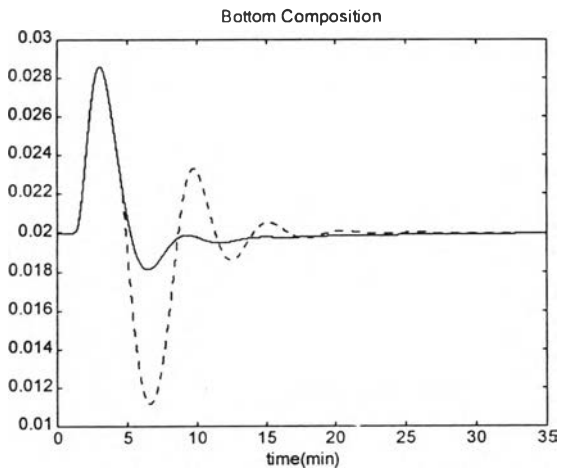
รูปที่ 6.9 ผลการตรวจพบ วินิจฉัย บอกระดับขนาด และปรับแก้ไขตัวควบคุม เมื่อเกิด F#5 50% (ระดับ 3)
(ข)-(ฉ) เปรียบเทียบกรณีไม่มีการแก้ไขความผิดพร่อง _____ กับกรณีปรับแก้ผ่านตัวควบคุม _ _ _ _



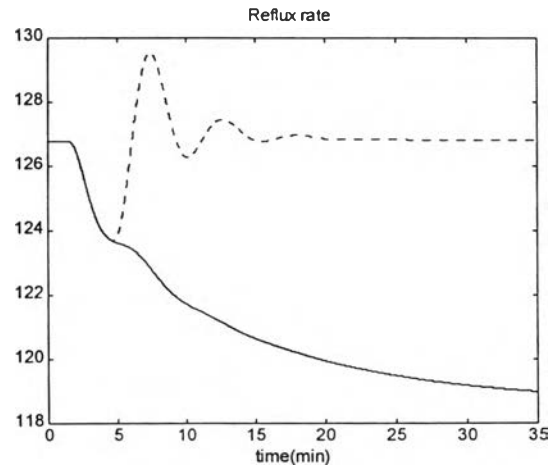
(ก) สัญญาณเตือนที่บอกระดับความผิดพร่อง



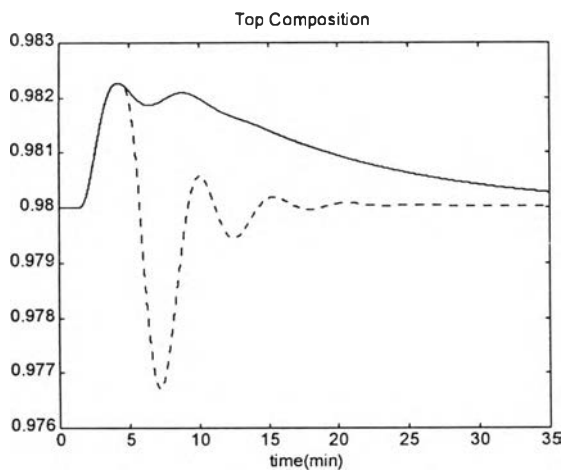
(ง) z



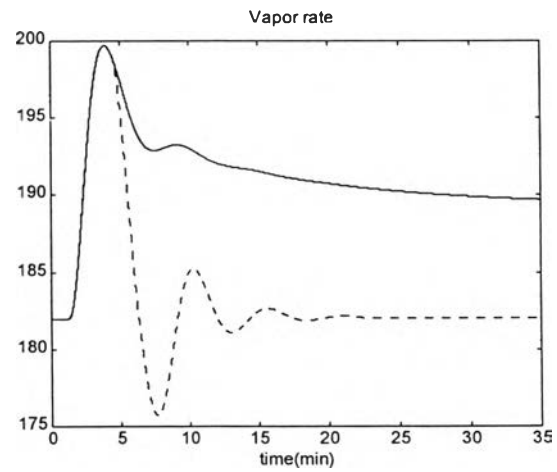
(ข) x_B



(จ) R



(ค) x_D



(ฉ) V

รูปที่ 6.10 ผลการตรวจพบ วินิจฉัย บอกระดับขนาด และปรับแก้ไขตัวควบคุม เมื่อเกิด F#7 27% (ระดับ 2)
(ข)-(ฉ) เปรียบเทียบกรณีไม่มีการแก้ไขความผิดพร่อง _____ กับกรณีปรับแก้ผ่านตัวควบคุม _ _ _ _

6.4 สรุปและวิจารณ์

งานวิจัยในบทที่ 6 นี้ได้พัฒนาข่ายงานประสาทแบบลำดับชั้นหลายขั้นตอน(MSHANN) ให้สามารถตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดต่างๆกันของความผิดพร่องที่เกิดขึ้นได้ตั้งแต่ในช่วงภาวะชั่วครู่ของระบบ ผลการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์กับหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิด ที่มีสัญญาณที่วัดได้ 6 แห่ง และมีความผิดพร่องเดี่ยว 8 แห่งโดยแบ่งขนาดความผิดพร่องเป็น 3 ระดับ แสดงให้เห็นว่าข่ายงานประสาทแบบลำดับชั้นหลายขั้นตอน สามารถตรวจพบ วินิจฉัยและบอกระดับขนาดของความผิดพร่องเดี่ยวที่พิจารณาได้ถูกต้อง ภายในเวลาประมาณ 1.6 – 6 นาที ซึ่งอยู่ในช่วงภาวะชั่วครู่ของระบบ

ระบบตรวจพบ วินิจฉัย บอกระดับขนาดและปรับแก้ไขความผิดพร่องโดยอัตโนมัติอาจจะเป็นส่วนเสริมการทำงานของตัวควบคุมเดิมที่ใช้ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสัญญาณต่างๆ เนื่องมาจากความผิดพร่อง เช่น ตัวควบคุมแบบป้อนไปหน้าเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หรือตัวควบคุมในระบบเพื่อควบคุมสัญญาณออกของระบบให้ได้ตามต้องการ โดยเมื่อมีความผิดพร่องเกิดขึ้น การตรวจพบและปรับแก้ไขความผิดพร่องได้โดยอัตโนมัติผ่านการปรับโครงสร้างของตัวควบคุมเดิมที่มีอยู่ จะช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องที่สภาวะปกติของระบบได้ดีกว่าการใช้ตัวควบคุมที่มีอยู่เดิมในระบบเพียงอย่างเดียว แต่ในกรณีที่ตำแหน่งที่เกิดความผิดพร่องไม่มีตัวควบคุมอยู่แล้ว การออกแบบตัวควบคุมที่สามารถจะแก้ไขความผิดพร่องได้เมื่อตรวจพบความผิดพร่อง ณ จุดนั้น จะช่วยให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องเช่นกัน

จากผลการทดลองปรับแก้ไขความผิดพร่องเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลและความเข้มข้นของสารที่ป้อนกลางหอ โดยอาศัยการปรับค่าอัตราขยายสัดส่วนและอินทิกรัลของตัวควบคุมแบบ PI ให้เหมาะสมกับระดับขนาดของความผิดพร่องชนิดที่เกิดขึ้น โดยผ่านการตัดสินใจสวิตช์ด้วยสัญญาณเตือนความผิดพร่องที่แบ่งออกเป็น 3 ระดับต่อความผิดพร่อง 1 ชนิด นั้นพบว่าสามารถแก้ไขความผิดพร่องได้โดยควบคุมให้ลดลงสู่ค่าที่สภาวะปกติ และทำให้สัญญาณอื่นๆ ในระบบเปลี่ยนแปลง โดยกลับมาอยู่ที่ค่าในสภาวะปกติ จึงเป็นข้อดีในแง่ของการประหยัดพลังงานและป้องกันความเสียหายในเบื้องต้นได้

สำหรับแนวทางในการศึกษาต่อไปนั้น นอกจากการปรับแก้ความผิดพร่องบางแห่งที่ได้ทดลองทำในงานวิทยานิพนธ์นี้แล้ว ยังอาจจะต้องศึกษาการปรับแก้ไขความผิดพร่องที่อื่นๆ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการป้อนกลับสารยอดหอและอัตราการไหลของไอผ่านการปรับโครงสร้างของตัวควบคุมที่มีในระบบ นอกจากนี้ การปรับแก้ไขความผิดพร่องที่พิจารณาในงานวิทยานิพนธ์นั้น เป็นการพิจารณาในทางทฤษฎี แต่สำหรับการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความสอดคล้องของอุปกรณ์ที่ใช้และความเป็นไปได้ในการปรับแก้โดยอัตโนมัติสำหรับการทดลองกับหอกลั่นจริง