

ระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติในระบบหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิด

หอกลั่น(Distillation Column) เป็นระบบที่สำคัญและเป็นที่ยอมรับมากที่สุดระบบหนึ่งในการศึกษาทางวิศวกรรมเคมี เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมน้ำมัน ซึ่งมีการลงทุนสูง ดังนั้นนอกจากจะต้องควบคุมการทำงานของหอกลั่นให้สามารถกลั่นสารให้มีความบริสุทธิ์ตามที่กำหนดแล้ว ยังจะต้องตรวจสอบและป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับหอกลั่น อันเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงไปอย่างผิดปกติในอุณหภูมิที่แต่ละชั้น(Tray) ความดันของหอกลั่น พลังงานหรือความร้อนที่เข้าและออกจากหอ อัตราการไหลในแต่ละจุดของหอ อัตราการป้อนสารเข้ากลางหอและความเข้มข้นของสาร ซึ่งอาจทำให้เกิดผลเสียต่อโครงสร้างของหอกลั่นและคุณภาพของสารผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้ผิดไปจากความต้องการที่กำหนดไว้ ดังนั้นการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับหอกลั่นได้อย่างรวดเร็วจะช่วยป้องกันอันตราย และการสูญเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการปิดหอเพื่อซ่อมแซม สำหรับการแก้ไขในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะมีวิศวกรที่คอยตรวจสอบอุณหภูมิ ความดันของหอกลั่น อัตราการป้อนสารและความเข้มข้นของสารว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะปกติหรือไม่ จากนั้นวิศวกรจะต้องเป็นผู้วิเคราะห์ว่าน่าจะเกิดจากสาเหตุใดและทำการแก้ไขไปตามสาเหตุนั้น ดังนั้น การประยุกต์ใช้ช่างงานประสาธเพื่อตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติที่จะเกิดขึ้นกับหอกลั่นโดยอัตโนมัติ นั้น จะช่วยลดขั้นตอนการวิเคราะห์ของวิศวกร ในการหาสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้น เพราะช่างงานประสาธจะทำการตรวจพบ วินิจฉัย และสร้างสัญญาณเตือนที่บอกถึงสาเหตุของความผิดปกติให้กับวิศวกรผู้ควบคุม ทำให้สามารถแก้ไขได้ทันที

ในบทนี้เป็น การประยุกต์ใช้ช่างงานประสาธแบบลำดับขั้นหลายขั้นตอนเพื่อตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติและความผิดปกติที่เกิดขึ้นพร้อมกันสองแห่งในระบบหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิด โดยสามารถตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่ในช่วงภาวะชั่วคราวของระบบ

5.1 ระบบหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิดและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [27]

หอกลั่นถูกใช้ในกระบวนการทางเคมีหลายๆ กระบวนการ เพื่อแยกสารที่ป้อนและทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีบริสุทธิ์ โดยในรูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพของหอกลั่น สำหรับกระบวนการแยกสารจะอาศัยความแตกต่างในการกลายเป็นไอของสารแต่ละชนิด สารผสมที่อยู่ในหม้อต้มและสารที่ป้อนเข้ามาที่กลางหอจะได้รับความร้อนจากตัวทำความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารเกิดการระเหยกลายเป็นไอ ไอของสารผสมนี้จะผ่านไปยังชั้นต่างๆ เกิดการกลั่นลำดับส่วนภายในแต่ละชั้น โดยไอของสารผสมที่ออกจากชั้นบน

สุดของหอจะมีความเข้มข้นของสารที่มีจุดเดือดต่ำกว่าอยู่ในปริมาณมาก จากนั้นจะส่งผ่านมาเข้าเครื่องควบแน่นทำให้เป็นของเหลว และอาจมีการป้อนกลับยอดหอเพื่อเป็นการควบคุมความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ ส่วนสารที่อยู่ในหม้อต้มจะมีความเข้มข้นของสารที่มีจุดเดือดสูงอยู่ในปริมาณมาก และเพื่อให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหอกลั่น จึงมีสมมติฐานและการละเลยในส่วนต่างๆ ดังนี้

สมมติฐาน

1. การกลายเป็นไอสัมพันธ์มีค่าคงที่ (Constant relative volatility) ตลอดทั้งหอ และพิจารณาให้ไอที่ออกจากแต่ละชั้นสมดุลกับของเหลวบนชั้นนั้น
2. ของเหลวในหม้อต้มข้างและในฐานหอผสมกันอย่างสมบูรณ์และมีความเข้มข้นเท่ากัน
3. เมื่อไอ 1 โมลกลั่นตัวจะได้เป็นของเหลว 1 โมลด้วย ดังนั้นจึงไม่ต้องมีสมการพลังงาน(Energy equation) สำหรับแต่ละชั้น

สิ่งที่ละเลย

1. เวลาหน่วงในการเคลื่อนที่ของไอจากด้านบนของหอไปยังเครื่องป้อนเวียนรอบและจากเครื่องป้อนเวียนรอบกลับไปยังชั้นยอดหอ
2. ปริมาณของไอที่ค้างอยู่ในแต่ละชั้น(Vapor holdup) ตลอดทั้งหอ ดังนั้นอัตราการไหลของไอจะเท่ากันหมดตลอดทั้งหอทั้งช่วงพลวัตและช่วงสถานะอยู่ตัว

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_{N_T} \quad (5.1)$$

3. การสูญเสียความร้อนในหอ
4. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากชั้นหนึ่งไปสู่อีกชั้นหนึ่ง
5. การเปลี่ยนแปลงทางพลวัตของเครื่องควบแน่นและหม้อต้มข้าง เนื่องจากผลตอบสนองของการแลกเปลี่ยนความร้อนเร็วกว่าผลตอบสนองของหอมาก

กำหนดตัวแปรต่างๆ ของหอกลั่น โดยที่ค่าในวงเล็บเป็นค่าที่สภาวะปกติตามรายการอ้างอิง [27] และใช้หน่วยของแต่ละตัวแปรเป็นหน่วยเดียวกับที่เขียนในวงเล็บตลอดทั้งบทที่ 5 เป็นดังนี้

x_n	คือ ความเข้มข้นของของเหลวบนชั้นที่ n	(mole fraction)
x_B	คือ ความเข้มข้นของของเหลวที่ฐานหอ	(0.02 mole fraction)
x_D	คือ ความเข้มข้นของของเหลวที่ยอดหอ	(0.98 mole fraction)
z	คือ ความเข้มข้นของของเหลวที่ป้อนกลางหอ	(0.55 mole fraction)
y_n	คือ ความเข้มข้นของไอบนชั้นที่ n	(mole fraction)
y_B	คือ ความเข้มข้นของไอบนฐานหอ	(mole fraction)

α	คือ การกลายเป็นไอสัมพัทธ์	(2)
β	คือ ค่าคงที่ทางเวลาไฮดรอลิก	(0.1)
M_n	คือ ปริมาณของเหลวในแต่ละชั้น	(โมล)
M_H	คือ ปริมาณของเหลวในฐานหอกถั่ว	(100 โมล)
M_D	คือ ปริมาณของเหลวในเครื่องป้อนเวียนรอบ	(100 โมล)
L_n	คือ อัตราการไหลของของเหลวในแต่ละชั้น	(โมล/นาที)
F	คือ อัตราการป้อนเข้าของสารที่กลางหอ	(100 โมล/นาที)
B	คือ อัตราการไหลของสารผลิตภัณฑ์ตอนล่าง	$(L(1) - V$ โมล/นาที)
D	คือ อัตราการไหลของสารผลิตภัณฑ์ตอนบน	$(V - R$ โมล/นาที)
R	คือ อัตราการป้อนกลับสารที่ยอดหอ	(126.78 โมล/นาที)
V	คือ อัตราการไหลของไอ	(181.98 โมล/นาที)
N_T	คือ ชั้นยอดหอ	(20)
N_F	คือ ชั้นป้อนสาร	(10)

ทำการควบคุมความเข้มข้นของสาร x_D และ x_B ด้วยตัวควบคุมป้อนกลับแบบ PI โดยการปรับค่า R และ V ตามรายการอ้างอิง [27] ดังสมการ

$$R = 128.01 + K_{PR}(0.98 - x_D) + K_{IR} \int (0.98 - x_D), \quad K_{PR} = 1000, K_{IR} = 200 \quad (5.2)$$

$$V = 178.01 - K_{PV}(0.02 - x_B) - K_{IV} \int (0.02 - x_B), \quad K_{PV} = 1000, K_{IV} = 800 \quad (5.3)$$

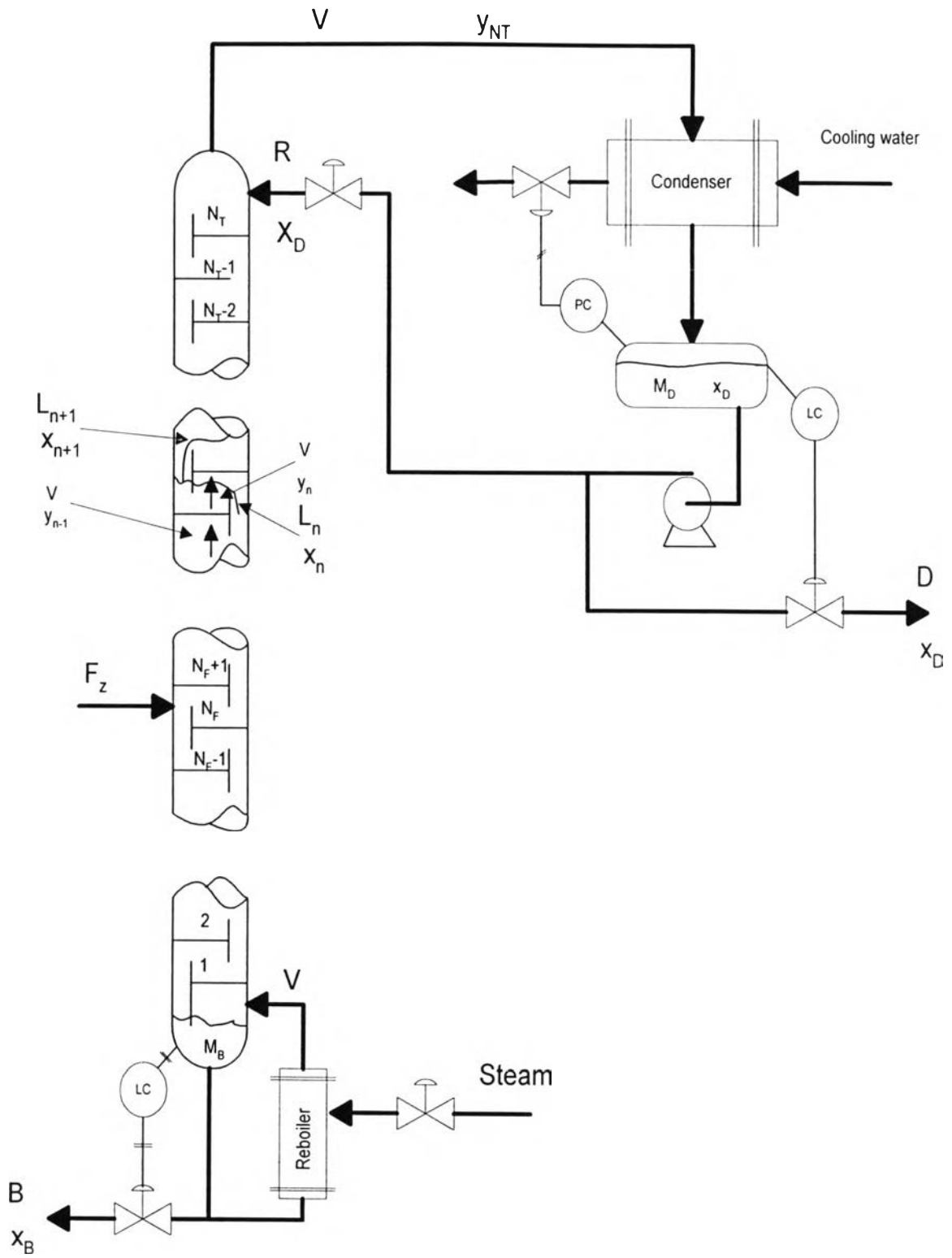
ความสัมพันธ์ของสมดุลระหว่างไอกับของเหลว(Vapor-liquid phase equilibrium relationship)

$$y_n = \frac{\alpha x_n}{1 + (\alpha - 1)x_n} \quad (5.4)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างของเหลวกับไฮดรอลิก(Liquid-hydraulic relationship)

$$L_n = \bar{L}_n + \frac{M_n - \bar{M}_n}{\beta} \quad (5.5)$$

พิจารณาสมการความต่อเนื่องโดยรวม(Total continuity equations) และสมการความต่อเนื่องขององค์ประกอบ(Component continuity equations) ที่ส่วนต่างๆ ของหอกถั่ว ดังนี้



รูปที่ 5.1 แผนภาพหอกลั่น

เครื่องควบคุมแรงและเครื่องป้อนเวียนรอบ

$$\frac{dM_D}{dt} = V - R - D \quad (5.6)$$

$$\frac{d(M_D x_D)}{dt} = Vy_{N_T} - (R + D)x_D \quad (5.7)$$

ชั้นยอดหอ (n = N_T)

$$\frac{dM_{N_T}}{dt} = R - L_{N_T} \quad (5.8)$$

$$\frac{d(M_{N_T} x_{N_T})}{dt} = Rx_D - L_{N_T} x_{N_T} + Vy_{N_T-1} - Vy_{N_T} \quad (5.9)$$

ชั้นถัดลงมาจกยอดหอ (n = N_T - 1)

$$\frac{dM_{N_T-1}}{dt} = L_{N_T} - L_{N_T-1} \quad (5.10)$$

$$\frac{d(M_{N_T-1} x_{N_T-1})}{dt} = L_{N_T} x_{N_T} - L_{N_T-1} x_{N_T-1} + Vy_{N_T-2} - Vy_{N_T-1} \quad (5.11)$$

ชั้นที่ n

$$\frac{dM_n}{dt} = L_{n+1} - L_n \quad (5.12)$$

$$\frac{d(M_n x_n)}{dt} = L_{n+1} x_{n+1} - L_n x_n + Vy_{n-1} - Vy_n \quad (5.13)$$

ชั้นป้อนสาร (n = N_F)

$$\frac{dM_{N_F}}{dt} = L_{N_F+1} - L_{N_F} + F \quad (5.14)$$

$$\frac{d(M_{N_F} x_{N_F})}{dt} = L_{N_F+1} x_{N_F+1} - L_{N_F} x_{N_F} + Vy_{N_F-1} - Vy_{N_F} + Fz \quad (5.15)$$

ชั้นที่ 1 (n = 1)

$$\frac{dM_1}{dt} = L_2 - L_1 \quad (5.16)$$

$$\frac{d(M_1 x_1)}{dt} = L_2 x_2 - L_1 x_1 + Vy_B - Vy_1 \quad (5.17)$$

หม้อต้มซ้ำและฐานหอ

$$\frac{dM_B}{dt} = L_1 - V - B \quad (5.18)$$

$$\frac{d(M_B x_B)}{dt} = L_1 x_1 - Vy_B - Bx_B \quad (5.19)$$

ความผิดพลาดที่พิจารณาให้เกิดขึ้นในระบบหอกลั่นนั้นเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ความผิดพลาดของตัวควบคุมในระบบทำให้สัญญาณควบคุมที่ได้ผิดไป หรือเกิดการตันของท่อซึ่งเป็นความผิดพลาดในกระบวนการ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแต่ละแห่งในระบบ ดังนั้นในงานวิทยานิพนธ์นี้จึงพิจารณาชนิดของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ในระบบหอกลั่น ดังตารางที่ 5.1 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแต่ละแห่งนั้น จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความผิดพลาดเดียวที่เกิดขึ้นในระบบควบคุมป้อนกลับของหอกลั่น ดังรูปที่ 5.2

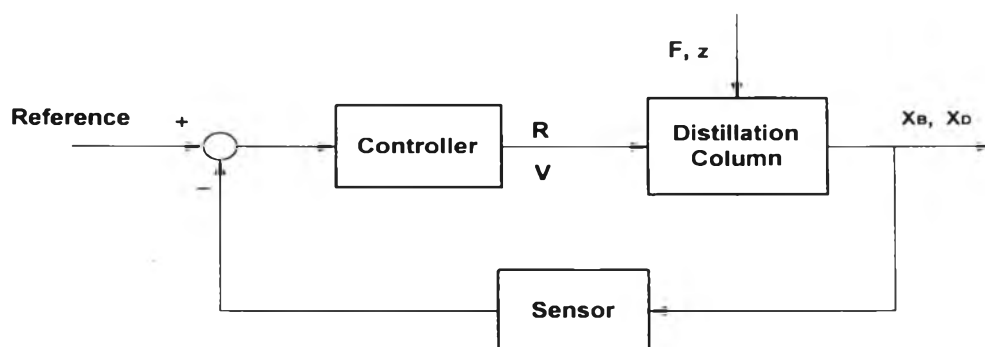
จากความผิดพลาดเดียวทั้งหมด 8 ชนิดที่พิจารณานั้น จะเห็นได้ว่า มีกรณีที่ไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้ 4 กรณี นั่นคือ กรณีที่สัญญาณตัวเดียวกันมีค่ามากขึ้นพร้อมกับมีค่าน้อยลง ได้แก่

- F#1 เกิดขึ้นพร้อมกันกับ F#2
- F#3 เกิดขึ้นพร้อมกันกับ F#4
- F#5 เกิดขึ้นพร้อมกันกับ F#6
- F#7 เกิดขึ้นพร้อมกันกับ F#8

ดังนั้น จำนวนกรณีของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นพร้อมกันสองแห่ง จึงมีทั้งหมด 24 กรณี

ตารางที่ 5.1 ความผิดพลาดที่พิจารณาในหอกลั่น

สัญลักษณ์	ลักษณะความผิดพลาด
F#1	R มีค่ามากขึ้น
F#2	R มีค่าน้อยลง
F#3	V มีค่ามากขึ้น
F#4	V มีค่าน้อยลง
F#5	F มีค่ามากขึ้น
F#6	F มีค่าน้อยลง
F#7	z มีค่ามากขึ้น
F#8	z มีค่าน้อยลง



รูปที่ 5.2 วงควบคุมป้อนกลับของระบบหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิดที่พิจารณา

5.2 การตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติของระบบหอกลั่นแยกสารผสมสองชนิด

5.2.1 การออกแบบหน้าต่างเคลื่อนที่และข่ายงานประสาทปฐมภูมิ

สัญญาณเข้าของข่ายงานประสาทปฐมภูมิผ่านหน้าต่างเคลื่อนที่ในขั้นตอนที่หนึ่ง เป็นสัญญาณที่วัดได้ทั้งหมด 6 แห่ง โดยกำหนดความยาวและความสูงของหน้าต่างสำหรับสัญญาณต่อเนื่อง 4 แห่ง คือ ความเข้มข้นของสารที่ยอดหอ (x_D), ความเข้มข้นของสารที่ฐานหอ (x_B), อัตราการป้อนกลับสารที่ยอดหอ (R), อัตราการไหลของไอ (V) ดังตารางที่ 5.2 ซึ่งการกำหนดค่าสำหรับแต่ละสัญญาณนั้น พิจารณาให้มีความไวในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณนั้นๆ ได้ นั่นคือ ควรกำหนดความสูงของหน้าต่างให้น้อยกว่าช่วงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ เพื่อให้สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสัญญาณได้ อีกทั้งยังทำให้เกิดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ต่างกันเมื่อเกิดความผิดปกติต่างชนิด และทำให้ข่ายงานประสาทสามารถใช้ข้อมูลนี้ในการวินิจฉัยหาสาเหตุความผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว

ข่ายงานประสาทปฐมภูมิเป็นข่ายงานประสาท 2 ชั้น โดยมีจำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับ 20 โหนด ซึ่งเท่ากับความยาวของหน้าต่างเคลื่อนที่ จำนวนโหนดในชั้นฮอนเท่ากับ 10 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเท่ากับ 3 โหนด ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้บอกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลว่าเป็นแบบเพิ่มขึ้น ลดลง หรือคงที่ โดยรูปแบบการสอนข่ายงานได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 3

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากภายนอกระบบที่วัดได้อีก 2 แห่ง คือ อัตราการป้อนสารกลางหอ (F) และความเข้มข้นของสารที่ป้อนกลางหอ (z) เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบขั้น (Step) ดังนั้น การตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจะไม่อาศัยหน้าต่างเคลื่อนที่และข่ายงานประสาทปฐมภูมิ แต่จะกำหนดข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณซึ่งใช้เป็นสัญญาณเข้าข่ายงานประสาททุติยภูมิ จากขนาดที่เปลี่ยนไปจากสภาวะปกติ นั่นคือ เมื่อสัญญาณมีค่าคงที่อยู่ในสภาวะปกติ จะได้สัญญาณเข้าข่ายงานประสาททุติยภูมิเป็น $[0 \ 1 \ 0]^T$, หากสัญญาณที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นหรือมากกว่าที่สภาวะปกติ จะได้สัญญาณเข้าข่ายงานประสาททุติยภูมิเป็น $[1 \ 0 \ 0]^T$ แต่หากสัญญาณที่วัดได้มีค่าลดลงหรือน้อยกว่าที่สภาวะปกติ จะได้สัญญาณเข้าข่ายงานประสาททุติยภูมิเป็น $[0 \ 0 \ 1]^T$

ตารางที่ 5.2 ความยาวและความสูงของหน้าต่างเคลื่อนที่

	x_B	x_D	R	V
ความยาว	20	20	20	20
ความสูง (หน่วย)	0.0005 (สัดส่วนโมล)	0.0005 (สัดส่วนโมล)	0.5 (โมล/นาทีก)	1 (โมล/นาทีก)

5.2.2 การออกแบบข่ายงานประสาทหัตถิยภูมิในลำดับชั้นที่ 1 (Net_0)

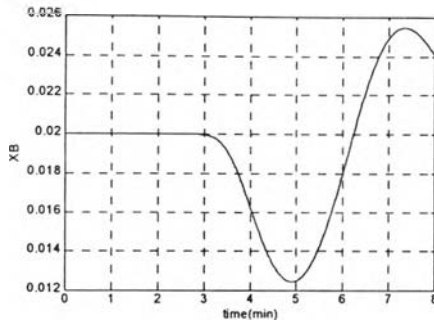
ข่ายงานประสาทหัตถิยภูมิในลำดับชั้นที่ 1 จะรับสัญญาณที่ออกจากข่ายงานประสาทปฐมภูมิ และวินิจฉัยว่าระบบอยู่ในสภาวะปกติหรือมีความผิดปกติเกิดขึ้น หากมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไปจากสภาวะปกติ ข่ายงานประสาทจะวินิจฉัยว่ามีสาเหตุจากความผิดปกติชนิดใด โดยข่ายงานประสาทในลำดับชั้นที่ 1 นี้จะถูกสอนด้วยชุดข้อมูลในสภาวะปกติของระบบและข้อมูลของความผิดปกติเดี่ยวแต่ละแห่ง

ข่ายงานประสาทหัตถิยภูมิในลำดับชั้นที่ 1 เป็นข่ายงานประสาท 2 ชั้น มีจำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับ 18 โหนด ซึ่งเท่ากับจำนวนสัญญาณที่วัดได้ 6 แห่ง คูณ 3 ซึ่งเป็นจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตของข่ายงานประสาทปฐมภูมิ, จำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 10 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเท่ากับ 9 โหนด ซึ่งเป็นจำนวนสัญญาณเตือนความผิดปกติ 8 แห่งและสัญญาณที่บอกถึงสภาวะปกติของระบบ โดยชุดข้อมูลสัญญาณเข้าและสัญญาณออกที่ใช้สอนข่ายงานประสาทแสดงดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 ตามลำดับ

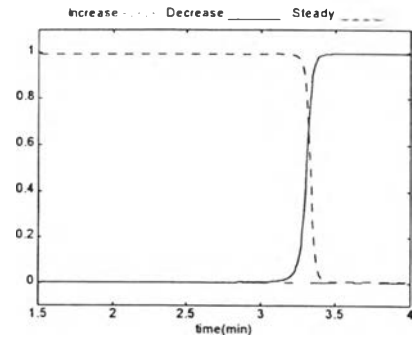
ตารางที่ 5.3 เป็นชุดข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ 6 แห่งที่วัดได้ในระบบ ซึ่งข้อมูลนี้เป็นข้อมูลจากสัญญาณออกของข่ายงานประสาทปฐมภูมิ จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในสภาวะปกติและในสภาวะที่เกิดความผิดปกติเดี่ยวแต่ละชนิดนั้น เป็นรูปแบบที่ต่างกันทั้งหมด จึงสามารถสอนให้ข่ายงานประสาทจดจำรูปแบบ และสร้างสัญญาณเตือนที่ถูกต้องได้ตามตารางที่ 5.4

นอกจากนี้ จะเห็นว่าชุดข้อมูลที่ใช้นสอนของความผิดปกติบางชนิดนั้น จะมีมากกว่า 1 ชุด เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกก่อนเข้าสู่ค่าพุ่งเกินสูงสุดของแต่ละสัญญาณมีหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น กรณีเกิดความผิดปกติ F#2 จะได้รับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณดังรูปที่ 5.3 (ก)-(ง) และได้สัญญาณที่ออกจากข่ายงานประสาทปฐมภูมิ ซึ่งเป็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละสัญญาณดังรูปที่ 5.3 (จ)-(ซ) จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในช่วงแรกก่อนถึงค่าพุ่งเกินสูงสุดนั้น สามารถแยกได้เป็นชุดข้อมูลที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ชุด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.3 ดังนั้นเพื่อให้ Net_0 สามารถวินิจฉัยความผิดปกติ F#2 ที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องทุกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จึงต้องสอนด้วยข้อมูลทั้ง 3 ชุดนี้ สำหรับกรณีความผิดปกติอื่นก็สามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกันนี้

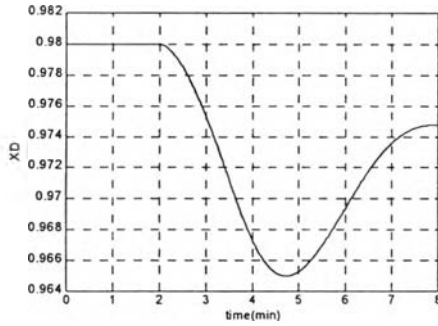
อย่างไรก็ตาม ในบางกรณี ยังมีความผิดปกติเดี่ยวต่างชนิดกันแต่ให้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ซ้ำกัน จึงไม่สามารถนำข้อมูลนั้นมาสอนให้ข่ายงานประสาทแยกแยะและสร้างสัญญาณออกที่ต่างกันได้ ซึ่งจะกล่าวถึงการแก้ไขสำหรับกรณีนี้ในหัวข้อที่ 5.2.4 ต่อไป



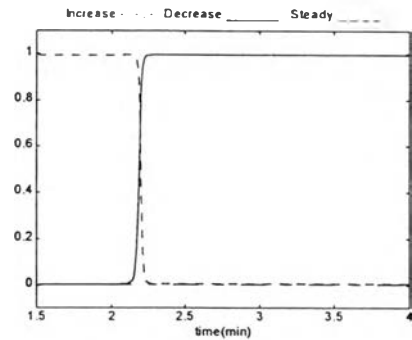
(ก) x_B



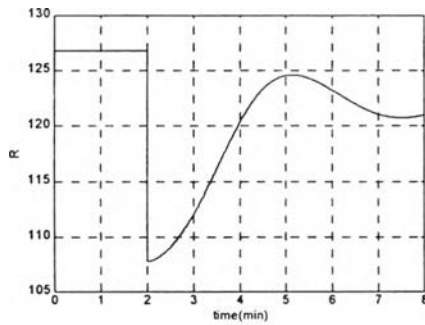
(จ) x_B



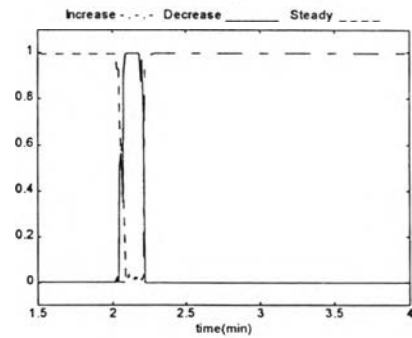
(ข) x_D



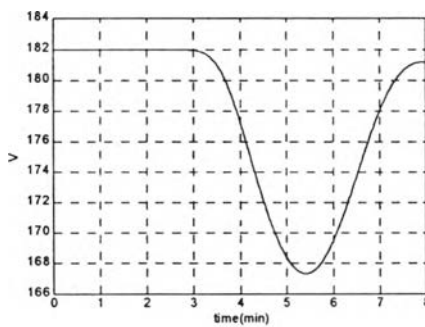
(ฉ) x_D



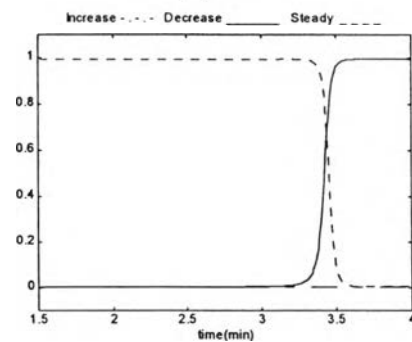
(ค) R



(ช) R



(ง) V



(ฉ) V

รูปที่ 5.3 (ก) – (ง) การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้ในระบบเมื่อเกิด F#2 ณ นาทีที่ 2

(จ) – (ช) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสัญญาณในรูป (ก)-(ง) ที่ออกจากข่ายงานประสาทปฐมภูมิ โดย

..... สัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มขึ้น

----- สัญญาณคงที่

_____ สัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงแบบลดลง

5.2.3 การออกแบบข่ายงานประสาททฤษฎีในลำดับชั้นที่สอง (Net_1 ถึง Net_8)

ข่ายงานประสาททฤษฎีในลำดับชั้นที่สอง ประกอบด้วยข่ายงานประสาททั้งหมด 8 ข่ายงานซึ่งเท่ากับจำนวนความผิดพลาดทั้งหมด 8 แห่ง แต่ละข่ายงานจะถูกสอนด้วยชุดข้อมูลกรณีที่เกิดความผิดพลาดเดียวและกรณีที่เกิดความผิดพลาดพร้อมกัน 2 แห่งเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับความผิดพลาดเดียวของข่ายงานนั้น ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 3 สำหรับการทำงานของข่ายงานประสาททฤษฎีในลำดับชั้นที่สองจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กันข่ายงานประสาททฤษฎีในลำดับชั้นที่หนึ่ง แต่การแสดงผลสัญญาณเดือนจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณสวิตช์ซึ่งเป็นสัญญาณออกของข่ายงานประสาททฤษฎีในลำดับชั้นที่หนึ่งเท่านั้น

ข่ายงานประสาททฤษฎีในลำดับชั้นที่สอง แต่ละข่ายงานเป็นข่ายงานประสาท 2 ชั้น มีจำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับ 18 โหนด ซึ่งเท่ากับจำนวนสัญญาณที่วัดได้ 6 แห่ง คูณ 3 ซึ่งเป็นจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตของข่ายงานประสาทปรัภูมิ, จำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 15 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเท่ากับ 7 โหนด ซึ่งเป็นจำนวนสัญญาณเดือนความผิดพลาดเดียวของข่ายงานนั้นๆ และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นพร้อมกันกับความผิดพลาดเดียวชนิดอื่นๆ 6 แห่ง

ในบทนี้จะขอแสดงชุดข้อมูลสัญญาณเข้าและสัญญาณออกที่ใช้สอนข่ายงานประสาททฤษฎีในลำดับชั้นที่สอง เฉพาะข่ายงานประสาทที่สร้างสัญญาณเดือนที่เกี่ยวข้องกับความผิดพลาด F#1 หรือ Net_1 ดังตารางที่ 5.5 และตารางที่ 5.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.5 เป็นชุดข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ 6 แห่งที่วัดได้ในระบบ โดยมีทั้งหมด 7 ชุด นั่นคือ กรณี F#1 เพียงแห่งเดียว และกรณีเกิดความผิดพลาดพร้อมกันสองแห่ง โดยเกิด F#1 พร้อมกับกับความผิดพลาดที่อื่นๆ อีก 6 แห่ง จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเนื่องจากการเกิดความผิดพลาดที่ต่างกันนั้น เป็นรูปแบบที่แตกต่างกันทั้งหมด จึงสามารถสอนให้ข่ายงานประสาทจดจำรูปแบบ และสร้างสัญญาณเดือนที่ถูกต้องได้ตามตารางที่ 5.6

อย่างไรก็ตาม ในบางกรณี ยังมีความผิดพลาดต่างชนิดกันแต่ให้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ซ้ำกัน จึงไม่สามารถนำข้อมูลนั้นมาสอนให้ข่ายงานประสาทแยกแยะและสร้างสัญญาณออกที่ต่างกันได้ ซึ่งจะกล่าวถึงการแก้ไขสำหรับกรณีนี้ในหัวข้อที่ 5.2.4 ต่อไป

สำหรับชุดข้อมูลสัญญาณเข้าและสัญญาณออกที่ใช้สอนข่ายงานประสาททฤษฎีในลำดับชั้นที่สอง หรือ Net_2 ถึง Net_8 ก็สามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกันนี้

ตารางที่ 5.5 ชุดข้อมูลสัญญาณเข้าที่ใช้สอนข่ายงานประสาททุติยภูมิ(Net_1)

	F#1	F#1, 3	F#1, 4	F#1, 5	F#1, 6	F#1, 7	F#1, 8
x_B	0 0 1	0 0	0	0 1	0 0	0 1	0 0 0
	1 1 0	1 0	1	1 0	1 0	1 0	1 1 0
	0 0 0	0 1	0	0 0	0 1	0 0	0 0 1
x_D	0 1 1	0 0	0	0 1	0 1	0 1	0 1 1
	1 0 0	1 1	1	1 0	1 0	1 0	1 0 0
	0 0 0	0 0	0	0 0	0 0	0 0	0 0 0
R	1 0 0	1 0	1	1 0	1 0	1 0	1 0 0
	0 0 0	0 1	0	0 0	0 0	0 0	0 0 0
	0 1 1	0 0	0	0 1	0 1	0 1	0 1 1
V	0 0 1	1 0	0	0 1	0 0	0 1	0 0 0
	1 1 0	0 0	0	1 0	1 0	1 0	1 1 0
	0 0 0	0 1	1	0 0	0 1	0 0	0 0 1
F	0 0 0	0 0	0	1 1	0 0	0 0	0 0 0
	1 1 1	1 1	1	0 0	0 0	1 1	1 1 1
	0 0 0	0 0	0	0 0	1 1	0 0	0 0 0
z	0 0 0	0 0	0	0 0	0 0	1 1	0 0 0
	1 1 1	1 1	1	1 1	1 1	0 0	0 0 0
	0 0 0	0 0	0	0 0	0 0	0 0	1 1 1

ตารางที่ 5.6 ชุดข้อมูลของสัญญาณออกสำหรับสอน Net_1

ความผิดพลาด	สัญญาณออก						
	1	2	3	4	5	6	7
F#1	1	0	0	0	0	0	0
F#1,3	1	1	0	0	0	0	0
F#1,4	1	0	1	0	0	0	0
F#1,5	1	0	0	1	0	0	0
F#1,6	1	0	0	0	1	0	0
F#1,7	1	0	0	0	0	1	0
F#1,8	1	0	0	0	0	0	1

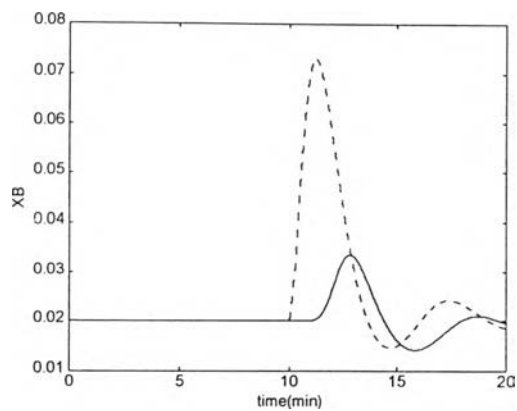
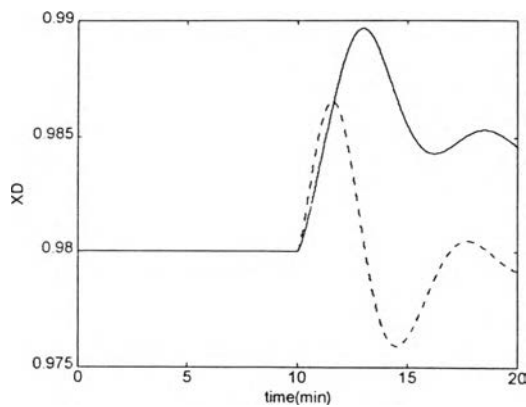
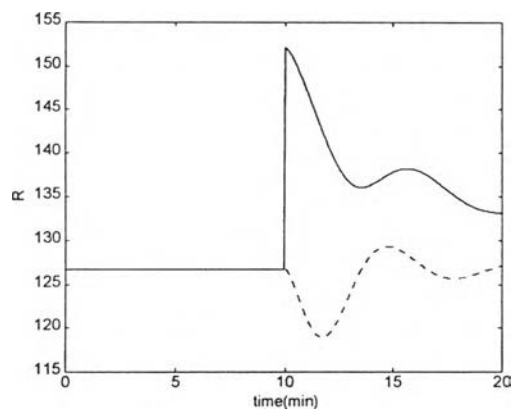
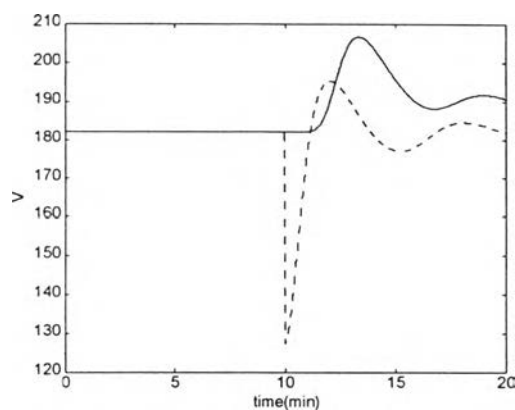
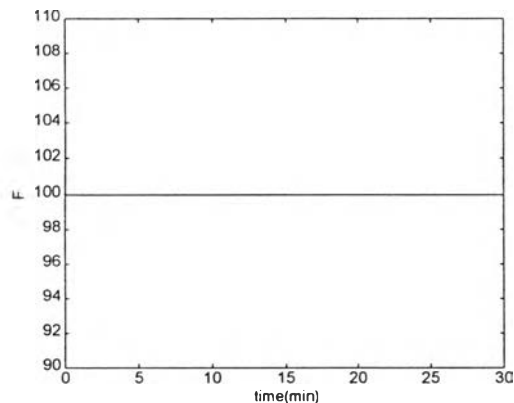
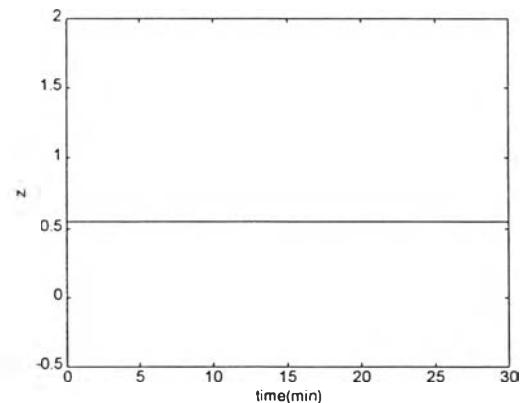
5.2.4 การกำหนดฐานความรู้เพื่อการตัดสินใจและสวิตซ์ชิงของข่ายงานประสาทหัตถิยภูมิ ในกรณีที่ความผิดพลาดต่างชนิดแต่ให้รูปแบบของข้อมูลซ้ำกัน

เนื่องจากการประยุกต์ใช้ข่ายงานประสาทเพื่อการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดในระบบนั้น อาศัยการรู้จำรูปแบบของสัญญาณเข้าและสัญญาณออกที่ได้รับการสอน ดังนั้น กรณีที่สัญญาณเข้ามีรูปแบบซ้ำกันแต่ต้องการให้สัญญาณออกต่างกัน จึงทำให้ยากที่ข่ายงานประสาทจะเรียนรู้ และตัดสินใจว่าเป็นสัญญาณออกชนิดใด ตัวอย่างเช่น เมื่อเกิดความผิดพลาดชนิดที่ 1 ขึ้น และทำให้รูปแบบของสัญญาณเข้าของข่ายงานเป็นแบบเดียวกับความผิดพลาดชนิดที่ 2 จะทำให้ข่ายงานประสาทไม่สามารถเรียนรู้จากชุดข้อมูลเพื่อแยกความแตกต่างของความผิดพลาดได้

ดังนั้น เพื่อให้ข่ายงานประสาทสร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดได้ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องมีฐานความรู้เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับการสร้างสัญญาณออกของข่ายงาน โดยฐานความรู้นี้จะอาศัยความแตกต่างกันของสัญญาณบางสัญญาณที่ไม่ได้สอนให้กับข่ายงานประสาท เช่น ขนาดหรือเวลาซึ่งเกิดค่าพุ่งเกินสูงสุด(Peak time)

เนื่องจากการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดให้ได้ตั้งแต่ระบบยังอยู่ในช่วงภาวะชั่วคราว อาศัยหน้าต่างเคลื่อนที่และข่ายงานประสาทปฐมภูมิจำแนกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ดังนั้น สัญญาณเข้าของข่ายงานประสาทหัตถิยภูมิ จึงเป็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเท่านั้น ซึ่งกรณีของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบหากล้นนั้น เลือกใช้ขนาดของสัญญาณหลังจากเกิดความผิดพลาดเป็นฐานความรู้ให้กับข่ายงานประสาท โดยพิจารณาถึงความผิดพลาด 2 กรณีที่ให้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณซ้ำกัน แต่มีขนาดของสัญญาณบางสัญญาณที่ต่างกัน

สำหรับกรณีของความผิดพลาดที่ให้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณซ้ำกัน สำหรับการสอน Net_0 เป็นดังรูปที่ 5.4 - 5.5 และตารางที่ 5.7 - 5.8 ส่วนการสอน Net_1 ถึง Net_8 เป็นดังรูปที่ 5.6 - 5.8 และตารางที่ 5.9

(ก) x_B (ง) x_D (ข) R (จ) V (ค) F (ฉ) z

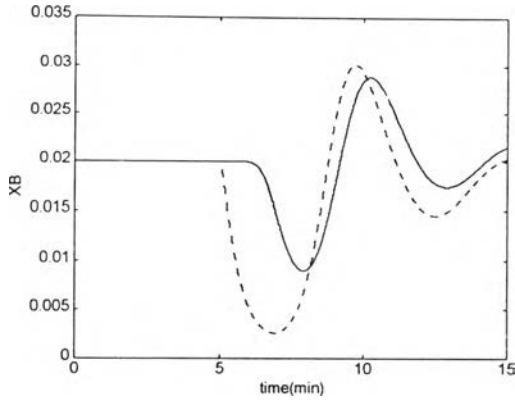
รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบกรณีเกิดความผิดปกติ ณ นาทีที่ 10

F#1 20% _____

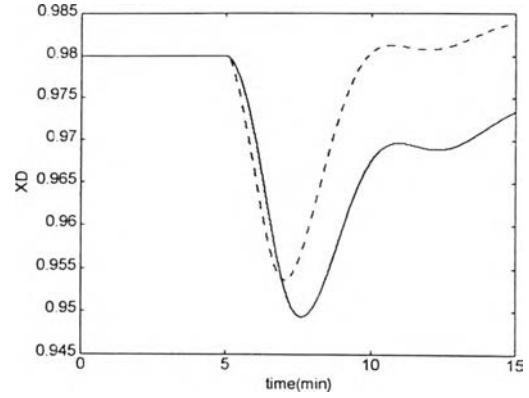
F#4 30% - - - - -

ตารางที่ 5.7 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกของสัญญาณที่วัดได้จากระบบกรณีเกิดความผิดปกติ
เมื่อผ่านหน้าต่างเคลื่อนที่และช่างงานประจำประสาทปฐมภูมิ

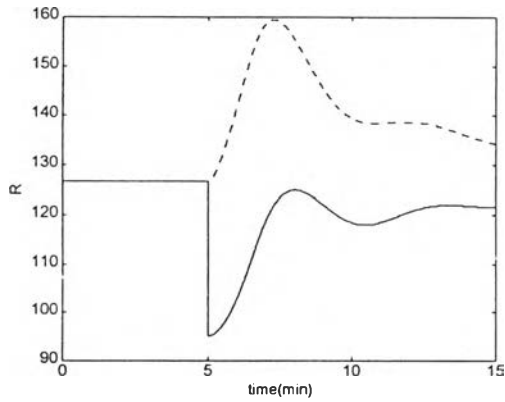
Fault	x_B	x_D	R	V	F	z
F#1	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด	เพิ่ม	คงที่	คงที่
F#4	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด	เพิ่ม	คงที่	คงที่



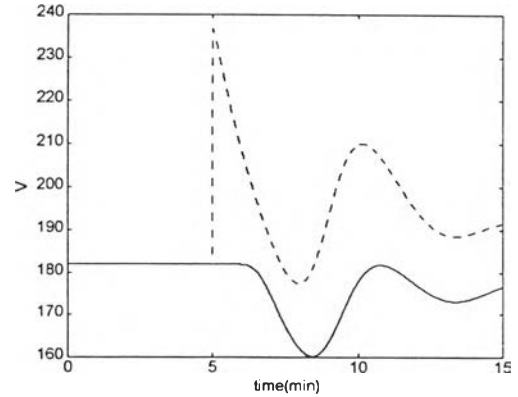
(ก) x_B



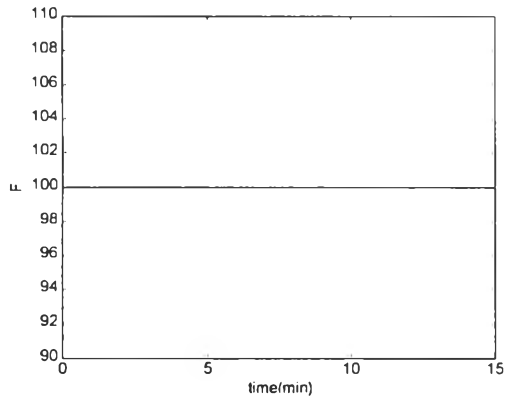
(ง) x_D



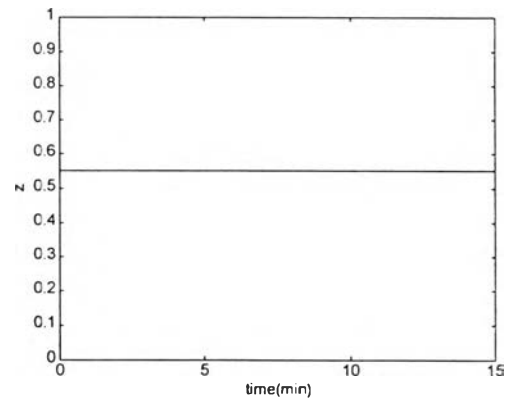
(ข) R



(จ) V



(ค) F



(ฉ) z

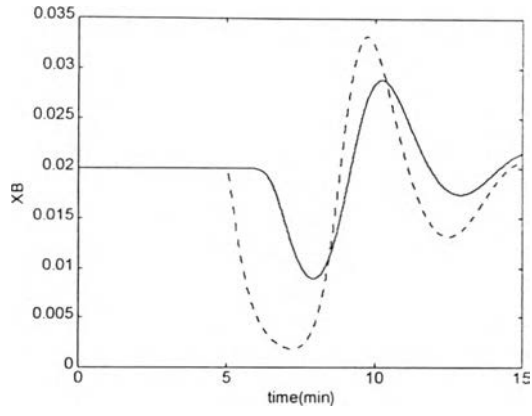
รูปที่ 5.5 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบกรณีเกิดความผิดพลาดเดียว ณ นาทีที่ 5

F#2 25% _____ F#3 30% - - - - -

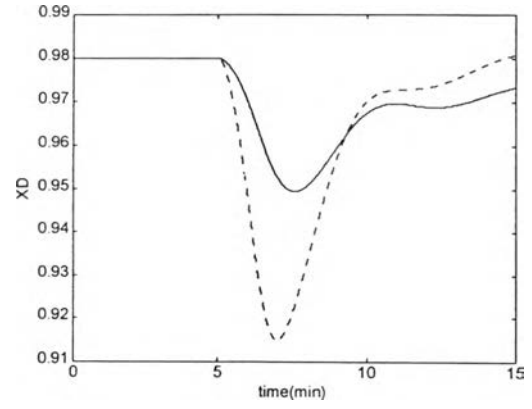
ตารางที่ 5.8 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกของสัญญาณที่วัดได้จากระบบกรณีเกิดความผิดพลาดเดียว

เมื่อผ่านหน้าต่างเคลื่อนที่และช่างงานประจำปฐมภูมิ

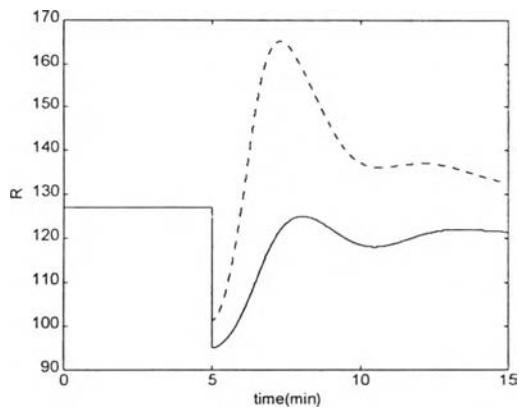
Fault	x_B	x_D	R	V	F	z
F#2	ลด	ลด	เพิ่ม	ลด	คงที่	คงที่
F#3	ลด	ลด	เพิ่ม	ลด	คงที่	คงที่



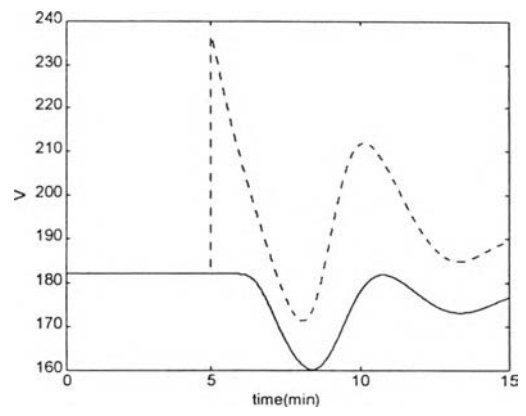
(ก) x_B



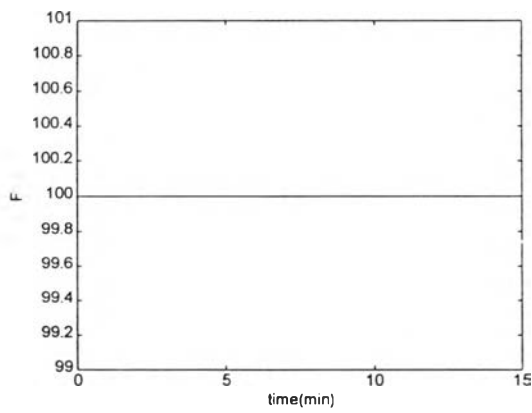
(ง) x_D



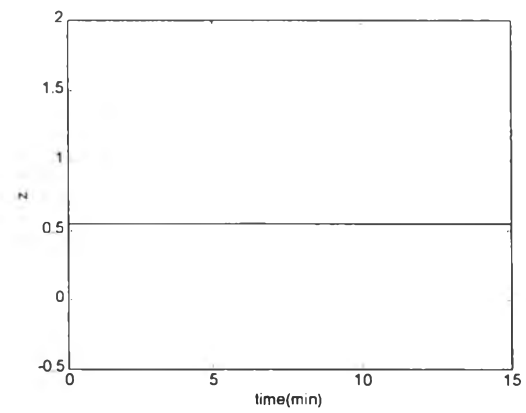
(ข) R



(จ) V



(ค) F

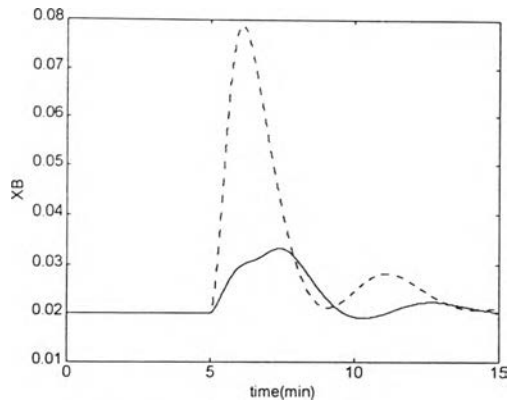
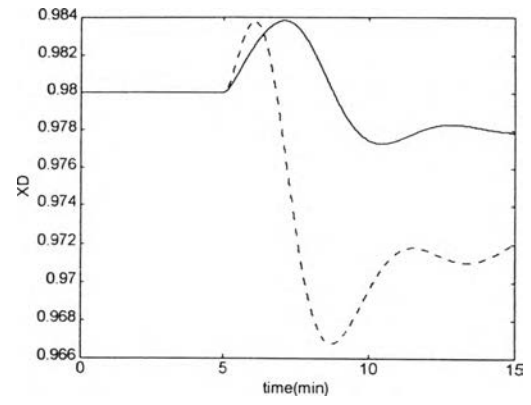
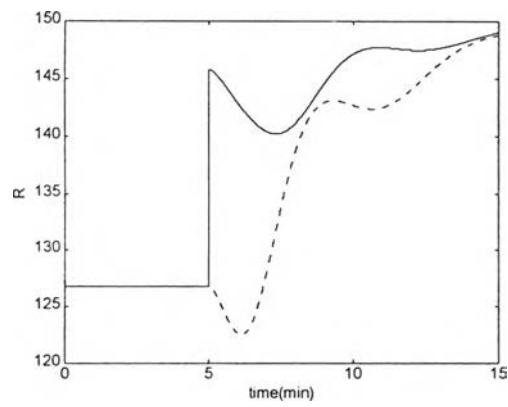
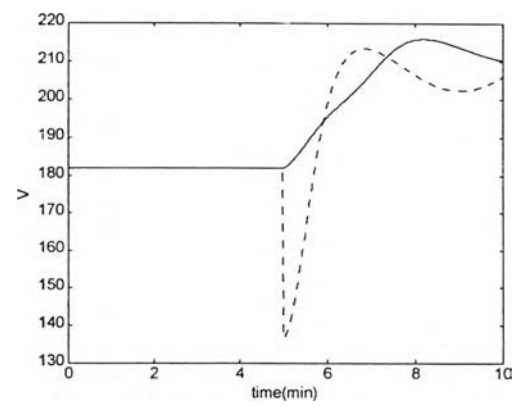
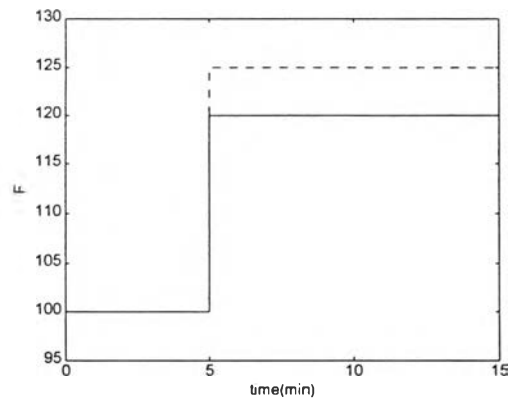
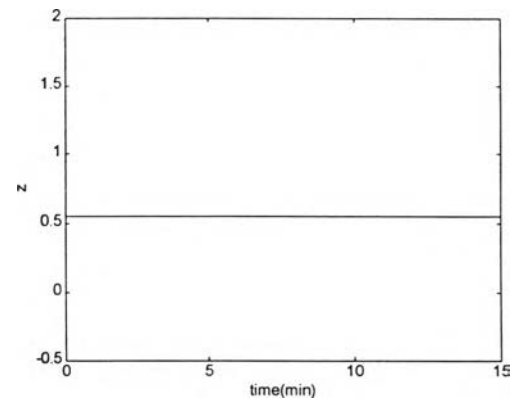


(ฉ) Z

รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบกรณีเกิดความผิดพลาด ณ นาทีที่ 5

F#2 25% _____

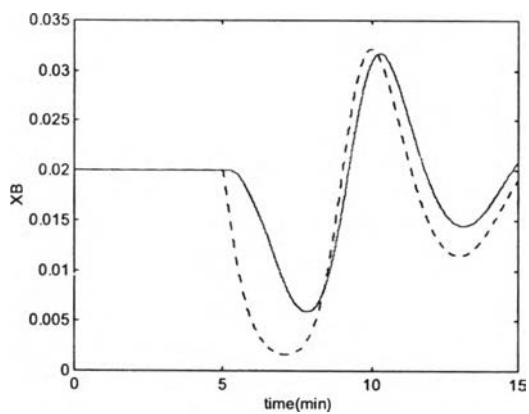
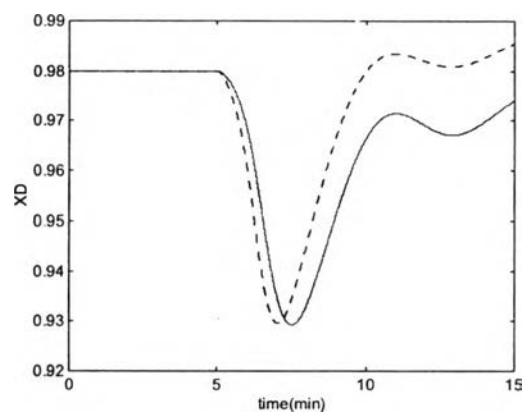
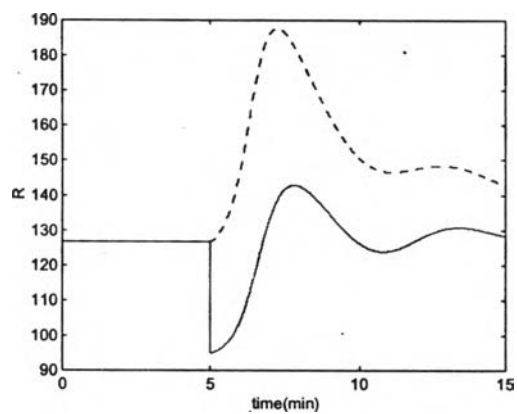
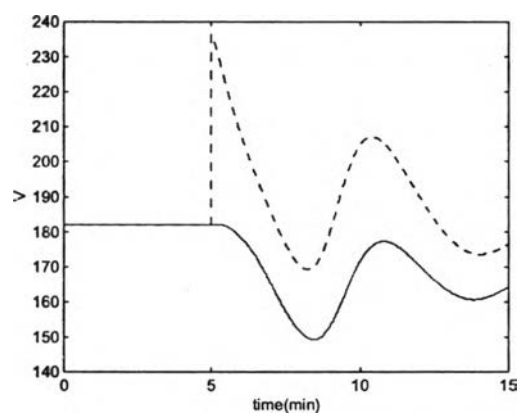
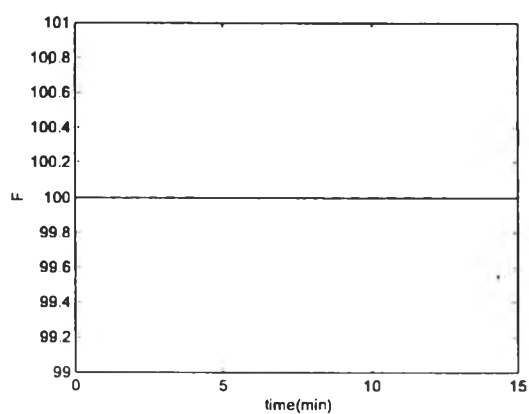
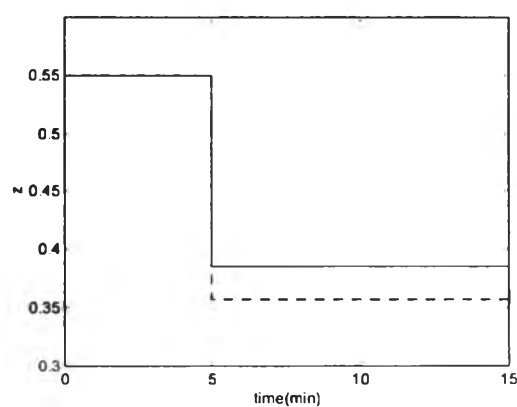
F#2 20% และ F#3 30% - - - - -

(ก) x_B (ง) x_D (จ) R (ฉ) V (ค) F (ช) z

รูปที่ 5.7 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้กรณีเกิดความผิดพลาดพร้อมกัน 2 แห่ง ณ นาทีที่ 5

F#5 20% และ F#1 15% _____

F#5 25% และ F#4 25% - - - - -

(ก) x_B (ง) x_D (ข) R (จ) V (ค) F (ฉ) Z

รูปที่ 5.8 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้กรณีเกิดความผิดพลาดพร้อมกัน 2 แห่ง ณ นาทีที่ 5

F#8 30% และ F#2 25% _____

F#8 35% และ F#3 30% - - - - -

ตารางที่ 5.9 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกันในช่วงแรกของสัญญาณที่วัดได้จากระบบ เมื่อผ่านหน้าต่างเคลื่อนที่และข่างานประสาทปฐมภูมิ กรณีเกิดความผิดพลาดพร้อมกัน 2 แห่ง

	ความผิดพลาด		x_B	x_D	R	V	F	z	สิ่งที่ต่างกัน
Net_1	#1	#1, 4	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด	เพิ่ม	คงที่	คงที่	ขนาด V
Net_2	#2	#2, 3	ลด	ลด	เพิ่ม	ลด	คงที่	คงที่	ขนาด V
Net_3	#3	#3, 2	ลด	ลด	เพิ่ม	ลด	คงที่	คงที่	ขนาด R
Net_4	#4	#4, 1	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด	เพิ่ม	คงที่	คงที่	ขนาด R
Net_5	#5, 1	#5, 4	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด	เพิ่ม	เพิ่ม	คงที่	ขนาด V
	#5, 2	#5, 3	ลด	ลด	เพิ่ม	ลด	เพิ่ม	คงที่	ขนาด x_B
Net_6	#6	#6, 2	ลด	คงที่	คงที่	ลด	ลด	คงที่	ขนาด x_D
	#6, 2	#6, 3	ลด	ลด	เพิ่ม	ลด	ลด	คงที่	ขนาด R
Net_7	#7, 1	#7, 4	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด	เพิ่ม	คงที่	เพิ่ม	ขนาด R
Net_8	#8, 2	#8, 3	ลด	ลด	เพิ่ม	ลด	คงที่	ลด	ขนาด R

รูปที่ 5.4 และรูปที่ 5.5 เป็นรูปเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบ เมื่อเกิดความผิดพลาดเดียว 2 ชนิดที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในช่วงก่อนถึงค่าจุดยอด(Peak) เป็นแบบเดียวกัน ดังนั้นเมื่อสัญญาณที่วัดได้จากระบบผ่านหน้าต่างเคลื่อนที่ จะได้สัญญาณออกของข่างานประสาทปฐมภูมิ(และเป็นสัญญาณเข้าของข่างานประสาทหตุติภูมิในลำดับชั้นที่ 1) เป็นแบบเดียวกัน โดยได้สรุปไว้ดังตารางที่ 5.7 และตารางที่ 5.8 ทำให้ข่างานประสาทหตุติภูมิในลำดับชั้นที่ 1 (Net_0) ไม่สามารถวินิจฉัยจากสัญญาณที่เข้ามาได้ว่าเป็นความผิดพลาดชนิดใด ดังนั้นเพื่อให้ข่างานสร้างสัญญาณเตือนได้ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องมีฐานความรู้เพื่อช่วยในการตัดสินใจสร้างสัญญาณเตือน โดยอาศัยความแตกต่างกันของขนาดสัญญาณ ดังนี้

- ในกรณีความผิดพลาด F#1 จะเห็นว่าขนาดของ R มีค่ามากกว่าค่าที่สภาวะปกติ ขณะที่ F#4 นั้นขนาดของ R มีค่าน้อยกว่าค่าที่สภาวะปกติ
- ในกรณีความผิดพลาด F#2 จะเห็นว่าขนาดของ R มีค่าน้อยกว่าค่าที่สภาวะปกติ ขณะที่ F#3 นั้นขนาดของ R มีค่ามากกว่าค่าที่สภาวะปกติ

สำหรับการวินิจฉัยความผิดพลาดของข่างานประสาทหตุติภูมิในลำดับชั้นที่ 2 (Net_1 ถึง Net_8) พบว่ามีกรณีที่ความผิดพลาดต่างชนิดกันแต่ให้การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในช่วงก่อนถึงค่าจุดยอดเป็นแบบเดียวกัน ดังรูปที่ 5.6 – 5.8 เป็นรูปเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบเมื่อเกิดความผิดพลาดต่างชนิดกัน และได้สรุปเป็นกรณีต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับแต่ละข่างานไว้ดังตารางที่ 5.9 ดังนั้นเมื่อสัญญาณที่วัดได้จากระบบผ่านหน้าต่างเคลื่อนที่ จะได้สัญญาณออกของข่างานประสาทปฐมภูมิ

(และเป็นสัญญาณเข้าของข่ายงานประสาททุติยภูมิในลำดับขั้นที่สอง) เป็นแบบเดียวกัน ทำให้ข่ายงานประสาททุติยภูมิในลำดับขั้นที่สอง ไม่สามารถวินิจฉัยจากสัญญาณที่เข้ามาได้ว่าเป็นความผิดพลาดชนิดใด ดังนั้นเพื่อให้ข่ายงานสร้างสัญญาณเตือนได้ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องมีฐานความรู้เพื่อช่วยในการตัดสินใจสร้างสัญญาณเตือน โดยอาศัยความแตกต่างกันของขนาดสัญญาณ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5.9

5.2.5 การกำหนดขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ เพื่อให้ระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดเริ่มสร้างสัญญาณเตือน

ระบบโดยทั่วไป อาจมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณต่างๆ ในระบบเป็นค่าเล็กๆ และไม่ทำให้ระบบมีความเสียหายมากนัก เนื่องจากตัวควบคุมยังสามารถควบคุมระบบให้กลับมาทำงานอยู่ที่สภาวะปกติได้

สำหรับความผิดพลาดที่พิจารณาในระบบหอกลั่นนี้ เป็นสัญญาณที่วัดได้ในระบบด้วย (R , V , F และ z) ดังนั้นจึงได้กำหนดขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบ(และเป็นสัญญาณเข้าสู่ระบบตรวจพบ) ไปจากสภาวะปกติ ที่ถือเป็นการรบกวนของระบบ ให้อยู่ในช่วง $\pm 10\%$ ของค่าในช่วงสถานะอยู่ตัวที่สภาวะปกติ โดยหากเกิดความผิดพลาดที่ทำให้สัญญาณใดสัญญาณหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปและมีค่าเกินช่วงดังกล่าว ระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดจึงจะเริ่มทำงานและสร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดออกมา

5.3 ผลการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์

จากการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ โดยอาศัย MSHANN ในการวินิจฉัยความผิดพลาดของหอกลั่น ได้ผลการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดเดี่ยว(ดังตารางที่ 5.10) และความผิดพลาดพร้อมกันสองแห่ง (ดังตารางที่ 5.11) สรุปได้ดังนี้

1. กรณีเกิดความผิดพลาดเดี่ยว MSHANN สามารถตรวจพบและวินิจฉัยได้ถูกต้องทุกกรณี
2. กรณีเกิดความผิดพลาดพร้อมกัน 2 แห่ง MSHANN สามารถตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดได้ถูกต้องทั้ง 2 แห่ง
3. สามารถตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดได้ตั้งแต่ในช่วงภาวะชั่วคราว โดยตรวจพบและวินิจฉัยได้ถูกต้องภายในช่วง 6 วินาที – 54 วินาที หลังจากเกิดความผิดพลาด ขณะที่ช่วงเวลาเข้าที่ของระบบเป็น 15 นาที - 30 นาที

ตารางที่ 5.10 ผลการวินิจฉัยความผิดปกติด้วย MSHANN

ความผิดปกติ	สัญญาณเตือน จาก Net_0	สัญญาณเตือนจาก ข่ายงานทุติยภูมิ ในชั้นตอนที่ 2	สัญญาณเตือน เมื่อผ่าน OR operation	*	เวลาที่ ตรวจพบ (วินาที)
#1	#1	#1	#1	1/1	10-11
#2	#2	#2	#2	1/1	11-29
#3	#3	#3	#3	1/1	14-22
#4	#4	#4	#4	1/1	14-26
#5	#5	#5	#5	1/1	6
#6	#6	#6	#6	1/1	10-14
#7	#7	#7	#7	1/1	33-40
#8	#8	#8	#8	1/1	34-54

* จำนวนความผิดปกติที่วินิจฉัยได้ถูกต้อง / จำนวนความผิดปกติที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 5.11 ผลการวินิจฉัยความผิดปกติพร้อมกันสองแห่งด้วย MSHANN

ความผิดปกติ	สัญญาณเตือน จาก Net_0	สัญญาณเตือนจาก ข่ายงานทุติยภูมิ ในชั้นตอนที่ 2	สัญญาณเตือน เมื่อผ่าน OR operation	*	เวลาที่ ตรวจพบ (วินาที)
#1, 3	#1, 3	#13, #31	#1, 3	2/2	7.2-8.5
#1, 4	#1, 4	#14, #41	#1, 4	2/2	7.5-8.5
#1, 5	#5	#51	#1, 5	2/2	6-17
#1, 6	#1, 6	#16, #61	#1, 6	2/2	11-19.5
#1, 7	#1	#17	#1, 7	2/2	12-28.5
#1, 8	#1	#18	#1, 8	2/2	8-8.4
#2, 3	#2	#23	#2, 3	2/2	9-10
#2, 4	#2, 4	#24, #42	#2, 4	2/2	10.5-11
#2, 5	#5	#52	#2, 5	2/2	5.7-6
#2, 6	#6	#62	#2, 6	2/2	9.6-19
#2, 7	#2	#27	#2, 7	2/2	11-11.4
#2, 8	#2	#28	#2, 8	2/2	13-23.8
#3, 5	#5	#53	#3, 5	2/2	5.8-6.6
#3, 6	#3, 6	#36, #63	#3, 6	2/2	8.2-11.3

ตารางที่ 5.11 ผลการวินิจฉัยความผิดพลาดพร้อมกัน 2 แห่งด้วย MSHANN (ต่อ)

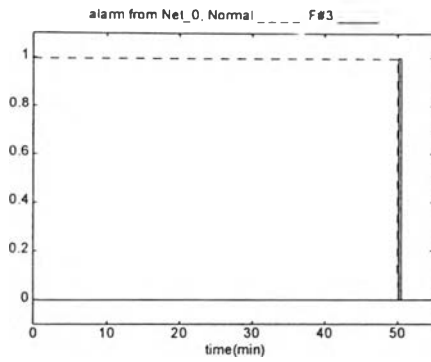
ความผิดพลาด	สัญญาณเตือน จาก Net_0	สัญญาณเตือนจาก ข่ายงานทุติยภูมิ ในขั้นตอนที่ 2	สัญญาณเตือน เมื่อผ่าน OR operation	*	เวลาที่ ตรวจพบ (วินาที)
#3, 7	#3, 7	#37, #73	#3, 7	2/2	10-11
#3, 8	#3	#38	#3, 8	2/2	14.7-19
#4, 5	#5	#54	#4, 5	2/2	6.4-7.1
#4, 6	#6	#64	#4, 6	2/2	9.4-10
#4, 7	#4	#47	#4, 7	2/2	12-23
#4, 8	#4, 8	#48, #84	#4, 8	2/2	9.3-9.5
#5, 7	#5	#57	#5, 7	2/2	11.1-14
#5, 8	#5	#58	#5, 8	2/2	11-13.5
#6, 7	#6	#67	#6, 7	2/2	11.2-13.7
#6, 8	#6	#68	#6, 8	2/2	11.2-13.6

* จำนวนความผิดพลาดที่วินิจฉัยได้ถูกต้อง / จำนวนความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

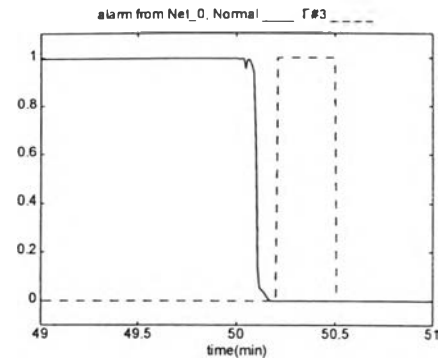
ในการจำลองระบบ ได้ทดสอบการสร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดของระบบตรวจพบ ในกรณีที่เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในระบบและกรณีที่เกิดความผิดพลาดขึ้น จากรูปที่ 5.9 เป็นกรณีที่เกิด F#3 6% ณ นาทีที่ 5 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ภายในช่วง $\pm 10\%$ จึงพิจารณาให้เป็นสัญญาณรบกวน ดังจะเห็นได้จากสัญญาณออกของ Net_0 ในรูปที่ 5.8(ก) ที่สร้างสัญญาณที่บอกว่าระบบอยู่ในสภาวะปกติ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นเพียงสัญญาณรบกวนค่าเล็กๆ และตัวควบคุมสามารถควบคุมให้สัญญาณทุกตัวเข้าสู่ค่าที่สภาวะปกติได้ จนกระทั่ง ณ นาทีที่ 50 เกิดความผิดพลาด F#3 อีกครั้งที่ขนาด 15% ซึ่งการเปลี่ยนแปลงมีขนาดใหญ่กว่าขอบเขตที่กำหนดไว้และพิจารณาให้เป็นความผิดพลาด ดังนั้นระบบตรวจพบจะต้องสร้างสัญญาณเตือนออกมา ดังจะเห็นได้จากสัญญาณออกของ Net_0 ในรูป 5.8(ข) ที่สร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาด F#3 ได้อย่างถูกต้องภายในเวลาประมาณ 12 วินาทีหลังจากเกิดความผิดพลาด ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งเป็นสัญญาณลวิตซ์ให้ Net_3 สร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดผ่านการดำเนินการออร์ออกมาได้ถูกต้อง

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของ x_B และ x_D เนื่องจากเกิดความผิดพลาด F#3 นั้น จะได้ว่า เมื่อการไหลถ่ายเทไอจากฐานหอไปยังยอดหอมีค่ามากเกินไป จะทำให้เกิดการพาของเหลวขึ้นไปยังชั้นถัดไปข้างบน ทำให้ความบริสุทธิ์ของของเหลวในชั้นบนกว่ามีค่าลดลง ดังนั้น x_D จึงลดลง และเนื่องจากอัตราการไหลของไอที่เพิ่มขึ้นยังทำให้สารเบาที่ฐานหอระเหยออกไปมากขึ้นทำให้ x_B ลดลงด้วย

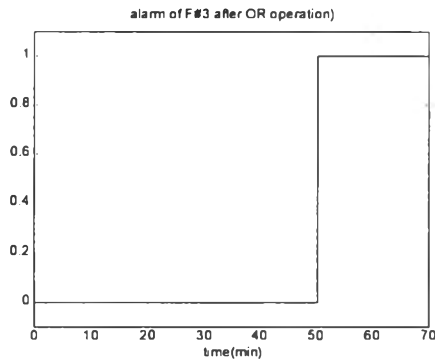
จากรูปที่ 5.11 และรูปที่ 5.12 ซึ่งเป็นกรณีที่เกิด F#5 (F เพิ่มขึ้น) 5% ณ นาทีที่ 5 และ 20% ณ นาทีที่ 70 นั้นสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกันกับกรณีข้างต้น



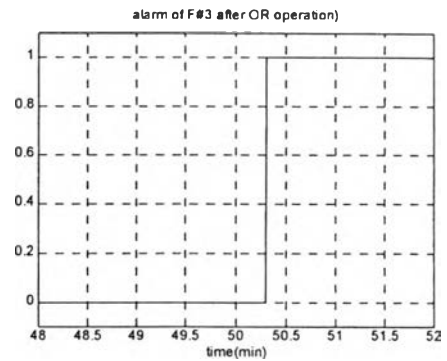
(น)



(ข)

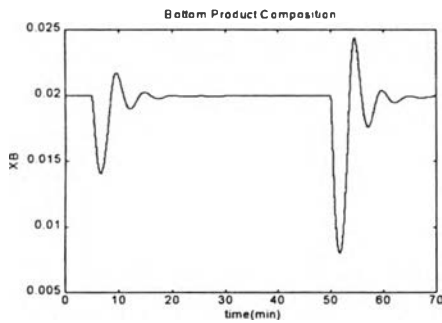
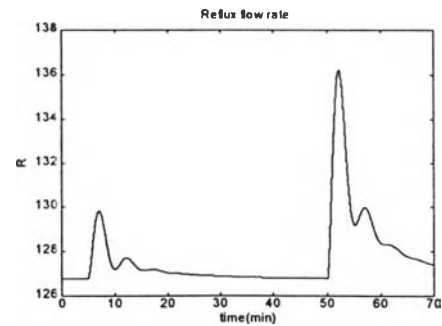
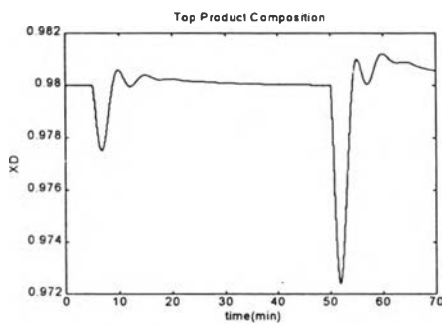
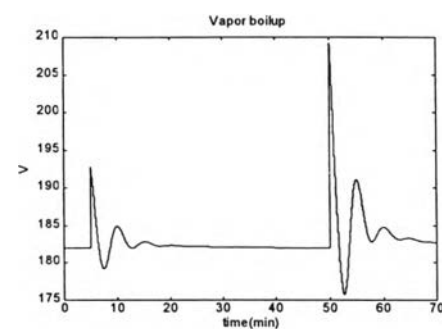


(ค)

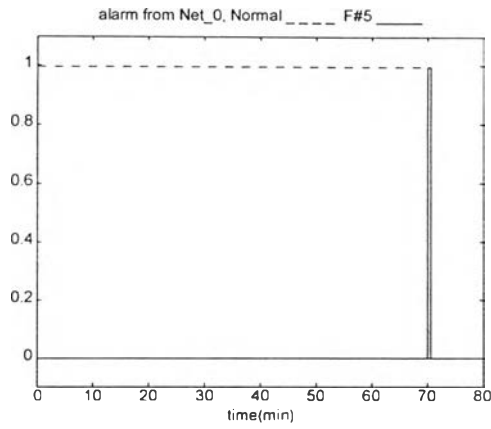


(ง)

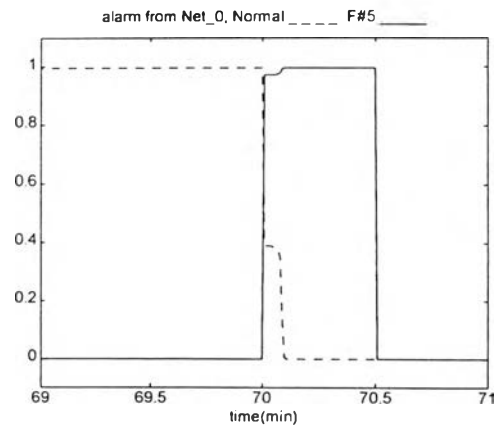
รูปที่ 5.9 กรณี F#3 : 6% ณ นาทีที่ 5 และ 15% ณ นาทีที่ 50 (น)-(ข) สัญญาณเตือนจาก Net_0 และรูปขยาย (ค)-(ง) สัญญาณเตือนความผิดปกติของ F#3 ที่ออกจากการดำเนินการออและรูปขยาย

(น) X_B (ข) R (ค) X_D (ง) V

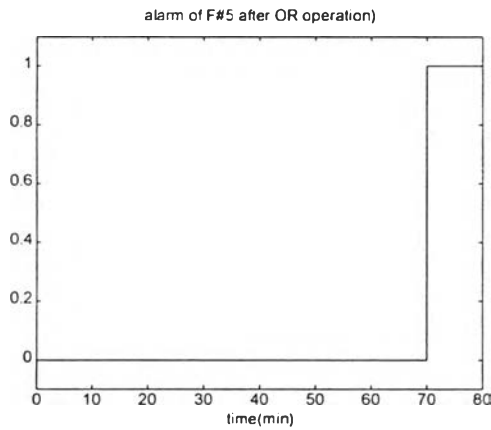
รูปที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ กรณี F#3 6% ณ นาทีที่ 5 และ 15% ณ นาทีที่ 50



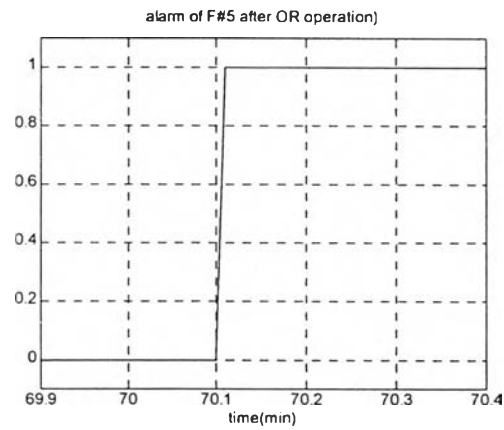
(ก)



(ข)

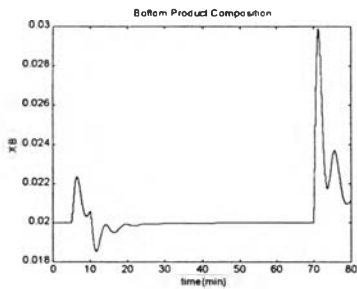


(ค)

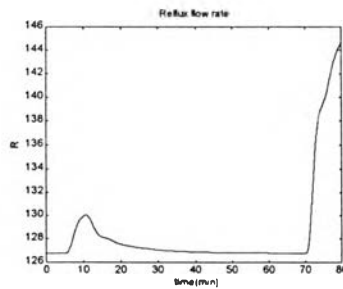


(ง)

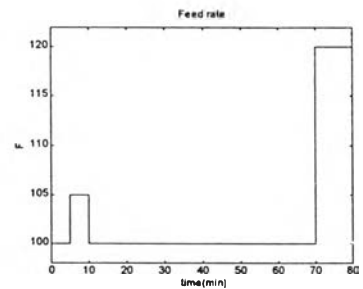
รูปที่ 5.11 กรณี F#5 : 5% ณ นาทีที่ 5 และ 20% ณ นาทีที่ 70 (ก)-(ข) สัญญาณเตือนจาก Net_0 และรูปขยาย (ค)-(ง) สัญญาณเตือนความผิดพลาด F#5 ที่ออกจากกรดำเนินการออร์และรูปขยาย



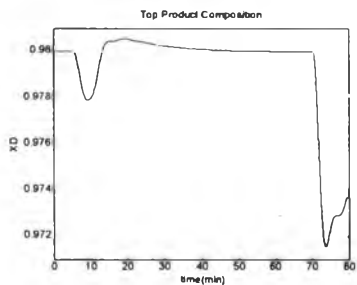
(ก) X_F



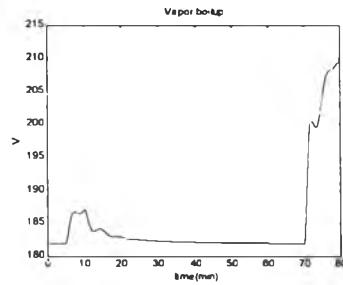
(ค) R



(จ) F

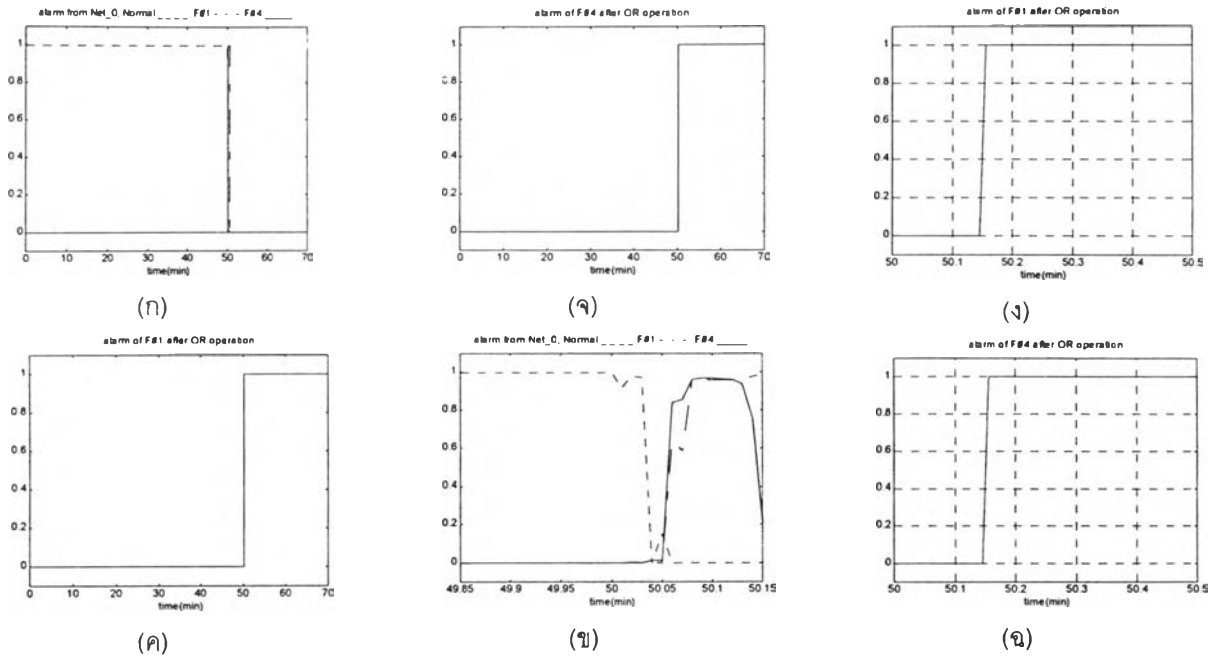


(ข) X_D



(ง) V

รูปที่ 5.12 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ กรณี F#5 5% ณ นาทีที่ 5 และ 20% ณ นาทีที่ 70



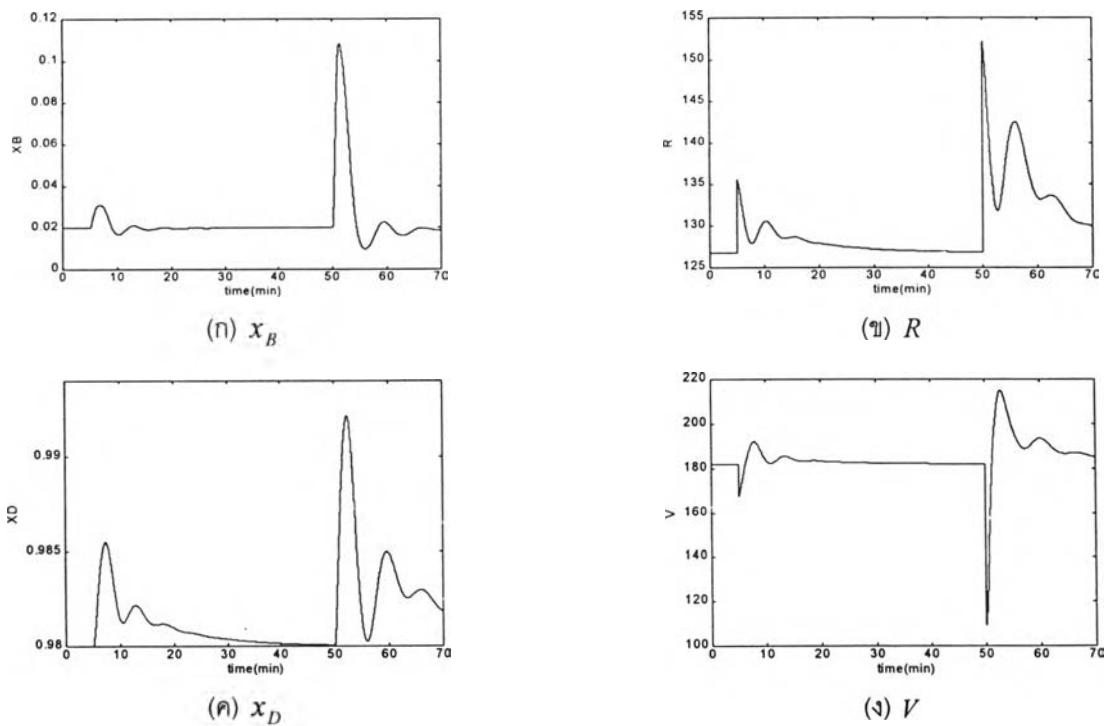
รูปที่ 5.13 กรณี F#1 และ F#4 เกิดขึ้นพร้อมกัน โดย

ณ นาทีที่ 5 เกิด F#1 7% และ F#4 8%

ณ นาทีที่ 50 เกิด F#1 20% และ F#4 40%

(ก)-(ข) สัญญาณเตือนจาก Net_0 และรูปขยาย

(ค)-(จ) สัญญาณเตือนความผิดปกติของ F#1 และ F#4 ที่ออกจากการดำเนินการออร์และรูปขยาย



รูปที่ 5.14 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบ กรณีเกิด F#1 และ F#4 พร้อมกัน

จากรูปที่ 5.14 จะเห็นว่าเมื่อเกิด F#1 (R เพิ่มขึ้น) 7% และ F#4 (V ลดลง) 8% พร้อมกัน ณ นาทีที่ 5 นาที ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ภายในช่วง $\pm 10\%$ จึงพิจารณาให้เป็นสัญญาณรบกวน ดังจะเห็นได้จากสัญญาณออกของ Net_0 ในรูปที่ 5.13(n) ที่สร้างสัญญาณที่บอกว่าระบบอยู่ในสภาวะปกติ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นเพียงสัญญาณรบกวนค่าเล็กๆ และตัวควบคุมสามารถควบคุมให้สัญญาณทุกตัวเข้าสู่ค่าที่สภาวะปกติได้ จนกระทั่ง ณ นาทีที่ 50 เกิด F#1 20% และ F#4 40% พร้อมกันทั้งสองแห่งอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงมีขนาดใหญ่กว่าขอบเขตที่กำหนดไว้และพิจารณาให้เป็นความผิดพลาด จากรูปที่ 5.13(n)-(ข) Net_0 สร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดของ F#1 และ F#4 ขึ้น และสัญญาณนี้จะถูกส่งเป็นสัญญาณสวิตช์ให้ Net_1 และ Net_4 สร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดผ่านการดำเนินการออร์ออกมาได้ถูกต้องภายในเวลาประมาณ 8 วินาทีหลังจากเกิดความผิดพลาด จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดความผิดพลาดซึ่งมีขนาดเกินค่าขอบเขตที่กำหนด หน่วยงานประสาทจะวินิจฉัยและสร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว โดยยังอยู่ในช่วงภาวะชั่วคราวของระบบ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของ x_B และ x_D เนื่องจากเกิดความผิดพลาด F#1 และ F#4 พร้อมกันนั้น จะได้ว่า เมื่อ R เพิ่มขึ้น ทำให้ผลการกลั่นที่ได้ดียิ่งขึ้นและทำให้มีของเหลวความเข้มข้นสูงเข้ามาในหอเพิ่มขึ้น รวมทั้งเมื่อ V ลดลงก็ทำให้สารเบาที่ฐานหอกลายเป็นไอน์น้อยลง ดังนั้น x_D และ x_B จึงเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.15 – รูปที่ 5.18 เป็นผลการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นพร้อมกันสองแห่งและการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณต่างๆ เมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงมีขนาดใหญ่กว่าขอบเขตที่กำหนดไว้ว่าเป็นสัญญาณรบกวน ทำให้ระบบตรวจพบสร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดออกมา

รูปที่ 5.15 เป็นสัญญาณเตือนความผิดพลาดจาก Net_0 และการดำเนินการออร์ เมื่อเกิด F#2 30% และ F#7 30% พร้อมกัน ณ นาทีที่ 3 โดยรูปที่ 5.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้ในระบบ จะเห็นว่าหลังจากเกิดความผิดพลาดขึ้นสัญญาณที่บอกถึงสภาวะปกติของระบบจะเป็นศูนย์ และถึงแม้ว่า Net_0 สร้างสัญญาณเตือนได้เฉพาะ F#2 และสวิตช์ให้ Net_2 ทำงาน แต่ Net_2 ก็สามารถสร้างสัญญาณเตือนความผิดพลาดได้ถูกต้องทั้ง 2 แห่งภายในเวลา 12 วินาที ซึ่งยังอยู่ในภาวะชั่วคราวของระบบ โดยสัญญาณเตือนความผิดพลาดทั้ง 2 แห่งที่ออกจากระบบตรวจพบจะเป็นสัญญาณที่ผ่านการดำเนินการออร์แล้ว ดังรูปที่ 5.15(ข) และ 5.15(ค)

รูปที่ 5.17 เป็นสัญญาณเตือนความผิดพลาดจาก Net_0 และการดำเนินการออร์ เมื่อเกิด F#6 37% และ F#8 26% พร้อมกัน ณ นาทีที่ 7 โดยรูปที่ 5.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้ในระบบ จะเห็นได้ว่าหลังจากเกิดความผิดพลาดขึ้นสัญญาณที่บอกถึงสภาวะปกติของระบบจะเป็นศูนย์ ถึง

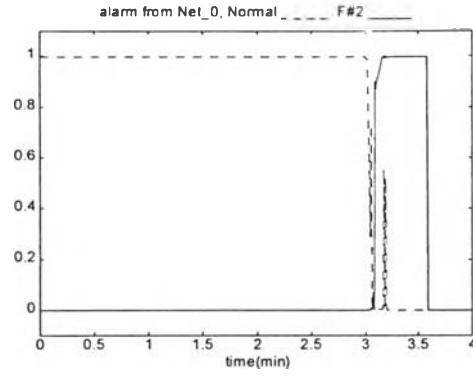
แม้ Net_0 สร้างสัญญาณเตือนได้เฉพาะ F#6 และสวิตช์ให้ Net_6 ทำงาน แต่ Net_6 ก็สามารถสร้างสัญญาณเตือนความผิดปกติได้ถูกต้องทั้ง 2 แห่งภายในเวลา 10 วินาที ซึ่งยังอยู่ในภาวะชั่วคราวของระบบ สำหรับกรณีอื่นๆ ที่เหลือได้สรุปผลไว้แล้วดังตารางที่ 5.10 และตารางที่ 5.11

5.4 สรุปและวิจารณ์

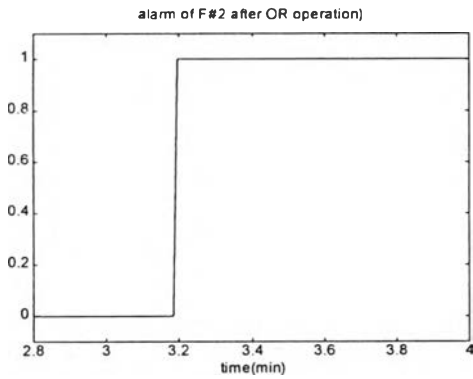
จากการศึกษาการประยุกต์ใช้ข่ายงานประสาทแบบลำดับชั้นหลายชั้นตอน(MSHANN) เพื่อตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติในระบบหอกลับที่มีช่วงเวลาเข้าที่ของระบบเป็น 15 นาที - 30 นาที พบว่าสามารถตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติเดี่ยวและความผิดปกติที่เกิดขึ้นพร้อมกันสองแห่ง ได้ถูกต้องตั้งแต่ในช่วงภาวะชั่วคราว โดยตรวจพบและวินิจฉัยได้ภายในช่วง 6 วินาที - 54 วินาที หลังจากเกิดความผิดปกติขึ้น

ในกรณีที่ความผิดปกติที่เกิดขึ้น มีขนาดน้อยๆ และอาจถือเป็นการรบกวนของระบบนั้น ระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติจะไม่สร้างสัญญาณเตือนออกมา แต่เมื่อความผิดปกติที่เกิดขึ้นมีขนาดมากกว่าขอบเขตที่กำหนดไว้ ระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติจะทำงานและสร้างสัญญาณเตือนความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

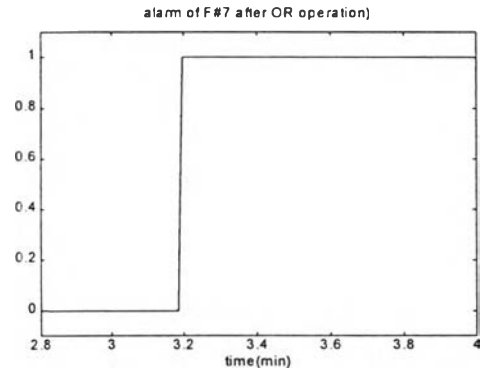
ในกรณีที่ความผิดปกติต่างชนิดกัน แต่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในระบบเป็นรูปแบบที่ซ้ำกัน จึงทำให้ยากในการตัดสินใจว่าเกิดความผิดปกติชนิดใดขึ้น สามารถแก้ไขได้โดยอาศัยฐานความรู้เพิ่มเติมให้กับระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดปกติ เพื่อช่วยให้ข่ายงานประสาทสร้างสัญญาณเตือนความผิดปกติได้อย่างถูกต้อง



(น)



(ข)

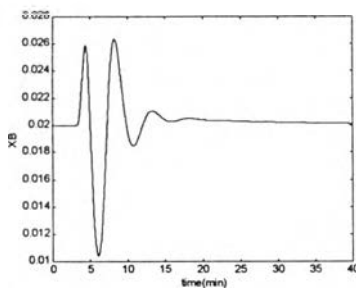


(ค)

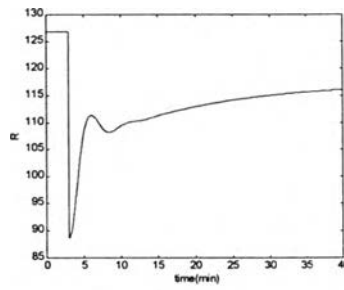
รูปที่ 5.15 กรณี F#2 และ F#7 เกิดขึ้นพร้อมกัน ณ นาทีที่ 3 เกิด F#2 30% และ F#7 30%

(น) สัญญาณเตือนจาก Net_0

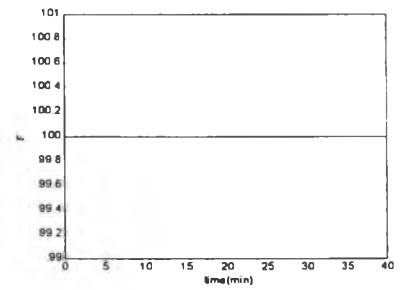
(ข)-(ค) สัญญาณเตือน F#2 และ F#7 ที่ออกจากการดำเนินการออรั



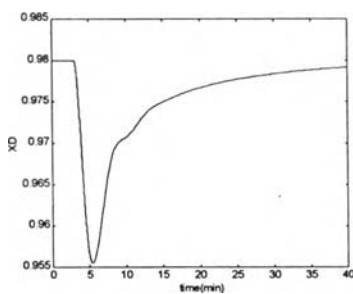
(ก) X_B



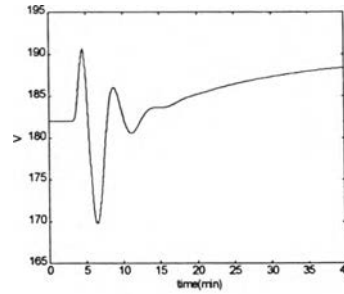
(ค) R



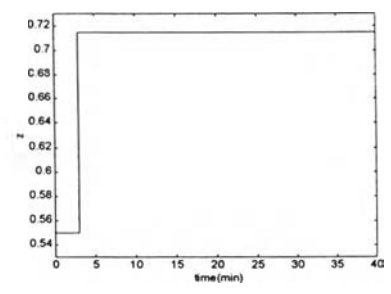
(จ) F



(ข) X_D

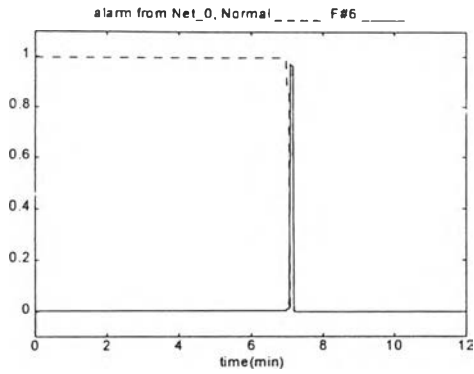


(ง) V

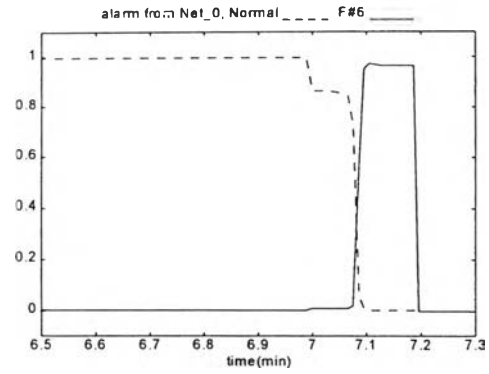


(ฉ) Z

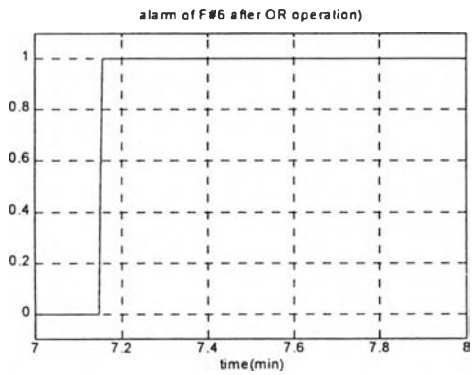
รูปที่ 5.16 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบ กรณีเกิด F#2 30% และ F#7 30% พร้อมกัน ณ นาทีที่ 3



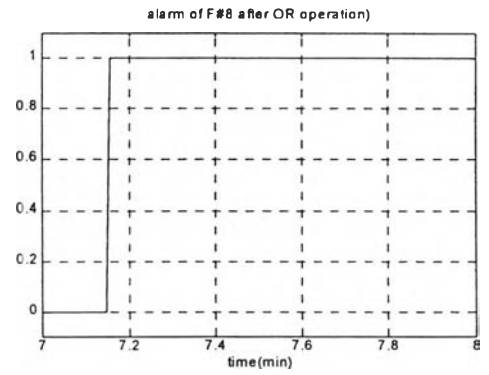
(ก)



(ข)

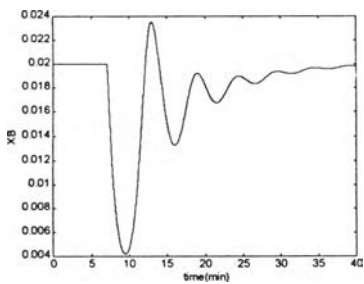


(ค)

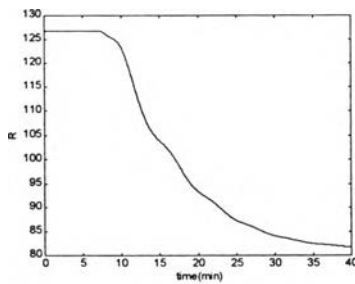


(ง)

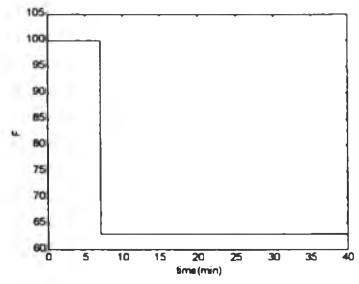
รูปที่ 5.17 กรณีสัญญาณ F#6 และ F#8 เกิดขึ้นพร้อมกัน ณ นาทีที่ 7 เกิด F#6 37% และ F#8 26%
 (ก)-(ข) สัญญาณเตือนจาก Net_0 และรูปขยาย (ค)-(ง) สัญญาณเตือน F#6 และ F#8 ที่ออกจาก OR operation



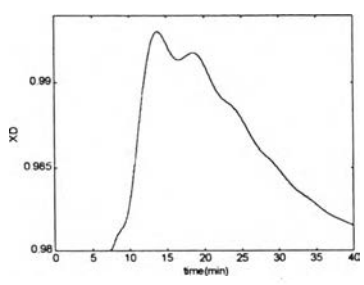
(ก) X_B



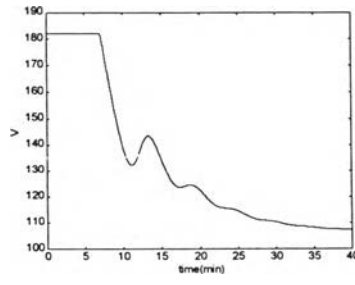
(ค) R



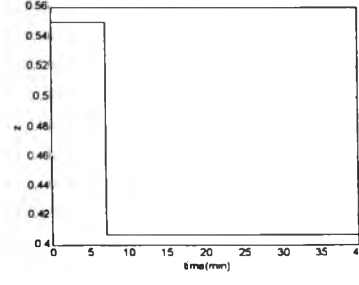
(จ) F



(ข) X_D



(ง) V



(ฉ) Z

รูปที่ 5.18 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้จากระบบ กรณีเกิด F#6 37% และ F#8 26% พร้อมกัน ณ นาทีที่ 7