

บทที่ 6

ผลการทดลอง

บทนี้จะแสดงผลการทดลอง โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ผลการทดลองจาก MATLAB (โปรแกรม SIMULINK) และระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS) ของตัวอย่าง

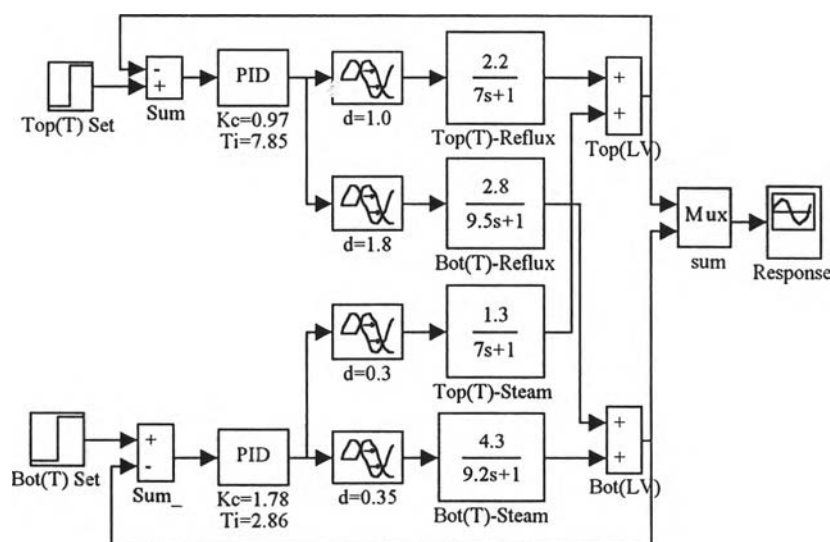
6.1 ผลการทดลองจาก SIMULINK

จากบทที่ 5 ได้นำเอาทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของทุกตัวอย่าง มาสร้างแบบจำลองด้วย SIMULINK เพื่อทดสอบและบันทึกผลดังต่อไปนี้

6.1.1 ตัวอย่างที่ 1 แบบจำลองของ C.N. Vinante และ W.L.Luyben

ก. แบบจำลอง SIMULINK ของตัวอย่างที่ 1

นำทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของตัวอย่างที่ 1 ในตารางที่ 5.1 มาสร้างแบบจำลองด้วย SIMULINK เพื่อทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 6.1



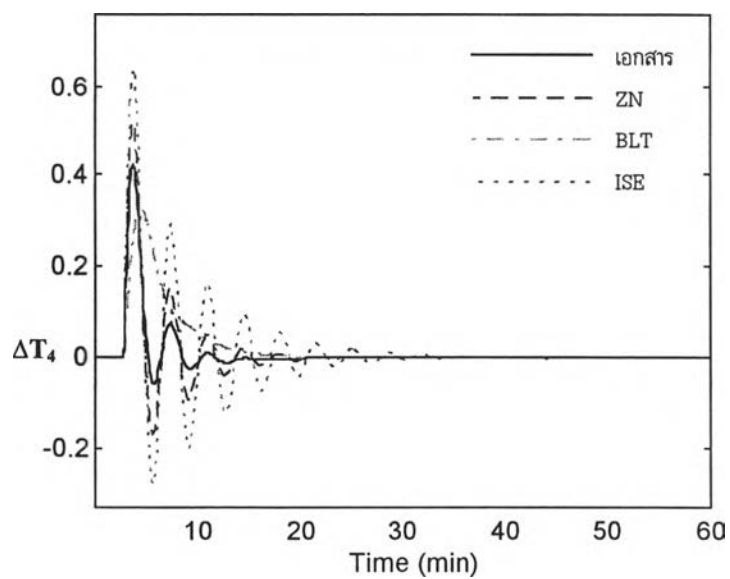
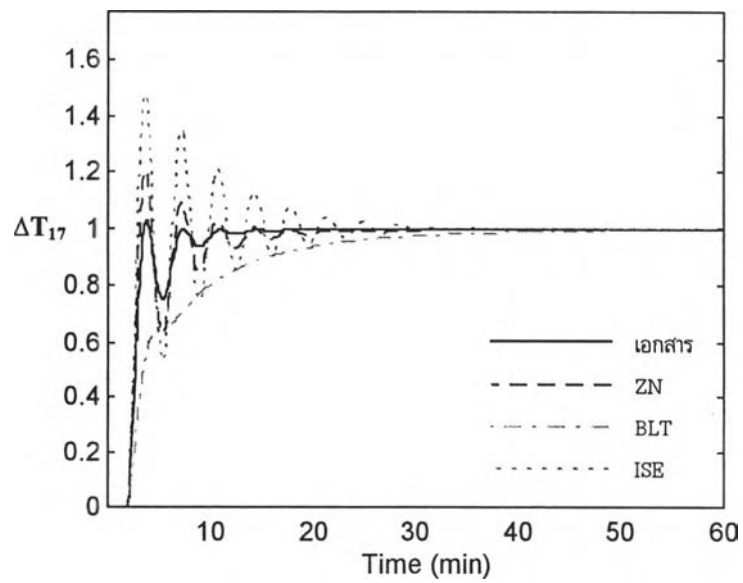
รูปที่ 6.1 แบบจำลอง SIMULINK โครงสร้างควบคุม LV

ตัวอย่างที่ 1 ใช้โครงสร้างการควบคุมหอกกลับแบบ LV โดยที่ตัวแปรควบคุมคือ

ก. อุณหภูมิยอดหอ หรือ T_{17}

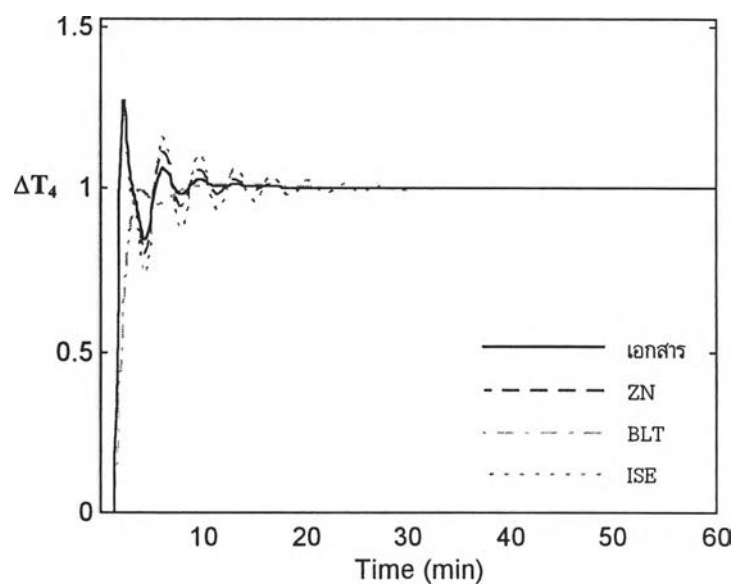
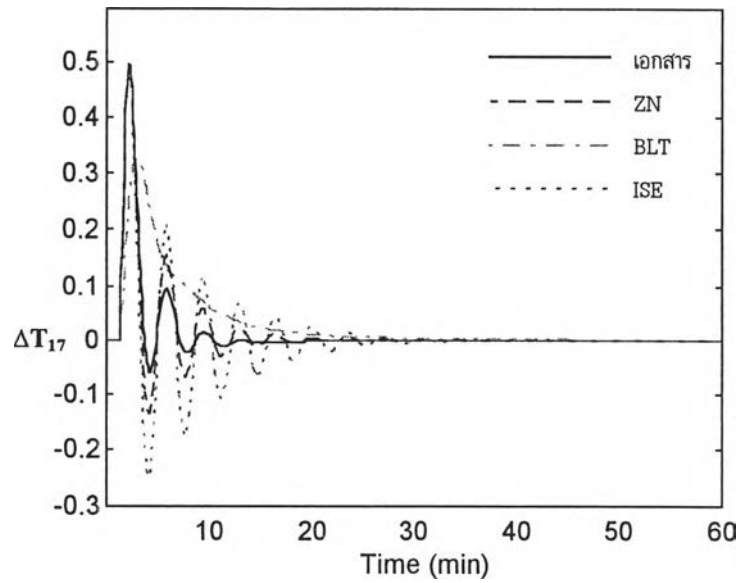
ข. อุณหภูมิฐานหอ หรือ T_4

ข. ผลการตอบสนองของตัวอย่างที่ 1 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิยอคหอ (T_{17})



รูปที่ 6.2 การตอบสนองของตัวอย่างที่ 1 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ของอุณหภูมิยอคหอ (T_{17})

ค. ผลการตอบสนองของตัวอย่างที่ 1 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_4)

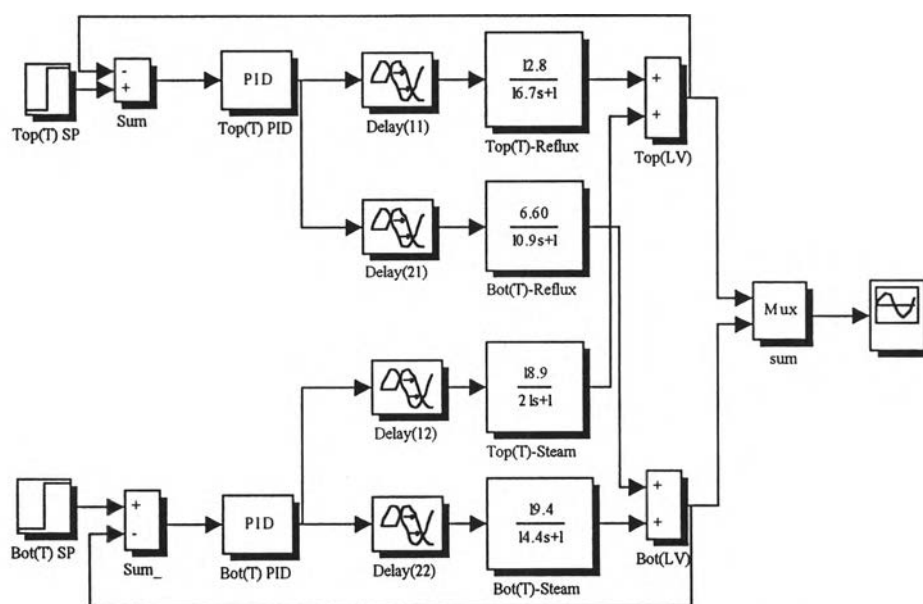


รูปที่ 6.3 การตอบสนองของตัวอย่างที่ 1 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_4)

6.1.2 ผลการทดลองของตัวอย่างที่ 2 แบบจำลองของ R.K.Wood and M.W.Berry

ก. แบบจำลอง SIMULINK ของตัวอย่างที่ 2

นำทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของตัวอย่างที่ 2 ในตารางที่ 5.1 มาสร้างแบบจำลองด้วย SIMULINK เพื่อทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 6.4



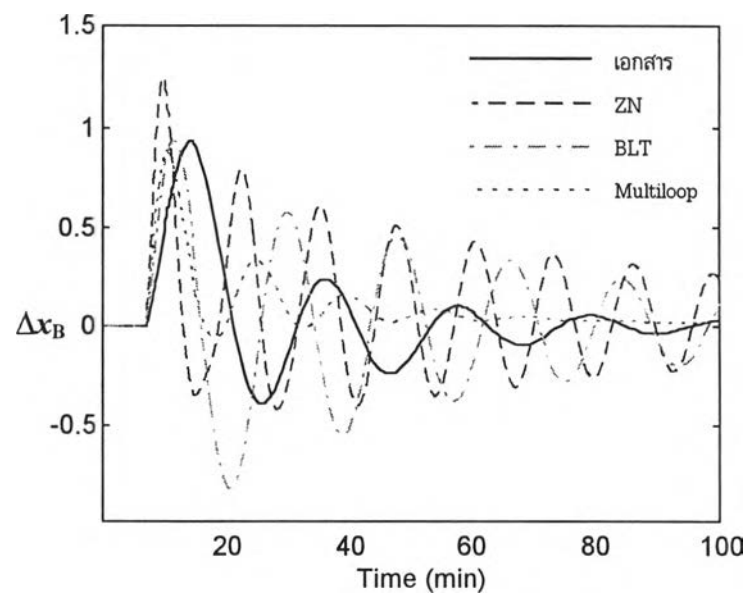
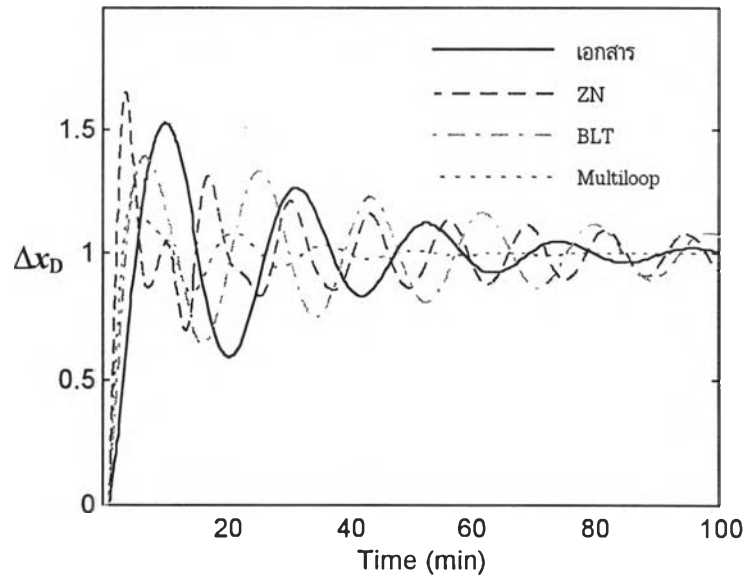
รูปที่ 6.4 แบบจำลอง SIMULINK โครงสร้างควบคุม LV ของตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 2 ใช้โครงสร้างการควบคุมหอกลับแบบ LV โดยที่ตัวแปรควบคุมคือ

ก. ส่วนผสมผลิตภัณฑ์ยอดหอ (x_D)

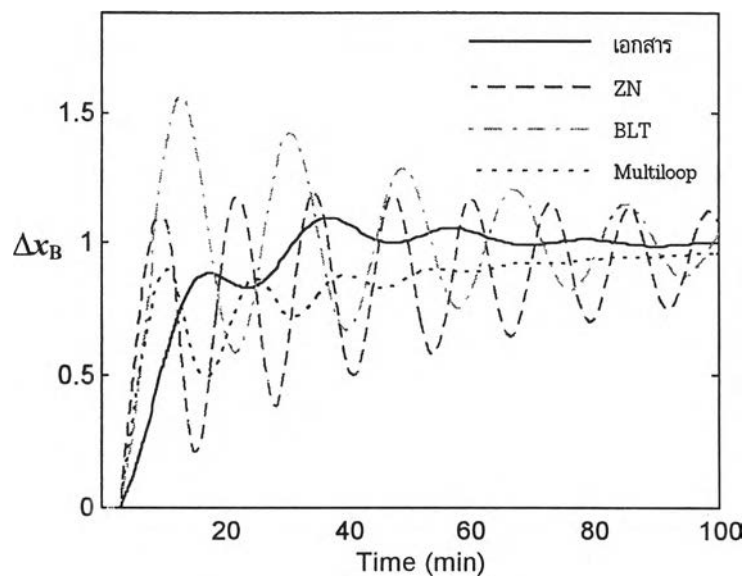
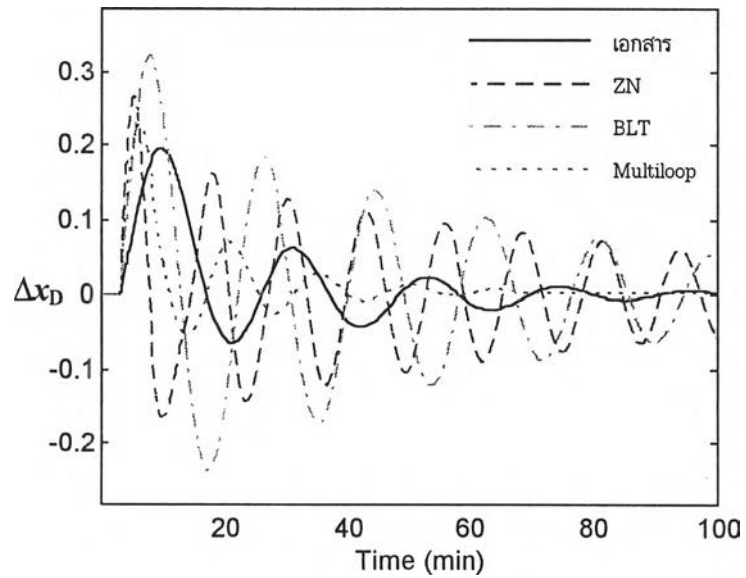
ข. ส่วนผสมผลิตภัณฑ์ยอดหอ (x_B)

ข. การตอบสนองของตัวอย่างที่ 2 กรณีเปลี่ยนเซตพอยท์ผลิตภัณฑ์ยอดหอ (x_D)



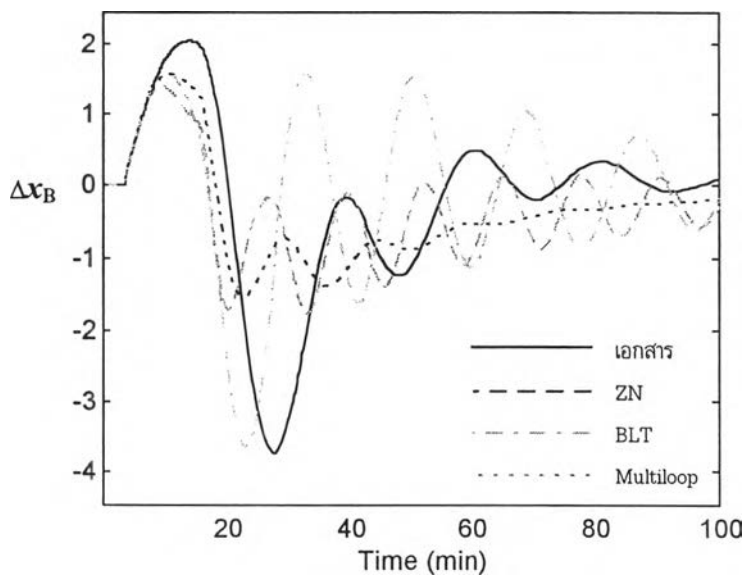
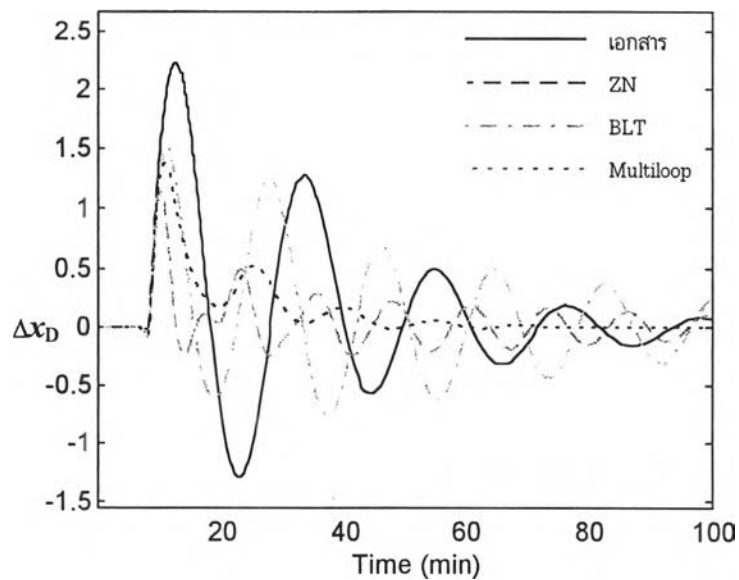
รูปที่ 6.5 การตอบสนองของตัวอย่างที่ 2 เมื่อเปลี่ยนเซตพอยท์ผลิตภัณฑ์ยอดหอ (x_D)

ค. การตอบสนองของตัวอย่างที่ 2 กรณีเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ผลิตภัณฑ์ฐานหอ (x_B)



รูปที่ 6.6 การตอบสนองของตัวอย่างที่ 2 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ผลิตภัณฑ์ฐานหอ (x_B)

ง. การตอบสนองของตัวอย่างที่ 2 กรณีเปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)



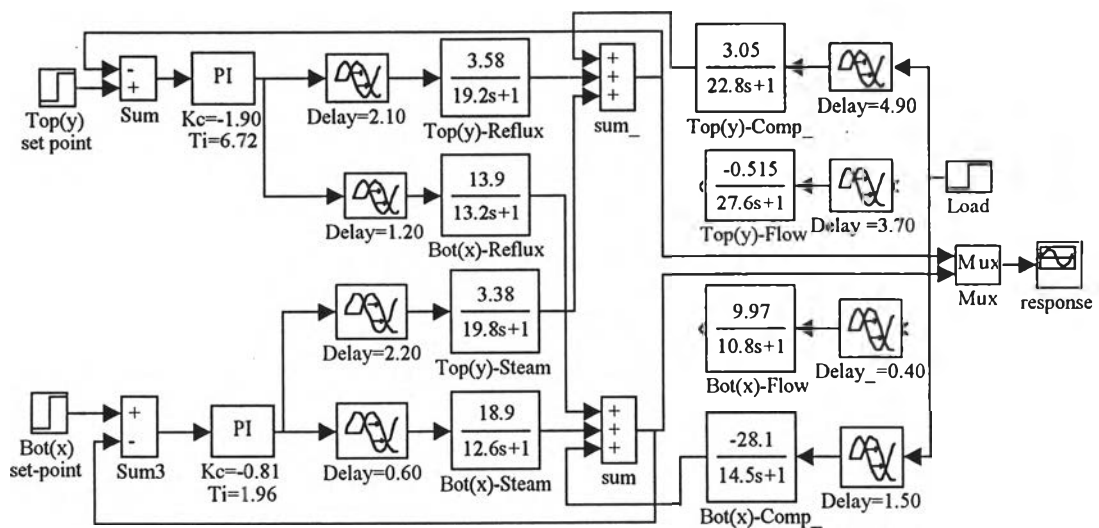
รูปที่ 6.7 การตอบสนองของตัวอย่างที่ 2 กรณีเปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)

6.1.3 ผลการทดลองตัวอย่างที่ 3 แบบจำลองของ J.L.Machette และคณะ หรือ UCBS Model

ก. แบบจำลอง SIMULINK ของตัวอย่างที่ 3

นำทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของตัวอย่างที่ 3 ในตารางที่ 5.1 มาสร้างแบบจำลองด้วย

SIMULINK เพื่อทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 แบบจำลอง SIMULINK ของตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 3 ใช้โครงสร้างการควบคุมหอกลับแบบ LV โดยที่ตัวแปรควบคุมคือ

ก. ส่วนผสมผลิตภัณฑ์ยอดหอ (y)

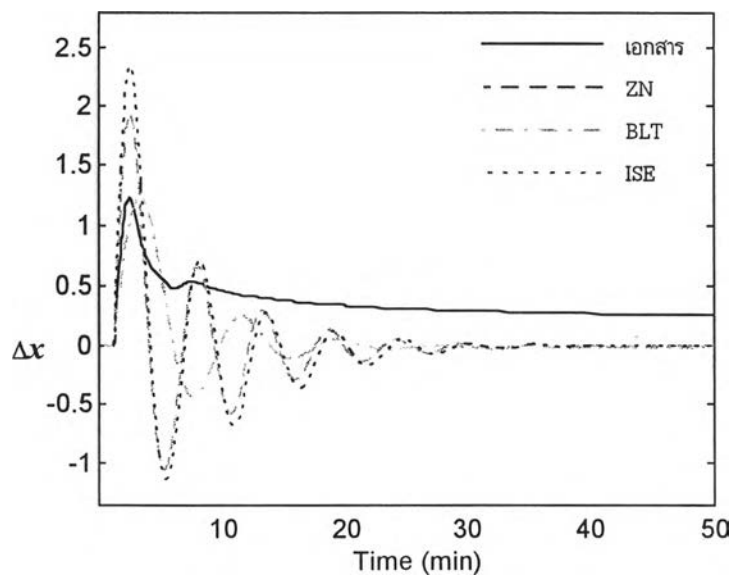
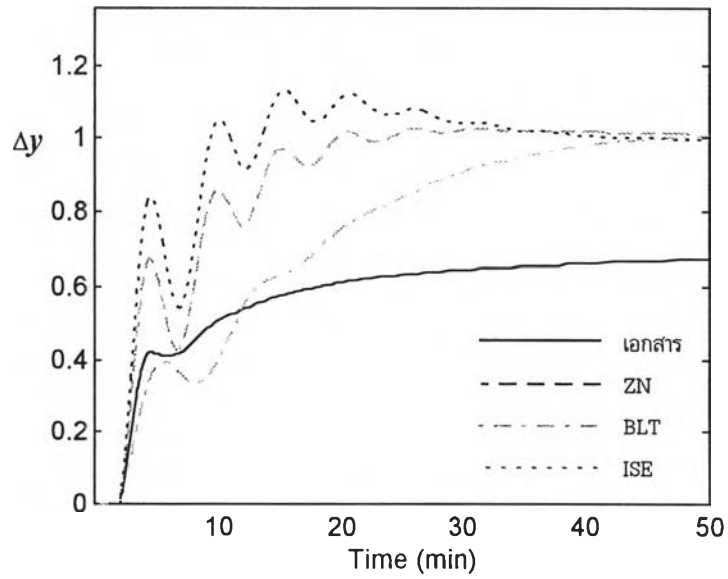
ข. ส่วนผสมผลิตภัณฑ์ฐานหอ (x)

ตัวแปรรบกวนคือ

ก. อัตราไหลกระแสเปลี่ยน (F)

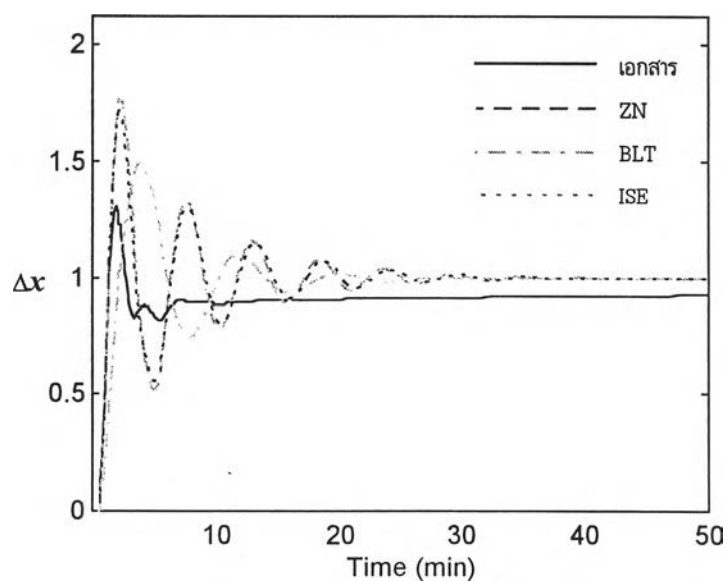
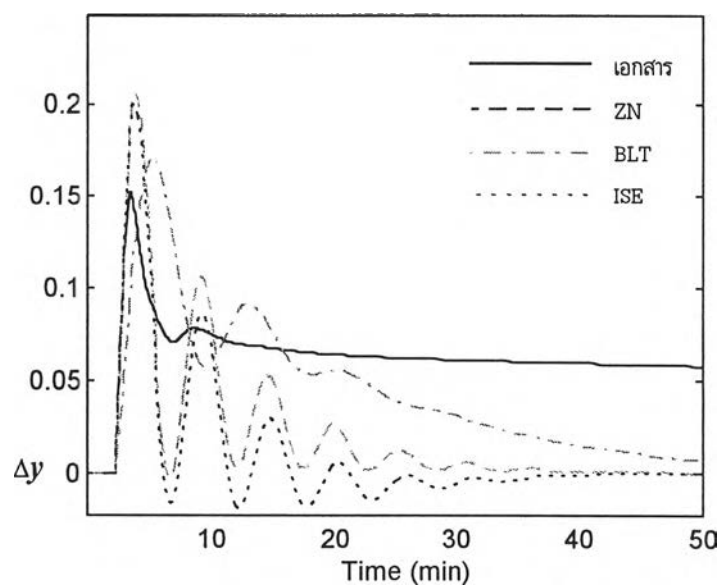
ข. ส่วนผสมกระแสเปลี่ยน (z)

ข. บันทึกการตอบสนอง SIMULINK ตัวอย่างที่ 3 กรณีเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ผลิตภัณฑ์ยอคหอ (y)



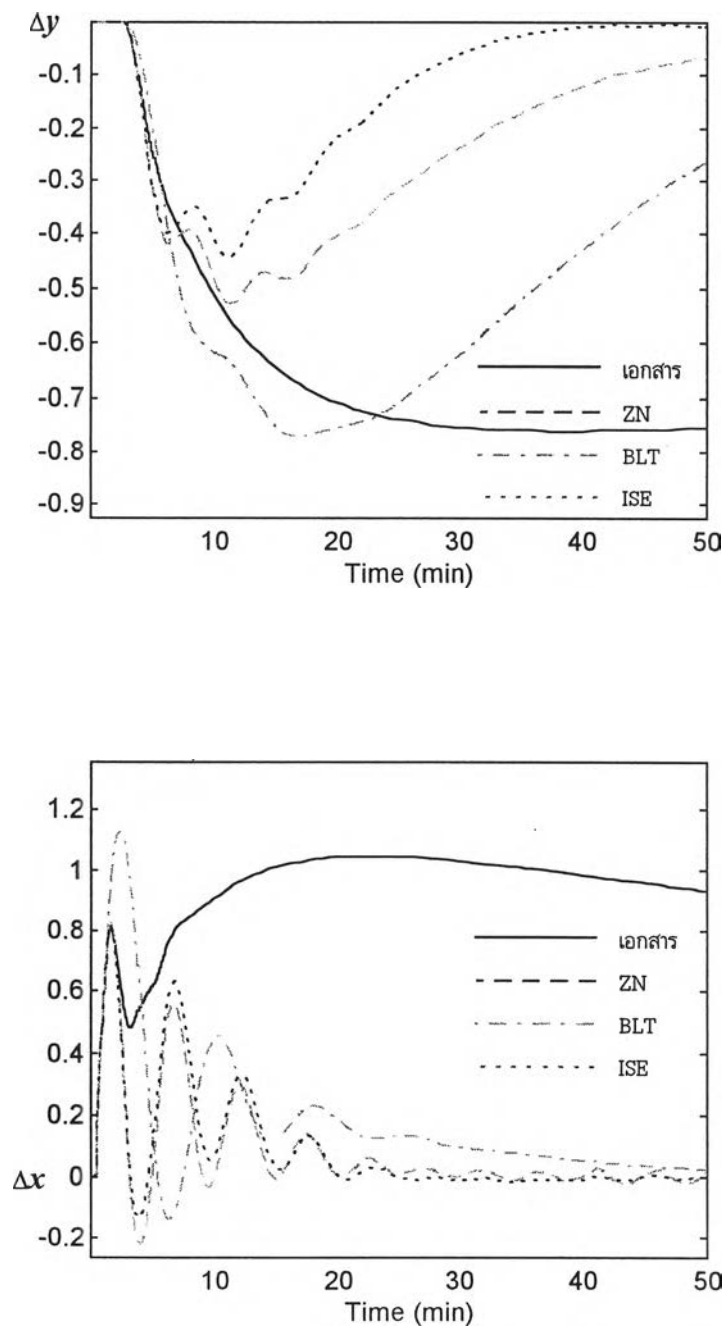
รูปที่ 6.9 การตอบสนองของตัวอย่างที่ 3 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ผลิตภัณฑ์ยอคหอ (y)

ค. บันทึกการตอบสนองตัวอย่างที่ 3 กรณีเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ผลิตภัณฑ์ฐานหอ (x)



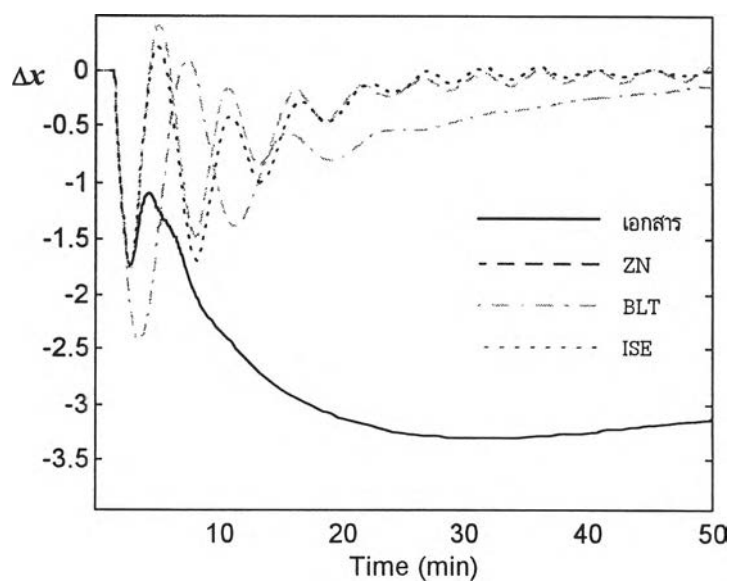
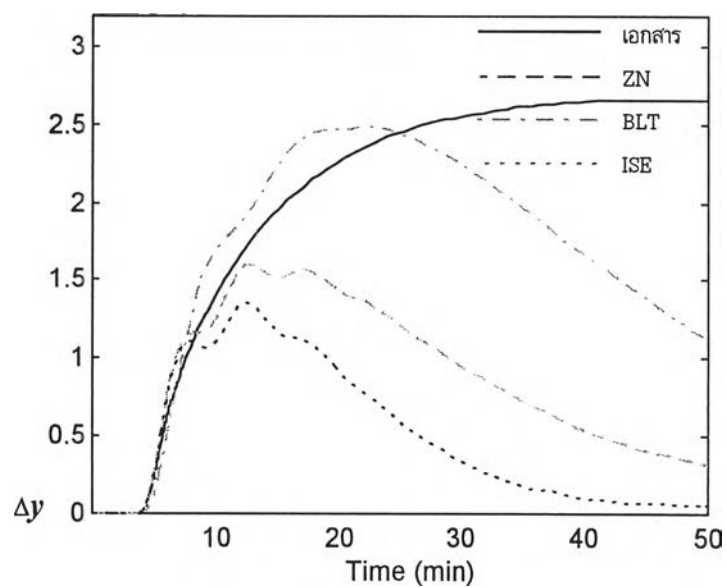
รูปที่ 6.10 การตอบสนองตัวอย่างที่ 3 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ผลิตภัณฑ์ฐานหอ (x)

ง. บันทึกการตอบสนองตัวอย่างที่ 3 กรณีเปลี่ยนอัตราไหลกระแสเป็อน (F)



รูปที่ 6.11 การตอบสนองตัวอย่างที่ 3 เมื่อเปลี่ยนอัตราไหลกระแสเป็อน (F)

จ. บันทึกการตอบสนองตัวอย่างที่ 3 กรณีเปลี่ยนส่วนผสมกระแสบ้อน (z)



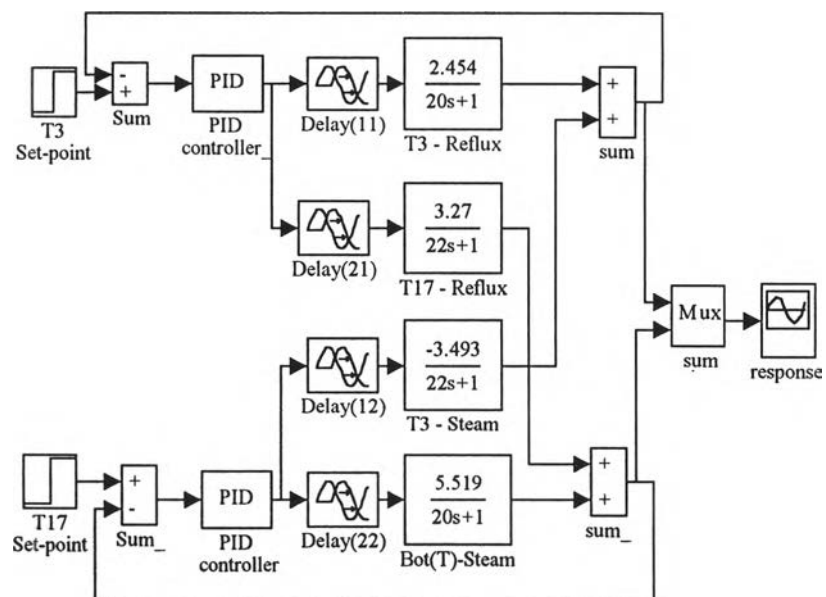
รูปที่ 6.12 การตอบสนองตัวอย่างที่ 3 เมื่อเปลี่ยนส่วนผสมกระแสบ้อน (z)

6.1.4 ผลการการตอบสนอง SIMULINK ของตัวอย่างที่ 4 แบบจำลองของ H.Lau และคณะ

ก. แบบจำลอง SIMULINK ของตัวอย่างที่ 4 แบบจำลองของ H.Lau และคณะ

นำทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของตัวอย่างที่ 4 ในตารางที่ 5.1 มาสร้างแบบจำลองด้วย

SIMULINK เพื่อทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 6.13



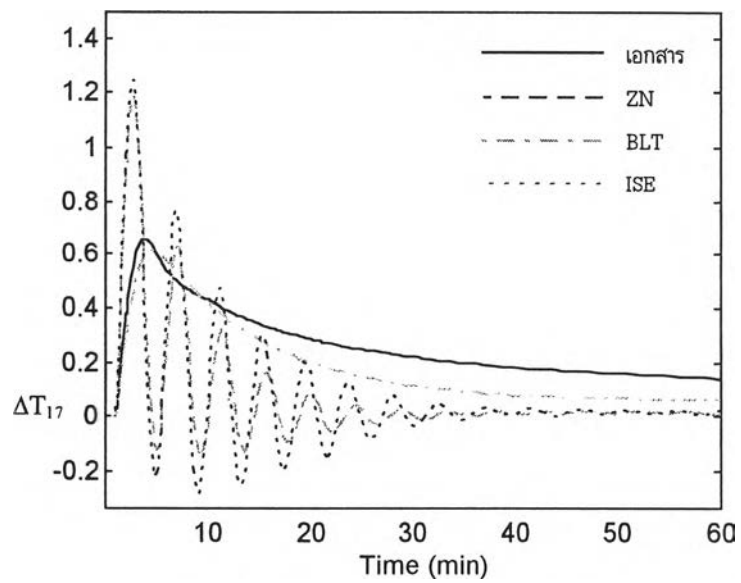
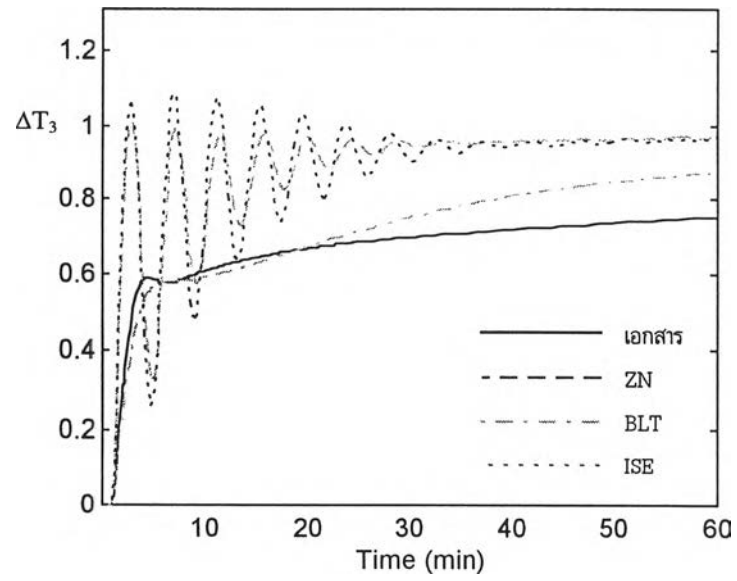
รูปที่ 6.13 แบบจำลอง SIMULINK แบบจำลองโครงสร้างควบคุม LV ของ H.Lau และคณะ

ตัวอย่างที่ 4 ใช้โครงสร้างควบคุมหอกลับแบบ LV โดยที่ตัวแปรควบคุม คือ

ก. อุณหภูมิยอดหอ หรือ T_3

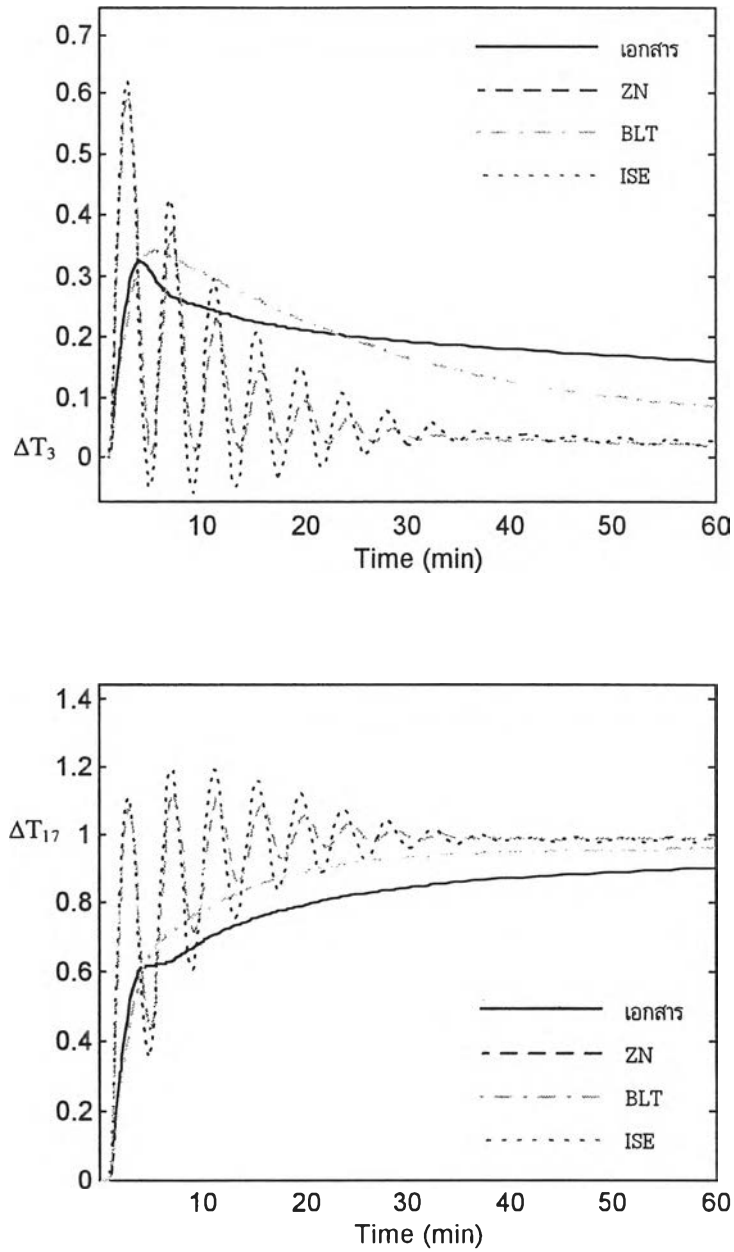
ข. อุณหภูมิยอดหอ หรือ T_{17}

ข. บันทึกการตอบสนอง กรณีเปลี่ยนเซตพอยท์อุณหภูมิยอดหอตำแหน่งเทอร์ย์ที่ 3 (หรือ T_3)



รูปที่ 6.14 การตอบสนองตัวอย่างที่ 4 เมื่อเปลี่ยนเซตพอยท์อุณหภูมิยอดหอ (T_3)

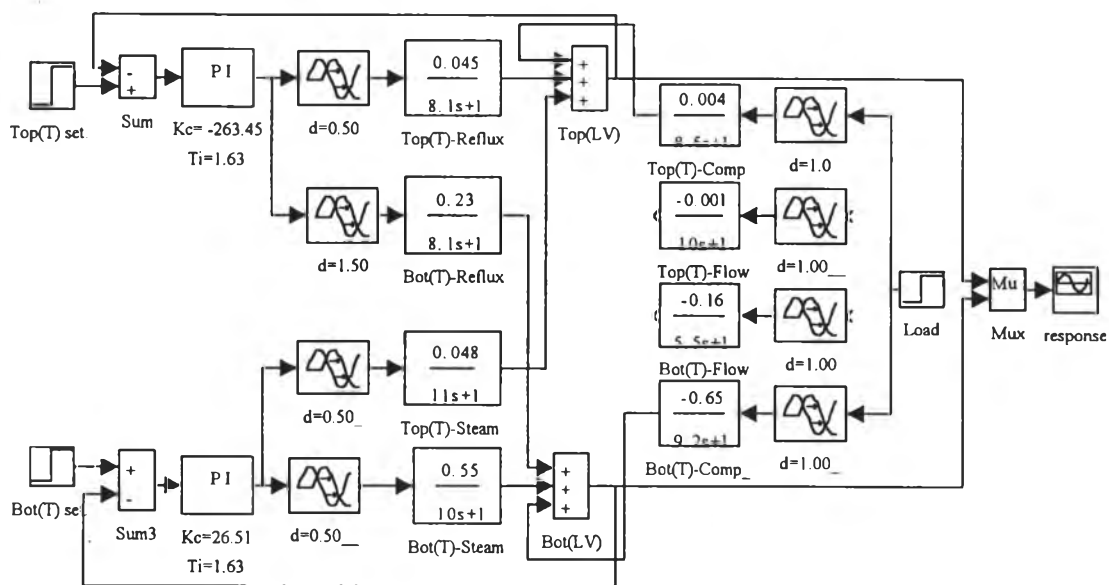
ค. บันทึกการตอบสนอง กรณีเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอตำแหน่งเทอร์ย์ที่ 17 (T_{17})



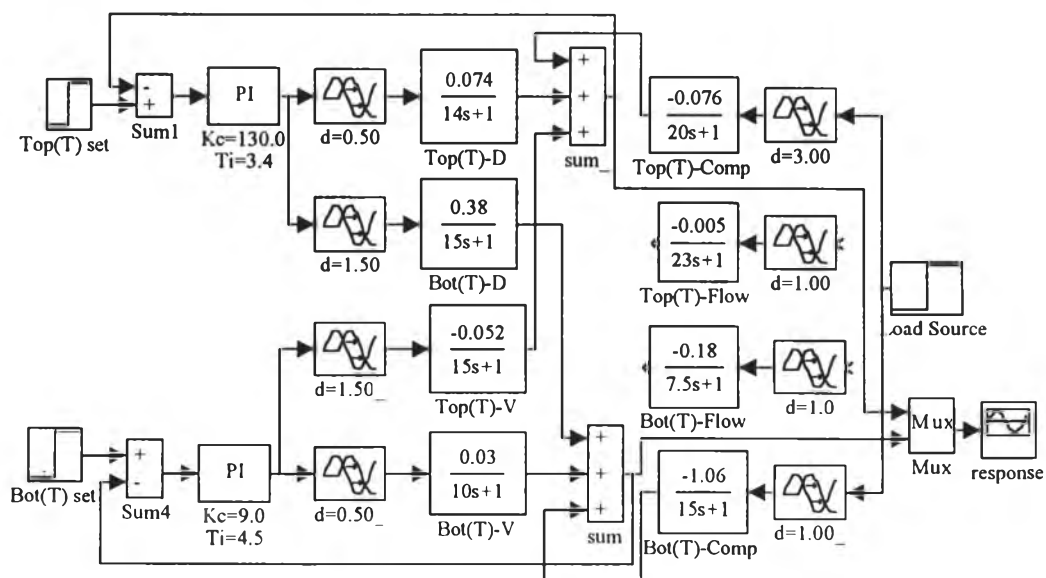
รูปที่ 6.15 การตอบสนองตัวอย่างที่ 4 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{17})

6.1.5 ผลการทดลองด้วยของตัวอย่างที่ 5

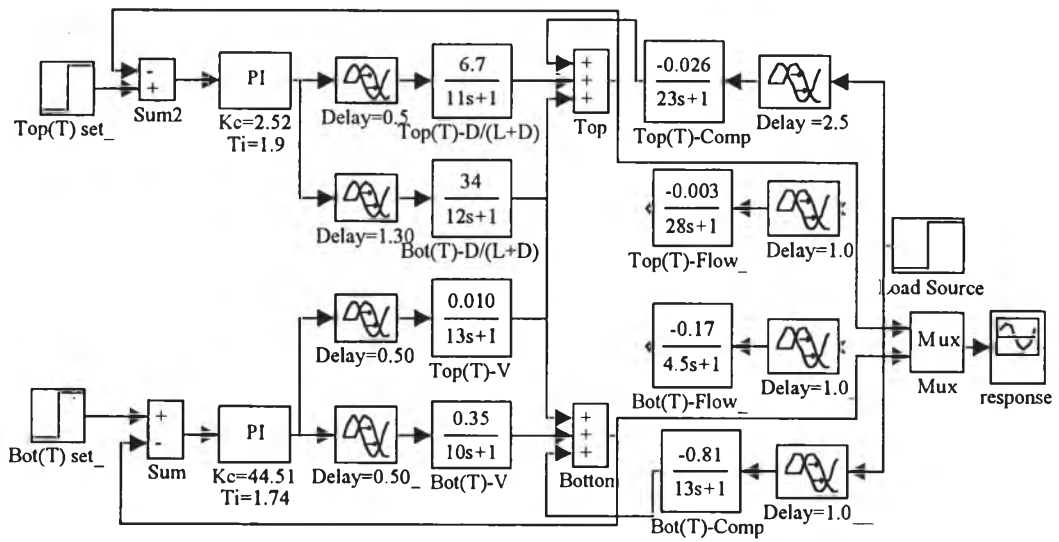
ก. แบบจำลอง SIMULINK ของตัวอย่างที่ 5



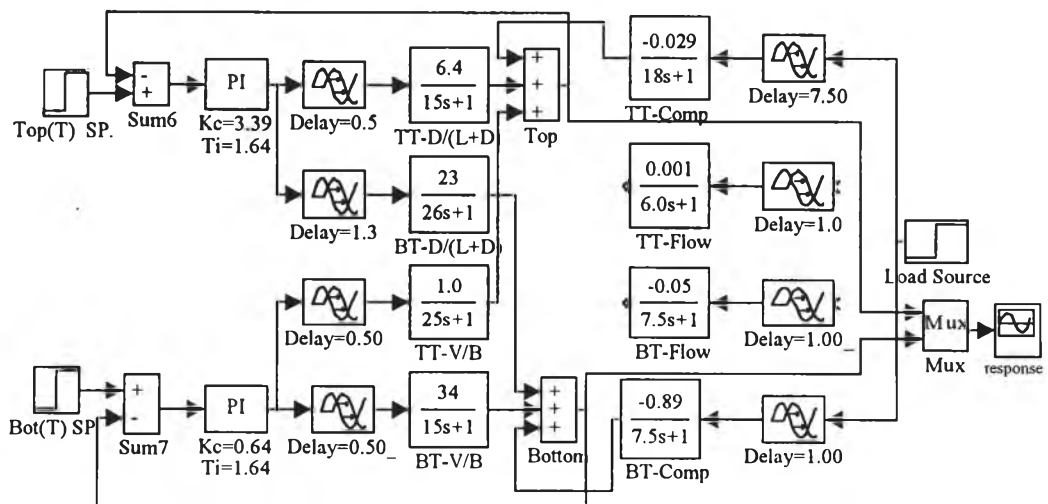
รูปที่ 6.16 แบบจำลอง SIMULINK ของโครงสร้างการควบคุม LV



รูปที่ 6.17 แบบจำลอง SIMULINK ของโครงสร้างการควบคุม DV

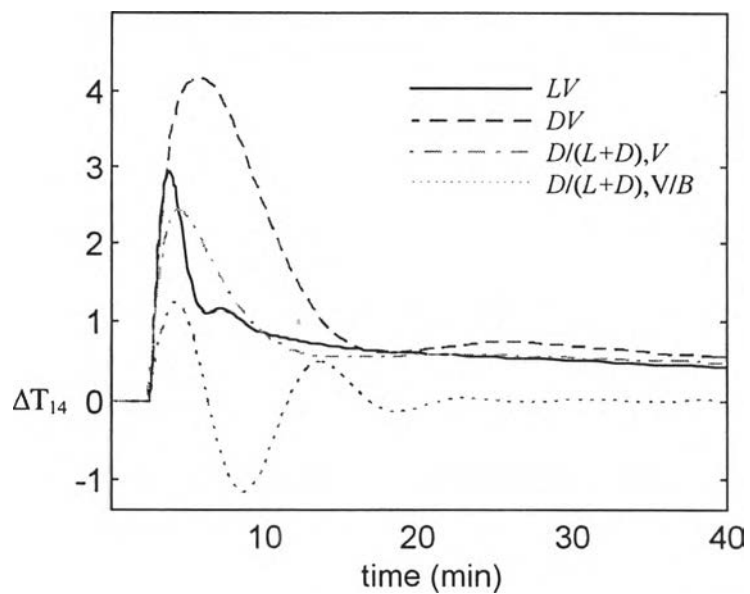
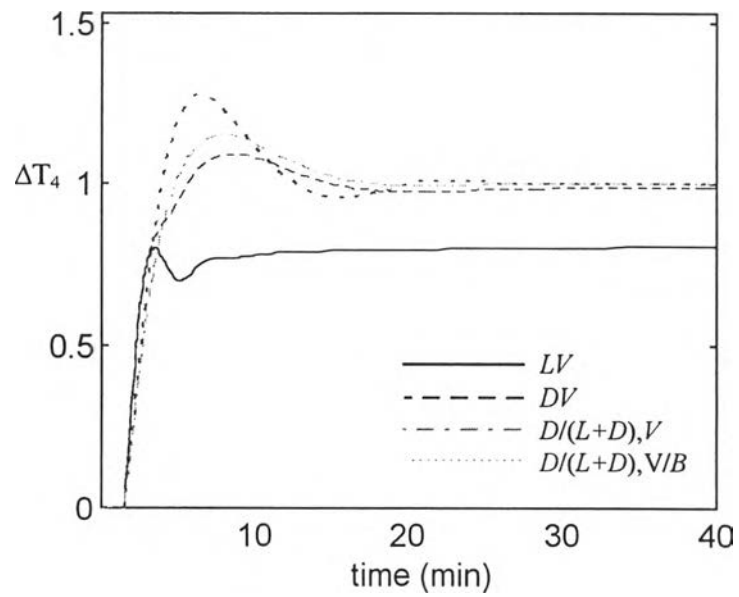


รูปที่ 6.18 แบบจำลอง SIMULINK ของโครงสร้างการควบคุม $D/(L+D), V$

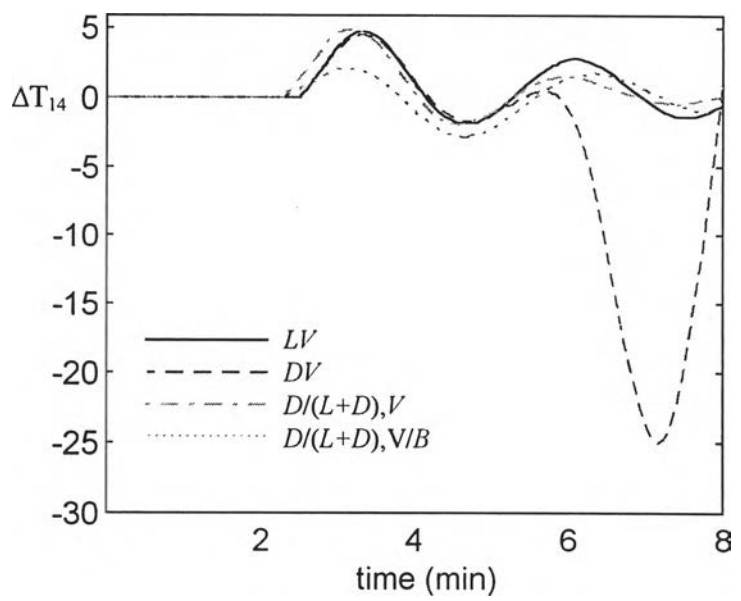
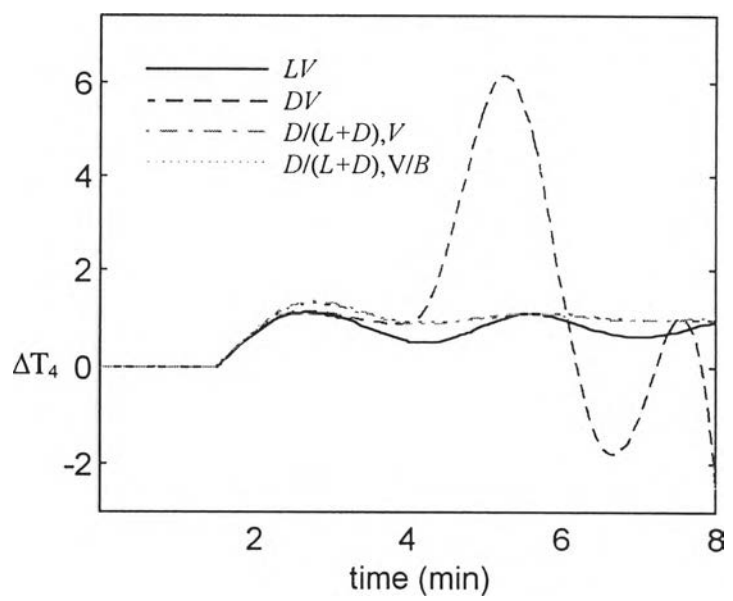


รูปที่ 6.19 แบบจำลอง SIMULINK ของโครงสร้างการควบคุม $D/(L+D), V/B$

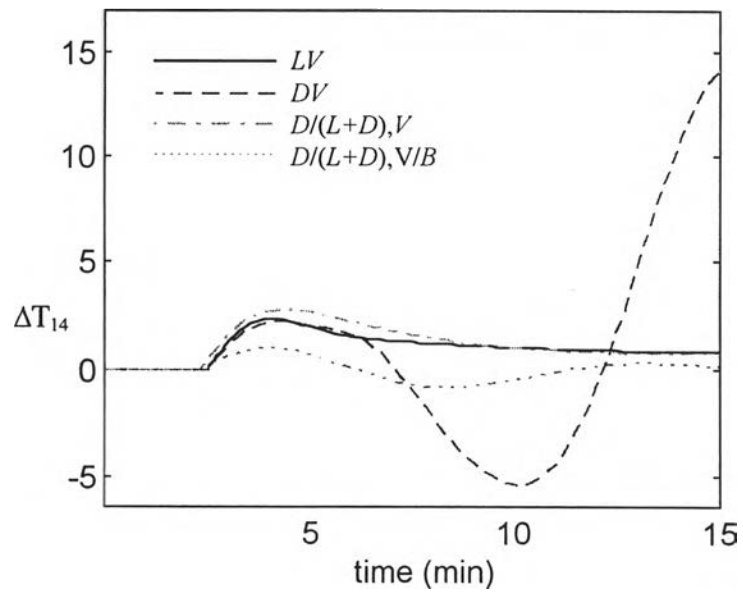
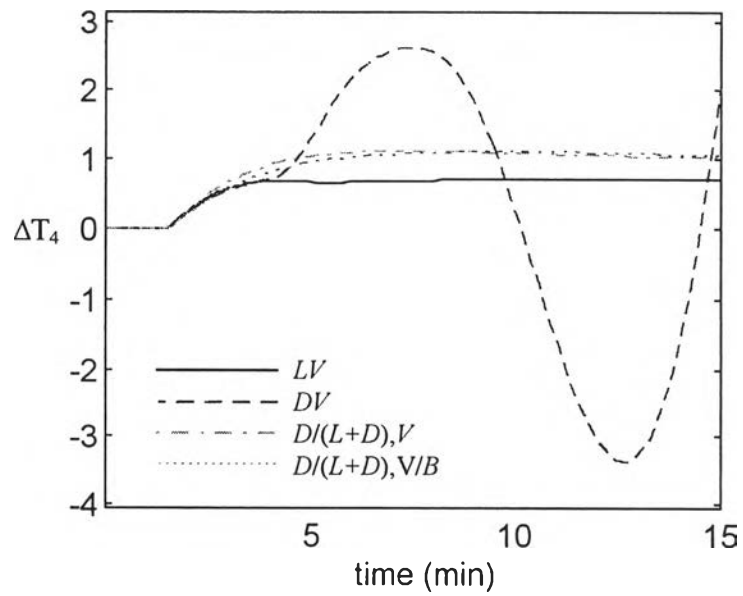
ข. บันทึกการตอบสนอง SIMULINK ตัวอย่างที่ 5 กรณีเปลี่ยนเซตพอยท์อุณหภูมิยอคหอ (T_4)



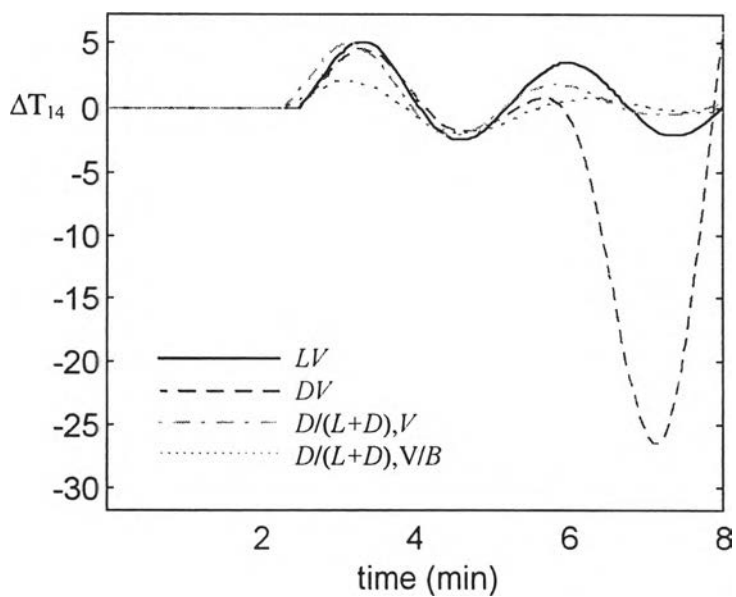
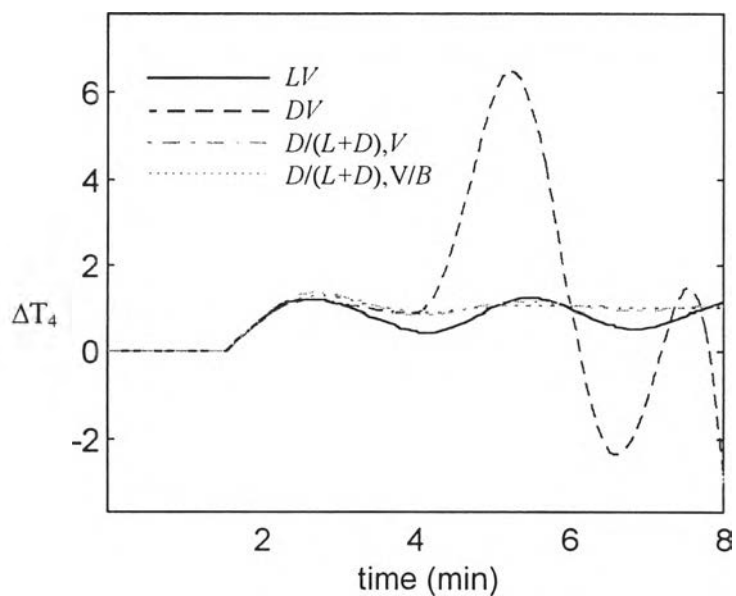
รูปที่ 6.20 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เปลี่ยนเซตพอยท์อุณหภูมิยอคหอ (T_4)
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากเอกสารตีพิมพ์



รูปที่ 6.21 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนเซตพอยท์อุณหภูมิยอดหอ (T_4)
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ZN

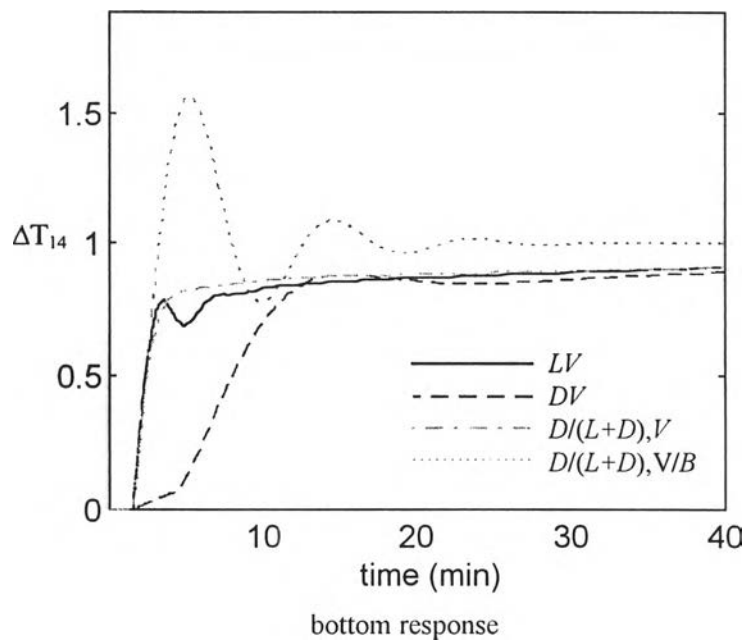
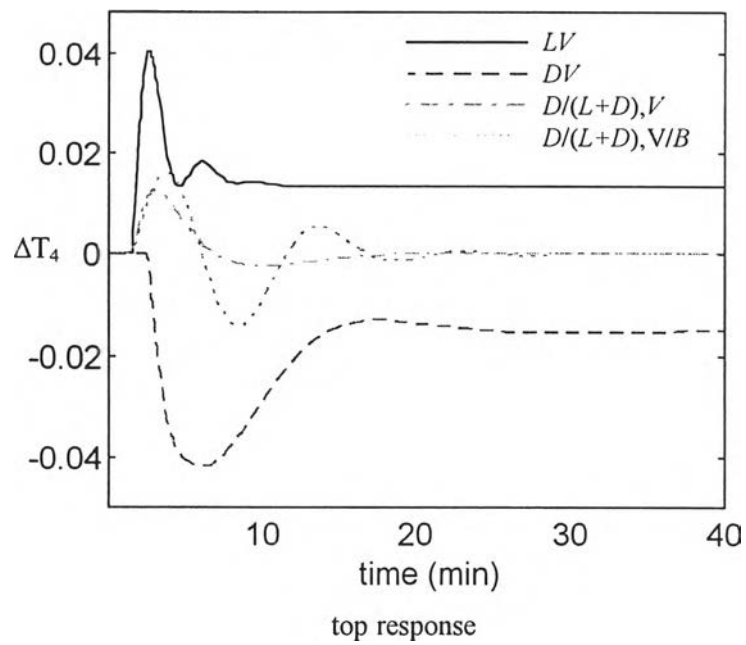


รูปที่ 6.22 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิยอดหอ (T_4)
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี BLT



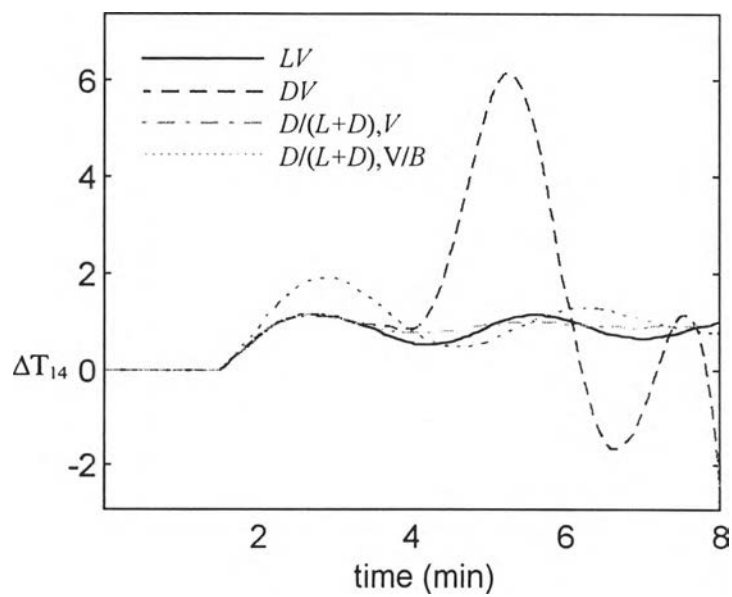
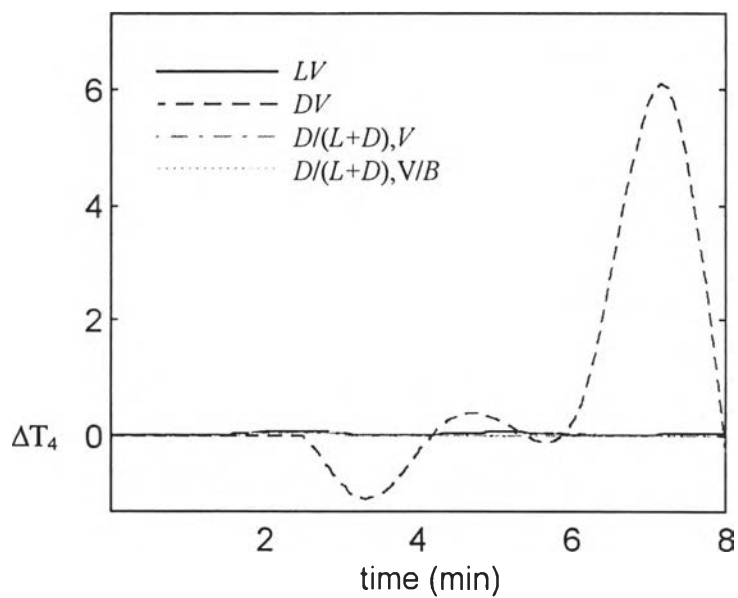
รูปที่ 6.23 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนเซตพอยท์อุณหภูมิยอคหอ (T_4)
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ISE (set-point)

ค. บันทึกการตอบสนองตัวอย่างที่ 5 กรณีเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ของอุณหภูมิฐานหอ (T_{14})

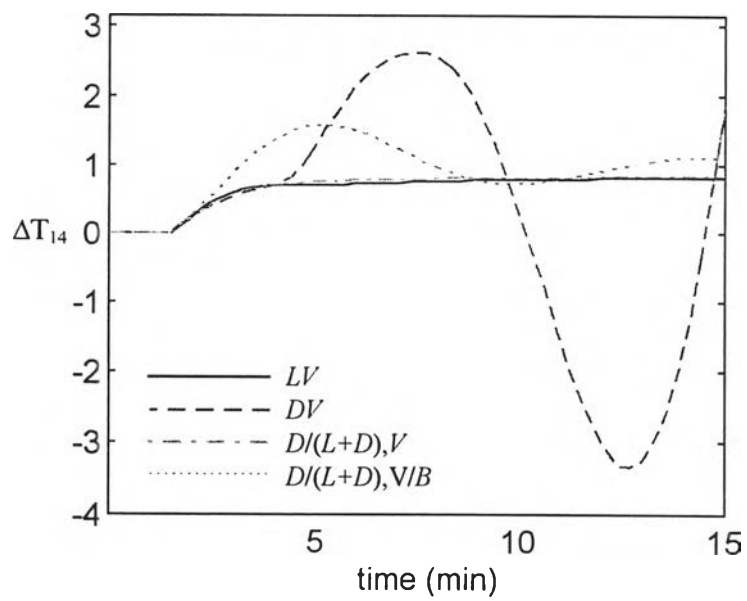
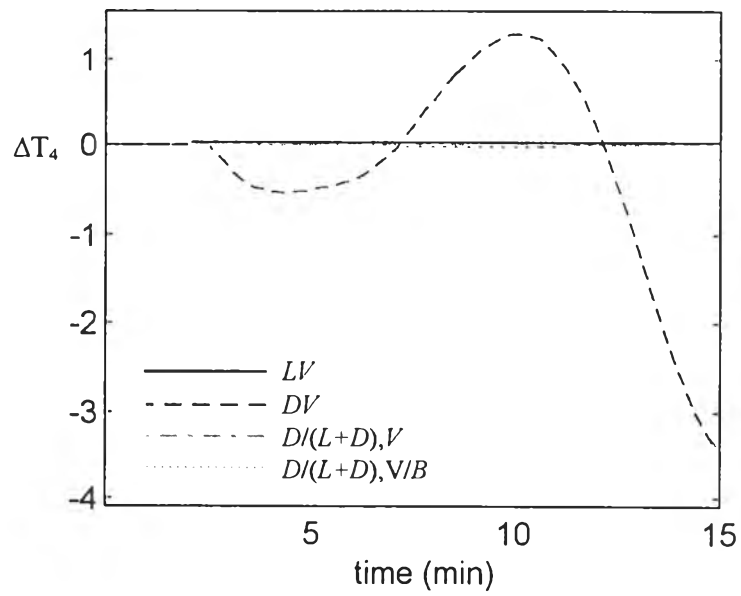


รูปที่ 6.24 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{14})

พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธีเอกสารตีพิมพ์

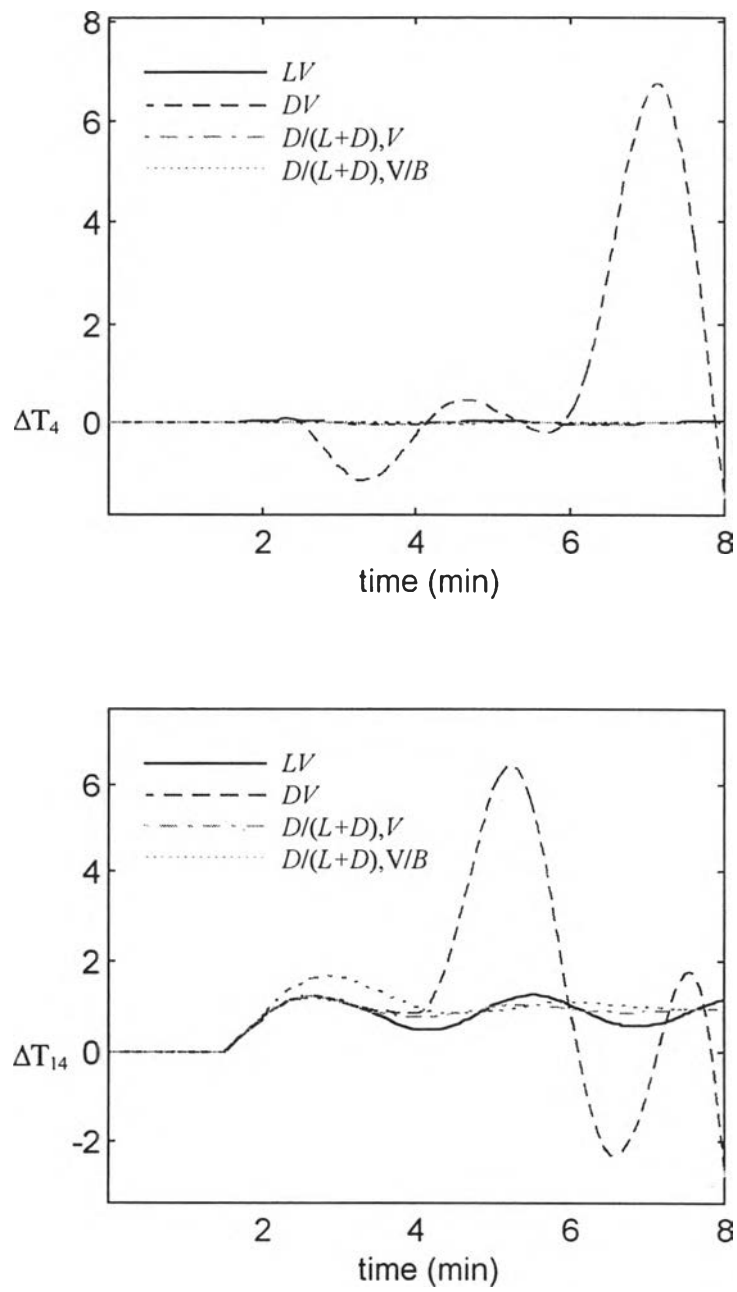


รูปที่ 6.25 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{14})
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจาวีรี ZN



รูปที่ 6.26 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนเซตพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{14})

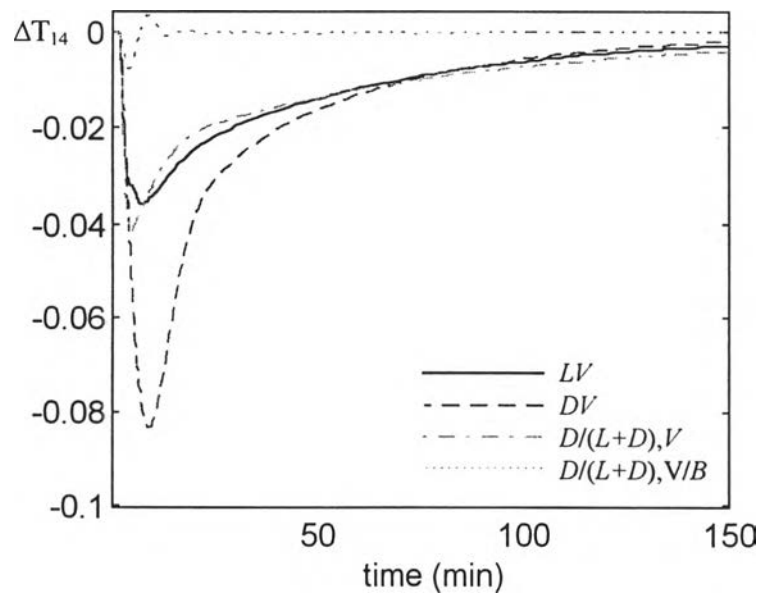
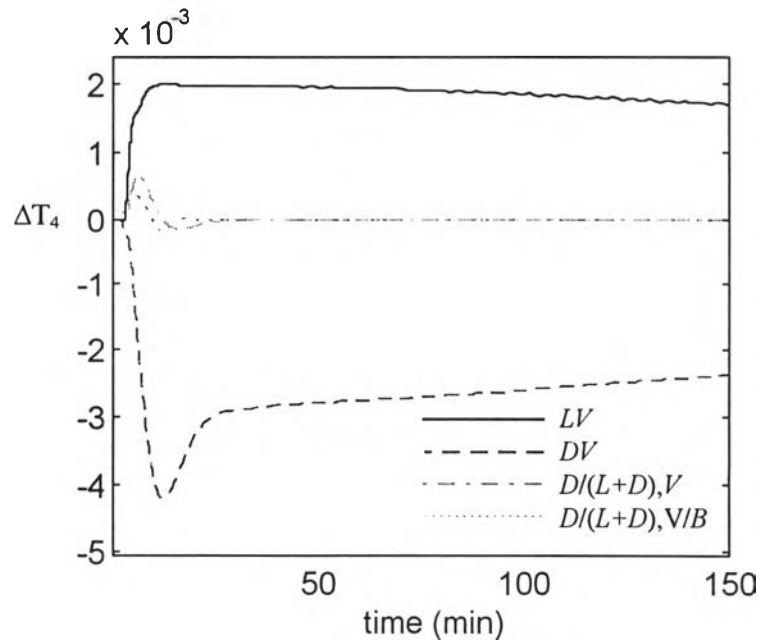
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี BLT



รูปที่ 6.27 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนเซตพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{14})

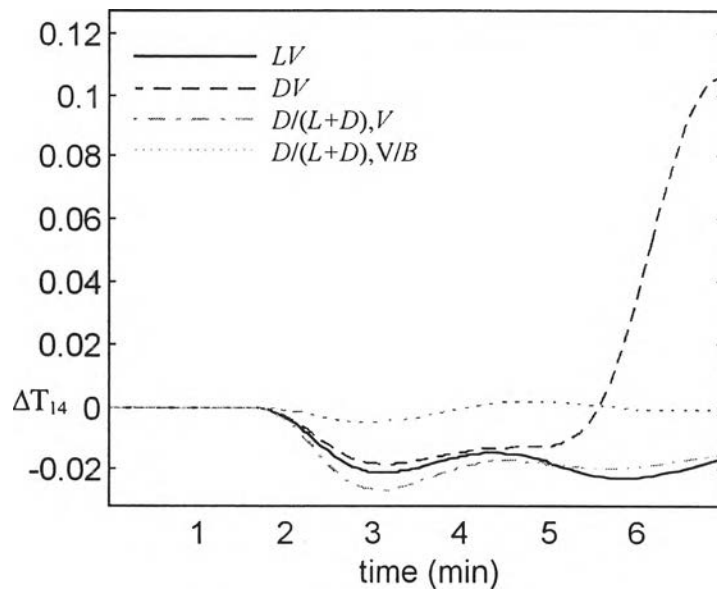
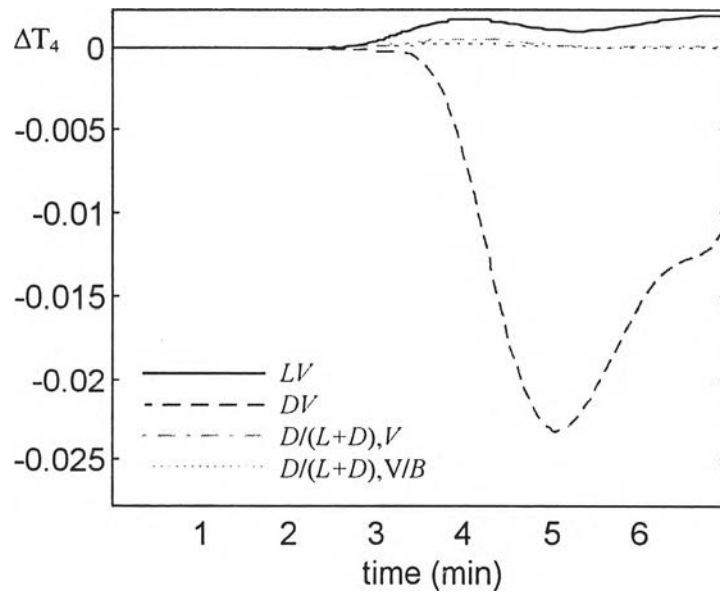
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ISE

ง. บันทึกการตอบสนองตัวอย่างที่ 5 กรณีเปลี่ยนอัตราไหลกระแสป้อน (F)

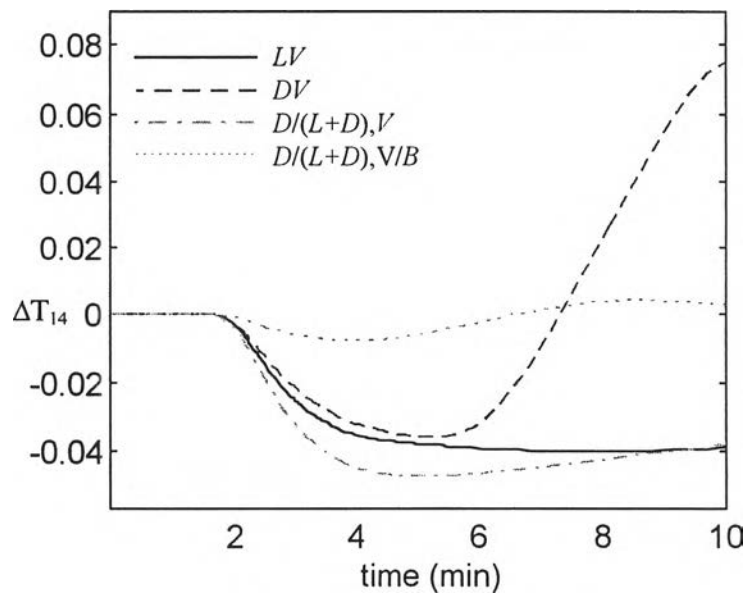
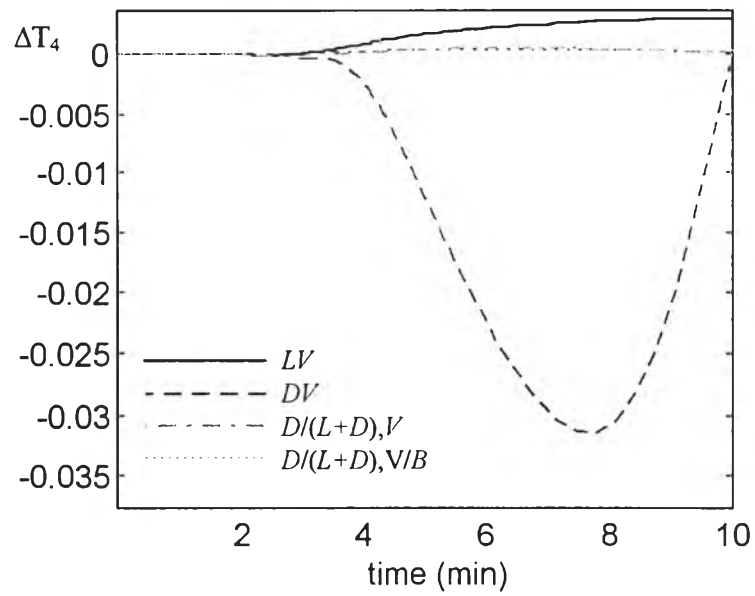


รูปที่ 6.28 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนอัตราไหลกระแสป้อน (F)

พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากเอกสารตีพิมพ์

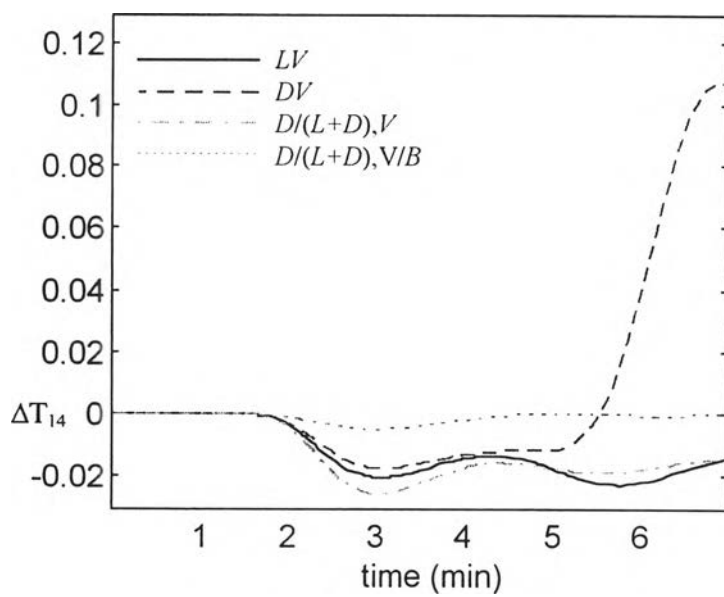
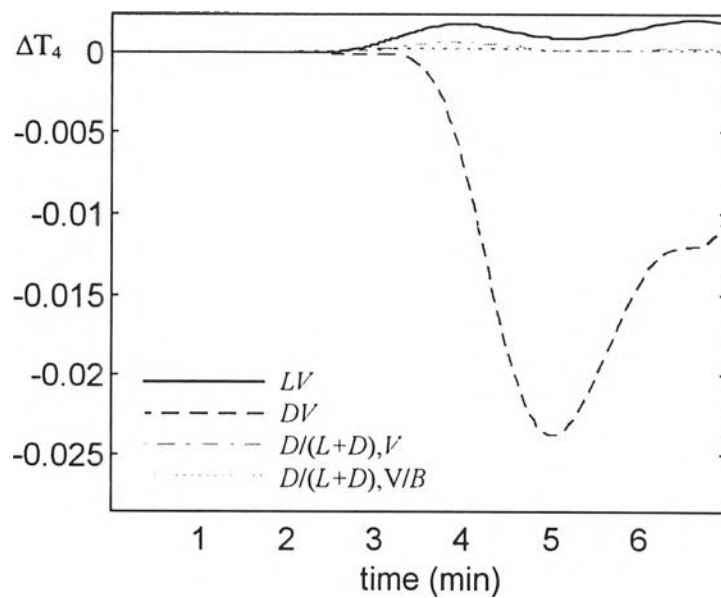


รูปที่ 6.29 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนอัตราไหลกระแสสเป็อน (F)
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ZN



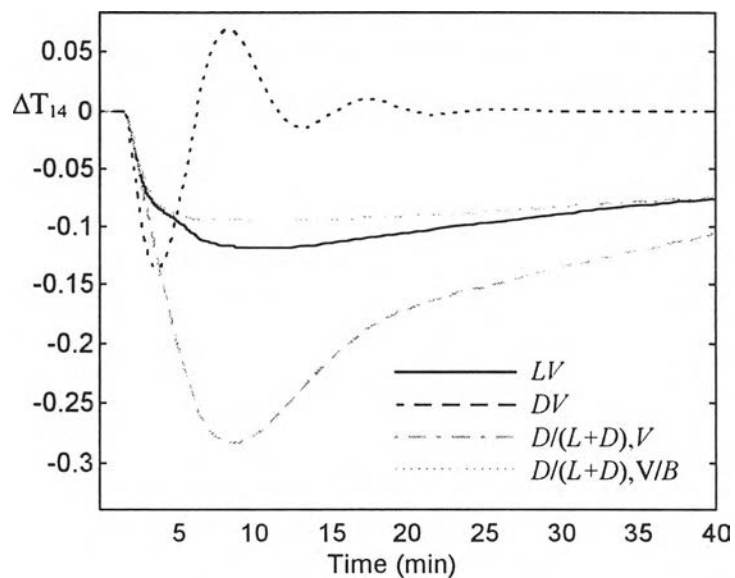
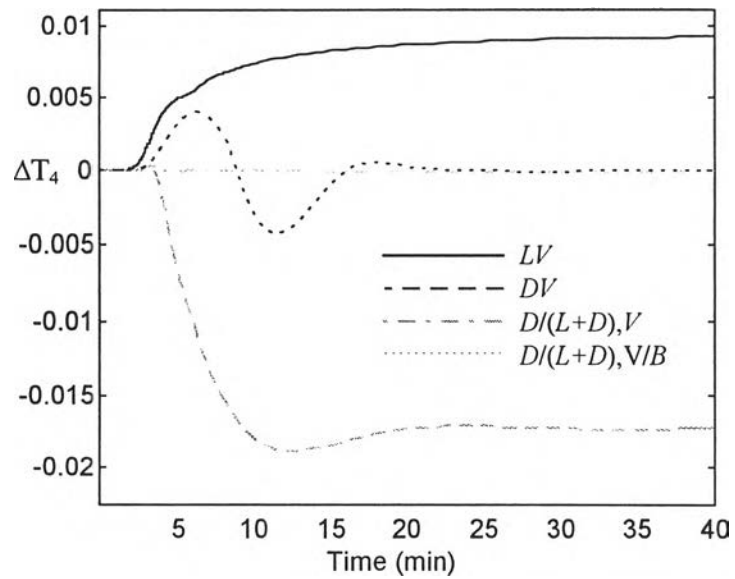
รูปที่ 6.30 การตอบสนองเมื่อเปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)

พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี BLT



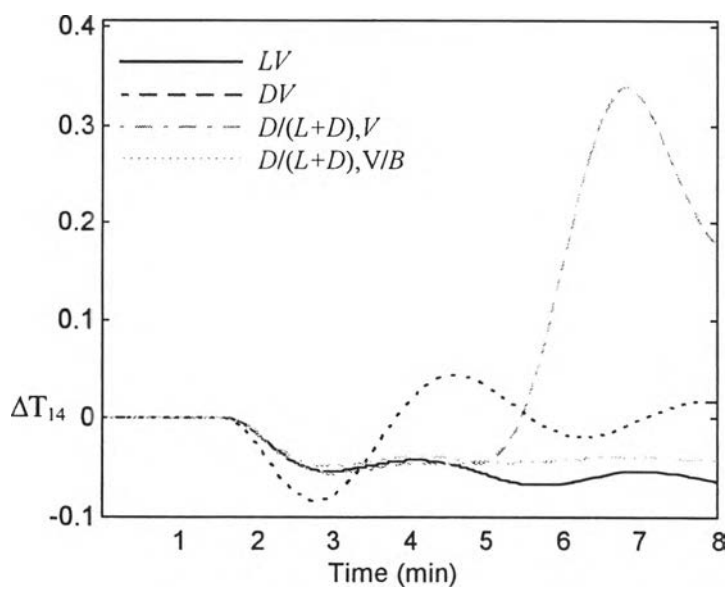
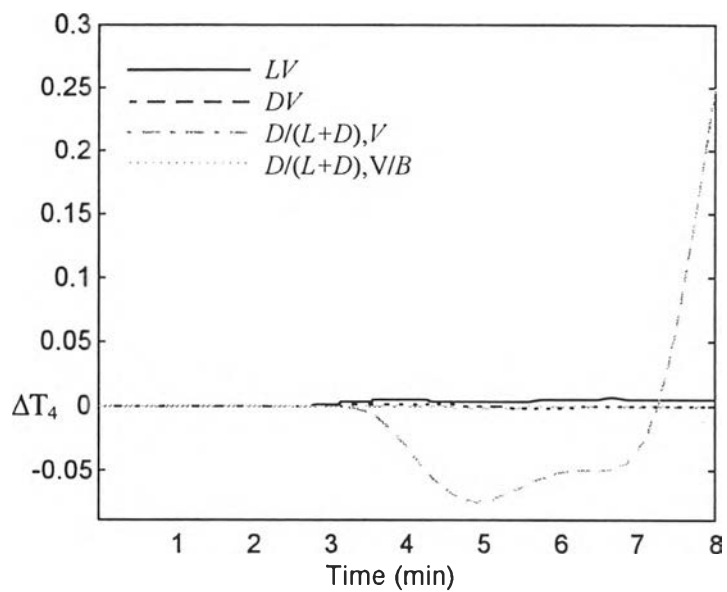
รูปที่ 6.31 การตอบสนองเมื่อเปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำวน (F)
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ISE

จ. บันทึกการตอบสนอง SIMULINK ตัวอย่างที่ 5 กรณีเปลี่ยนส่วนผสมกระแสบ้อน (z)

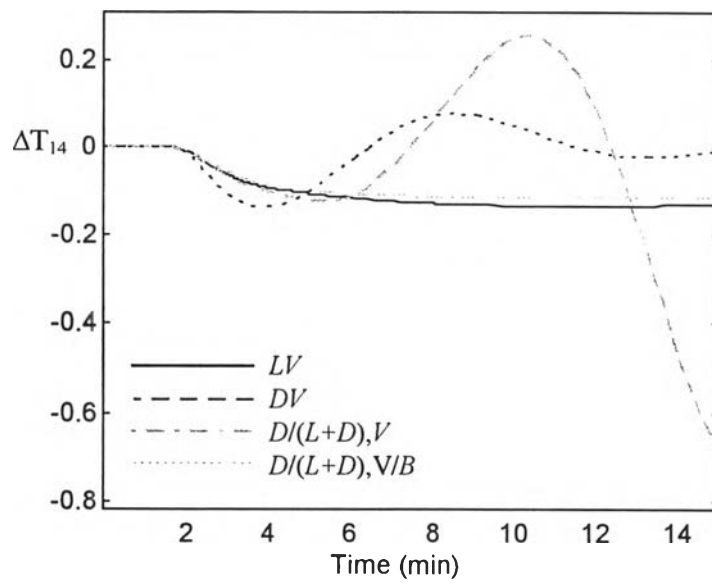
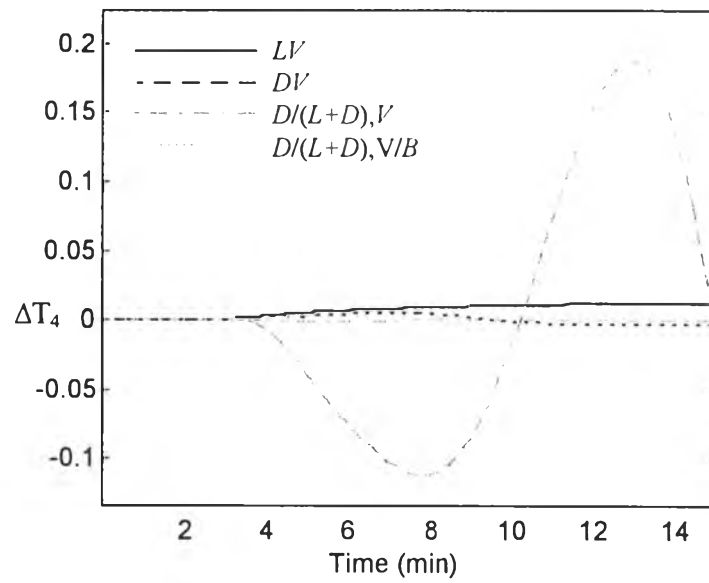


รูปที่ 6.32 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนส่วนผสมกระแสบ้อน (z)

พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากเอกสารตีพิมพ์



รูปที่ 6.33 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนส่วนผสมกระแสป้อน (z)
พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ZN



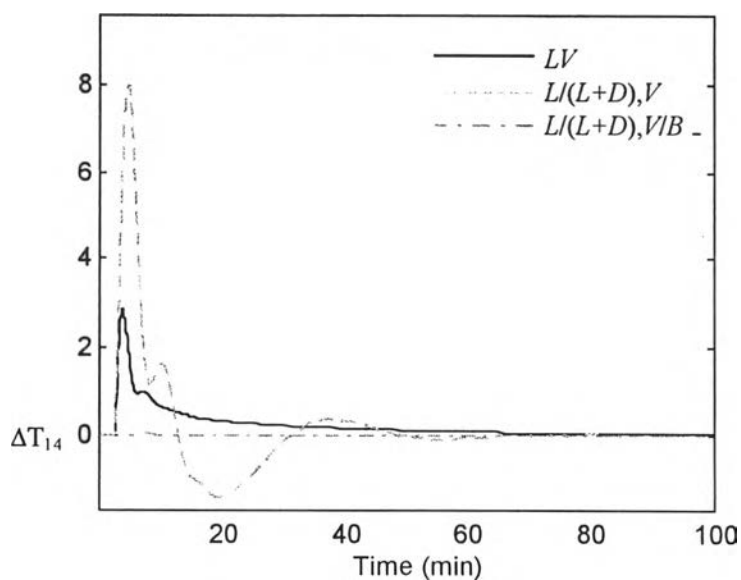
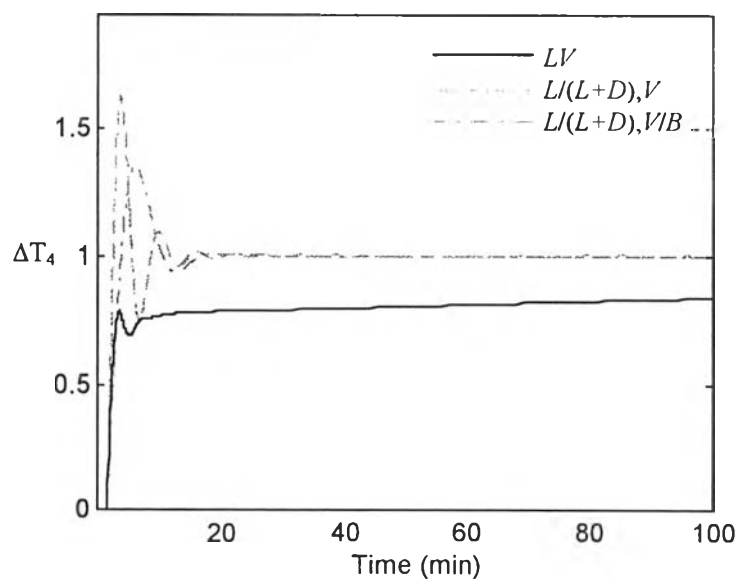
รูปที่ 6.34 การตอบสนองตัวอย่างที่ 5 เมื่อเปลี่ยนส่วนผสมกระแสน้ำ (z)

พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี BLT

6.1.5 เปรียบเทียบการตอบสนองระหว่างโครงสร้างควบคุม LV , $[L/(D+L),V]$ และ

$[L/(D+L),V/B]$

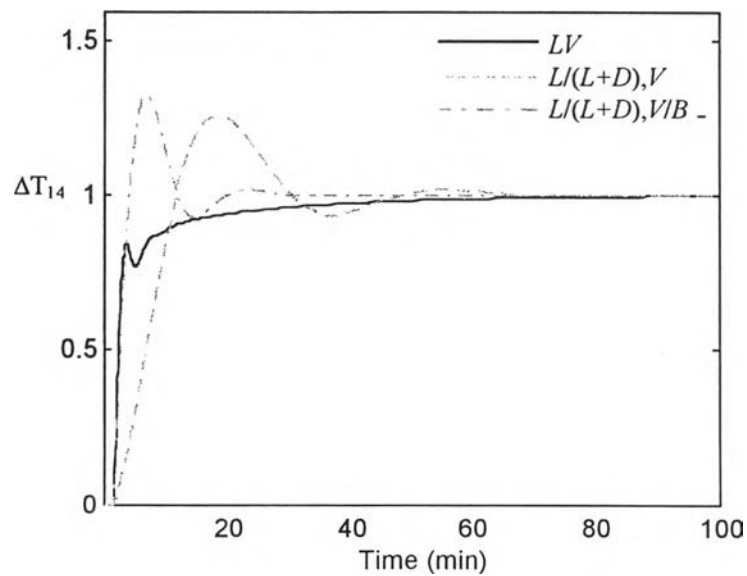
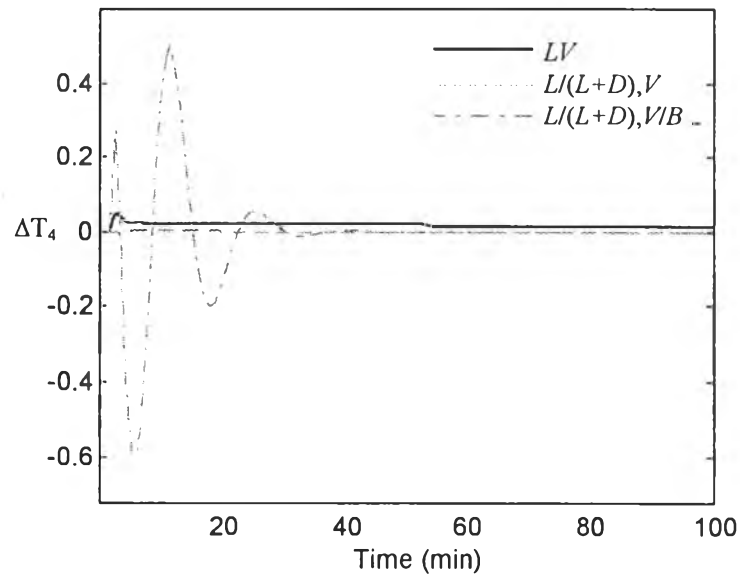
ก. เปลี่ยนเซตพอยท์ของอุณหภูมิยอคหอ (T_4 set-point)



รูปที่ 6.35 การตอบสนองของโครงสร้างควบคุม LV , $[L/(D+L),V]$ และ $[L/(D+L),V/B]$

เมื่อเปลี่ยนเซตพอยท์ของอุณหภูมิยอคหอ (T_4 set-point)

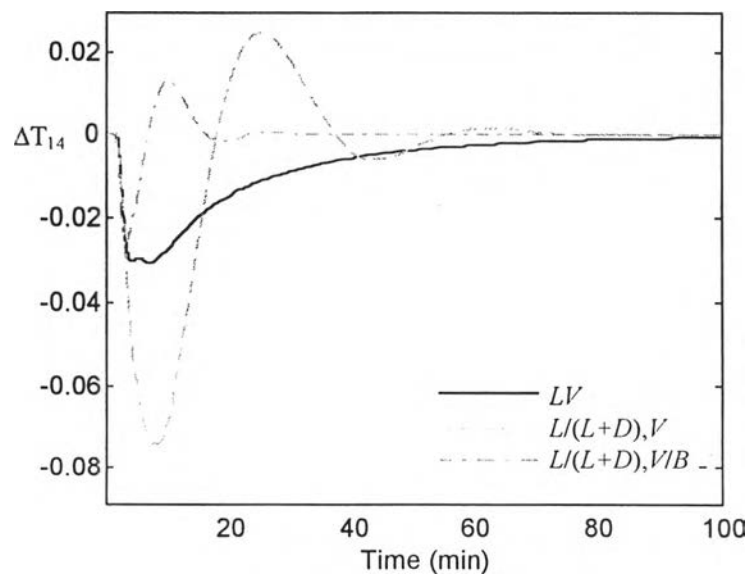
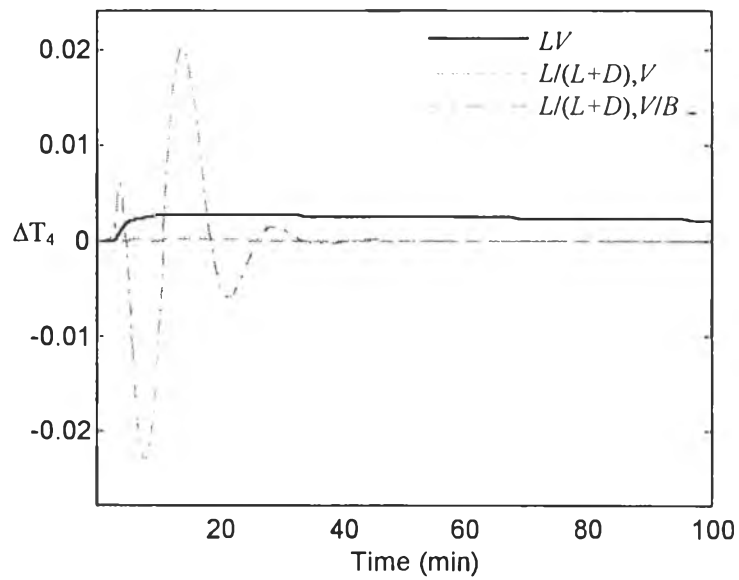
ข. เปลี่ยนเซ็ทพอยท์ของอุณหภูมิฐานหอ (T_{14} set-point)



รูปที่ 6.36 การตอบสนองของโครงสร้างควบคุม LV , $[L/(D+L),V]$ และ $[L/(D+L),V/B]$

เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ของอุณหภูมิต่อหอ (T_4 set-point)

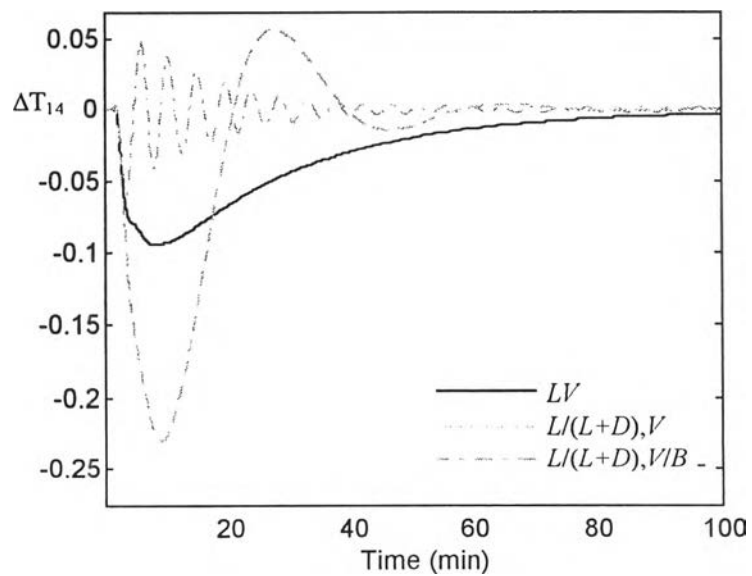
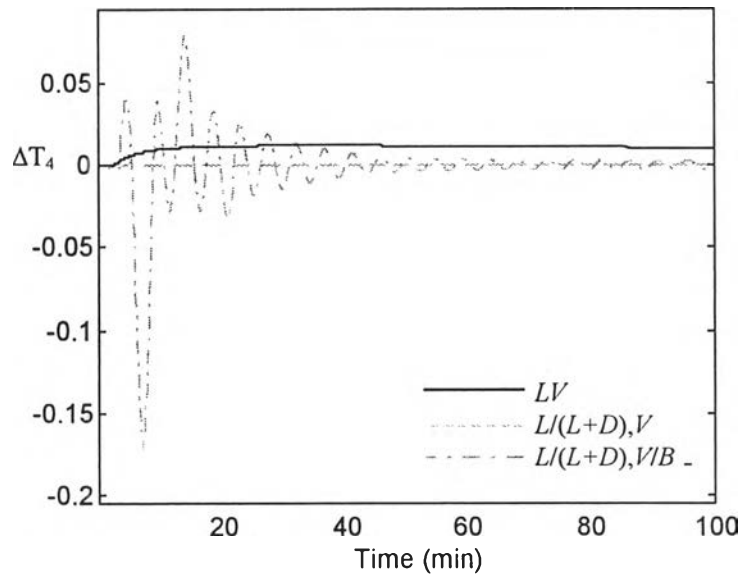
ค. เปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)



รูปที่ 6.37 การตอบสนองของโครงสร้างควบคุม LV , $[L/(D+L),V]$ และ $[L/(D+L),V/B]$

เมื่อเปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)

ง. เปลี่ยนส่วนผสมกระแสป้อน (z)



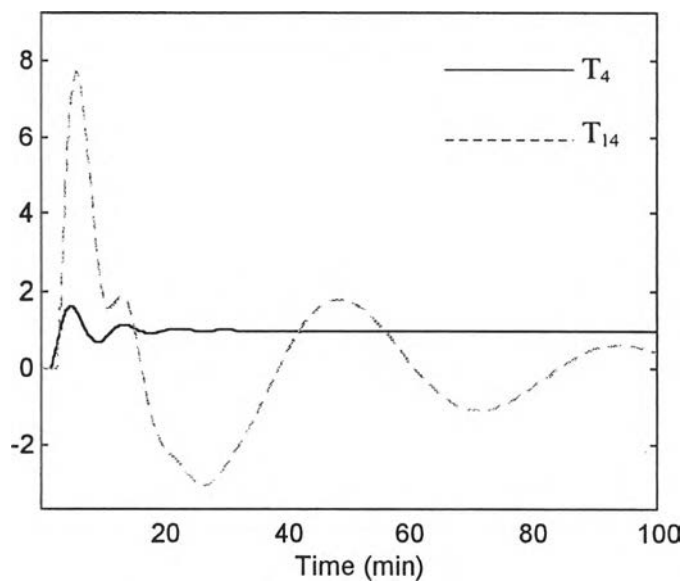
รูปที่ 6.38 การตอบสนองของโครงสร้างควบคุม LV, $[L/(D+L),V]$ และ $[L/(D+L),V/B]$

เมื่อเปลี่ยนส่วนผสมกระแสป้อน (z)

6.1.6 ผลการการตอบสนอง SIMULINK โครงสร้างการควบคุม $L/(L+D), V$ ที่แปลงจาก

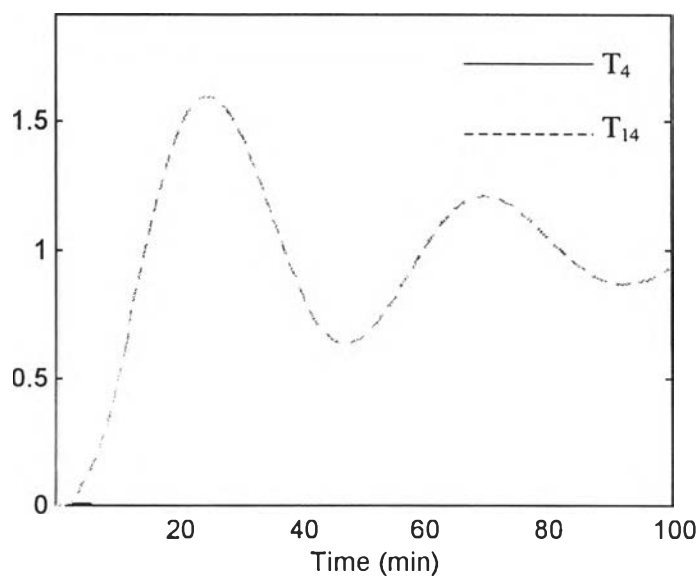
โครงสร้างฐาน DV

ก. เปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิยอดหอ (T_4)



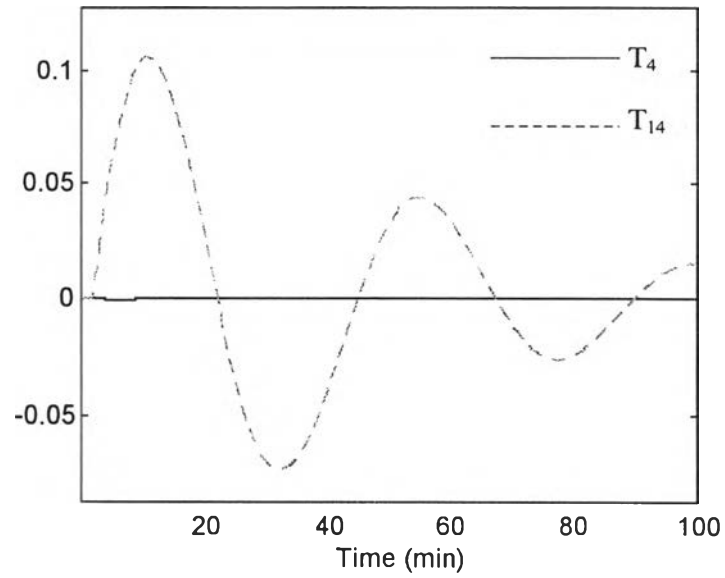
รูปที่ 6.39 การตอบสนองของ $L/(L+D), V$ เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิยอดหอ (T_4)

ข. เปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{14})



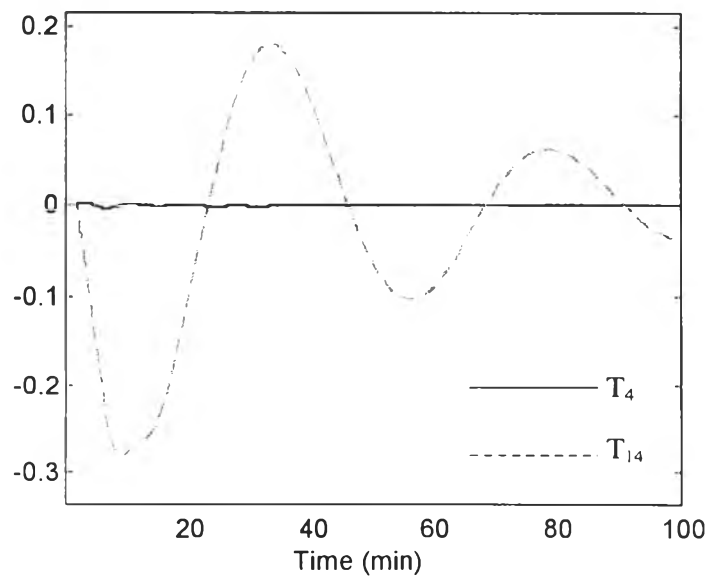
รูปที่ 6.40 การตอบสนองของ $L/(L+D), V$ เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{14})

ค. เปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)



รูปที่ 6.41 การตอบสนองของ $L/(L+D), V$ เมื่อเปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)

ง. เปลี่ยนส่วนผสมกระแสน้ำ (z)

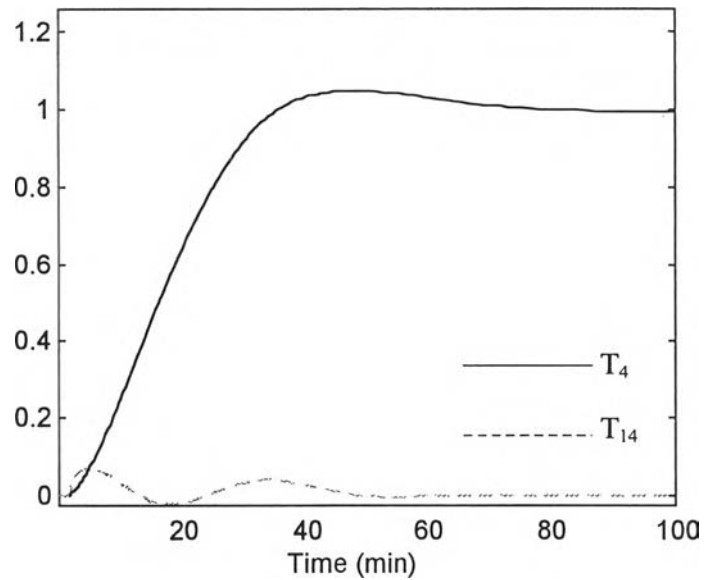


รูปที่ 6.42 การตอบสนองของ $L/(L+D), V$ เมื่อเปลี่ยนส่วนผสมกระแสน้ำ (z)

6.1.7 ผลการการตอบสนอง SIMULINK ของโครงสร้างการควบคุม LB ที่แปลงจาก

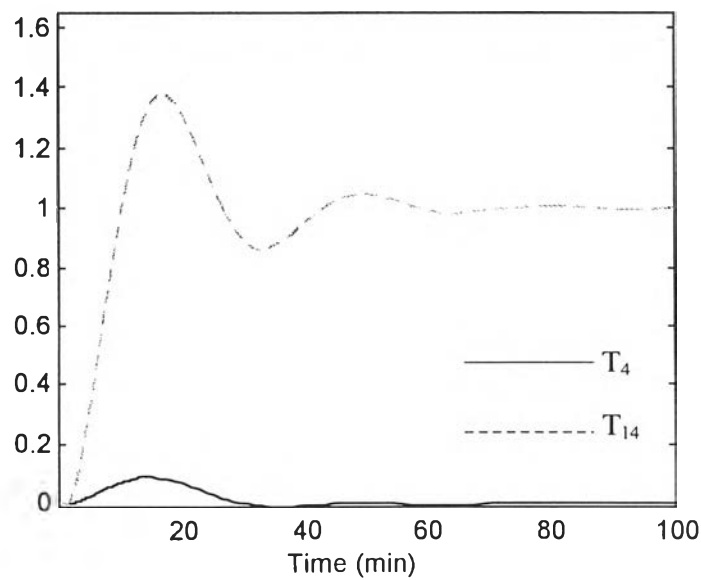
โครงสร้างฐาน LV

ก. เปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิยอคหอ (T_4)



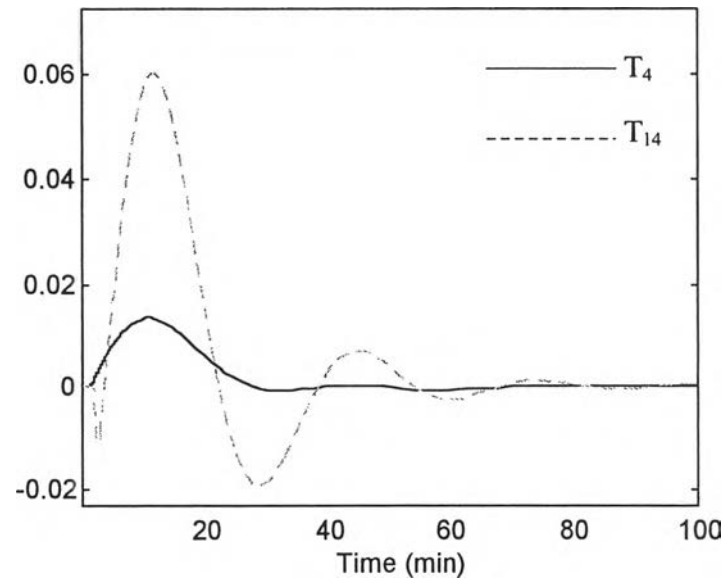
รูปที่ 6.43 การตอบสนองของ LB เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิยอคหอ (T_4)

ข. เปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{14})



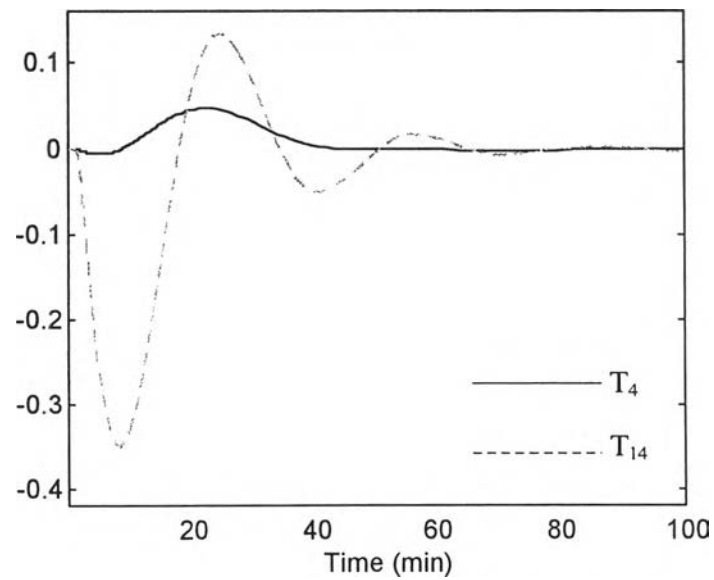
รูปที่ 6.44 การตอบสนองของ LB เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์อุณหภูมิฐานหอ (T_{14})

ค. เปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)



รูปที่ 6.45 การตอบสนองของ LB เมื่อเปลี่ยนอัตราไหลกระแสน้ำ (F)

ง. เปลี่ยนส่วนผสมกระแสน้ำ (z)



รูปที่ 6.46 การตอบสนองของ LB เมื่อเปลี่ยนส่วนผสมกระแสน้ำ (z)

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบค่า IAE ของโครงสร้างการควบคุมหอกลับ

	Controller Parameter	IAE							
		Top set-point changed		Bottom set-point changed		Feed flow rate		Feed composition	
		Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
ตัวอย่างที่ 1 C.Vinante และ W.Luyben	เอกสารตีพิมพ์	2.3	0.81	0.95	1.2				
	Multiloop	2.25	1.25	0.95	1.25				
	ZN	2.8	1.25	0.95	1.2				
	BLT	5.6	1.4	1.75	1.25				
	ISE	4.2	3.7	1.22	1.38				
ตัวอย่างที่ 2 R.K.Wood และ M.W.Berry	เอกสารตีพิมพ์	14.5	16	3.2	13	104	125		
	Multiloop	4.6	10	2.2	18	13.8	68		
	ZN	14.5	35	9.5	32	13.5	56		
	BLT	15.5	27.5	45	105	39	90		
	ISE	5×10^9	1.8×10^{10}	3×10^{10}	13×10^{10}	6.5×10^9	2.25×10^{10}		

	Controller Parameter	IAE							
		Top set-point changed		Bottom set-point changed		Feed flow rate		Feed composition	
		Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
ตัวอย่างที่ 3	เอกสารตีพิมพ์	29	27	4.1	9	30.5	46	100	135
J.L.Machette	ZN	7.2	9.5	1.1	4.8	12.5	4.6	44	14
และคณะ	BLT	13.5	6	2.25	3.8	25	9	84	27.5
	ISE	6.4	11	0.9	4.5	7.2	4.8	25	15
ตัวอย่างที่ 4	เอกสารตีพิมพ์	20	16	11.5	12.5				
H.Lau	ZN	7	5.8	4.3	4.5				
และคณะ	BLT	4.8	5	2.5	5.5				
	ISE	7.8	8	4.8	6.1				
ตัวอย่างที่ 5	เอกสารตีพิมพ์	21	22	1.7	4.8	0.24	0.74	1.05	3.05
K.V.Waller	ZN	12.5	28	1.05	5.2	0.14	0.7	0.61	2.8
และคณะ	BLT	27.5	50	2.2	11.5	0.3	1.75	1.3	7.2
<i>LV</i>	ISE	15	34	1.25	5.8	0.128	0.72	0.55	2.9

	Controller Parameter	IAE							
		Top set-point changed		Bottom set-point changed		Feed flow rate		Feed composition	
		Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
ตัวอย่างที่ 5	เอกสารตีพิมพ์	3.6	68	1.51	14.2	0.275	2.25	0.61	9.8
K.V.Waller	ZN	1.355×10^{20}	6×10^{22}	8.8×10^{21}	5.5×10^{20}	9.5×10^{19}	4.75×10^{20}	1.1×10^{17}	4.2×10^{19}
และคณะ	BLT	2.7×10^4	6.2×10^4	9×10^3	2.6×10^4	3.6×10^2	8.2×10^2	1.0×10^2	2.3×10^2
<i>DV</i>	ISE	2.25×10^{16}	5.6×10^{16}	8.8×10^{15}	2.25×10^{16}	6.5×10^{13}	1.25×10^{12}	9.8×10^{12}	1.8×10^{13}
ตัวอย่างที่ 5	เอกสารตีพิมพ์	3.4	28	0.045	5.2	0.0025	0.8	0.0018	3.3
K.V.Waller	ZN	1.55	24.5	0.041	4.4	0.0016	0.65	0.0022	2.55
และคณะ	BLT	2.55	61	0.041	12	0.0040	1.8	0.0027	7.2
<i>D/(L+D), V</i>	ISE	1.62	26	0.046	4.5	0.0017	0.64	0.0024	2.55
ตัวอย่างที่ 5	เอกสารตีพิมพ์	3.3	8.8	0.105	4.2	0.0019	0.038	0.031	0.65
K.V.Waller	ZN	1.48	9.8	0.086	3.35	0.0006	0.0012	0.0105	0.215
และคณะ	BLT	2.9	6.6	0.092	4.6	0.0022	0.043	0.036	0.73
<i>D/(L+D), V/B</i>	ISE	1.35	5.5	0.046	1.92	0.0008	0.0010	0.0115	0.172

โครงสร้าง	Controller Parameter	IAE							
		Top set-point changed		Bottom set-point changed		Feed flow rate		Feed composition	
		Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
$L/(L+D), V^1$	$K_{C1} = 1, \tau_{I1} = 1$ $K_{C12} = 1, \tau_{I2} = 1$	3.10	52.0	0.0092	9.5	0.0016	1.09	0.011	3.5
$L/(L+D), V^2$	$K_{C1} = 1, \tau_{I1} = 1$ $K_{C12} = 1, \tau_{I2} = 1$	4.50	138.0	0.72	27.0	0.0088	3.50	0.04	9.0
$L/(L+D), V/B$	$K_{C1} = 0.4, \tau_{I1} = 4$ $K_{C12} = 0.1, \tau_{I2} = 10$	3.25	0.145	5.5	3.6	0.4400	0.31	0.74	0.52
LB	$K_{C1} = 1, \tau_{I1} = 1$ $K_{C12} = 1, \tau_{I2} = 1$	18.0	1.18	1.51	11.2	0.2200	1.0	0.95	5.6

หมายเหตุ : $L/(L+D), V^1$: แปลงจากโครงสร้าง LV ในตัวอย่างที่ 5 และ $L/(L+D), V^2$: แปลงจากโครงสร้าง DV ในตัวอย่างที่ 5

ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบ Relative gain (λ)

	โครงสร้างการควบคุม	ค่า λ
ตัวอย่างที่ 1	LV	0.73
ตัวอย่างที่ 2	LV	2.01
ตัวอย่างที่ 3	LV	3.27
ตัวอย่างที่ 4	LV	0.54
ตัวอย่างที่ 5	LV	1.78
	DV	0.15
	$D/(L+D), V$	1.16
	$D/(L+D), V/B$	1.10
แปลงจาก โครงสร้าง LV ตัวอย่างที่ 5	$L/(L+D), V$	1.16
	$L/(L+D), V/B$	1.01
	LB	1.01

ตารางที่ 6.3 เปรียบเทียบค่า Disturbance Sensitivity Parameter คำนวณจาก $|K_w/\tau_w|$

	โครงสร้าง การควบคุม	Disturbance Sensitivity Parameter ; $ K_w/\tau_w $			
		ลูพยอหด		ลูพฐานหด	
		ตัวแปรบกวน F	ตัวแปรบกวน z	ตัวแปรบกวน F	ตัวแปรบกวน z
ตัวอย่างที่ 1	LV				
ตัวอย่างที่ 2	LV	55.13		0.3712	
ตัวอย่างที่ 3	LV	0.016	0.134	0.923	1.938
ตัวอย่างที่ 4	LV				
ตัวอย่างที่ 5	LV	4.0×10^{-4}	4.9×10^{-4}	292.0×10^{-4}	677.0×10^{-4}
	DV	2.3×10^{-4}	31.2×10^{-4}	243.0×10^{-4}	645.8×10^{-4}
	$D/(L+D), V$	0.9×10^{-4}	9.2×10^{-4}	347.0×10^{-4}	580.0×10^{-4}
	$D/(L+D), V/B$	1.0×10^{-4}	1.3×10^{-4}	61.3×10^{-4}	$1,105.0 \times 10^{-4}$

ตารางที่ 6.4 ร้อยละของค่า IAE ของพารามิเตอร์ตัวควบคุมที่เลือก เปรียบเทียบกับพารามิเตอร์ตัวควบคุมของวิธีอื่น

ตัวอย่าง	วิธีทดสอบ	พารามิเตอร์ที่เลือก	ตำแหน่งที่วัด	ร้อยละของ IAE ที่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับพารามิเตอร์จากวิธี			
				เอกสารตีพิมพ์	ZN	BLT	ISE
ตัวอย่างที่ 1	เปลี่ยนเซ็ทพอยท์ยอคหอ	Multiloop	ลูพยอคหอ	2.22	24.44	148.89	86.57
			ลูพฐานหอ	35.20	0.00	12.00	196.00
	เปลี่ยนเซ็ทพอยท์ฐานหอ	Multiloop	ลูพยอคหอ	0.00	0.00	84.21	28.42
			ลูพฐานหอ	300.00	25.00	10.71	1.43
ตัวอย่างที่ 2	เปลี่ยนเซ็ทพอยท์ยอคหอ	Multiloop	ลูพยอคหอ	215.22	215.22	236.96	1.08×10^{11}
			ลูพฐานหอ	60.00	250.00	175.00	1.80×10^{11}
	เปลี่ยนเซ็ทพอยท์ฐานหอ	Multiloop	ลูพยอคหอ	45.45	331.82	1945.45	1.40×10^{12}
			ลูพฐานหอ	27.78	77.78	483.33	722.20×10^9
	เปลี่ยนอัตราไหลกระแสป้อน	Multiloop	ลูพยอคหอ	653.62	2.17	182.61	4.71×10^{10}
			ลูพฐานหอ	83.82	17.65	32.35	3.31×10^9
ตัวอย่างที่ 3	เปลี่ยนเซ็ทพอยท์ยอคหอ	ISE	ลูพยอคหอ	353.13	12.50	110.94	0.00
			ลูพฐานหอ	145.45	13.64	45.45	0.00

	เปลี่ยนเชื้อพอยท์ฐานหอ	ISE	ลูพยอคหอ	355.56	22.22	150.00	0.00
			ลูพฐานหอ	100.00	6.67	15.56	0.00
	เปลี่ยนอัตราไหลกระแสป้อน	ISE	ลูพยอคหอ	323.61	73.61	247.22	0.00
			ลูพฐานหอ	858.33	4.17	87.50	0.00
	เปลี่ยนส่วนผสมกระแสป้อน	ISE	ลูพยอคหอ	300.00	76.00	236.00	0.00
			ลูพฐานหอ	800.00	6.67	83.33	0.00
ตัวอย่างที่ 4	เปลี่ยนเชื้อพอยท์ยอคหอ	BLT	ลูพยอคหอ	316.67	45.83	0.00	62.50
			ลูพฐานหอ	220.00	16.00	0.00	60.00
	เปลี่ยนเชื้อพอยท์ฐานหอ	BLT	ลูพยอคหอ	360.00	72.00	0.00	92.00
			ลูพฐานหอ	127.27	18.18	0.00	10.91
ตัวอย่างที่ 5 (LV)	เปลี่ยนเชื้อพอยท์ยอคหอ	ZN	ลูพยอคหอ	68.00	0.00	120.00	20.00
			ลูพฐานหอ	21.43	0.00	78.57	21.43
	เปลี่ยนเชื้อพอยท์ฐานหอ	ZN	ลูพยอคหอ	61.90	0.00	109.52	19.05
			ลูพฐานหอ	7.69	0.00	121.15	11.54
	เปลี่ยนอัตราไหลกระแสป้อน	ZN	ลูพยอคหอ	71.43	0.00	114.29	8.57
			ลูพฐานหอ	5.71	0.00	150.00	2.86

	เปลี่ยนส่วนผสมกระแสบ้อน	ZN	ลูพยอดหอ	72.13	0.00	113.11	9.84
			ลูพฐานหอ	8.93	0.00	157.14	3.57
ตัวอย่างที่ 5 (DV)	เปลี่ยนเชื้อทพอยท์ยอดหอ	เอกสารตีพิมพ์	ลูพยอดหอ	0.00	3.76×10^{21}	7.50×10^5	6.25×10^{17}
			ลูพฐานหอ	0.00	8.8×10^{22}	9.12×10^4	8.24×10^{16}
	เปลี่ยนเชื้อทพอยท์ฐานหอ	เอกสารตีพิมพ์	ลูพยอดหอ	0.00	5.83×10^{23}	5.96×10^5	5.83×10^{17}
			ลูพฐานหอ	0.00	3.87×10^{21}	1.83×10^5	1.58×10^{17}
	เปลี่ยนอัตราไหลกระแสบ้อน	เอกสารตีพิมพ์	ลูพยอดหอ	0.00	3.45×10^{22}	1.31×10^5	2.36×10^{16}
			ลูพฐานหอ	0.00	2.11×10^{22}	3.63×10^4	5.56×10^{13}
	เปลี่ยนส่วนผสมกระแสบ้อน	เอกสารตีพิมพ์	ลูพยอดหอ	0.00	1.80×10^{19}	1.63×10^4	1.61×10^{15}
			ลูพฐานหอ	0.00	4.29×10^{20}	2.25×10^3	1.84×10^{14}
ตัวอย่างที่ 5 D/(L+D),V	เปลี่ยนเชื้อทพอยท์ยอดหอ	ZN	ลูพยอดหอ	119.35	0.00	64.52	4.52
			ลูพฐานหอ	14.29	0.00	148.98	6.12
	เปลี่ยนเชื้อทพอยท์ฐานหอ	ZN	ลูพยอดหอ	9.76	0.00	0.00	12.20
			ลูพฐานหอ	87.50	0.00	20.83	6.25
	เปลี่ยนอัตราไหลกระแสบ้อน	ZN	ลูพยอดหอ	56.25	0.00	150.00	6.25
			ลูพฐานหอ	23.08	0.00	176.92	1.54

	เปลี่ยนส่วนผสมกระแสบ้อน	ZN	ลูพยอดหอ	18.18	0.00	22.73	9.09
			ลูพฐานหอ	29.41	0.00	182.35	0.00
ตัวอย่างที่ 5 D/(L+D),V/B	เปลี่ยนเซ็ทพอยท์ยอดหอ	ISE	ลูพยอดหอ	144.44	9.63	114.81	0.00
			ลูพฐานหอ	60.00	78.18	20.00	0.00
	เปลี่ยนเซ็ทพอยท์ฐานหอ	ISE	ลูพยอดหอ	128.26	86.96	100.00	0.00
			ลูพฐานหอ	118.75	74.48	139.58	0.00
	เปลี่ยนอัตราไหลกระแสบ้อน	ISE	ลูพยอดหอ	137.50	650.00	175.00	0.00
			ลูพฐานหอ	3700.00	20.00	4200.00	0.00
	เปลี่ยนส่วนผสมกระแสบ้อน	ISE	ลูพยอดหอ	169.57	8.70	213.04	0.00
			ลูพฐานหอ	277.91	25.00	324.42	0.00

หมายเหตุ : 1. คำนวณร้อยละ IAE ที่แตกต่างจาก $\{ [\text{IAE ของพารามิเตอร์ที่เลือก} - \text{IAE วิธีอื่น}] / \text{IAE ของพารามิเตอร์ที่เลือก} \} \times 100$