

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและการอภิปราย

ในบทนี้จะนำเสนอผลการทดลองของงานวิจัยนี้ โดยผลที่ได้จากการทดลองในแต่ละครั้งจะนำมาวิเคราะห์เพื่อที่จะนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบจนได้ผลการทดลองสุดท้ายที่ได้ผลเป็นที่พอใจ ในการทดลองนั้นจะทำการปรับความต่างศักย์แหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ตัวหลักเป็นค่าต่างๆ และการปรับภาระของระบบ เพื่อการตอบสนองโดยในแต่ละการทดลองจะส่งผลให้ต้องมีการปรับปรุงและทำการทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่ดีขึ้น ซึ่งในที่นี่จะนำเสนอในส่วนที่สำคัญๆ และการทดลองสุดท้ายจะเป็นระบบที่สมบูรณ์ของงานวิจัยนี้

#### 5.1 การทดลองครั้งที่ 1

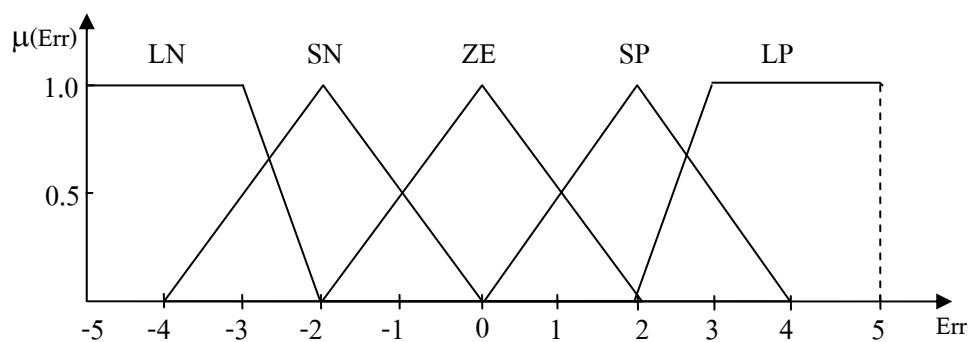
ในการทดลองนี้ได้ทำการควบคุมระบบโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีซีลจิกในการควบคุมความเร็วของระบบและหาจำนวนรอบการเข้าซ้ำของการเสริมกำลังด้วยมอเตอร์ตัวเสริม โดยความเร็วอ้างอิงที่ใช้ในการทดสอบ 1200 รอบต่อนาที ระบบจะสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมทำงานเมื่อความเร็วของระบบในขณะนั้นมีค่าต่ำกว่าความเร็วอ้างอิง 10 เปอร์เซ็นต์ หรือมอเตอร์ตัวหลักสถานะไม่พร้อมที่จะทำงาน นั่นคือ ถ้าความเร็วขณะนั้นมีค่าต่ำกว่า 1080 รอบต่อนาที หรือมอเตอร์ตัวหลักมีสถานะไม่พร้อมทำงาน ระบบจะสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมทำการเสริมกำลัง ส่วนเงื่อนไขการหยุดเสริมกำลังนั้น มี 2 เงื่อนไข คือ

1. เมื่อมอเตอร์ตัวเสริมทำงานครบจำนวนรอบที่ได้จากตัวควบคุมแบบพีซีลจิก ระบบจะทำการทดสอบว่าจะให้มอเตอร์ตัวเสริมเสริมกำลังต่อหรือไม่ โดยทำการลดค่าวัฏจักรงานของมอเตอร์ตัวเสริมลง 5 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มวัฏจักรงานของมอเตอร์ตัวหลัก 5 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความเร็วของระบบมีค่ามากกว่า 1080 รอบต่อนาทีระบบก็จะสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมหยุดการเสริมกำลัง
2. ความเร็วของระบบเกิดการพุ่งเกิน (Over Shoot) กล่าวคือ มีความเร็วสูงกว่าความเร็วอ้างอิงมากกว่าหรือเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ระบบจะสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมหยุดการเสริมกำลังโดยไม่จำเป็นต้องครบจำนวนรอบของการเข้าซ้ำที่ได้จากตัวควบคุมแบบพีซีลจิก

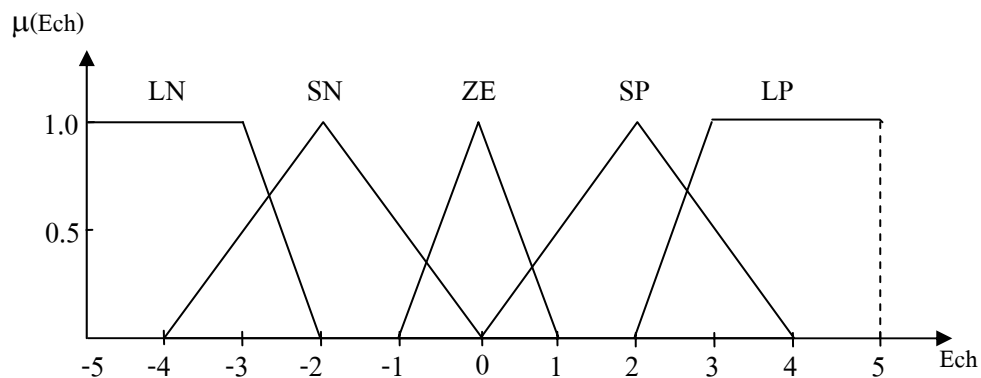
### 5.1.1 รายละเอียดตัวควบคุมความเร็ว

ตาราง 5-1 ค่าระดับชั้นของอินพุตตัวควบคุมความเร็วการทดลองครั้งที่ 1

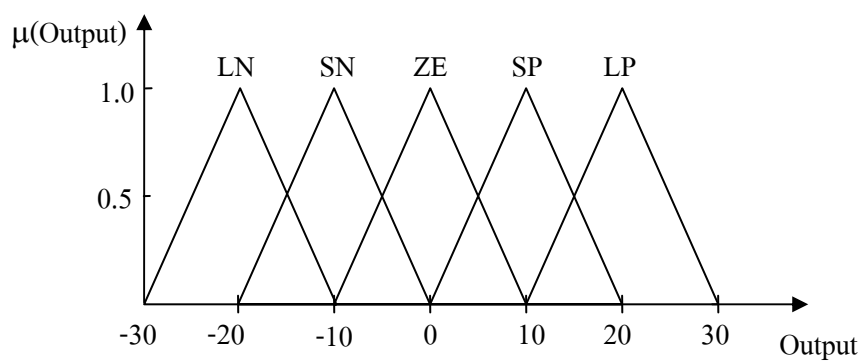
ค่าความผิดพลาด	การเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาด	ค่าระดับชั้น
$E \geq 100$	$Ech \geq 50$	5
$80 \leq E < 100$	$40 \leq Ech < 50$	4
$60 \leq E < 80$	$30 \leq Ech < 40$	3
$40 \leq E < 60$	$20 \leq Ech < 30$	2
$20 \leq E < 40$	$10 \leq Ech < 20$	1
$-20 \leq E < 20$	$-10 \leq Ech < 10$	0
$-40 \leq E < -20$	$-20 \leq Ech < -10$	-1
$-60 \leq E < -40$	$-30 \leq Ech < -20$	-2
$-80 \leq E < -60$	$-40 \leq Ech < -30$	-3
$-100 \leq E < -80$	$-50 \leq Ech < -40$	-4
$E < -100$	$Ech < -50$	-5



ภาพประกอบ 5-1 ฟัซซีเซตค่าความผิดพลาดตัวควบคุมความเร็วการทดลองครั้งที่ 1



ภาพประกอบ 5-2 ฟังก์ชันเซตของค่าการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาดตัวควบคุมความเร็วการทดลองครั้งที่ 1



ภาพประกอบ 5-3 ฟังก์ชันเซตของเอาต์พุตตัวควบคุมความเร็วการทดลองครั้งที่ 1

ตาราง 5-2 กฎการควบคุมความเร็วมอเตอร์การทดลองครั้งที่ 1

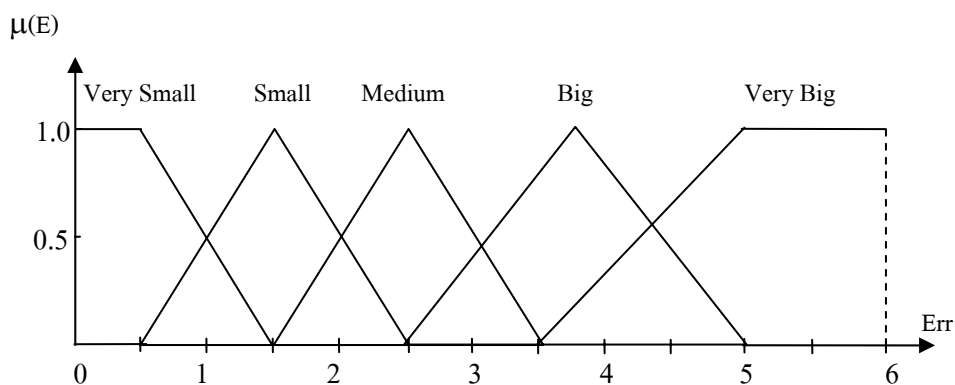
Ech \ E	LN	SN	ZE	SP	LP
LN	LN	LN	SN	SN	SN
SN	LN	SN	SN	ZE	ZE
ZE	SN	ZE	ZE	ZE	SP
SP	SN	ZE	SP	SP	SP
LP	SP	SP	SP	LP	LP

### 5.1.2 รายละเอียดตัวควบคุมการเสริมกำลัง

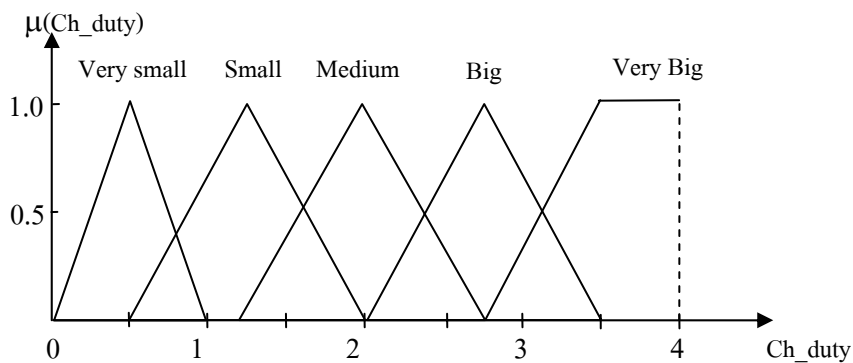
อินพุตของตัวควบคุมจะมี 2 ตัว คือ ค่าความผิดพลาด และเอาต์พุตที่ได้จากตัวควบคุมความเร็ว กำหนดให้มีสัญลักษณ์เป็น Ch\_duty

ตาราง 5-3 ค่าระดับชั้นของอินพุตตัวควบคุมการเสริมกำลังการทดลองครั้งที่ 1

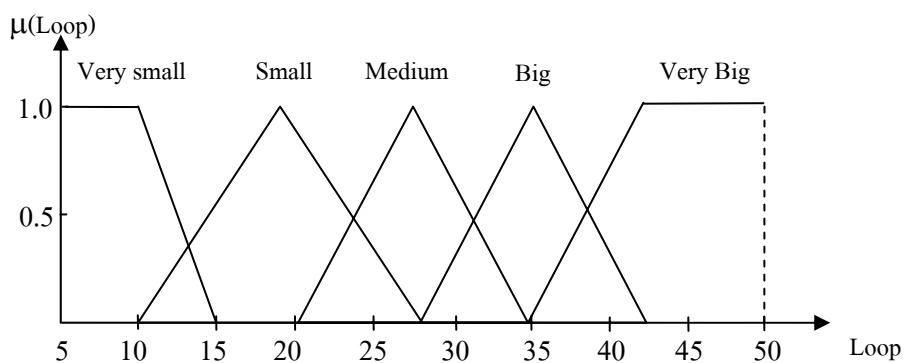
ค่าผิดพลาด	ค่าระดับชั้น
$120 \leq E < 150$	0
$150 \leq E < 180$	1
$180 \leq E < 210$	2
$210 \leq E < 240$	3
$240 \leq E < 270$	4
$270 \leq E < 300$	5
$E \geq 300$	6



ภาพประกอบ 5-4 ฟัซซีเซตการเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาดของตัวควบคุมเวลาในการเสริมกำลังการทดลองครั้งที่ 1



ภาพประกอบ 5-5 ฟัซซีเซตการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรงานของตัวควบคุมการเสริมกำลังการทดลองครั้งที่ 1

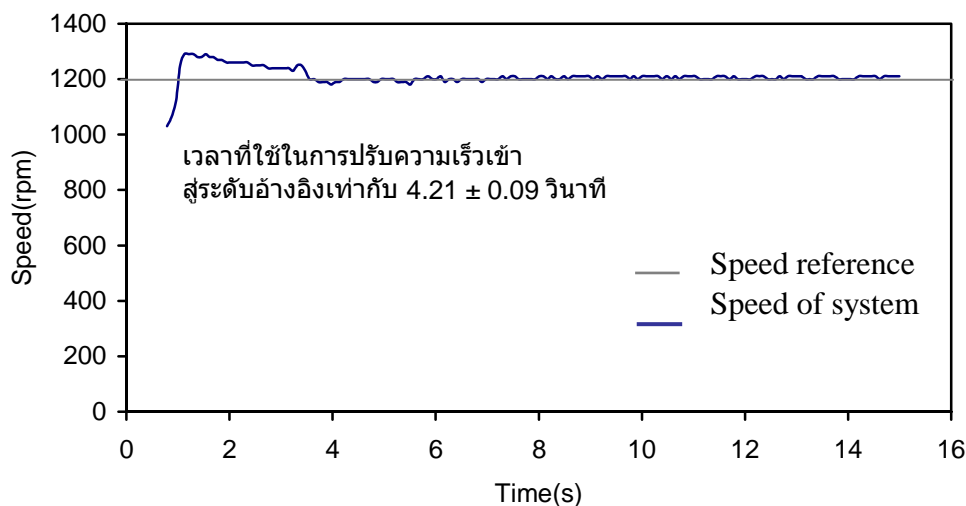


ภาพประกอบ 5-6 ฟัซซีเซตเอาต์พุตของตัวควบคุมการเสริมกำลังการทดลองครั้งที่ 1

ตาราง 5-4 กฎการควบคุมการเสริมกำลังของการทดลองครั้งที่ 1

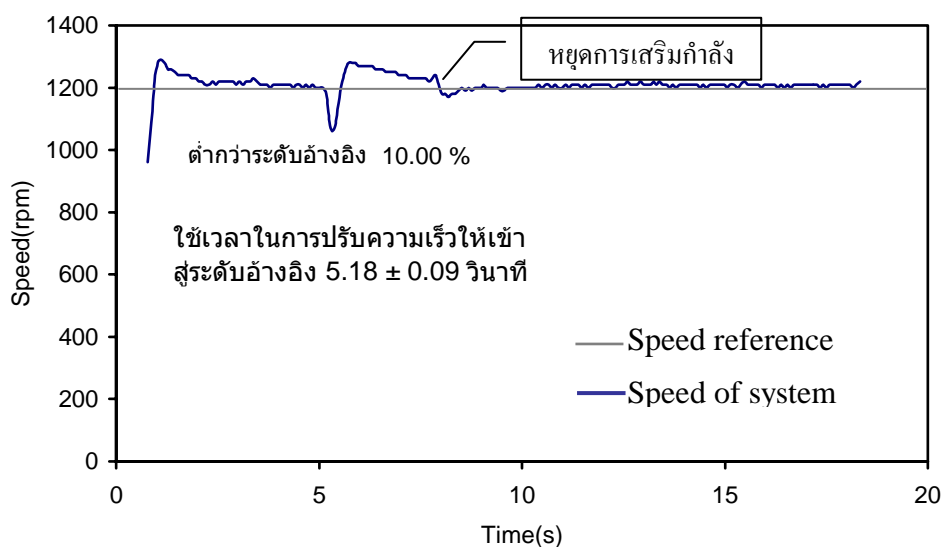
<b>Ch_duty \ E</b>	<b>Very Small</b>	<b>Small</b>	<b>Medium</b>	<b>Big</b>	<b>Very Big</b>
<b>Very Small</b>	Very Small	Very Small	Small	Medium	Medium
<b>Small</b>	Very Small	Small	Small	Medium	Medium
<b>Medium</b>	Small	Small	Medium	Big	Big
<b>Big</b>	Small	Medium	Big	Big	Very Big
<b>Very Big</b>	Medium	Big	Big	Very Big	Very Big

### 5.1.2 ผลการทดลองครั้งที่ 1



ภาพประกอบ 5-7 ความเร็วขณะที่ไม่มีการรบกวนระบบการทดลองครั้งที่ 1

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-7 เป็นผลการทดลองขณะที่ไม่มีการรบกวนระบบใดๆ ระบบสามารถควบคุมความเร็วให้เข้าสู่ระดับอ้างอิงค่อนข้างช้า คือใช้เวลาประมาณ  $4.21 \pm 0.09$  วินาที หลังจากนั้นจะเห็นว่าระบบสามารถรักษาความเร็วของระบบให้อยู่ที่ระดับอ้างอิงได้ดีโดยมีค่าความเร็ว  $1204 \pm 6$  รอบ/นาที

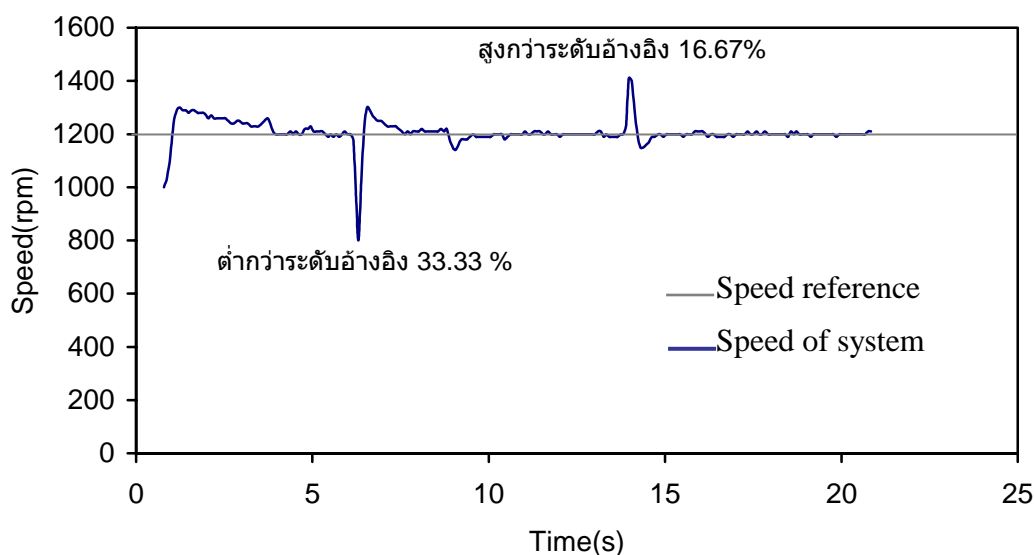


ภาพประกอบ 5-8 ความเร็วของระบบเมื่อมีการจ่ายภาระให้ระบบ 1 หลอด ของการทดลองครั้งที่ 1

ตาราง 5-5 สรุปผลการทดลองเมื่อมีการจ่ายภาระให้ระบบ 1 หลอด ของการทดลองครั้งที่ 1

จ่ายภาระจำนวน 1 หลอด		การตอบสนององลดความเร็วมอเตอร์ตัวเสริมและเพิ่มความเร็วมอเตอร์ตัวหลัก
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	
เสริมกำลัง	$5.18 \pm 0.09$	หยุดเสริมกำลัง

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-8 เมื่อจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 1 หลอด ในวินาทีที่  $5.18 \pm 0.09$  โดย แรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีค่าคงที่ที่ 12 โวลต์ จะเห็นว่าเมื่อมีการจ่ายภาระให้กับระบบ ระบบจะสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมทำการเสริมกำลังของระบบทันทีหลังจากที่มอเตอร์ตัวเสริมทำงานครบจำนวนรอบที่ได้จากตัวควบคุมการเสริมกำลังแล้วระบบจะสั่งลดค่าวัฏจักรงานของมอเตอร์ตัวเสริมและเพิ่มวัฏจักรงานของมอเตอร์ตัวหลักซึ่งจากการทดลองมอเตอร์ตัวหลักสามารถทำงานตามลำพังได้ตั้งแต่วินาทีที่  $8.61 \pm 0.09$

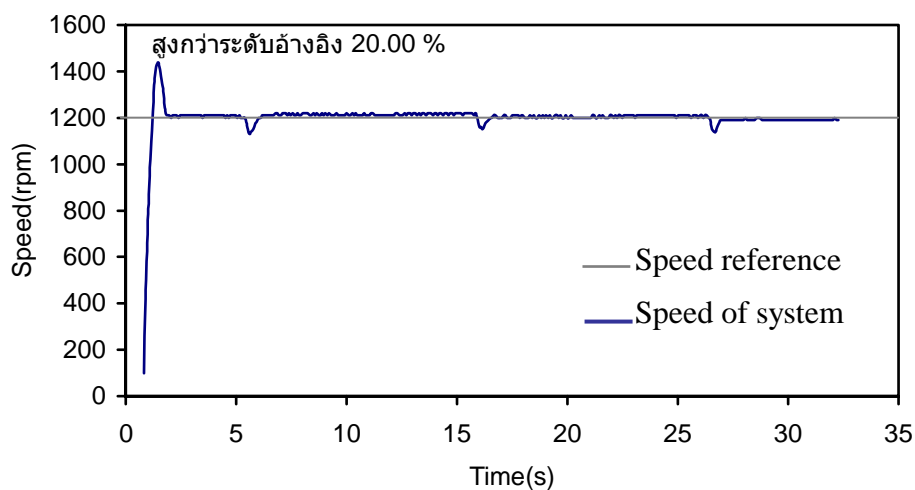


ภาพประกอบ 5-9 ความเร็วระบบเมื่อมีการตัดแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ตัวหลักของการทดลองครั้งที่ 1

ตาราง 5-6 สรุปผลการทดลองเมื่อมีการตัดแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ตัวหลักของการทดลองครั้งที่ 1

ตัดแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ตัวหลัก		จ่ายไฟให้มอเตอร์ตัวหลักปกติ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$2.99 \pm 0.09$	หยุดเสริมกำลัง	$0.90 \pm 0.09$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-9 ทำการตัดแหล่งจ่ายไฟของมอเตอร์ตัวหลักออกจากระบบ มอเตอร์ตัวเสริมจะเข้ามาทำงานแทนมอเตอร์ตัวหลัก และเมื่อมีการจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลักตามปกติ ความเร็วจะมีค่าเพิ่มขึ้นและเกิดการฟุ้งเกินของความเร็วทำให้ระบบสั่งหยุดการเสริมกำลัง จากนั้นมอเตอร์ตัวหลักจะทำงานตามลำพัง จากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อมีการตัดแหล่งจ่ายอย่างกะทันหันความเร็วลดลงอย่างรวดเร็วและลดลงค่อนข้างต่ำกว่าความเร็วอ้างอิงมาก



ภาพประกอบ 5-10 ความเร็วเมื่อใช้มอเตอร์ตัวเสริมเพียงลำพังของการทดลองครั้งที่ 1

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-10 เมื่อตัดแหล่งจ่ายไฟของมอเตอร์ตัวหลักออกจากระบบตั้งแต่เริ่มต้น ดังนั้นในผลการทดลองนี้จะเป็นการทำงานของมอเตอร์ตัวเสริมเท่านั้น จะเห็นว่าความเร็วของระบบลดลงเป็นช่วงๆ แล้วจะเข้าสู่ระดับอ้างอิงอย่าง



รวดเร็วกว่า เนื่องจากระบบจะมีการตรวจสอบว่าจะมีการทำงานโดยมอเตอร์ตัวเสริมต่อหรือไม่  
ดังได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

ผลการทดลองในครั้งที่ 1 ที่ได้นำเสนอนั้นจะเห็นว่ามียางครีที่ไม่จำเป็นต้องมีการเสริมกำลัง แต่ระบบสั่งให้มีการเสริมกำลัง โดยมอเตอร์ตัวหลักยังไม่ได้ทำงานที่ค่าวัฏจักรงาน 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมีการเสริมกำลังค่าความเร็วของระบบจะมีค่าลดลงเป็นช่วงๆ เนื่องจากวิธีการในการตรวจสอบการเสริมกำลัง นอกจากนี้เมื่อมีการตัดแหล่งจ่ายไฟของมอเตอร์ตัวหลักออกจากระบบ ยังมีการตอบสนองที่ช้าทำให้ความเร็วลดลงจากระดับอ้างอิงมาก

## 5.2 การทดลองครั้งที่ 2

เป็นการทดลองที่ได้ทำการปรับปรุงเงื่อนไขการเสริมกำลังที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 โดยการเสริมกำลังจะมี 2 เงื่อนไข คือ เมื่อความเร็วของระบบต่ำกว่าระดับอ้างอิง 10 เปอร์เซ็นต์และมอเตอร์ตัวหลักต้องทำงานที่ค่าวัฏจักรงาน 100 เปอร์เซ็นต์ก่อน และ กรณีที่ 2 คือ มอเตอร์ตัวหลักมีสถานะไม่พร้อมที่ทำงาน ส่วน เงื่อนไขการหยุดเสริมกำลัง มี 2 เงื่อนไข คือ

1. ความเร็วของระบบเกิดการพุ่งเกิน คือ มีความเร็วสูงกว่าความเร็วอ้างอิงเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ระบบจะสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมหยุดการทำงาน
2. มอเตอร์ตัวเสริมมีสถานะไม่พร้อมที่จะทำงาน

ในการทดลองนี้ได้ตัดตัวควบคุมแบบพีซีลอจิกที่ใช้ควบคุมการเสริมกำลังออกไป ส่วนการควบคุมความเร็วจะใช้ตัวควบคุมแบบพีซีลอจิก 2 ตัว แบ่งเป็นการควบคุมแบบละเอียดและแบบหยาบ โดยจะควบคุมความเร็วแบบหยาบเมื่อค่าความเร็วสูง หรือ ต่ำกว่าความเร็วอ้างอิงมากกว่า 125 รอบต่อนาที หากความผิดพลาดน้อยกว่านี้จะเป็นการควบคุมแบบละเอียด รายละเอียดของตัวควบคุมแบบละเอียดนั้นจะเป็นตัวควบคุมความเร็วในการทดลองที่ 1 เนื่องจากในการทดลองที่ 1 นั้นสามารถควบคุมความเร็วขณะที่ไม่มีการรบกวนระบบได้ดี แต่เมื่อมีการรบกวนระบบความเร็วสามารถเข้าสู่ระดับอ้างอิงได้ช้าอยู่จึงมีการเพิ่มตัวควบคุมความเร็วแบบหยาบเข้าไป โดยรายละเอียดของตัวควบคุมความเร็วแบบหยาบมีรายละเอียดดังนี้

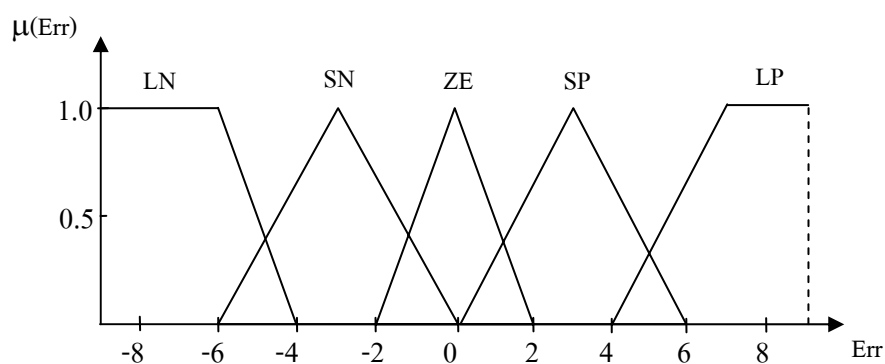
### 5.2.1 รายละเอียดตัวควบคุมความเร็วแบบหยาบ

ตาราง 5-7 ค่าระดับขั้นของค่าความผิดพลาดตัวควบคุมความเร็วแบบหยาบในการทดลองครั้งที่ 2

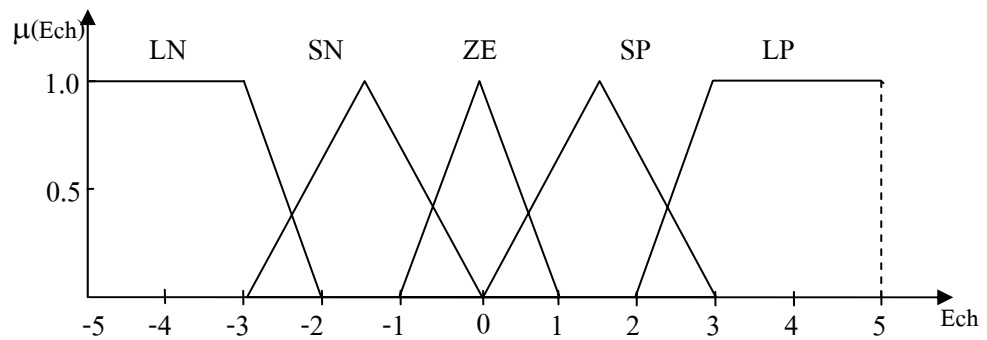
ค่าความผิดพลาด	ค่าระดับขั้น
$E \geq 500$	9
$450 \leq E < 500$	8
$400 \leq E < 450$	7
$350 \leq E < 400$	6
$300 \leq E < 350$	5
$250 \leq E < 300$	4
$200 \leq E < 250$	3
$150 \leq E < 200$	2
$100 \leq E < 150$	1
$-100 \leq E < 100$	0
$-150 \leq E < -100$	-1
$-200 \leq E < -150$	-2
$-250 \leq E < -200$	-3
$-300 \leq E < -250$	-4
$-350 \leq E < -300$	-5
$-400 \leq E < -350$	-6
$-450 \leq E < -400$	-7
$-500 \leq E < -450$	-8
$E < -500$	-9

ตาราง 5-8 ค่าระดับชั้นของค่าเปลี่ยนแปลงความผิดพลาดตัวควบคุมความเร็วแบบหยาบใน  
การทดลองครั้งที่ 2

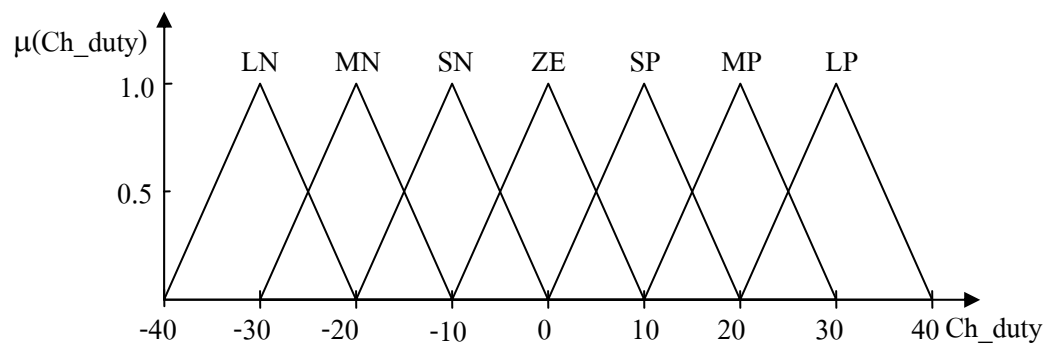
การเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาด	ค่าระดับชั้น
$Ech \geq 100$	5
$80 \leq Ech < 100$	4
$60 \leq Ech < 80$	3
$40 \leq Ech < 60$	2
$20 \leq Ech < 40$	1
$-20 \leq Ech < 20$	0
$-40 \leq Ech < -20$	-1
$-60 \leq Ech < -40$	-2
$-80 \leq Ech < -60$	-3
$-100 \leq Ech < -80$	-4
$Ech < -100$	-5



ภาพประกอบ 5-11 ฟัซซีเซตค่าความผิดพลาดของตัวควบคุมความเร็วแบบหยาบการ  
ทดลองครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 5-12 ฟัซซีเซตค่าเปลี่ยนแปลงความผิดพลาดตัวควบคุมความเร็วแบบหยาบการทดลองครั้งที่ 2

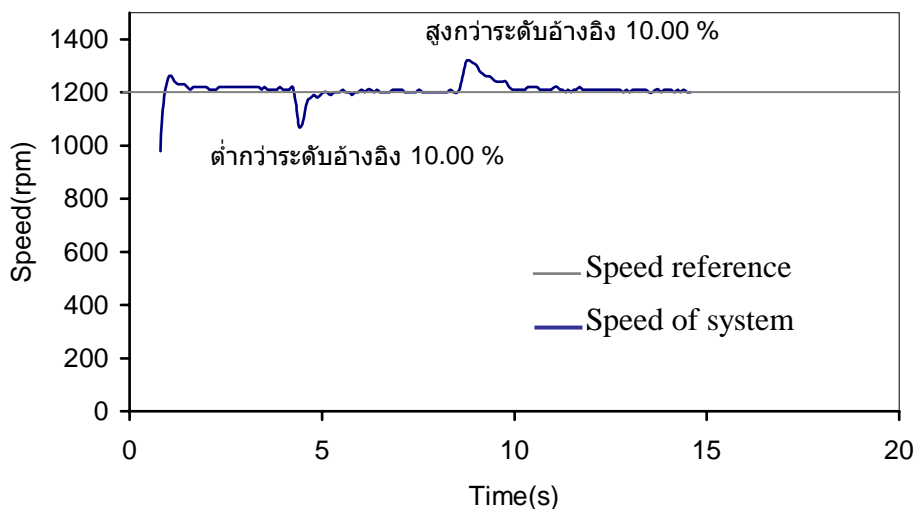


ภาพประกอบ 5-13 ฟัซซีเซตเอาต์พุตของตัวควบคุมความเร็วแบบหยาบการทดลองครั้งที่ 2

ตาราง 5-9 กฎการควบคุมความเร็วแบบหยาบการทดลองครั้งที่ 2

<b>E</b> \ <b>Ech</b>	<b>LN</b>	<b>SN</b>	<b>ZE</b>	<b>SP</b>	<b>LP</b>
<b>LN</b>	LN	MN	MN	SN	SN
<b>SN</b>	MN	MN	SN	SN	SN
<b>ZE</b>	SN	SN	ZE	SP	SP
<b>SP</b>	SP	SP	SP	SP	MP
<b>LP</b>	SP	MP	MP	LP	LP

### 5.2.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2

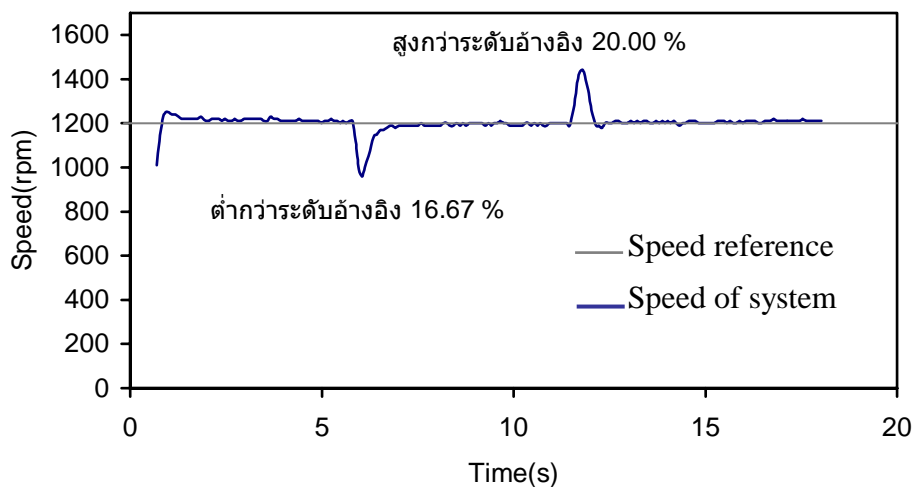


ภาพประกอบ 5-14 ความเร็วของระบบเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอดในการทดลองครั้งที่ 2

ตาราง 5-10 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอดในการทดลองครั้งที่ 2

จ่ายภาระจำนวน 1 หลอด		ปลดภาระ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
ปกติ	$0.80 \pm 0.09$	ปกติ	$1.35 \pm 0.09$

ผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-14 เป็นการทดลองจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ เมื่อความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิงได้ทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอดให้กับระบบโดยที่มอเตอร์ตัวหลักสามารถทำงานได้โดยไม่มีภาระเสริมกำลัง ความเร็วสามารถเข้าสู่ระดับอ้างอิงโดยใช้เวลา  $0.80 \pm 0.09$  วินาที หลังจากนั้นได้ทำการปลดภาระออกทำให้ความเร็วสูงกว่าระดับอ้างอิง 10 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเข้าสู่ระดับอ้างอิงโดยใช้เวลา  $1.35 \pm 0.09$  วินาทีซึ่งใช้เวลานานกว่าตอนที่ทำการจ่ายภาระหลังจากนั้นความเร็วของระบบสามารถคงอยู่ที่ระดับอ้างอิงในเกณฑ์ดี

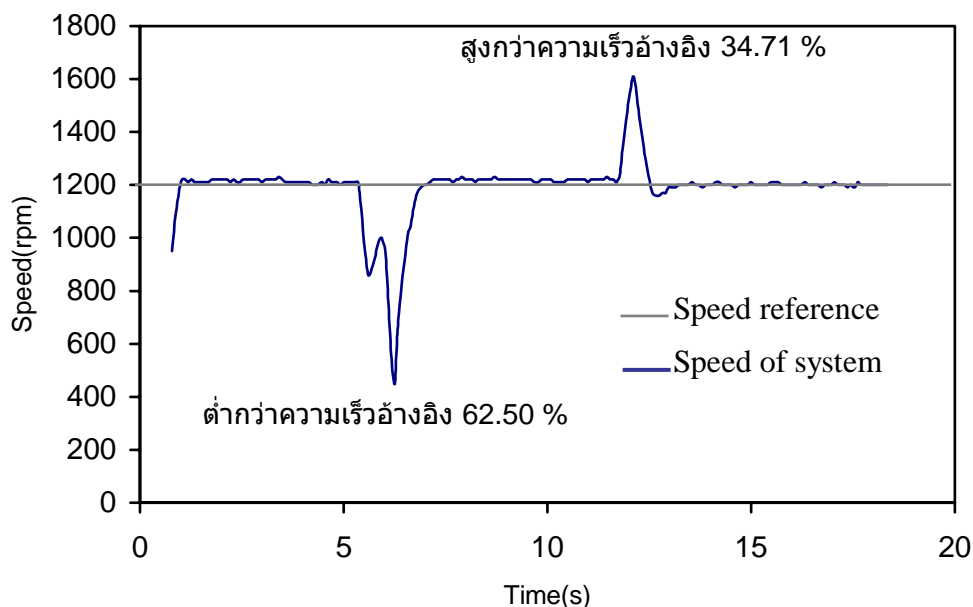


ภาพประกอบ 5-15 ความเร็วของระบบเมื่อมีการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอดในการทดลองครั้งที่ 2

ตาราง 5-11 สรุปผลการทดลอง เมื่อมีการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอดในการทดลองครั้งที่ 2

จ่ายภาระจำนวน 2 หลอด		ปลดภาระ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$1.2 \pm 0.1$	หยุดเสริมกำลัง	$0.9 \pm 0.1$

ผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-15 เป็นการทดลองโดยทำการจ่ายไฟปกติที่ 12 โวลต์ให้กับมอเตอร์เมื่อความเร็วของระบบเข้าสู่ค่าอ้างอิง ได้ทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 2 หลอด ระบบจะสั่งให้มีการเสริมกำลัง ความเร็วสามารถเข้าสู่ระดับอ้างอิงโดยใช้เวลา  $1.2 \pm 0.1$  วินาที และเมื่อมีการปลดภาระออกจากระบบ ทำให้ความเร็วมีค่าสูงขึ้นจากระดับอ้างอิง 20.00 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ระบบหยุดเสริมกำลังและสามารถเข้าสู่ระดับอ้างอิงได้ดีโดยใช้เวลา  $0.9 \pm 0.1$  วินาที

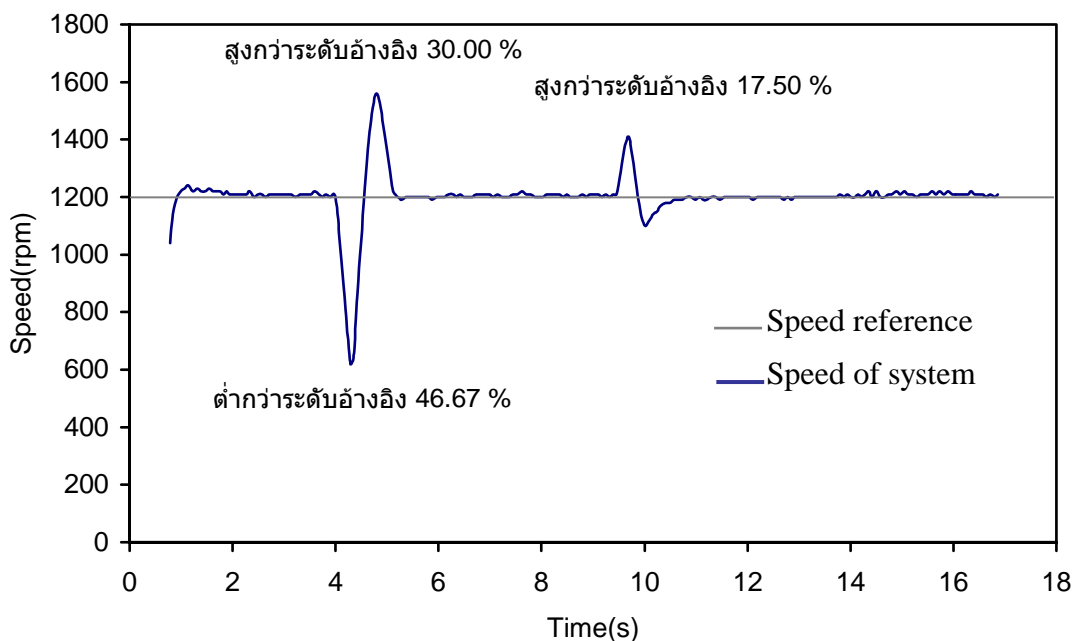


ภาพประกอบ 5-16 ความเร็วของระบบเมื่อมีการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอดในการทดลองครั้งที่ 2

ตาราง 5-12 สรุปผลการทดลองเมื่อมีการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอดในการทดลองครั้งที่ 2

จ่ายภาระจำนวน 3 หลอด		ผลการะ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$1.8 \pm 0.1$	หยุดเสริมกำลัง	$1.3 \pm 0.1$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-16 เป็นการทดลองโดยจ่ายภาระจำนวน 3 หลอดให้กับระบบ จะเห็นว่ายังมีการเสริมกำลังได้ช้าอยู่และได้ไม่ดี เนื่องจากความเร็วของระบบลดต่ำกว่าระดับอ้างอิงถึง 62.50 เปอร์เซ็นต์ และ ใช้เวลา  $1.8 \pm 0.1$  วินาที ในการปรับความเร็วของระบบจึงเข้าสู่ระดับอ้างอิง ส่วนตอนที่ปลดภาระออกจากระบบมอเตอร์ตัวเสริมจะหยุดการเสริมกำลังและความเร็วสามารถเข้าสู่ระดับอ้างอิงได้ดีกว่าตอนระบบเข้ามาเสริมกำลัง โดยใช้เวลา  $1.3 \pm 0.1$  วินาที แต่ก็ยังมีการพุ่งเกินของความเร็วสูงอยู่



ภาพประกอบ 5-17 ผลการทดลองเมื่อมีการตัดแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ตัวหลักอย่างรวดเร็ว  
ของการทดลองครั้งที่ 2

ตาราง 5-13 สรุปผลการทดลองเมื่อมีการตัดแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ตัวหลักอย่างรวดเร็วของ  
การทดลองครั้งที่ 2

ตัดแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ตัวหลัก		จ่ายไฟให้มอเตอร์ตัวหลักปกติ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$1.2 \pm 0.1$	หยุดเสริมกำลัง	$1.1 \pm 0.1$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-17 เป็นการทดลองที่ทำการตัดแหล่งจ่ายไฟ  
ของมอเตอร์ตัวหลักออกอย่างกะทันหัน ทำให้ความเร็วของระบบลดลงอย่างรวดเร็วและจะ  
เห็นว่าความเร็วมีค่าต่ำกว่าความเร็วอ้างอิงมากคือ 46.67เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมอเตอร์ตัว  
เสริมยังเข้ามาเสริมได้ชั่วอยู่ และใช้เวลา  $1.2 \pm 0.1$  วินาที ในการปรับความเร็วให้เข้าสู่  
ระดับอ้างอิง หลังจากนั้นได้ทำการจ่ายไฟตามปกติให้กับมอเตอร์ตัวหลักทำให้ความเร็ว



เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และหยุดการเสริมกำลัง ทำให้ความเร็วของระบบลดลงและเข้าสู่ระดับ  
อ้างอิงได้ดีกว่าตอนมีการเสริมกำลัง โดยใช้เวลา  $1.1 \pm 0.1$  วินาที

### 5.3 การทดลองครั้งที่ 3

จากการทดลองครั้งที่ 2 นั้นจะเห็นว่าเมื่อความเร็วต่ำกว่าระดับอ้างอิง มากกว่าค่าที่  
กำหนดไว้ระบบจะต้องสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมเข้ามาเสริมกำลัง แต่การเสริมกำลังนั้นยังทำให้ช้า  
อยู่ทำให้ความเร็วลดลงต่ำกว่าระดับปกติมาก และเวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วให้เข้าสู่ระดับ  
อ้างอิงนั้นยังใช้เวลาค่อนข้างนาน เนื่องจากการวัดความเร็วในแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการนับ  
จำนวนสัญญาณใน 1 วินาทีแล้วนำมาคำนวณเป็นความเร็วของระบบ ทำให้ต้องเสียเวลาตรงนี้ไป  
ค่อนข้างมาก ในการทดลองนี้จึงได้มีการปรับปรุงวิธีการวัดความเร็ว โดยเปลี่ยนเป็นการจับขอบ  
ขาสัญญาณ โดยเริ่มนับเวลาที่เจอขอบขาขึ้นและหยุดนับเมื่อเจอขอบขาลงของสัญญาณหลังจากนั้น  
นำมาคำนวณหาความเร็วของระบบต่อไป ในการทดลองนี้นอกจากจะได้ปรับปรุงการวัดความเร็ว  
แล้วยังได้ทำการปรับปรุงการควบคุมความเร็วให้ตอบสนองได้รวดเร็วขึ้น ส่วนวิธีการทดลองและ  
การออกแบบตัวควบคุมความเร็วและการควบคุมการเลือกใช้แหล่งพลังงานในการทดลองนี้จะ  
เป็นไปตามรายละเอียดที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 โดยสามารถสรุป เงื่อนไขของการเสริมกำลังและ  
การหยุดเสริม ได้ดังนี้

เงื่อนไขการเสริมกำลัง จะเกิดเมื่อเป็นจริงเพียงกรณีใด กรณีหนึ่งดังนี้

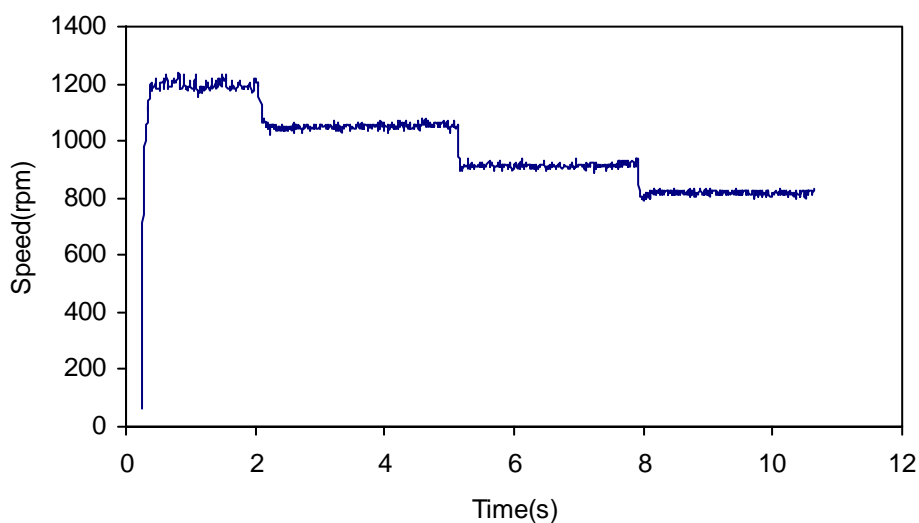
1. ความเร็วต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วอ้างอิง และวัฏจักรงานของมอเตอร์  
ตัวหลักเป็น 100 เปอร์เซ็นต์
2. มอเตอร์ตัวหลักมีสถานะไม่พร้อมในการทำงาน
3. ความเร็วของมอเตอร์ตัวหลักต่ำกว่าค่าที่กำหนดโดยปกติอยู่ที่ 15 รอบต่อนาที  
และไม่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วอ้างอิง เป็นจำนวน ครั้งติดต่อกัน  
ของการวัดค่าความเร็ว ตามที่กำหนด ค่าจำนวนครั้งปกติอยู่ที่ 15 ครั้ง สามารถ  
เปลี่ยนแปลงได้แต่ในการทดลองใช้ค่าปกตินี้ ในการเสริมกำลังแบบนี้เพื่อความ  
สะดวกในการอ้างถึงขอเรียกว่าเกิดจากกรณี ไทม์เอาต์ (Time Out)

เงื่อนไขการหยุดเสริมกำลัง คือ

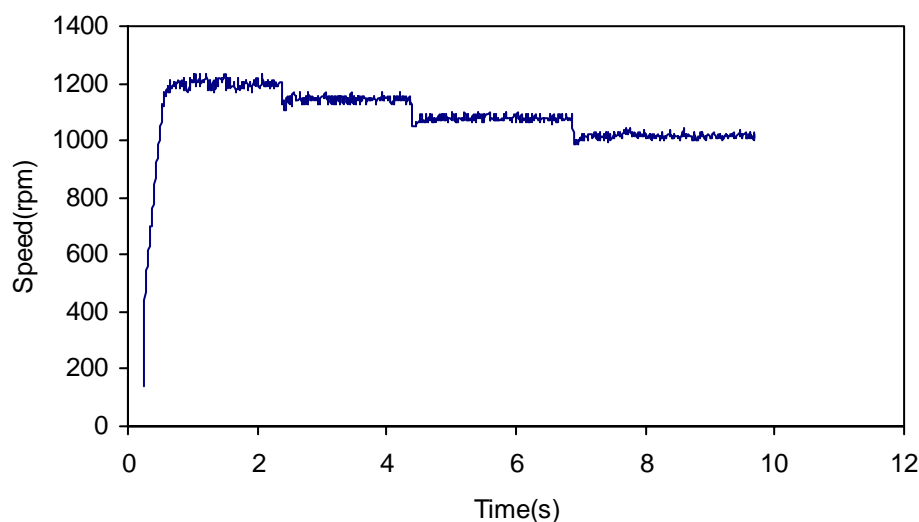
1. เกิดการพุ่งเกินของระบบ คือ ความเร็วของระบบสูงกว่าความเร็วอ้างอิงมากกว่า  
ค่าที่กำหนด ปกติค่าอยู่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์
2. มอเตอร์ตัวเสริมมีสถานะไม่พร้อมในการทำงาน

3. ในกรณีที่มอเตอร์ตัวหลักมีสถานะไม่พร้อมที่จะทำงานมอเตอร์ตัวเสริมจะเข้ามาทำงานแทน แต่เมื่อระบบตรวจสอบสถานะของมอเตอร์ตัวหลักแล้วพบว่าพร้อมที่จะทำงานก็จะสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมหยุดการทำงาน

### 5.3.1 ผลการทดลองครั้งที่ 3



ภาพประกอบ 5-18 ผลการทดลองความเร็วของมอเตอร์ตัวหลักเมื่อับภาระจำนวน 1, 2 และ 3 หลอดตามลำดับ



ภาพประกอบ 5-19 ผลการทดลองความเร็วของมอเตอร์ตัวเสริมเมื่อับภาระจำนวน 1, 2 และ 3 หลอดตามลำดับ

ตาราง 5-14 ความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์แต่ละตัวเมื่อจ่ายภาระให้กับระบบ

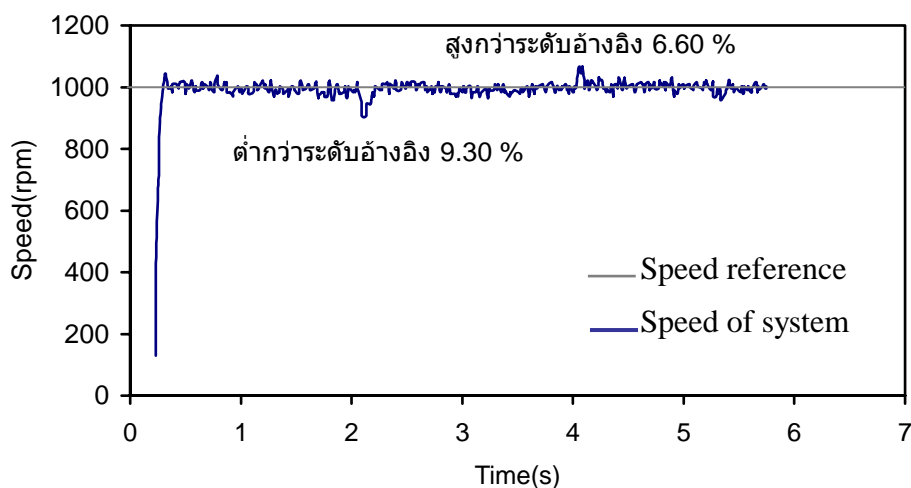
ภาระของระบบ	ความเร็วของมอเตอร์ตัวหลัก (รอบต่อนาที)	ความเร็วของมอเตอร์ตัวเสริม (รอบต่อนาที)
ไม่มี	1196±17	1199±16
1 หลอด	1052±9	1145±10
2 หลอด	913±8	1079±8
3 หลอด	818±7	1018±9

จากภาพประกอบ 5-18 และ ภาพประกอบ 5-19 เป็นการทดลองโดยให้ความเร็วอ้างอิงอยู่ที่ 1200 รอบต่อนาที หลังจากนั้นทำการจ่ายภาระให้กับระบบ และจากตาราง 5-14 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ภาระตั้งแต่ 1 หลอดขึ้นไป มอเตอร์ทั้งสองไม่สามารถทำงานที่ความเร็วอ้างอิงที่ 1200 รอบต่อนาที ได้ ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองที่ผ่านมา ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนวิธีวัดความเร็วแบบใหม่ ซึ่งได้ทำการแสดงการเปรียบเทียบผลการวัดจาก 2 วิธี ในภาคผนวก ก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงลดความเร็วอ้างอิง ลงมาที่ 1000 รอบต่อนาที ซึ่งมอเตอร์ตัวหลักสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีเสริมกำลัง<sup>1</sup>

<sup>1</sup> เมื่อแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตัวหลักเท่ากับ 12 โวลต์และจ่ายกระแสได้เต็มที่

### ตอนที่ 1

ในการทดลองตอนนี้จะเป็นการทดลองปรับภาระที่ให้กับระบบ โดยควบคุมแหล่งจ่ายไฟของมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่ 12 โวลต์ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้



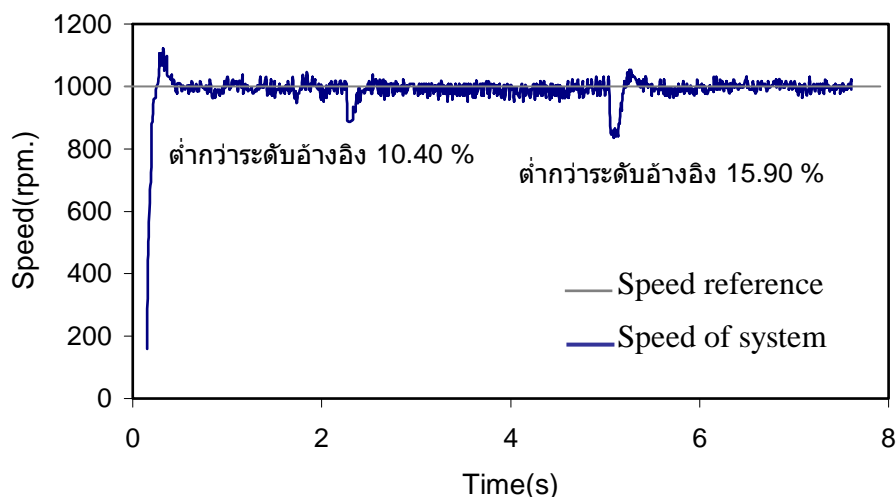
ภาพประกอบ 5-20 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการปลดภาระออก ในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-15 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการปลดภาระออก ในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 1 หลอด		ปลดภาระ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
ปกติ	$0.16 \pm 0.03$	ปกติ	$0.06 \pm 0.03$

ผลการทดลองดัง ภาพประกอบ 5-20 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบ ความเร็วของระบบอยู่ที่  $996 \pm 16$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 1 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 9.30 เปอร์เซ็นต์ และ ใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.16 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการปลดภาระออกจาก

ระบบความเร็วของระบบจะสูงขึ้นจากระดับอ้างอิง 6.60 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.06 \pm 0.03$  วินาที ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง



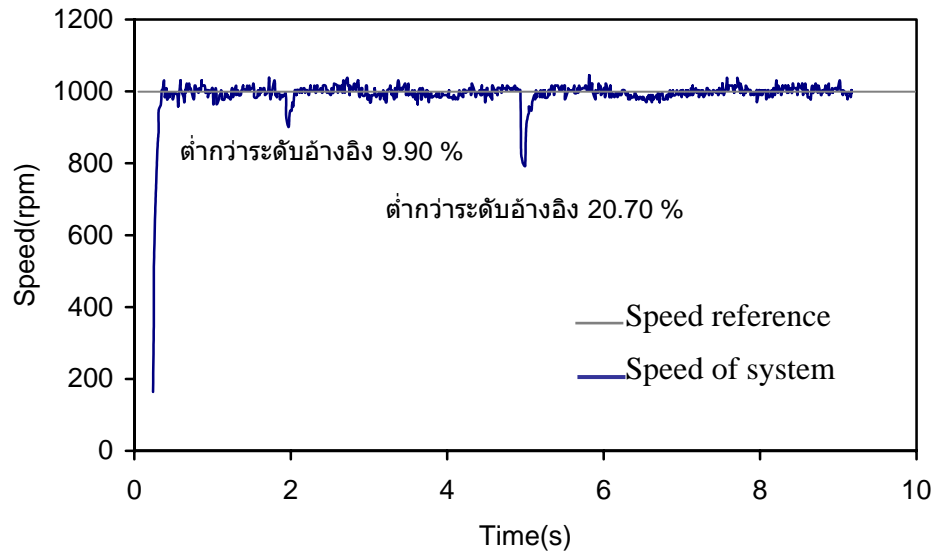
ภาพประกอบ 5-21 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 2 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-16 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 2 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 1 หลอด		เพิ่มภาระเป็น 2 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
ปกติ	$0.22 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.30 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตาม ภาพประกอบ 5-21 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบความเร็วของระบบอยู่ที่  $996 \pm 17$  รอบต่อนาทีซึ่งถือว่ารักษาระดับได้ดี เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 1 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 10.40 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.22 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มภาระเป็น 2 หลอด ความเร็วของระบบจะลดลงจากระดับอ้างอิง 15.90

เปอร์เซ็นต์ และ ทำให้เกิดการเสริมกำลัง โดยใช้เวลา  $0.30 \pm 0.02$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง



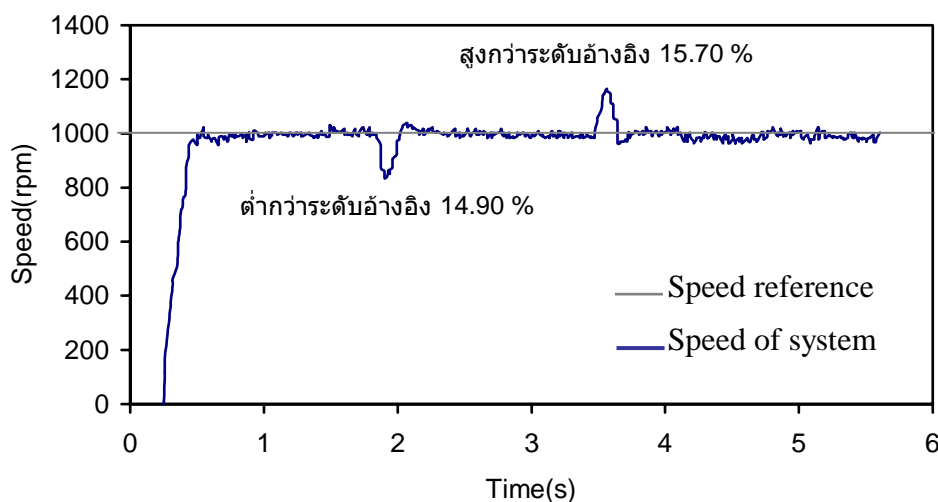
ภาพประกอบ 5-22 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 3 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-17 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 3 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 1 หลอด		เพิ่มภาระเป็น 3 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
ปกติ	$0.11 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.18 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-22 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบความเร็วของระบบอยู่ที่  $998 \pm 14$  รอบต่อนาทีซึ่งจะเห็นว่าค่าค่อนข้างมีการแกว่ง เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 1 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับ

อ้างอิง 9.90 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.11 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มภาระเป็น 3 หลอด ความเร็วของระบบจะลดลงจากระดับอ้างอิงมากคือ 20.70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดการเสริมกำลัง และใช้เวลา  $0.18 \pm 0.02$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง



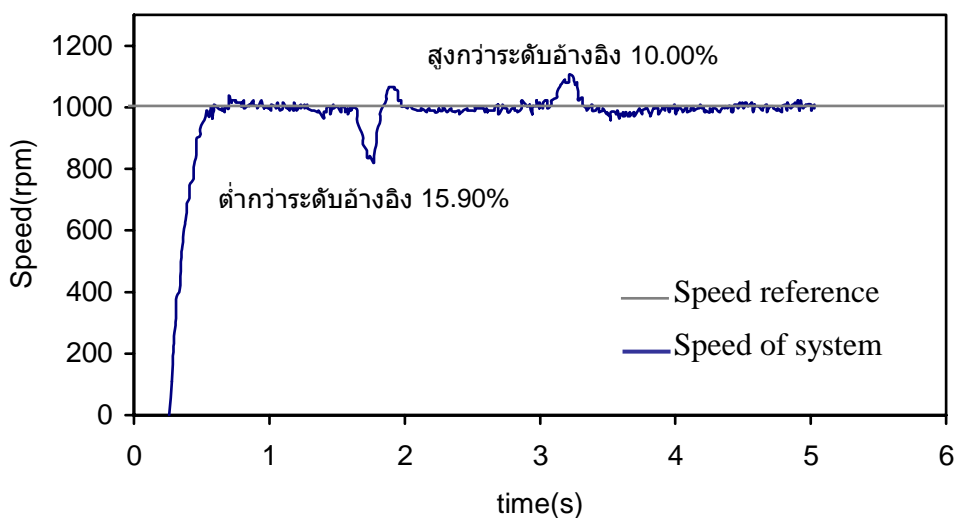
ภาพประกอบ 5-23 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการปลดภาระออกในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-18 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการปลดภาระออกในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 2 หลอด		ปลดภาระ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.32 \pm 0.03$	หยุดเสริมกำลัง	$0.25 \pm 0.03$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-23 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบ ความเร็วของระบบอยู่ที่  $995 \pm 11$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 2 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 14.90 เปอร์เซ็นต์ และมีการ

เสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.32 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการปลดภาระออกจากระบบ ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับปกติทำให้เกิดการพุ่งเกินของความเร็วระบบจากระดับอ้างอิง 15.70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการหยุดเสริมกำลัง และใช้เวลา  $0.25 \pm 0.03$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง



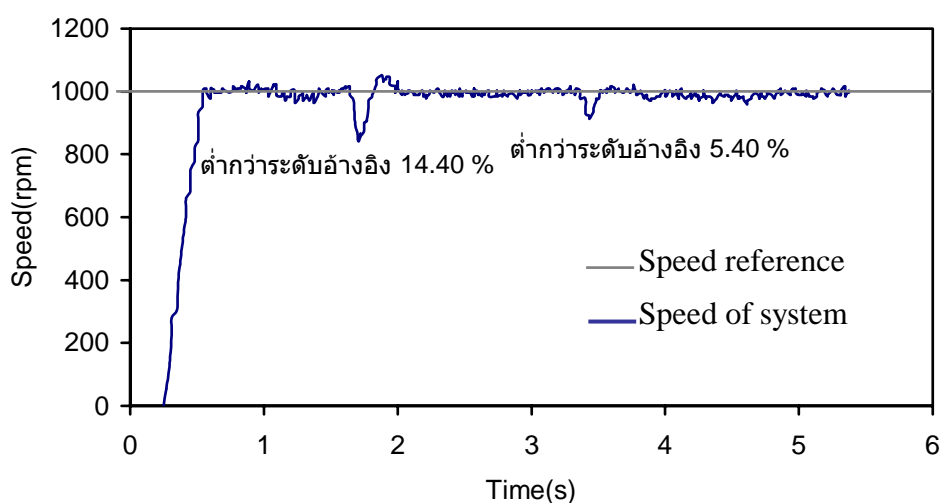
ภาพประกอบ 5-24 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการลดเป็น 1 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-19 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการลดเป็น 1 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 2 หลอด		ลดภาระเป็น 1 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.32 \pm 0.03$	หยุดเสริมกำลัง	$0.23 \pm 0.03$



จากการทดลองตามภาพประกอบ 5-24 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบ ความเร็วของระบบอยู่ที่  $1000 \pm 12$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 2 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 15.90 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการเสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.32 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการลดภาระลงเป็น 1 หลอด ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิงและมีการฟุ้งเกินของความเร็วจากระดับอ้างอิง 10.00 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ระบบมีการหยุดเสริมกำลัง โดยใช้เวลา  $0.23 \pm 0.03$  วินาทีในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

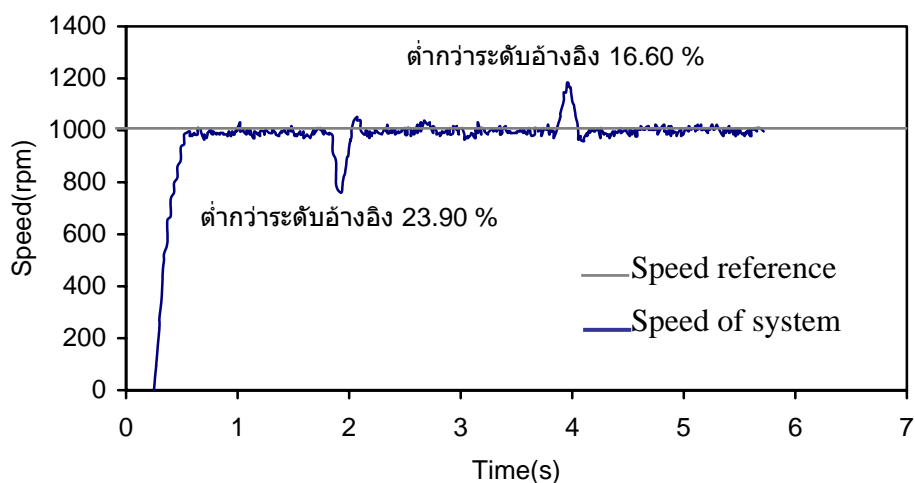


ภาพประกอบ 5-25 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการเพิ่มเป็น 3 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-20 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการเพิ่มเป็น 3 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 2 หลอด		เพิ่มภาระเป็น 3 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.36 \pm 0.03$	เสริมกำลัง	$0.15 \pm 0.03$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-25 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบ ความเร็วของระบบอยู่ที่  $998 \pm 13$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 2 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 14.40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการ เสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.36 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำ การเพิ่มภาระเป็น 3 หลอด ความเร็วของระบบจะมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 5.40 เปอร์เซ็นต์ และ ใช้เวลา  $0.15 \pm 0.03$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

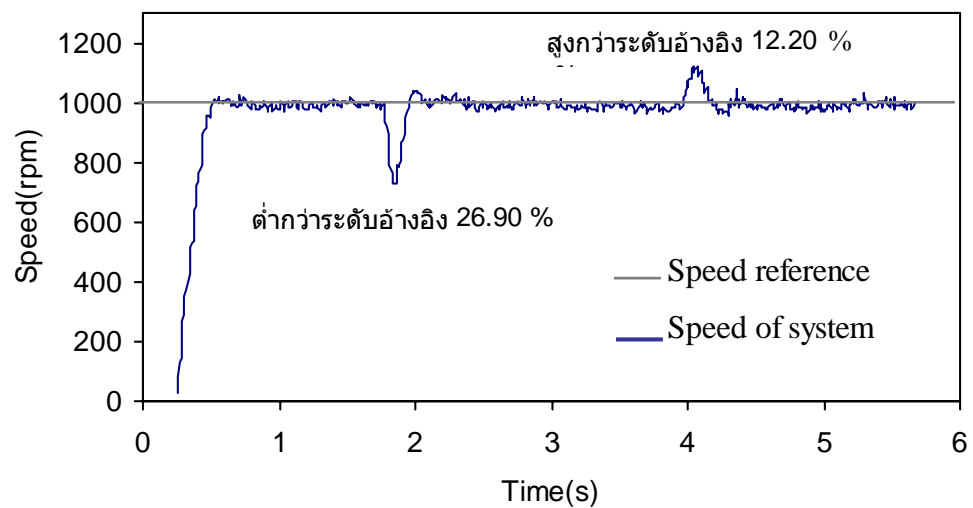


ภาพประกอบ 5-26 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการปลด ภาระออกในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-21 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการปลดภาระ ออกในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 3 หลอด		ปลดภาระ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.31 \pm 0.03$	หยุดเสริมกำลัง	$0.27 \pm 0.03$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-26 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบ ความเร็วของระบบอยู่ที่  $990 \pm 9$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 3 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 23.90 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้มีการเสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.31 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการปลดภาระ ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิง 16.60 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.27 \pm 0.03$  วินาทีในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิงซึ่งตอบสนองได้เร็วกว่าตอนที่ทำการจ่ายภาระ

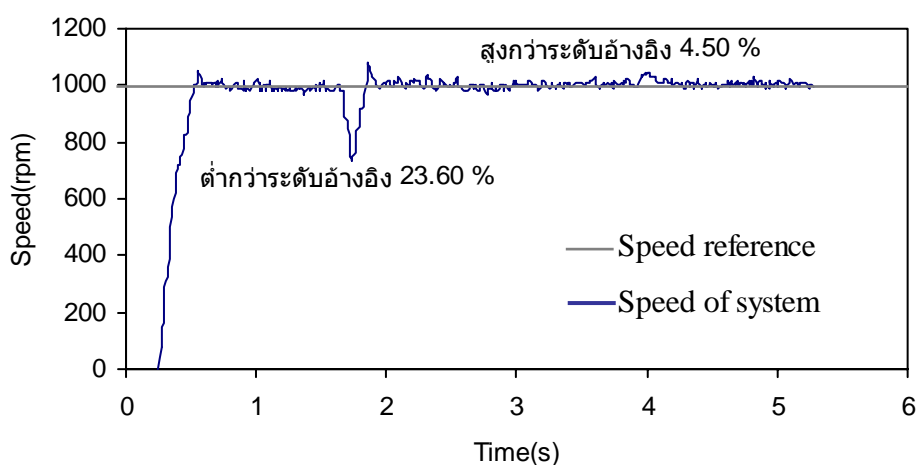


ภาพประกอบ 5-27 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการลดเป็น 1 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-22 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการลดเป็น 1 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 3 หลอด		ลดภาระ เหลือ 1 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.36 \pm 0.03$	หยุดเสริมกำลัง	$0.33 \pm 0.03$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-27 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบ ความเร็วของระบบอยู่ที่  $994 \pm 10$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 3 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 26.90 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการเสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.36 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการลดภาระเป็น 1 หลอด ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิง 12.20 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.33 \pm 0.03$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง



ภาพประกอบ 5-28 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการลดเป็น 2 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-23 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการลดเป็น 2 หลอดในกรณีจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

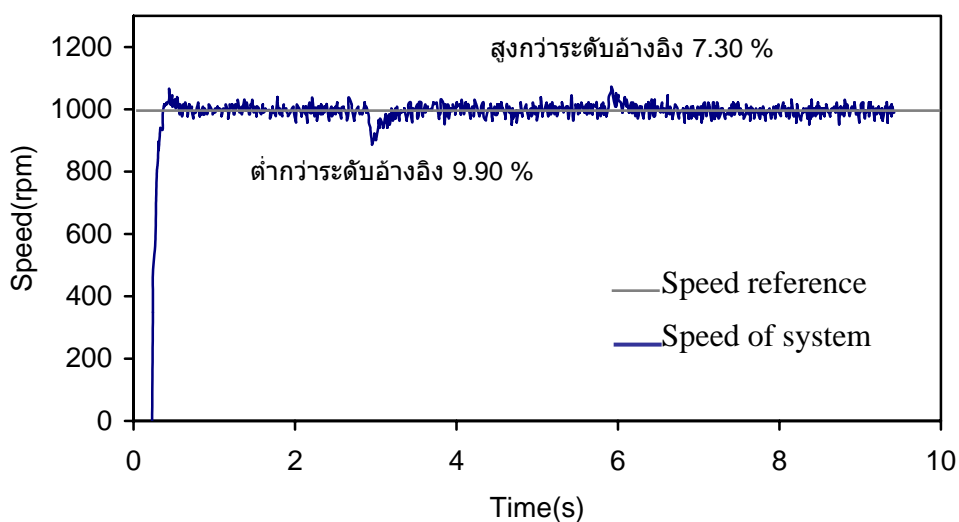
จ่ายภาระจำนวน 3 หลอด		ลดภาระ เหลือ 2 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.36 \pm 0.03$	เสริมกำลัง	$0.17 \pm 0.03$

จากผลการทดลองดังภาพประกอบ 5-28 ในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบ ความเร็วของระบบอยู่ที่  $993 \pm 16$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 3

โหลดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 23.60 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ มีการเสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.36 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการลดภาระที่จ่ายให้กับระบบเป็น 2 โหลด ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิงเล็กน้อย คือ เพียง 4.50 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.17 \pm 0.03$  วินาทีในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

## ตอนที่ 2

ในการทดลองตอนนี้จะเป็นการทดลองปรับภาระที่ให้กับระบบ โดยควบคุมแหล่งจ่ายไฟของมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่ 9 โวลต์ ซึ่งมีผลให้มอเตอร์ตัวหลักไม่สามารถทำงานที่ความเร็วอ้างอิงได้ ทำให้มีการเสริมกำลังโดยที่ยังไม่มีการจ่ายโหลดให้กับระบบ เมื่อทำการจ่ายโหลดค่าต่างๆ จะได้ผลการทดลองดังนี้

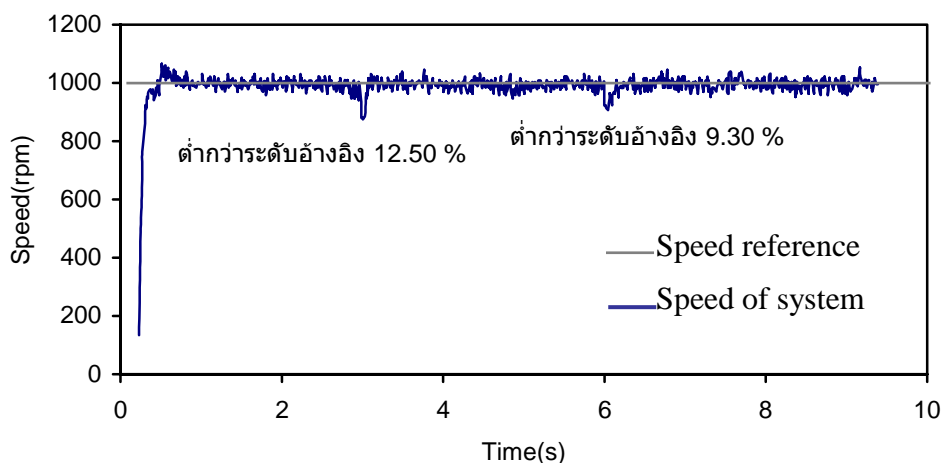


ภาพประกอบ 5-29 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 โหลด แล้วทำการปลดภาระออก ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-24 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการปลดภาระออก ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 1 หลอด		ปลดภาระ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.31 \pm 0.03$	เสริมกำลัง	$0.17 \pm 0.03$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-29 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $1000 \pm 17$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 1 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 9.90 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.31 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการปลดภาระ ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิง 7.30 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.17 \pm 0.03$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

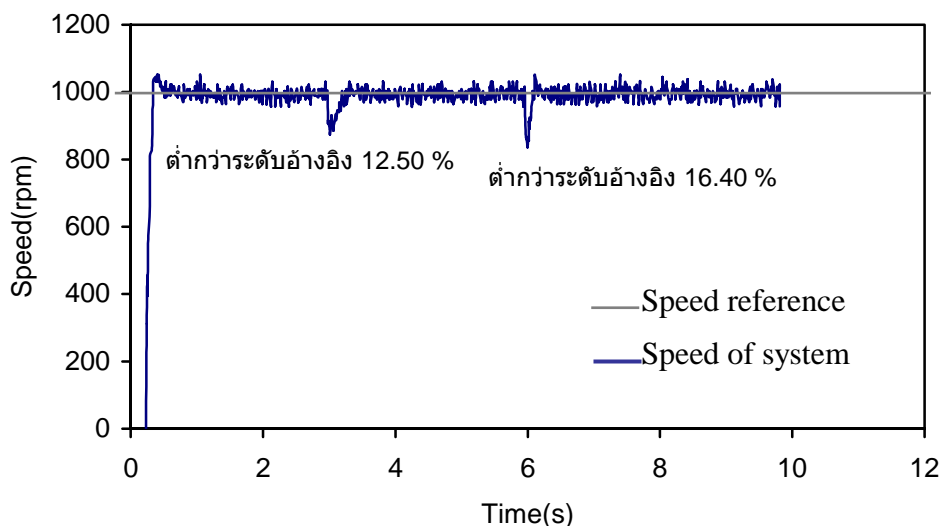


ภาพประกอบ 5-30 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 2 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-25 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 2 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 1 หลอด		เพิ่มภาระเป็น 2 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.13 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.13 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-30 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $997 \pm 18$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 1 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 12.50 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.13 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มภาระเป็น 2 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบจะมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 16.40 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.13 \pm 0.02$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

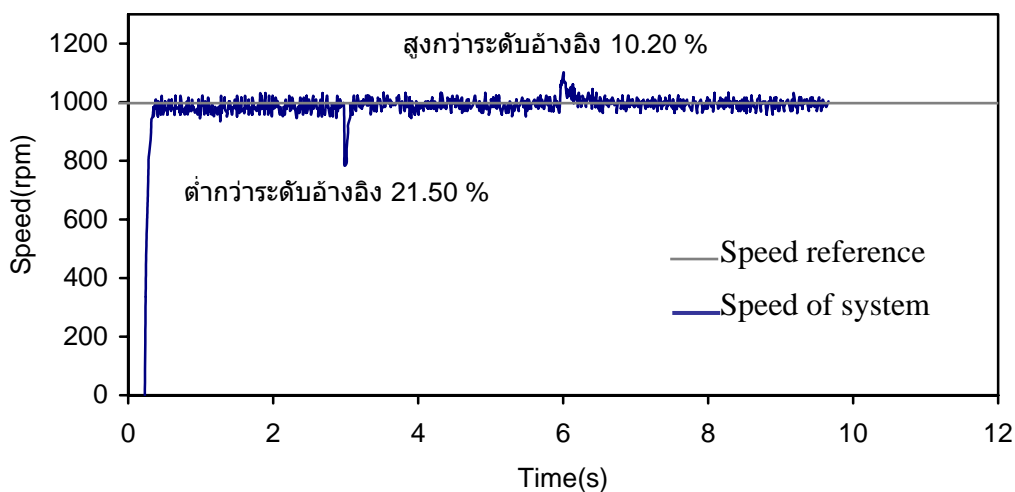


ภาพประกอบ 5-31 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 3 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-26 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 1 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 3 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 1 หลอด		เพิ่มภาระเป็น 3 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.32 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.20 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-31 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $994 \pm 16$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 1 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 12.50 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.32 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มภาระเป็น 3 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบจะมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 16.40 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.20 \pm 0.02$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง



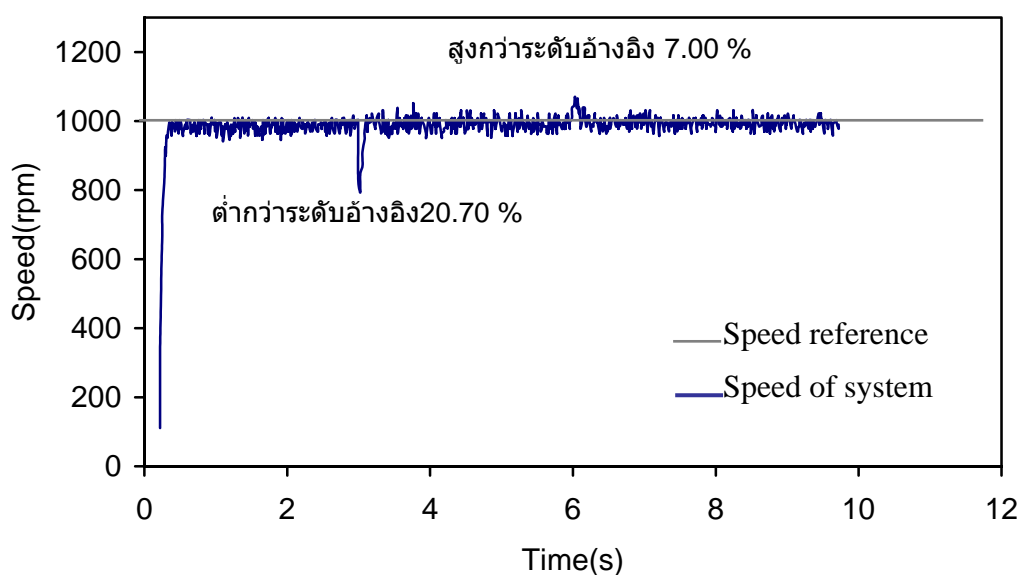
ภาพประกอบ 5-32 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการปลดภาระ ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก



ตาราง 5-27 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการปลดภาระ  
ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 2 หลอด		ปลดภาระ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.15 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.24 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-32 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $983 \pm 20$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 2 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 21.50 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.15 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการปลดภาระ ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิง 10.20 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลา  $0.24 \pm 0.02$  วินาทีในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

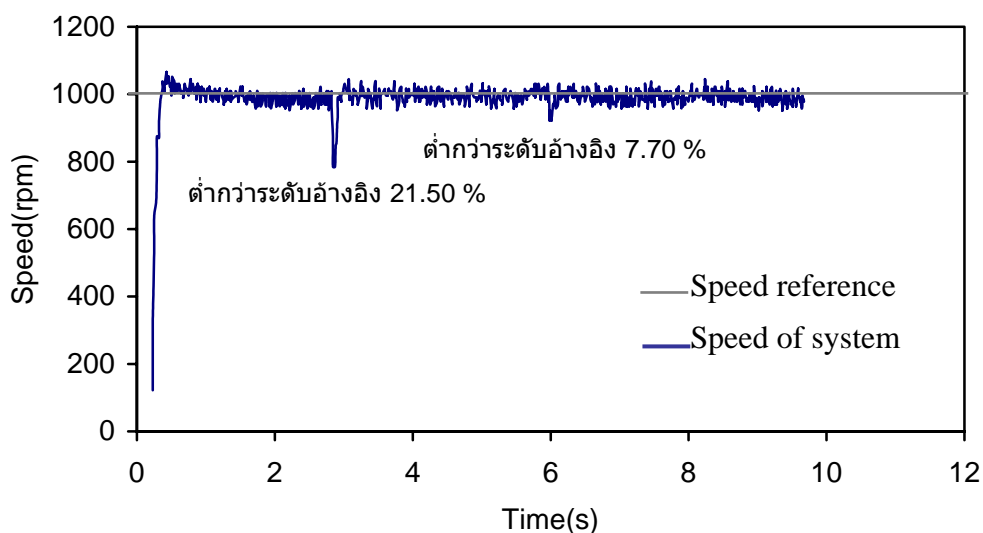


ภาพประกอบ 5-33 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการลดภาระ  
เป็น 1 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-28 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการลดภาระ เป็น 1 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 2 หลอด		ลดภาระเหลือ 1 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.12 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.18 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-33 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $985 \pm 16$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 2 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 20.70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการเสริมกำลัง และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.12 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการลดภาระลงเป็น 1 หลอดความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิง 7.00 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.18 \pm 0.02$  วินาทีในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

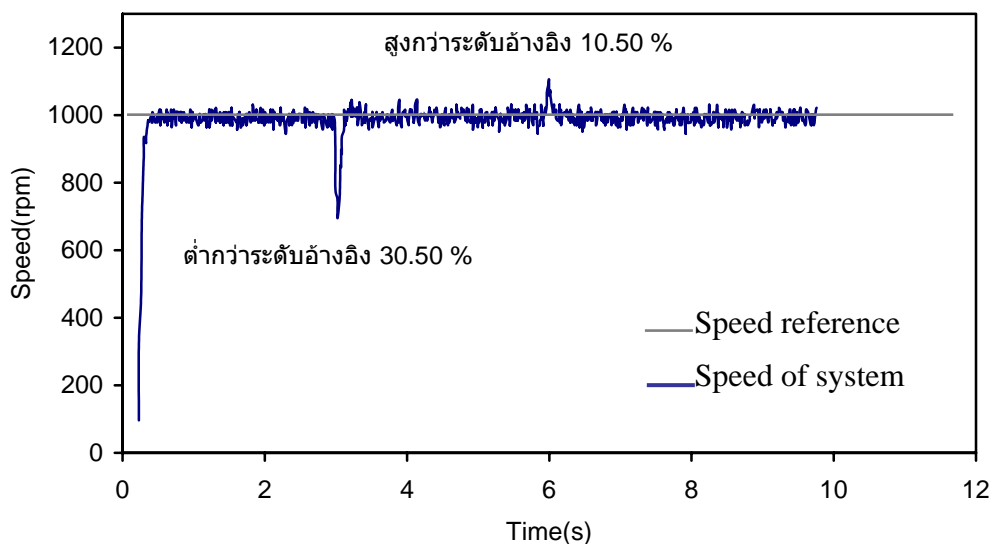


ภาพประกอบ 5-34 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระ เป็น 3 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-29 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 2 หลอด แล้วทำการเพิ่มภาระเป็น 3 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 2 หลอด		เพิ่มภาระเป็น 3 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.26 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.15 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-34 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $993 \pm 19$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 2 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 21.50 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.26 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มภาระเป็น 3 หลอดความเร็วของระบบจะมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 7.70 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.15 \pm 0.02$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

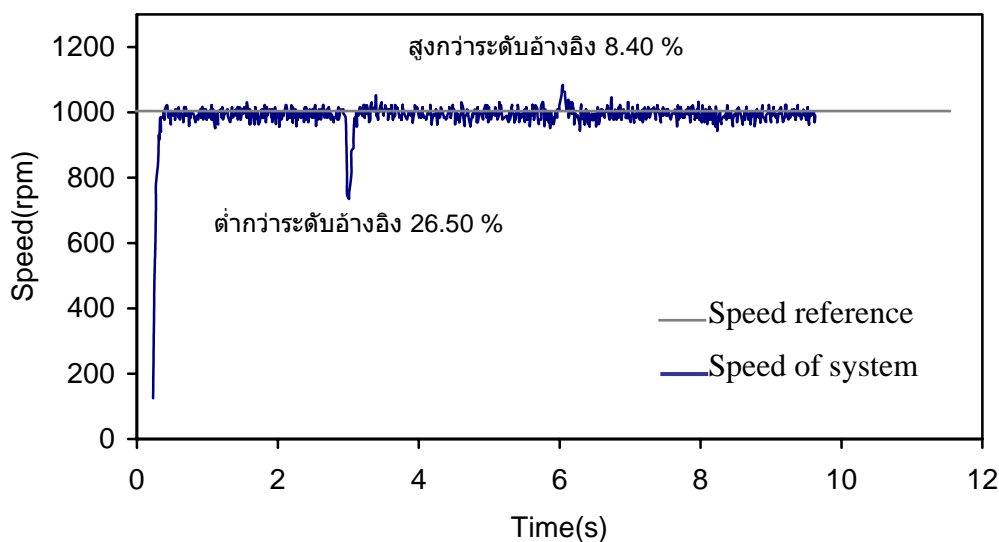


ภาพประกอบ 5-35 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการปลดภาระ ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-30 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการปลดภาระ  
ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 3 หลอด		ปลดภาระ	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.15 \pm 0.03$	เสริมกำลัง	$0.18 \pm 0.03$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-35 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $992 \pm 16$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 3 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 30.50 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.15 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการปลดภาระ ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิง 10.50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลา  $0.18 \pm 0.03$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง

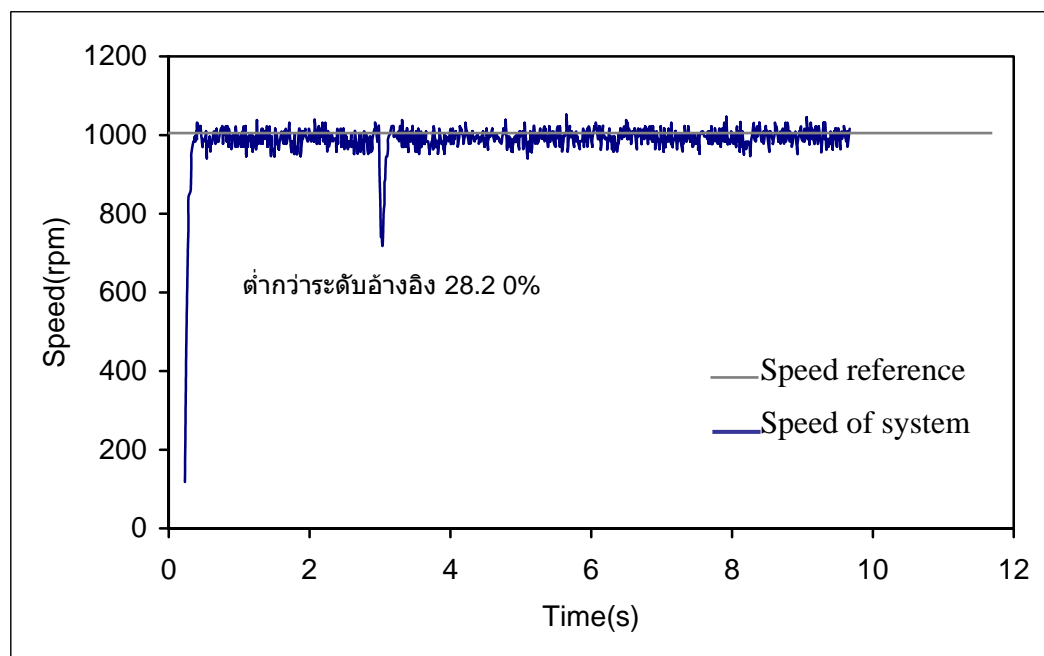


ภาพประกอบ 5-36 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการลดภาระ  
ลงเหลือ 1 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

ตาราง 5-31 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการลดภาระลงเหลือ 1 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 3 หลอด		ลดภาระเหลือ 1 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.16 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.13 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตาม ภาพประกอบ 5-36 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $995 \pm 16$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 3 หลอด มีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 26.50 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.16 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการลดภาระลงเป็น 1 หลอด ความเร็วของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิง 8.40 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลา  $0.13 \pm 0.02$  วินาที ในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง



ภาพประกอบ 5-37 ผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการลดภาระลงเหลือ 2 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

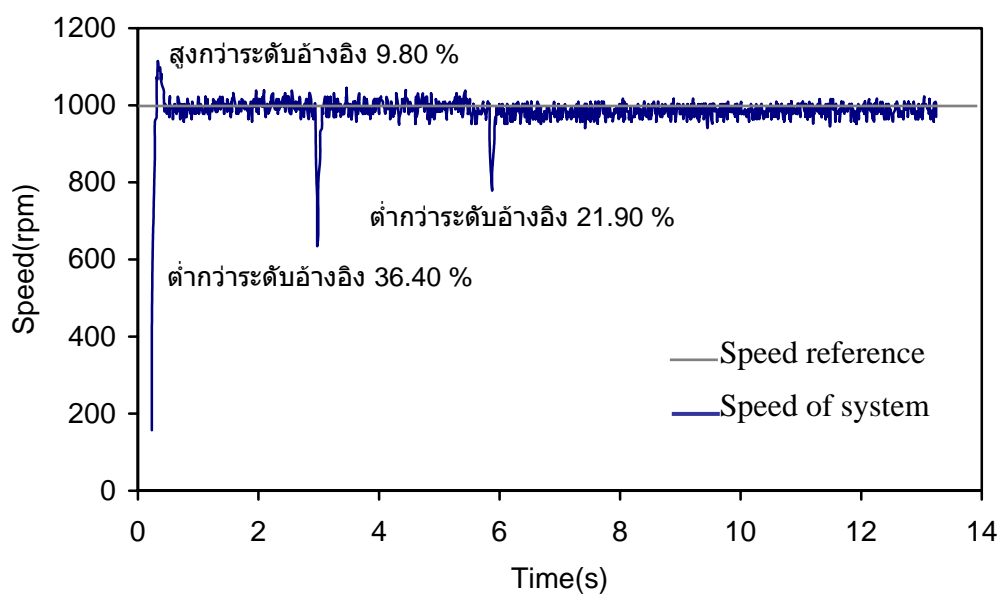
ตาราง 5-32 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการจ่ายภาระจำนวน 3 หลอด แล้วทำการลดภาระลงเหลือ 2 หลอด ในกรณีจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ให้มอเตอร์ตัวหลัก

จ่ายภาระจำนวน 3 หลอด		ลดภาระเหลือ 1 หลอด	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.13 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	อยู่ในช่วงความผิดพลาด

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-37 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่จ่ายภาระให้กับระบบอยู่ที่  $991 \pm 21$  รอบต่อนาที เมื่อทำการจ่ายภาระให้กับระบบจำนวน 3 หลอดมีผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 28.20 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.13 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการลดภาระลงเป็น 2 หลอดความเร็วของระบบแกว่งอยู่ในช่วงค่าความผิดพลาดและยังมีการเสริมกำลังอยู่

### ตอนที่ 3

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองปรับแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตัวหลัก โดยเริ่มต้นจะทำการจ่ายแรงดันปกติที่ 12 โวลต์ แล้วทำการปรับค่าแรงดันแบบรวดเร็ว โดยการทดลองในตอนี่ 3 นี้จะไม่มีการจ่ายภาระให้กับระบบ

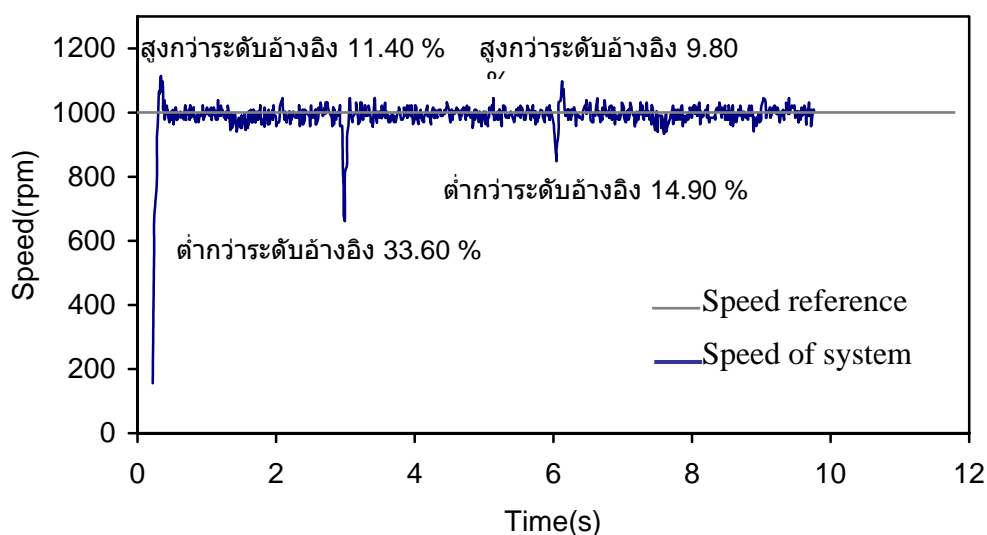


ภาพประกอบ 5-38 ผลการทดลองเมื่อทำการหยุดจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการเพิ่มเป็น 9 โวลต์

ตาราง 5-33 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการหยุดจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการเพิ่มเป็น 9 โวลต์

ตัดแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ตัวหลัก		เพิ่มเป็น 9 โวลต์	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.11 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.18 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-38 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่ทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่  $997 \pm 17$  รอบต่อนาที เมื่อทำการหยุดจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลัก มอเตอร์ตัวหลักจะมีสถานะไม่พร้อมในการทำงานมอเตอร์ตัวเสริมจะเข้ามาทำงานแทน ผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 36.40 เปอร์เซ็นต์ และทำให้มีการเสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.11 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตัวหลักเป็น 9 โวลต์ ทำให้มอเตอร์ตัวหลักมีสถานะพร้อมที่จะทำงานระบบจึงสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมหยุดการทำงาน ส่งผลให้ความเร็วมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 21.90 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่แรงดัน 9 โวลต์ มอเตอร์ตัวหลักไม่สามารถทำงานที่ความเร็วระดับอ้างอิงได้ทำให้ระบบมีการเสริมกำลังต่อไป และสามารถปรับความเร็วให้เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลา  $0.18 \pm 0.02$  วินาที



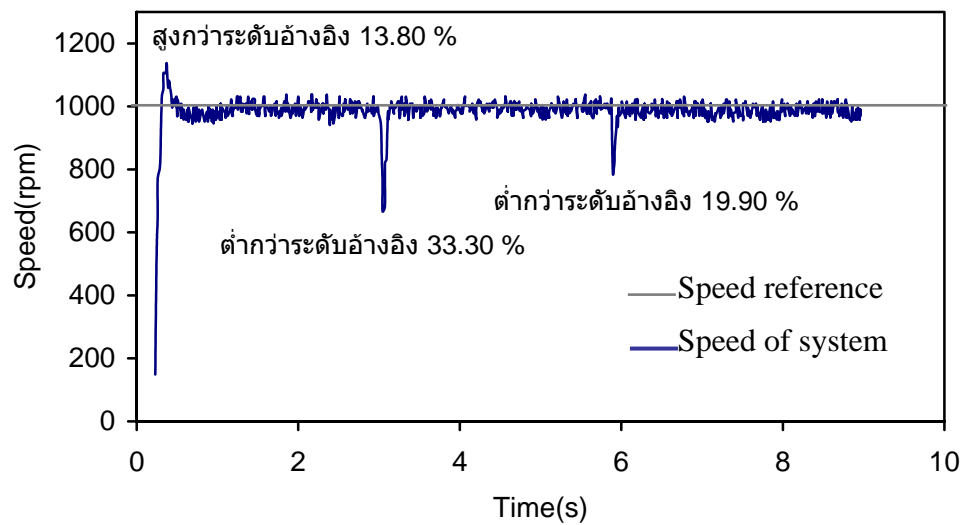
ภาพประกอบ 5-39 ผลการทดลองเมื่อทำการหยุดจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการเพิ่มเป็น 12 โวลต์



ตาราง 5-34 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการหยุดจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการเพิ่มเป็น 12 โวลต์

ตัดแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ตัวหลัก		เพิ่มเป็น 12 โวลต์	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.15 \pm 0.03$	หยุดเสริมกำลัง	$0.19 \pm 0.03$

จากผลการทดลองตาม ภาพประกอบ 5-39 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่ทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่  $992 \pm 19$  รอบต่อนาที เมื่อทำการหยุดจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลัก มอเตอร์ตัวหลักจะมีสถานะไม่พร้อมในการทำงาน มอเตอร์ตัวเสริมจะเข้ามาทำงานแทน ผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 33.60 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.15 \pm 0.03$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตัวหลักเป็น 12 โวลต์ ทำให้มอเตอร์ตัวหลักมีสถานะพร้อมที่จะทำงานระบบจึงสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมหยุดการทำงานส่งผลให้ความเร็วมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 14.90 เปอร์เซ็นต์ และสามารถปรับความเร็วให้เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลา  $0.19 \pm 0.03$  วินาที



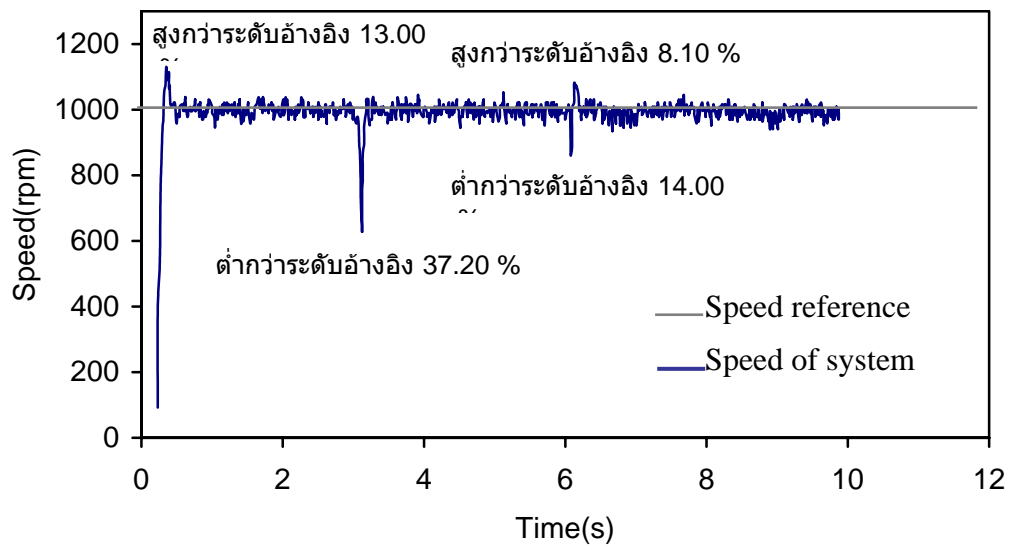
ภาพประกอบ 5-40 ผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 6 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการเพิ่มเป็น 9 โวลต์

ตาราง 5-35 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 6 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการเพิ่มเป็น 9 โวลต์

จ่ายไฟ 6 โวลต์มอเตอร์ตัวหลัก		เพิ่มเป็น 9 โวลต์	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.19 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.19 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-40 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่ทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่  $990 \pm 21$  รอบต่อนาที เมื่อทำการลดแรงดันของมอเตอร์ตัวหลักลงเหลือ 6 โวลต์ มอเตอร์ตัวหลักจะมีสถานะไม่พร้อมในการทำงาน มอเตอร์ตัวเสริมจะเข้ามาทำงานแทน ผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 33.30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการเสริมกำลัง และใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.19 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตัวหลักเป็น 9 โวลต์ ทำให้มอเตอร์ตัวหลักมีสถานะพร้อมที่จะทำงานระบบจึงสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมหยุดการทำงานส่งผลให้ความเร็วมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 19.90 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่แรงดัน 9 โวลต์ มอเตอร์ตัวหลักไม่สามารถทำงานที่ความเร็วอ้างอิงได้ทำให้ระบบ

มีการเสริมกำลังต่อไป และสามารถปรับความเร็วให้เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลา  $0.19 \pm 0.02$  วินาที



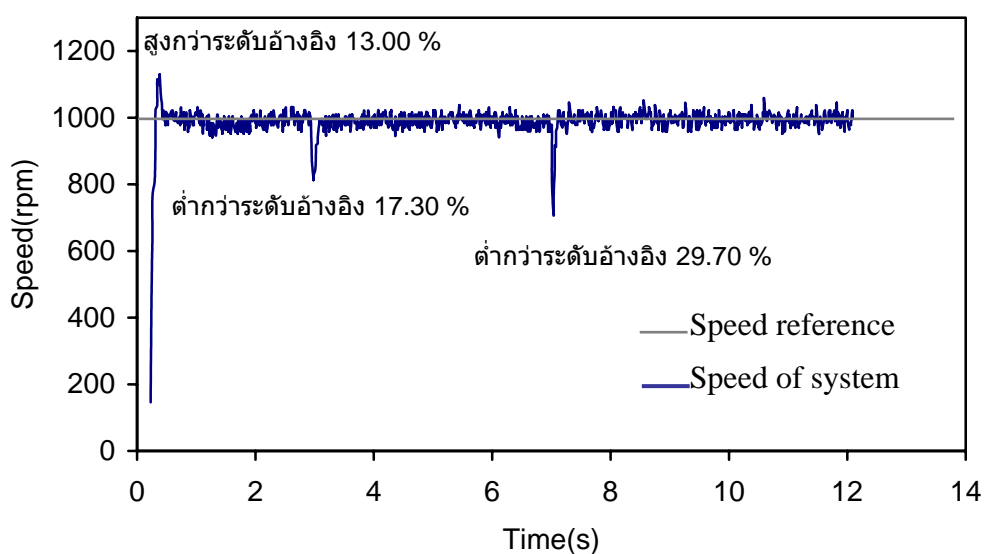
ภาพประกอบ 5-41 ผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 6 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการเพิ่มเป็น 12 โวลต์

ตาราง 5-36 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 6 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการเพิ่มเป็น 12 โวลต์

จ่ายไฟ 6 โวลต์มอเตอร์ตัวหลัก		เพิ่มเป็น 12 โวลต์	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับ ความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.29 \pm 0.02$	หยุดเสริมกำลัง	$0.13 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-41 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่ทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่  $1000 \pm 18$  รอบต่อนาที เมื่อทำการลดแรงดันของมอเตอร์ตัวหลักลงเหลือ 6 โวลต์ มอเตอร์ตัวหลักจะมีสถานะไม่พร้อมในการทำงานมอเตอร์ตัวเสริมจะเข้ามาทำงานแทน ผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 37.20 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาใน

การปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.29 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตัวหลักเป็น 12 โวลต์ ทำให้มอเตอร์ตัวหลักมีสถานะพร้อมที่จะทำงาน ระบบจึงสั่งให้มอเตอร์ตัวเสริมหยุดการทำงาน และ มอเตอร์ตัวหลักทำงานปกติ ส่งผลให้ความเร็วมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 14.00 เปอร์เซ็นต์ และสามารถปรับความเร็วให้เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลา  $0.13 \pm 0.02$  วินาที

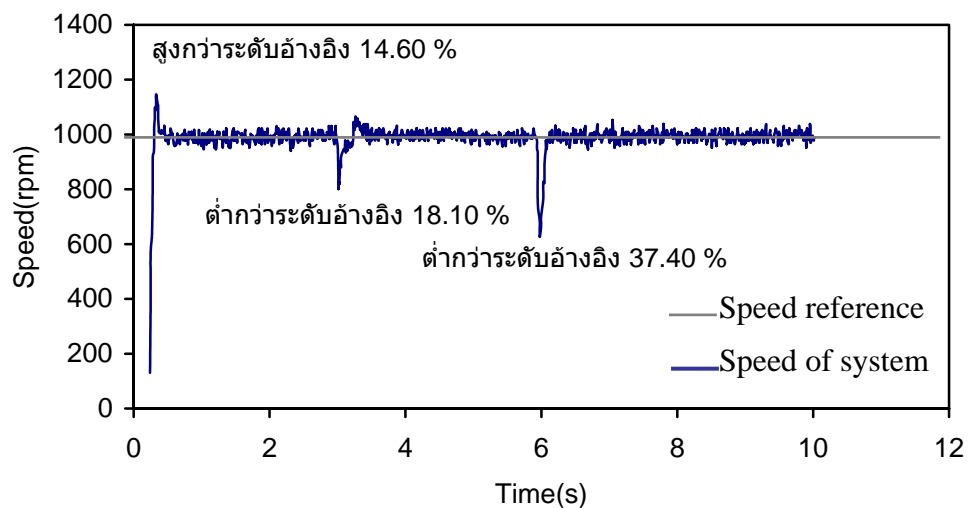


ภาพประกอบ 5-42 ผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 9 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการหยุดจ่ายแรงดัน

ตาราง 5-37 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 9 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำการหยุดจ่ายแรงดัน

จ่ายไฟ 9 โวลต์มอเตอร์ตัวหลัก		ตัดแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ตัวหลัก	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.15 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.11 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-42 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่ทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่  $990 \pm 20$  รอบต่อนาที เมื่อทำการลดแรงดันของมอเตอร์ตัวหลักลงเหลือ 9 โวลต์ ผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 17.30 เปอร์เซ็นต์ และมีการเสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.15 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการหยุดจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลัก ทำให้ความเร็วมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 29.70 เปอร์เซ็นต์ และยังมีการเสริมกำลัง เนื่องจากมอเตอร์ตัวหลักมีสถานะไม่พร้อมในการทำงาน และสามารถปรับความเร็วให้เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลา  $0.11 \pm 0.02$  วินาที

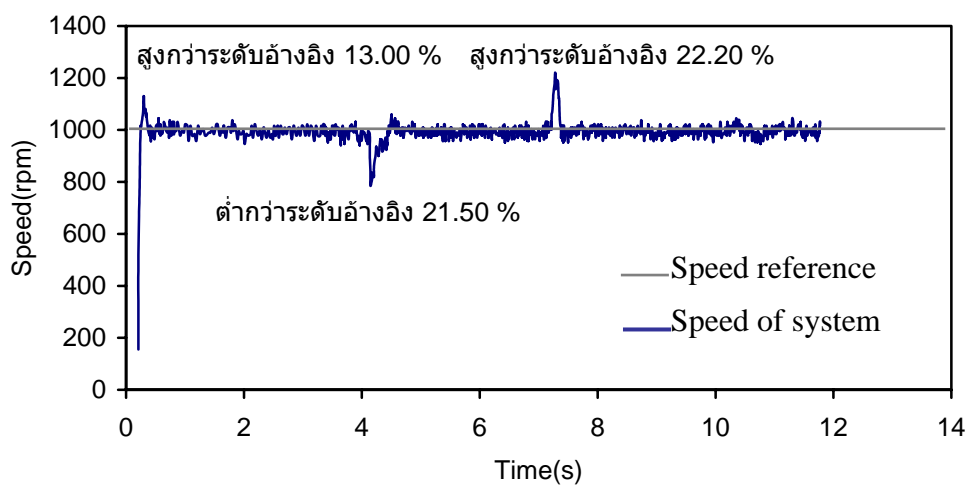


ภาพประกอบ 5-43 ผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 9 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำลดแรงดันเหลือ 6 โวลต์

ตาราง 5-38 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 9 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำลดแรงดันเหลือ 6 โวลต์

จ่ายไฟ 9 โวลต์มอเตอร์ตัวหลัก		ลดแรงดันเหลือ 6 โวลต์	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.50 \pm 0.02$	เสริมกำลัง	$0.15 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-43 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่ทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่  $990 \pm 20$  รอบต่อนาที เมื่อทำการลดแรงดันของมอเตอร์ตัวหลักลงเหลือ 9 โวลต์ ผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 18.10 เปอร์เซ็นต์ และมีการเสริมกำลัง โดยใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.50 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการลดแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตัวหลักเหลือ 6 โวลต์ ทำให้มอเตอร์ตัวหลักมีสถานะไม่พร้อมทำงาน ทำให้ความเร็วมีค่าลดลงจากระดับอ้างอิง 37.40 เปอร์เซ็นต์ ระบบควบคุมสามารถปรับความเร็วให้เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลา  $0.15 \pm 0.02$  วินาที



ภาพประกอบ 5-44 ผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 9 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำเพิ่มแรงดันเป็น 12 โวลต์

ตาราง 5-39 สรุปผลการทดลองเมื่อทำการลดแรงดันเป็น 9 โวลต์ให้กับมอเตอร์ตัวหลัก และทำเพิ่มแรงดันเป็น 12 โวลต์

จ่ายไฟ 9 โวลต์มอเตอร์ตัวหลัก		เพิ่มแรงดันเป็น 12 โวลต์	
การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)	การตอบสนอง	เวลาที่ใช้ในการปรับความเร็วสู่ระดับอ้างอิง (วินาที)
เสริมกำลัง	$0.52 \pm 0.02$	หยุดเสริมกำลัง	$0.16 \pm 0.02$

จากผลการทดลองตามภาพประกอบ 5-44 ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่ยังไม่ทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันให้กับมอเตอร์ตัวหลักอยู่ที่  $993 \pm 21$  รอบต่อนาที เมื่อทำการลดแรงดันของมอเตอร์ตัวหลักลงเหลือ 9 โวลต์ ผลทำให้ความเร็วของระบบลดลงจากระดับอ้างอิง 21.50 เปอร์เซ็นต์ และมีการเสริมกำลัง ใช้เวลาในการปรับความเร็วเข้าสู่ระดับอ้างอิง  $0.52 \pm 0.02$  วินาที เมื่อทำการเพิ่มแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตัวหลักเป็น 12 โวลต์ ทำให้ความเร็วมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับอ้างอิงค่อนข้างมาก คือ 22.20 เปอร์เซ็นต์ และมีการหยุดการเสริมกำลัง โดยสามารถปรับความเร็วให้เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลา  $0.16 \pm 0.02$  วินาที

จากผลการทดลองทั้งสามจะเห็นว่ากฎการควบคุมและพีซีซีซีมีผลต่อประสิทธิภาพในการเสริมกำลังของระบบ นอกจากนี้ความเร็วของการประมวลผลมีความสำคัญและมีผลต่อการควบคุมระบบเป็นอย่างมาก และจะเห็นว่าตัวควบคุมที่สามารถควบคุมมอเตอร์ตัวเดียวให้รักษาความเร็วที่ระดับอ้างอิงได้ดี ดังนั้นในการควบคุมการเสริมกำลังอาจจำเป็นต้องมีการลดความละเอียดของการควบคุมระดับความเร็วของระบบเพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการประมวลผลและตัดสินใจเลือกใช้แหล่งพลังงานให้เหมาะสม เพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบโดยรวม