

## บทที่ 5

### ผลการคำนวณ

ในบทนี้จะแสดงผลการคำนวณของตัวอย่างแบบจำลองโหลดต่างๆ เปรียบเทียบกับแบบจำลองโหลดที่ใช้ทั่วไป เช่น อิมพีแดนซ์คงที่ , กระแสคงที่ เป็นต้น โดยเป็นแบบจำลองโหลดรวมของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ในบทที่ 4 เพื่อพิจารณาถึงลักษณะคุณสมบัติของโหลดต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของระบบ

ระบบไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวอย่างในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ระบบไฟฟ้าขนาด 3 บัส , 5 บัส และ ขนาด 9 บัส โดยสมมติเหตุการณ์รบกวนขึ้นมาหลายแบบ และพิจารณาถึงคุณสมบัติของแบบจำลองโหลดแต่ละชนิดที่มีผลต่อระบบถึงเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาซี (C Language) ใช้คอมไพเลอร์ของเทอร์โบซีเวอร์ชัน 2.0 ภายใต้ระบบปฏิบัติการดอส

แบบจำลองโหลดที่ใช้ทดสอบกับระบบไฟฟ้าจะมีมากมายหลายแบบด้วยกัน แบบจำลองโหลดข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น เนื่องจากในระบบไฟฟ้าจริงแบบจำลองโหลดจะแตกต่างกันกันออกไปตามระบบไฟฟ้ากำลัง แบบจำลองโหลดที่ใช้ทดสอบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถแสดงได้ดังนี้

แบบจำลองโหลด	เปอร์เซ็นต์	ชนิดของแบบจำลองโหลด
1	100 %	แบบอิมพีแดนซ์คงที่
2	100 %	แบบกระแสคงที่
3		แบบจำลองโหลดผสมของ "ZIP" Models
3.1	45 %	แบบอิมพีแดนซ์คงที่
	35 %	แบบกระแสคงที่
	20 %	แบบกำลังไฟฟ้าคงที่
3.2	100 %	โหลดที่กำหนดค่าพารามิเตอร์เอง โดยให้ $P_v = 1.25$ , $P_r = 1.83$ , $Q_v = 1.25$ , $Q_r = 1.83$

4		แบบจำลองโหลดผสม
4.1	35 %	โหลดฟลูออเรสเซนต์
	25 %	เครื่องปรับอากาศ
	20 %	เครื่องซักผ้า
	20 %	มอเตอร์ขนาดเล็ก
4.2	30 %	แอร์อุตสาหกรรมแบบรวม
	50 %	มอเตอร์ขนาดใหญ่
	20 %	เครื่องทำความร้อน
4.3	30 %	เครื่องปรับอากาศแบบรวม
	30 %	มอเตอร์ขนาดเล็ก
	15 %	พัดลมของเตาหลอม
	25 %	เตาหลอม
4.4	100 %	มอเตอร์ขนาดใหญ่
5		มอเตอร์เหนี่ยวนำที่แบบจำลองในสภาวะพลวัต
5.1	100 %	มอเตอร์ที่มีค่า $R_s = 0.03614$ , $X_s = 0.09185$ , $R_r = 0.01376$ , $X_r = 0.10274$ , $X_m = 2.34762$ , slip = 0.07481
5.2	100 %	มอเตอร์ที่มีค่า $R_s = 0.03653$ , $X_s = 0.08293$ , $R_r = 0.01413$ , $X_r = 0.08293$ , $X_m = 2.214533$ , slip = 0.05723

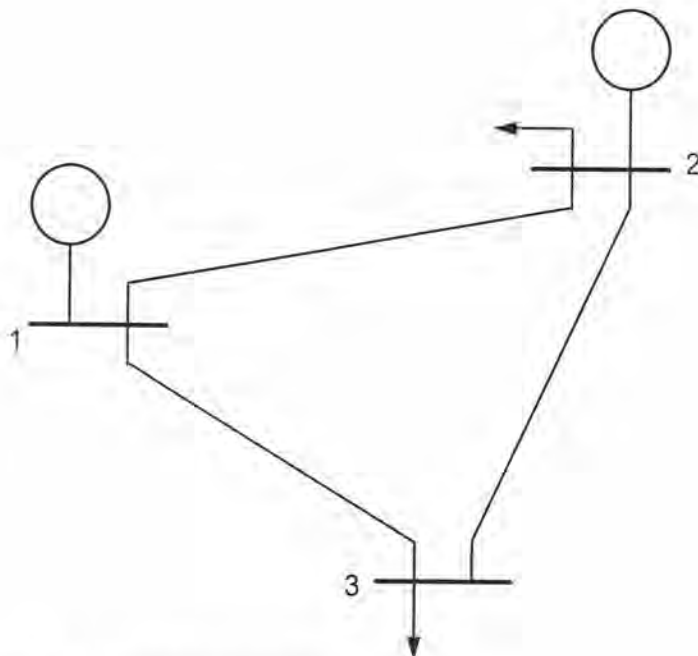
แบบจำลองโหลดทั้งหมดนี้จะใช้ทดสอบทั้งระบบ 3 บัส , 5 บัส และ 9 บัส เพื่อดูผลกระทบทันทีต่อเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า แต่ในการแสดงกราฟเพื่อเปรียบเทียบจะแสดงเฉพาะบางแบบจำลองโหลดเท่านั้น เนื่องจากในแต่ละระบบแบบจำลองโหลดจะมีผลต่อระบบต่างกันไป ซึ่งแต่ละระบบจะเลือกแสดงเฉพาะแบบจำลองโหลดที่มีผลกระทบต่อระบบอย่างเด่นชัดเท่านั้น

### 5.1 ระบบทดสอบขนาด 3 บัส

ระบบทดสอบขนาด 3 บัส แสดงได้ดังรูปที่ 5.1 และข้อมูลต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 5.1 ถึง 5.3 โดยให้แรงดันไฟฟ้าของระบบขนาด 24 kV และกำลังไฟฟ้าฐาน (Base kVA) ของระบบขนาด 1,000 kVA โดยที่ระบบนี้มีความถี่อยู่ที่ 60 Hz

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงข้อมูลของสายส่งของระบบทดสอบ

จากบัส - ถึงบัส	ค่าอิมพีแดนซ์ $Z_{pq}$	ค่าไลน์ชาร์จิจริง $y'_{pq}/2$
1 - 2	$0.080 + j0.240$	$0.0 + j0.000$
1 - 3	$0.020 + j0.060$	$0.0 + j0.000$
2 - 3	$0.060 + j0.180$	$0.0 + j0.000$



รูปที่ 5.1 ระบบทดสอบขนาด 3 บัส

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงแรงดันและกำลังไฟฟ้าของแต่ละบัส

บัส	แรงดันไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าที่ผลิต		กำลังไฟฟ้าโหลด	
		kW	kVAr	kW	kVAr
1	$1.0500 + j0.0000$	913.7	240.7	0.0	0.0
2	$1.0287 - j0.0512$	200.0	250.5	500.0	200.0
3	$1.0241 - j0.0348$	0.0	0.0	600.0	250.0

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ค่าคงที่ความเฉื่อย $H$	ความต้านทาน $r_a$	ค่ารีแอกแตนซ์ $x'_d$
1	30.0	0.04	0.24
2	12.0	0.02	0.52

เหตุการณ์รบกวนที่สมมติขึ้นมามี 2 แบบ ดังนี้

เหตุการณ์ที่ 1 เวลา 0.0 วินาที ที่บัส 2 เกิดฟลด์ลิ่งดินผ่านอิมพีแดนซ์  $0.0 - j70.0$   
0.06 วินาที ที่บัส 2 กำจัดฟลด์ลิ่งออกไป

ระบบ 3 บัสที่ใช้ทดสอบนี้มีโหลดอยู่ที่บัส 2 และบัส 3 โดยที่บัส 2 จะแทนโหลดเป็นแบบอิมพีแดนซ์คงที่ ส่วนบัส 3 จะเป็นบัสที่ใช้ทดสอบจึงใช้แบบจำลองโหลดต่างๆ กัน โดยแบบจำลองโหลดที่ใช้กับระบบ 3 บัส สามารถแสดงได้ดังนี้

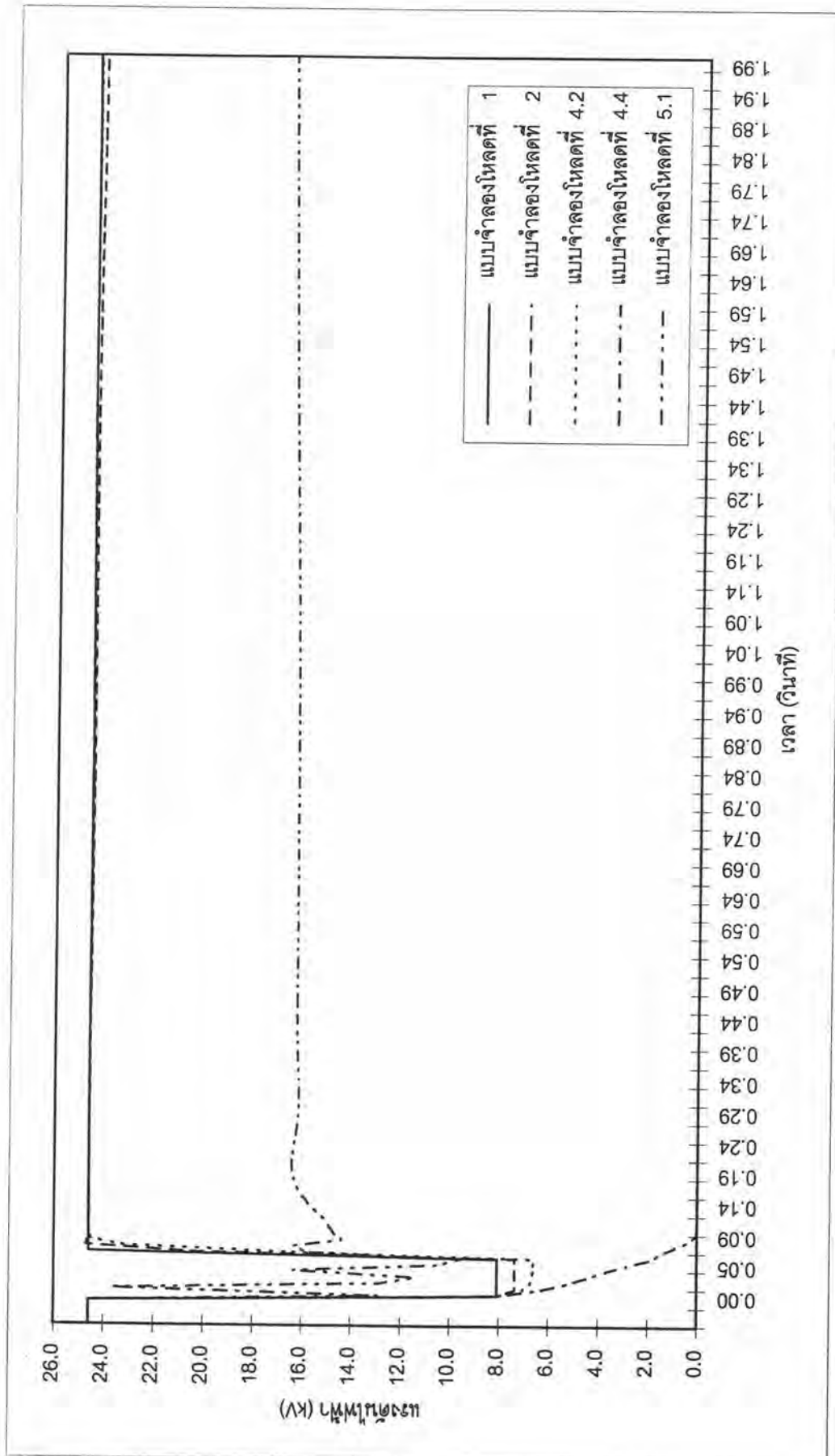
แบบจำลองโหลดที่ 1 , 2 , 4.2 , 4.4 , 5.1

ผลการคำนวณของเหตุการณ์ที่ 1 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.2 ถึง 5.8 จากรูปที่ 5.2 จะเห็นว่าแบบจำลองโหลดที่ 2 และ 4.2 (รูปที่ 5.5 , 5.6) จะสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าไว้ที่ประมาณ 24 kV ได้เช่นเดียวกับแบบอิมพีแดนซ์คงที่(แบบจำลองโหลดที่ 1 รูปที่ 5.4) หลังจากเกิดการรบกวนของเหตุการณ์ที่ 1 แบบจำลองโหลดที่ 4.4 (รูปที่ 5.7) แรงดันไฟฟ้าจะตกลงไปจนเกือบเท่ากับศูนย์ ส่วนแบบจำลองโหลดที่ 5.1 (รูปที่ 5.8) หลังจากเกิดการรบกวนแล้วแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปอยู่ที่ระดับประมาณ 16 kV ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่ต่ำมากเกินไปจนอาจจะทำให้

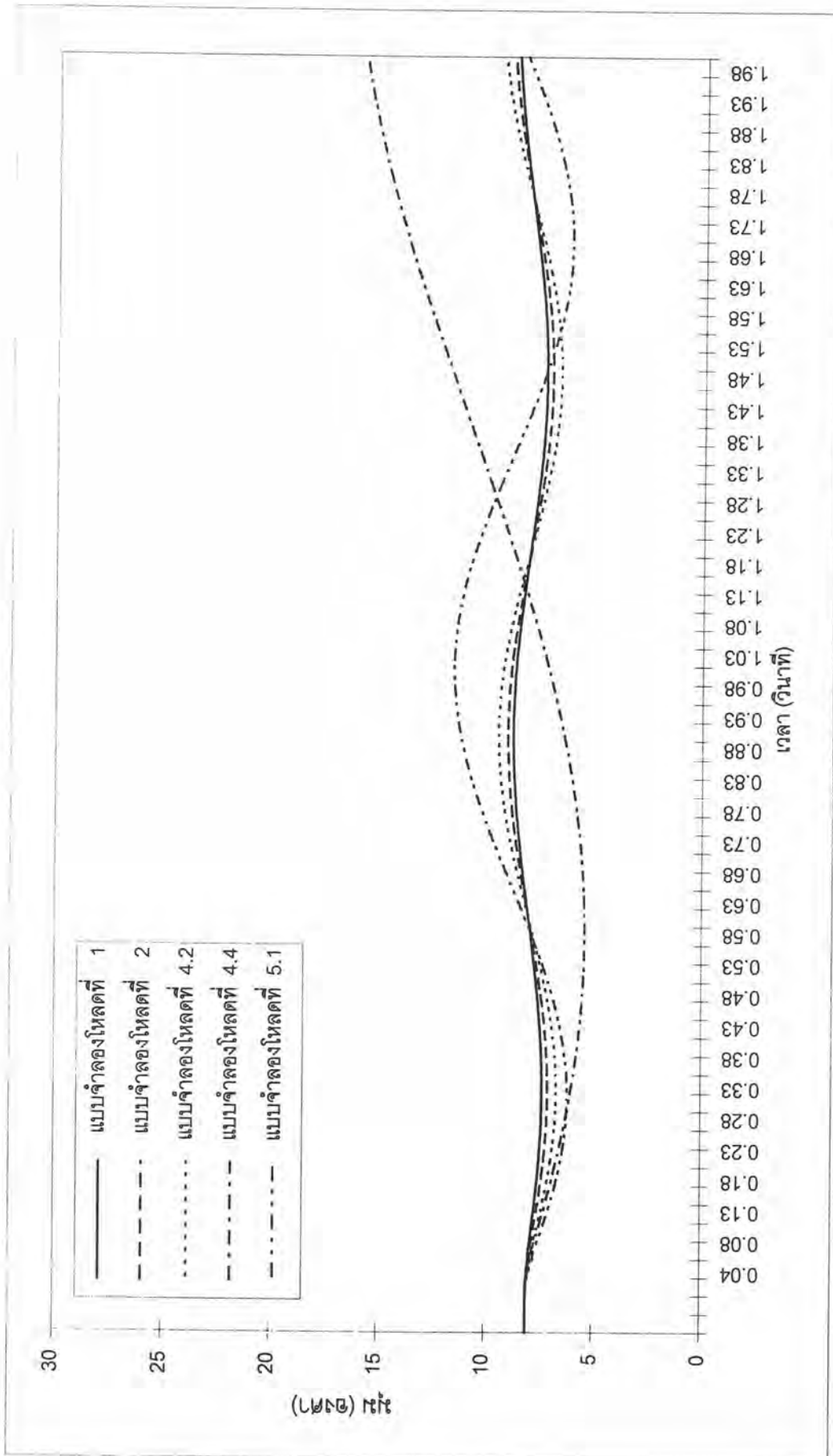
มอเตอร์เสียหายได้ จะเห็นได้ว่าถ้าใช้แบบจำลองโหลดที่ 4,5 ระบบจะไม่มีเสถียรภาพ ดังนั้นในเหตุการณ์รบกวนที่ 2 จึงทดลองตัดโหลดที่บัส 2 ออกไป 300 kW โดยที่บัส 3 ใช้เฉพาะแบบจำลองโหลดที่ 4.4 , 5.1 ในการทดสอบ โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

เหตุการณ์ที่ 2	เวลา 0.0 วินาที	ที่บัส 2	เกิดฟอลต์ลงดินผ่านอิมพีแดนซ์ $0.0 - j70.0$
	0.06 วินาที	ที่บัส 2	กำจัดฟอลต์ออกไป
	0.06 วินาที	ที่บัส 2	โหลดถูกตัดออกไป 300 kW

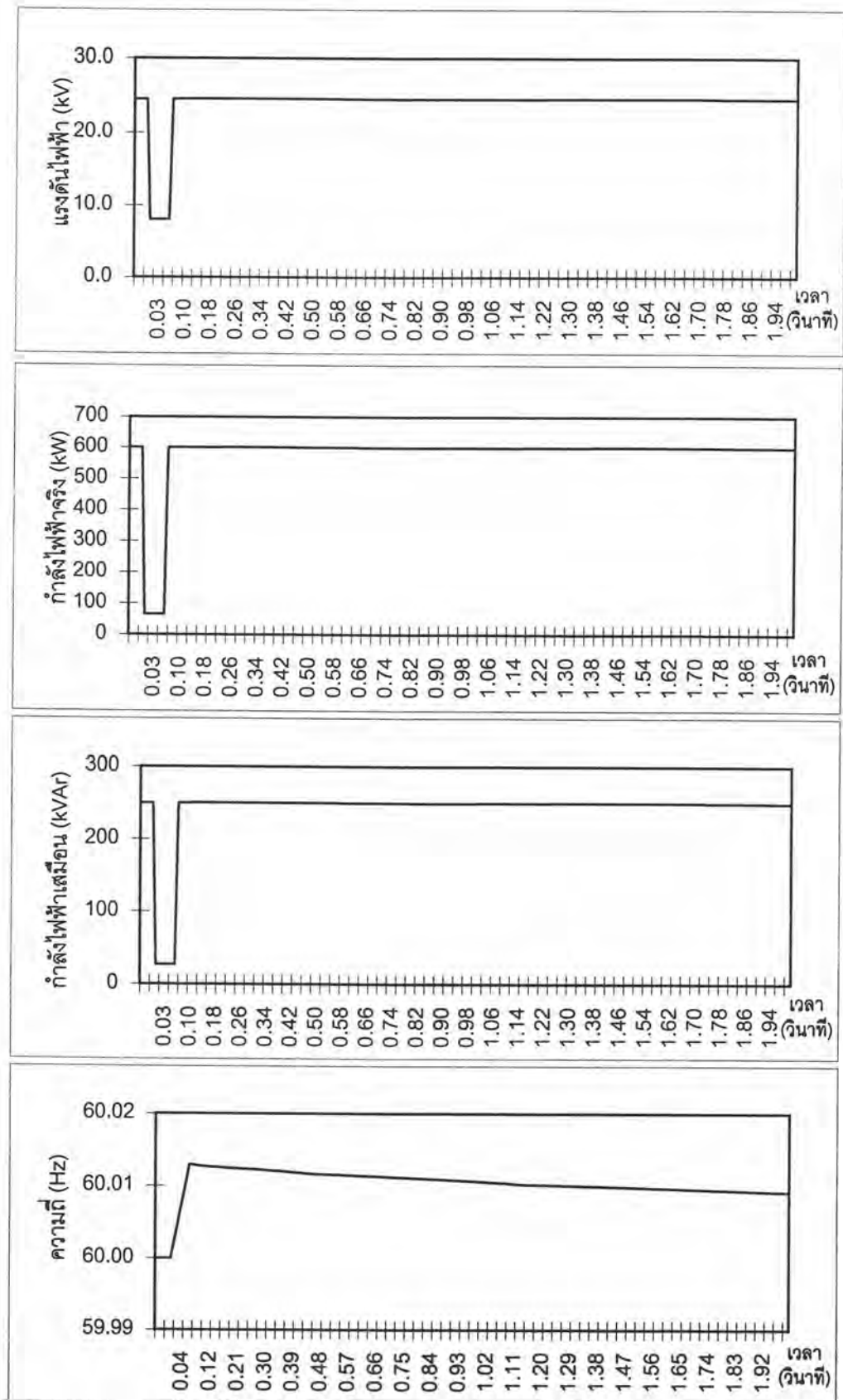
ผลการคำนวณของเหตุการณ์ที่ 2 โดยใช้เฉพาะแบบจำลองโหลดที่ 4.4 , 5.1 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.9 ถึง 5.12 จากรูปที่ 5.9 จะเห็นได้ว่าเมื่อตัดโหลดที่บัส 2 ออกไปบางส่วนแบบจำลองโหลดที่ 4.4 (รูปที่ 5.11) ระบบจะกลับมามีเสถียรภาพได้ ส่วนแบบจำลองโหลดที่ 5.1 (รูปที่ 5.12) ระบบยังคงไม่สามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้



รูปที่ 5.2 แรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองโหลดต่างๆ ของเหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 3 บัส

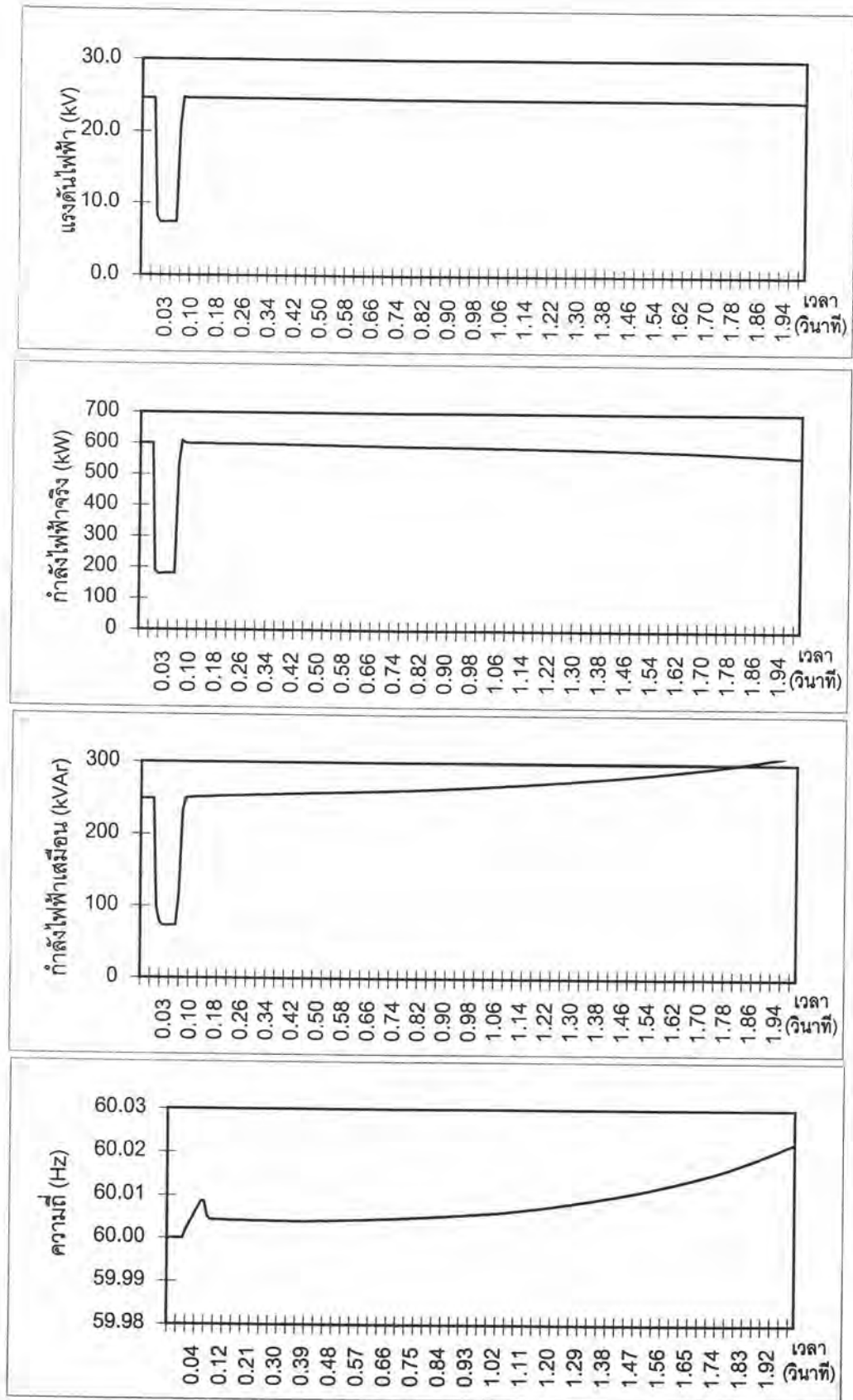


รูปที่ 5.3 มุมของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 3 บัส

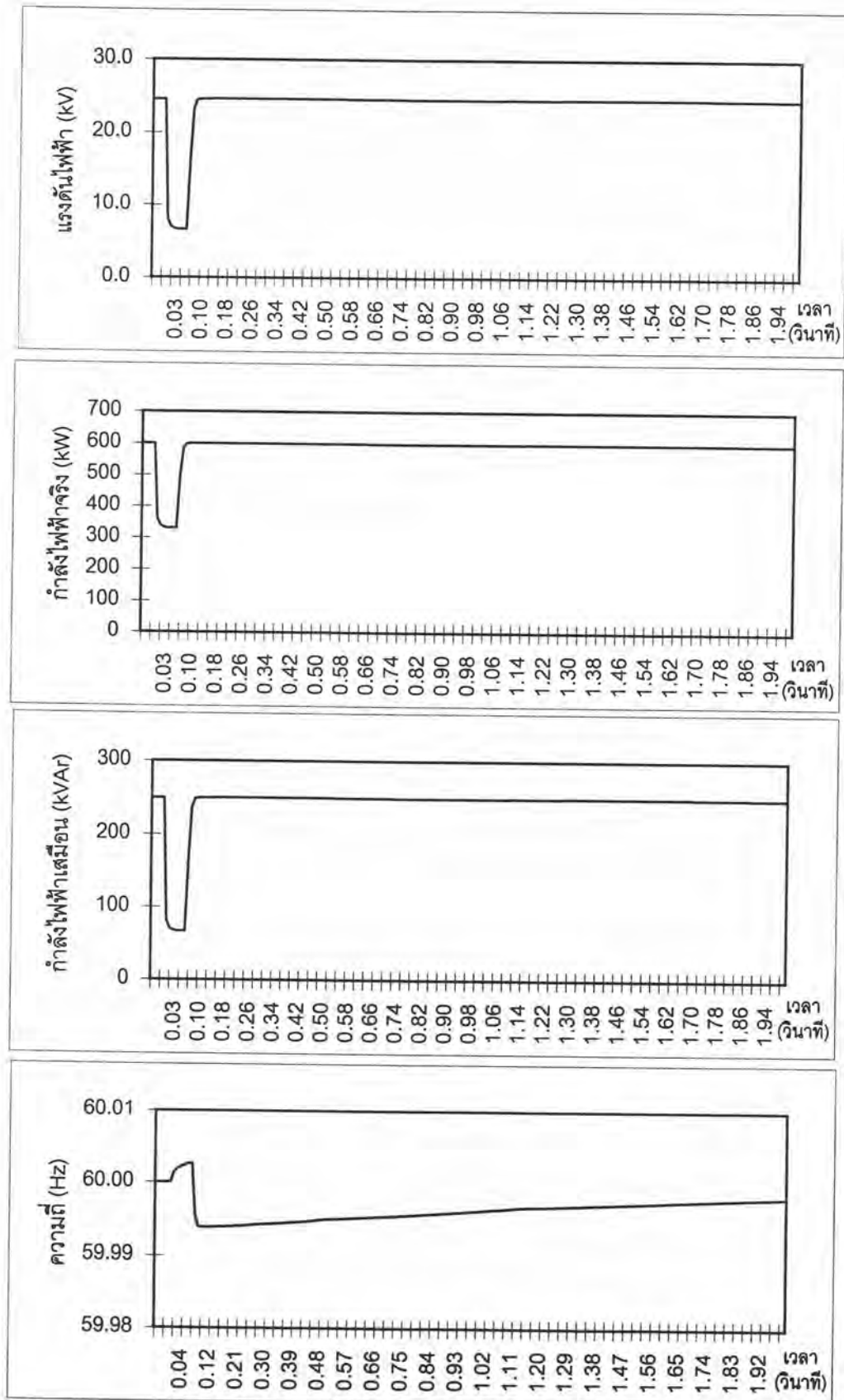


รูปที่ 5.4 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 1 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 3 บัส

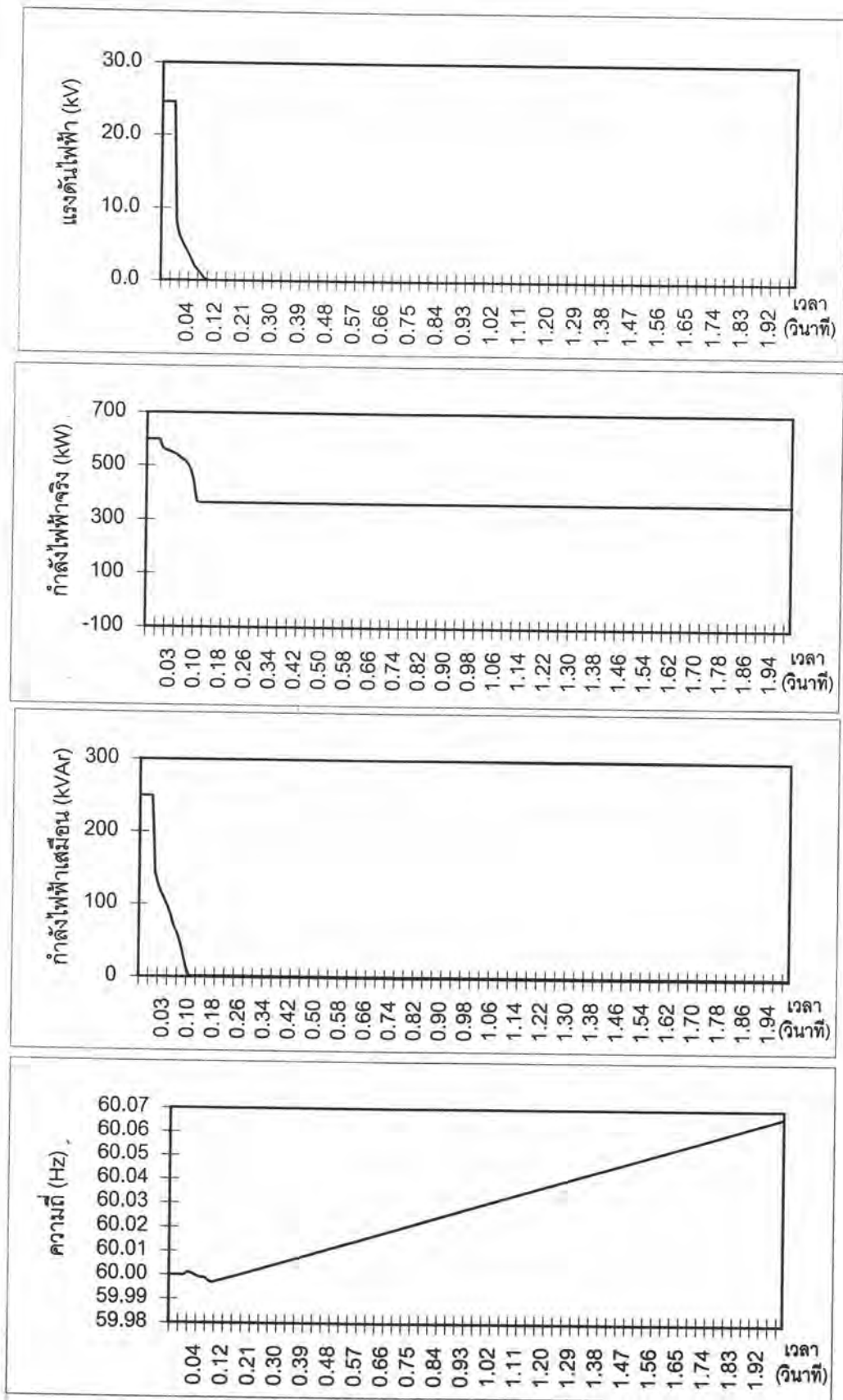




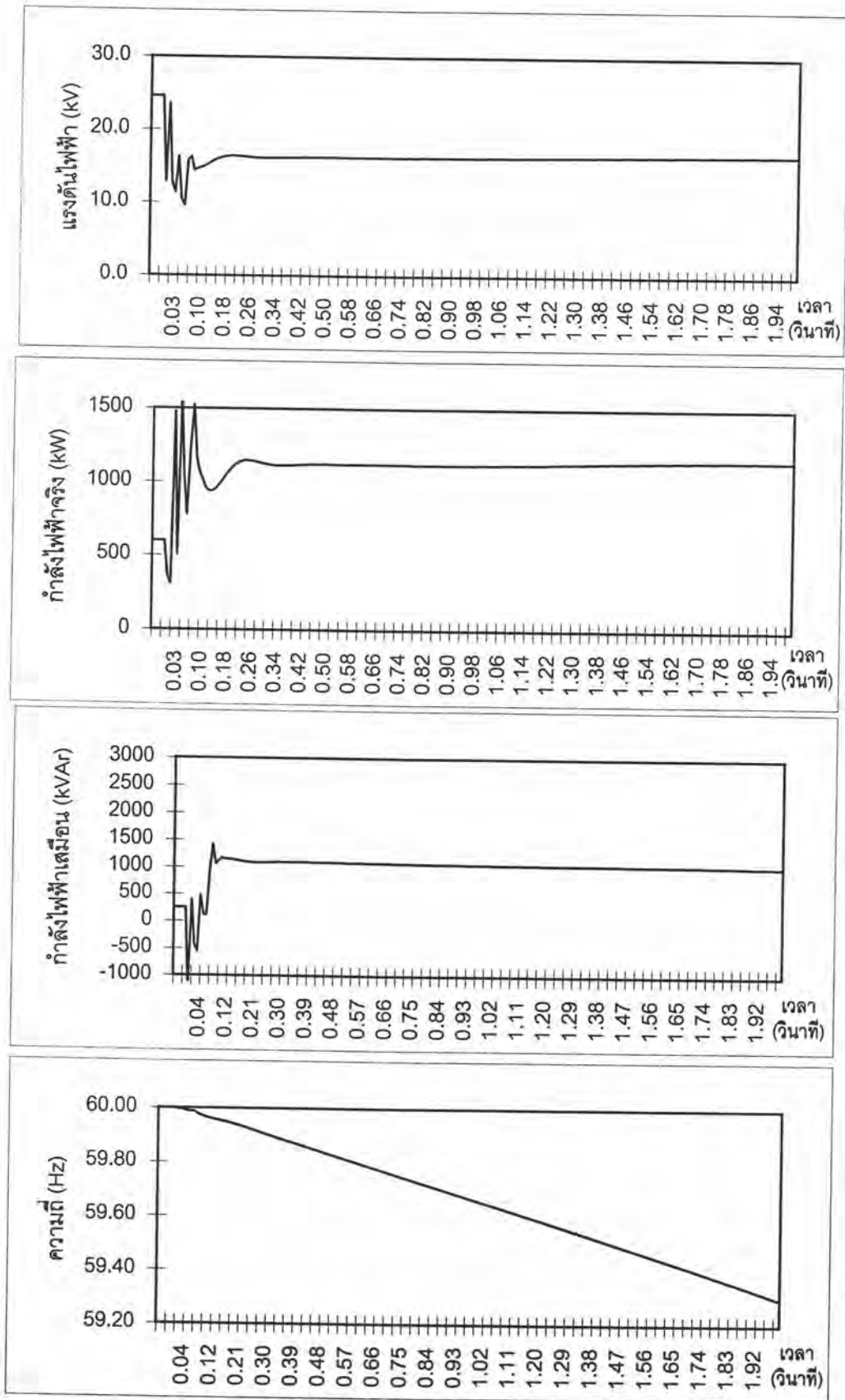
รูปที่ 5.5 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 2 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 3 บัส



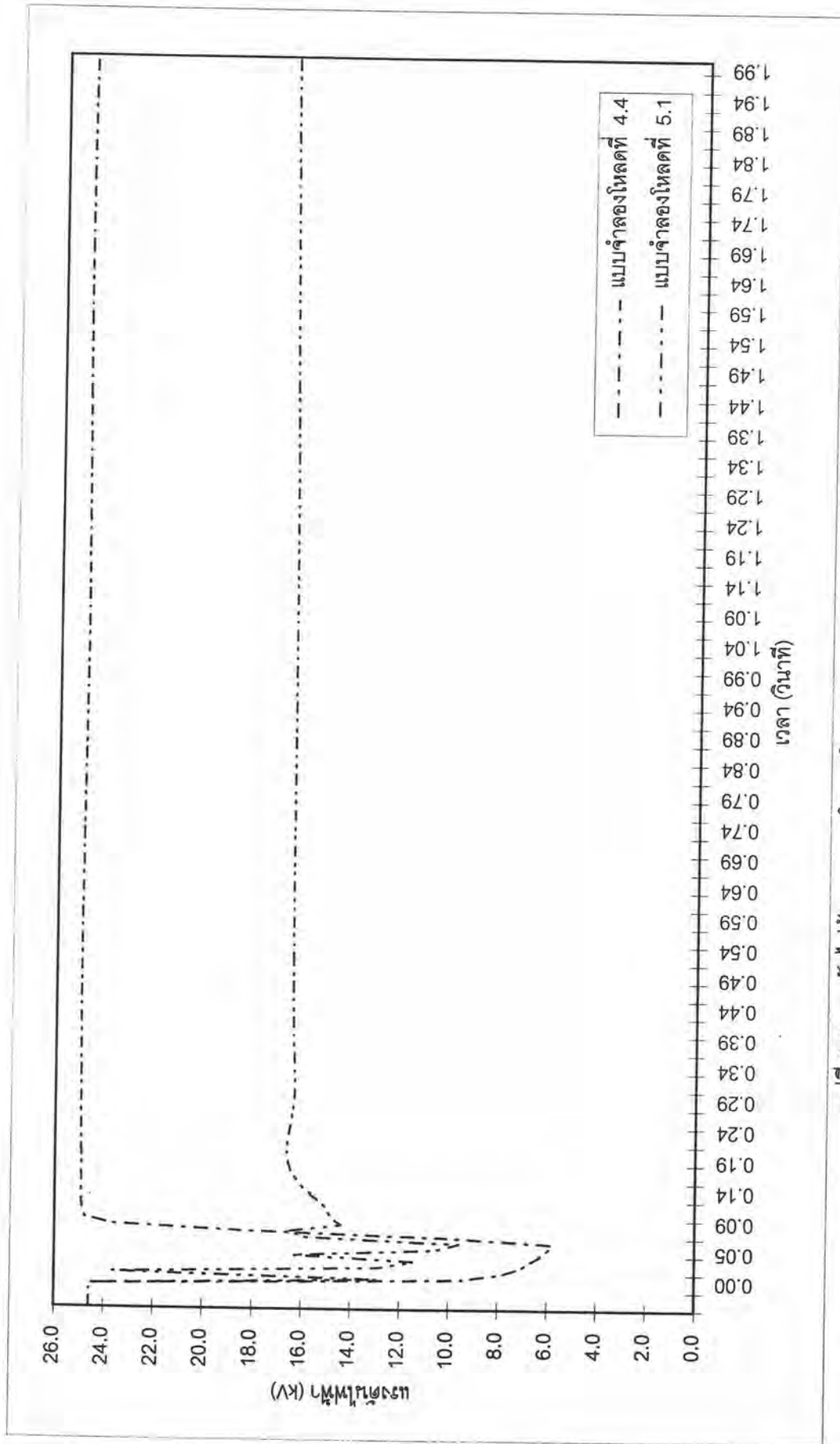
รูปที่ 5.6 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.2 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 3 บัต์



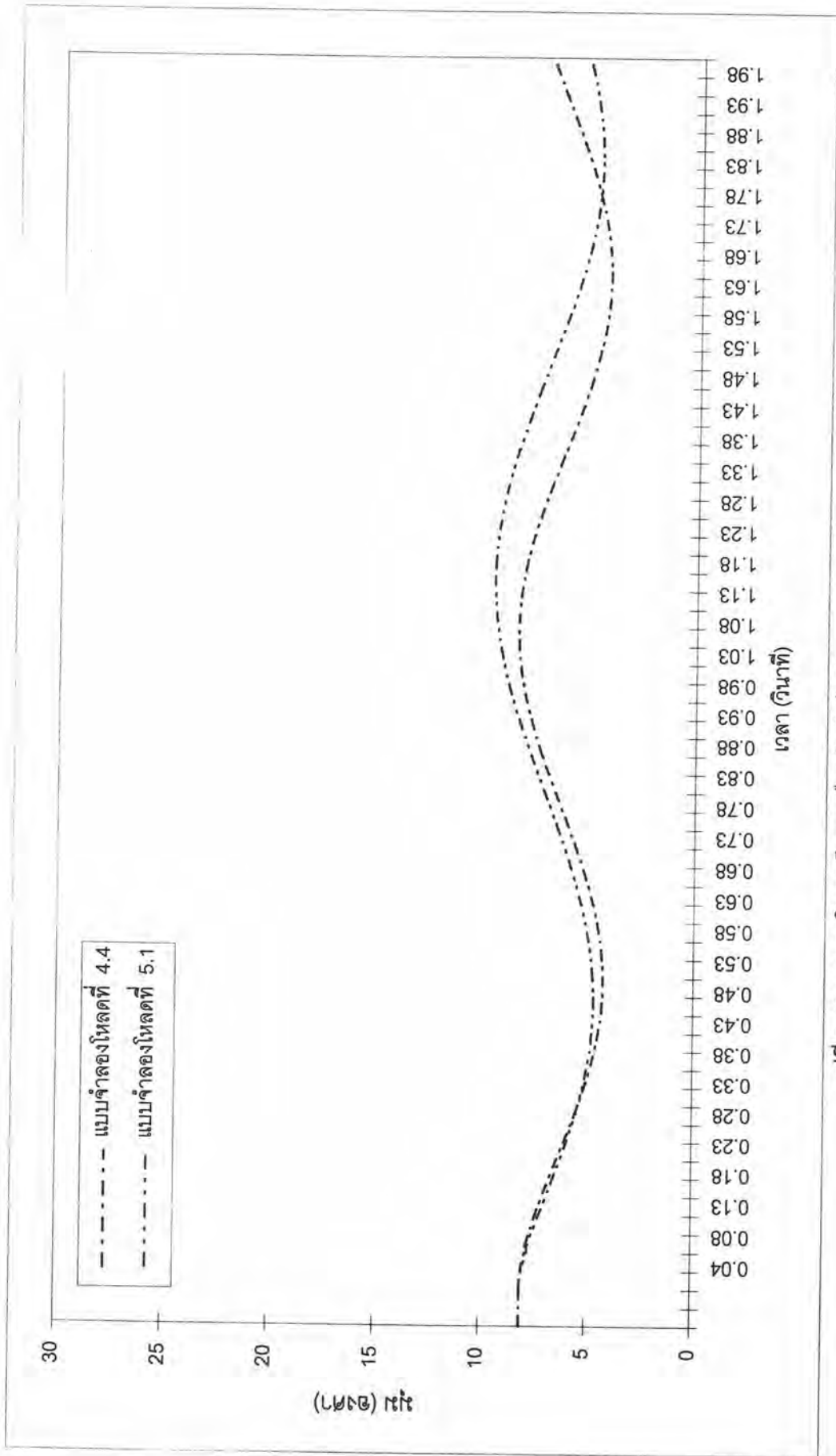
รูปที่ 5.7 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.4 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 3 บัส



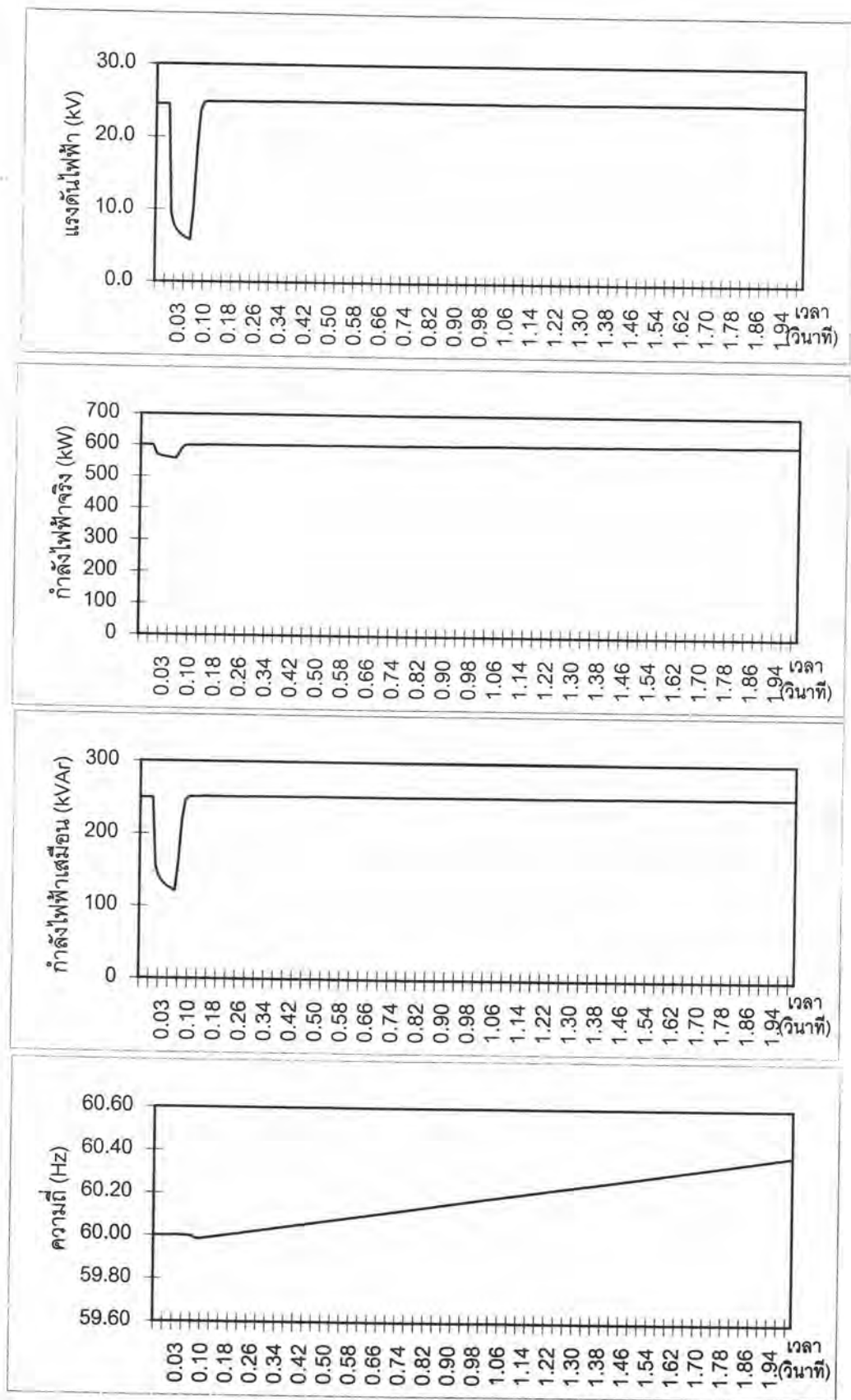
รูปที่ 5.8 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 5.1 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 3 บัต์



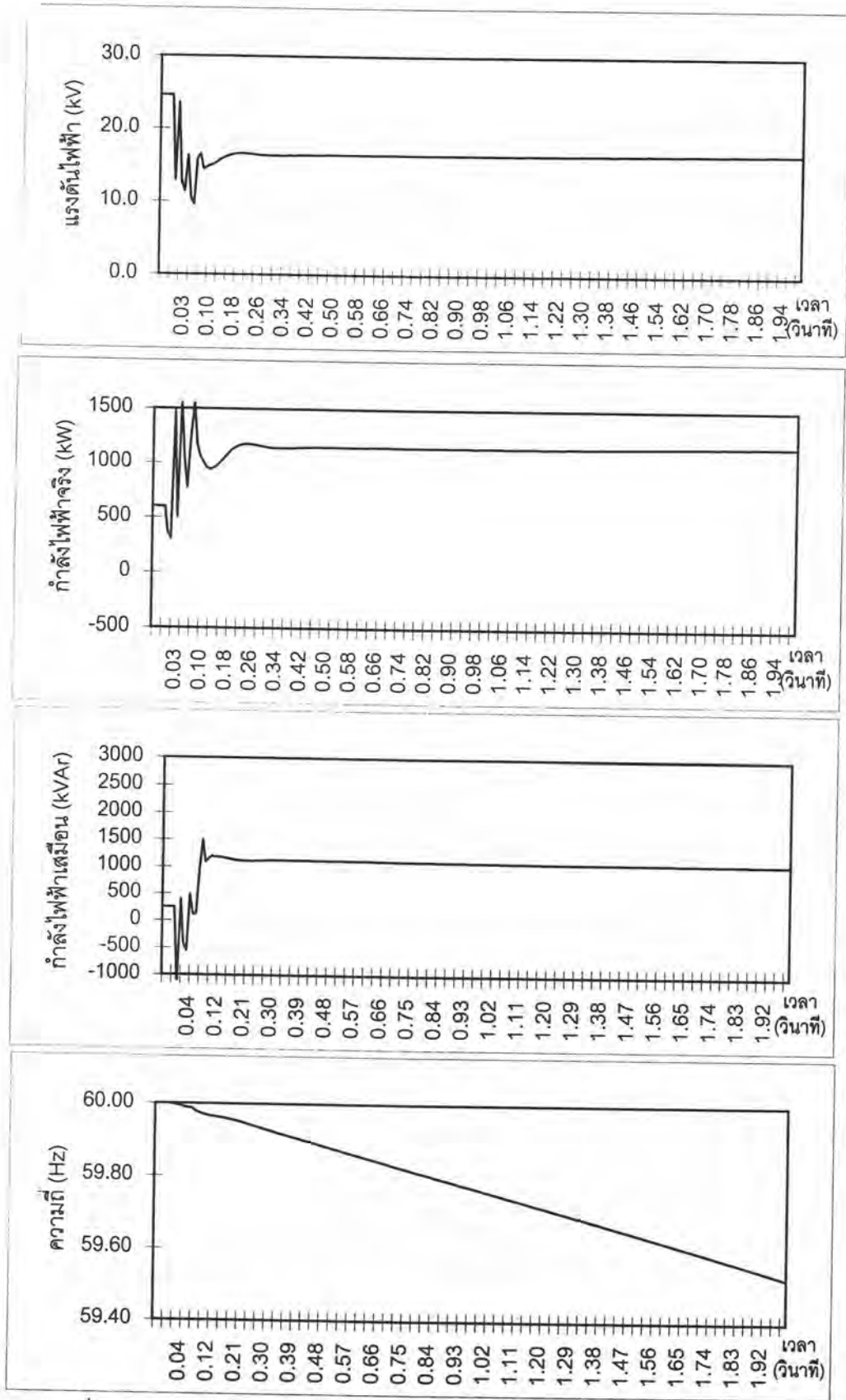
รูปที่ 5.9 แรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองโผลดต่างๆ ของเหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 3 บัส



รูปที่ 5.10 มุมมองโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 3 บัส



รูปที่ 5.11 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.4 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 3 บัส

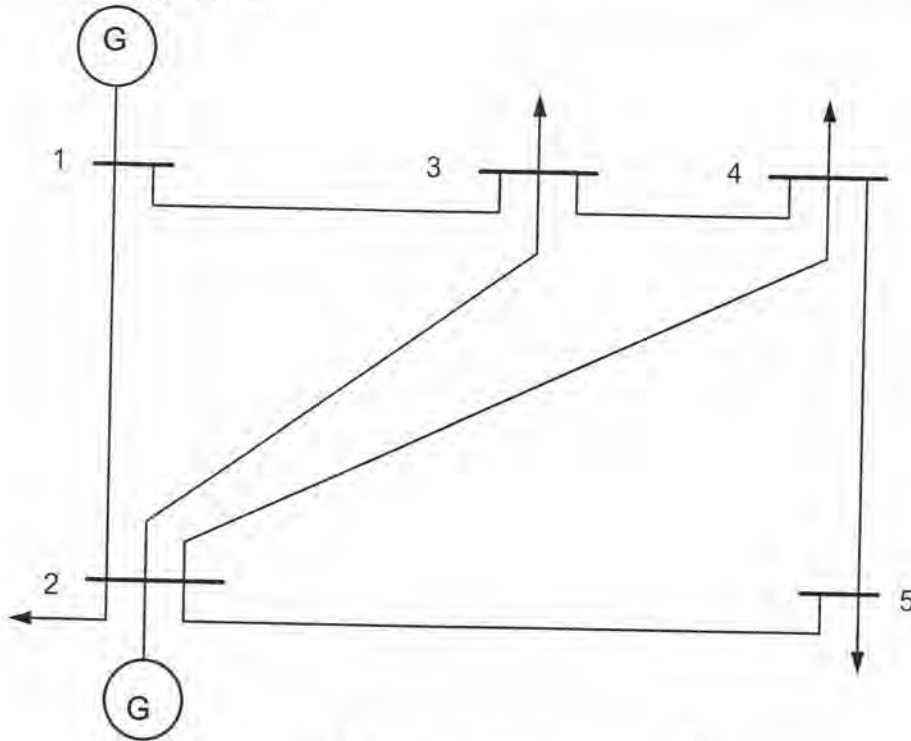


รูปที่ 5.12 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 5.1 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 3 บัส



## 5.2 ระบบทดสอบขนาด 5 บัส [14]

ระบบทดสอบขนาด 5 บัส แสดงได้ดังรูปที่ 5.13 และข้อมูลต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 5.4 ถึง 5.6 โดยให้แรงดันไฟฟ้าของระบบขนาด 115 kV และกำลังไฟฟ้าของระบบขนาด 100 MVA ความถี่ของระบบอยู่ที่ 60 Hz



รูปที่ 5.13 ระบบทดสอบขนาด 5 บัส

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงข้อมูลของสายส่งของระบบทดสอบ

จากบัส - ถึงบัส	ค่าอิมพีแดนซ์ $Z_{pq}$	ค่าไลน์ชาร์จิจ $y'_{pq}/2$
1 - 2	$0.02 + j0.06$	$0.0 + j0.030$
1 - 3	$0.08 + j0.24$	$0.0 + j0.025$
2 - 3	$0.06 + j0.18$	$0.0 + j0.020$
2 - 4	$0.06 + j0.18$	$0.0 + j0.020$
2 - 5	$0.04 + j0.12$	$0.0 + j0.015$
3 - 4	$0.01 + j0.03$	$0.0 + j0.010$
4 - 5	$0.08 + j0.24$	$0.0 + j0.025$

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงแรงดันและกำลังไฟฟ้าของแต่ละบัส

บัส	แรงดันไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าที่ผลิต		กำลังไฟฟ้าโหลด	
		MW	MVA <sub>r</sub>	MW	MVA <sub>r</sub>
1	1.0600 + j0.0000	129.565	-7.480	0.0	0.0
2	1.0462 - j0.0512	40.0	30.0	20.0	10.0
3	1.0203 - j0.0892	0.0	0.0	45.0	15.0
4	1.0191 - j0.0950	0.0	0.0	40.0	5.0
5	1.0120 - j0.1090	0.0	0.0	60.0	10.0

ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ค่าคงที่ความเฉื่อย $H$	ความต้านทาน $r_a$	ค่ารีแอกแตนซ์ $x'_d$
1	50.0	0.00	0.25
2	1.0	0.00	1.50

เหตุการณ์รบกวนที่สมมติขึ้นมามี 2 แบบ ดังนี้

เหตุการณ์ที่ 1 เวลา 0.0 วินาที ที่บัส 2 เกิดฟอลต์ลงดินทั้ง 3 เฟส  
0.08 วินาที ที่บัส 2 กำจัดฟอลต์ออกไป

ระบบ 5 บัสที่ใช้ทดสอบมีโหลดอยู่ที่บัส 2 ถึงบัส 5 โดยบัส 2,3 และ 4 จะแทนแบบจำลองโหลดเป็นแบบอิมพีแดนซ์คงที่ ส่วนบัสที่ 5 เป็นบัสที่ใช้ทดสอบจะใช้แบบจำลองโหลดต่างๆ กัน โดยแบบจำลองโหลดที่ใช้กับระบบ 5 บัส สามารถแสดงได้ดังนี้

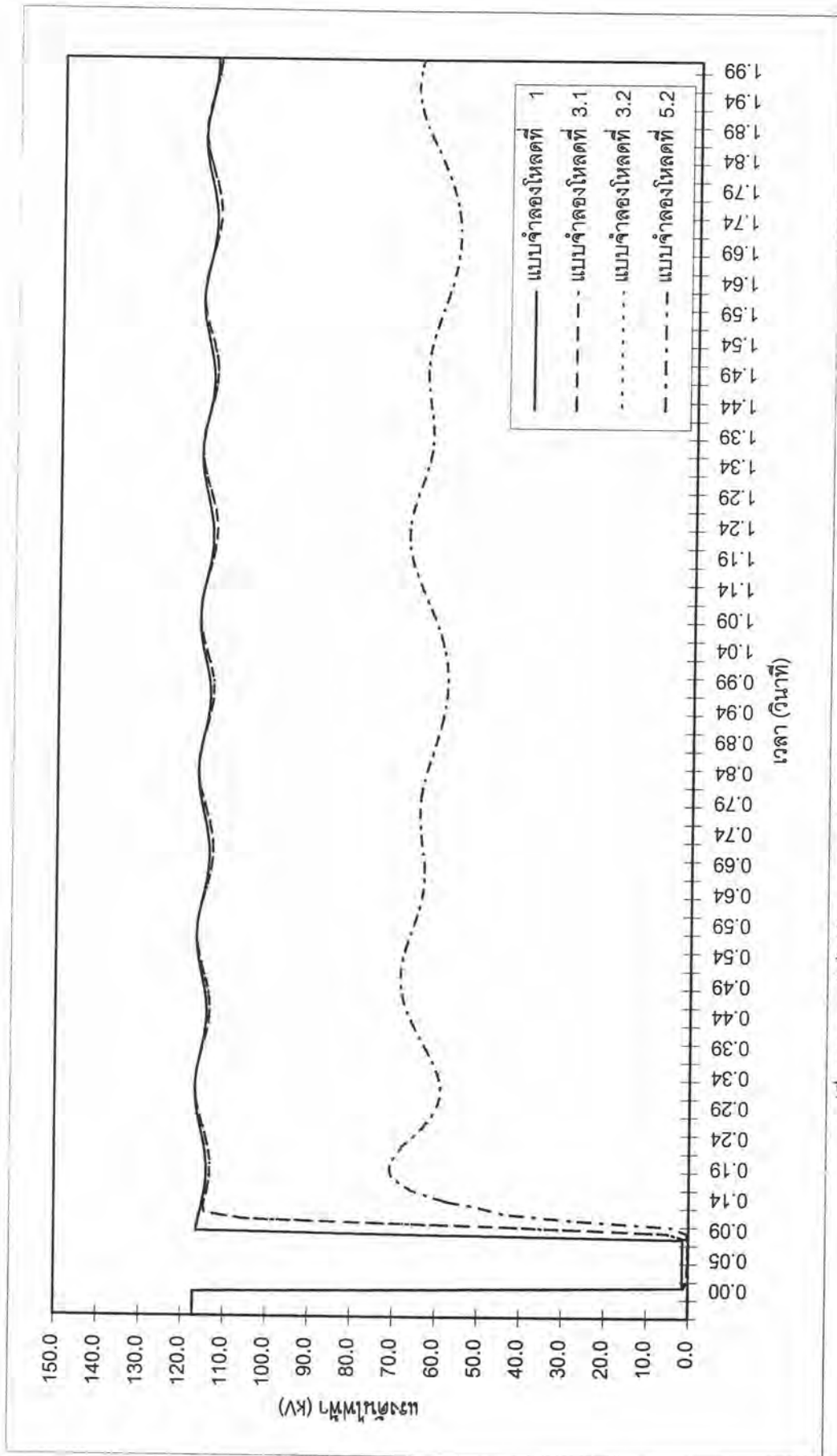
แบบจำลองโหลดที่ 1 , 3.1 , 3.2 , 5.2

ผลการคำนวณของเหตุการณ์ที่ 1 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.14 ถึง 5.19 จากรูปที่ 5.14 จะเห็นได้ว่า หลังจากเกิดเหตุการณ์รบกวนระบบที่ใช้แบบจำลองโหลดที่ 1,3.1 และ 3.2 (รูปที่ 5.16 ถึง 5.18) จะสามารถกลับเข้าสู่เสถียรภาพได้ ส่วนแบบจำลองโหลดที่ 5.2 (รูปที่ 5.19) ระบบไม่สามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้

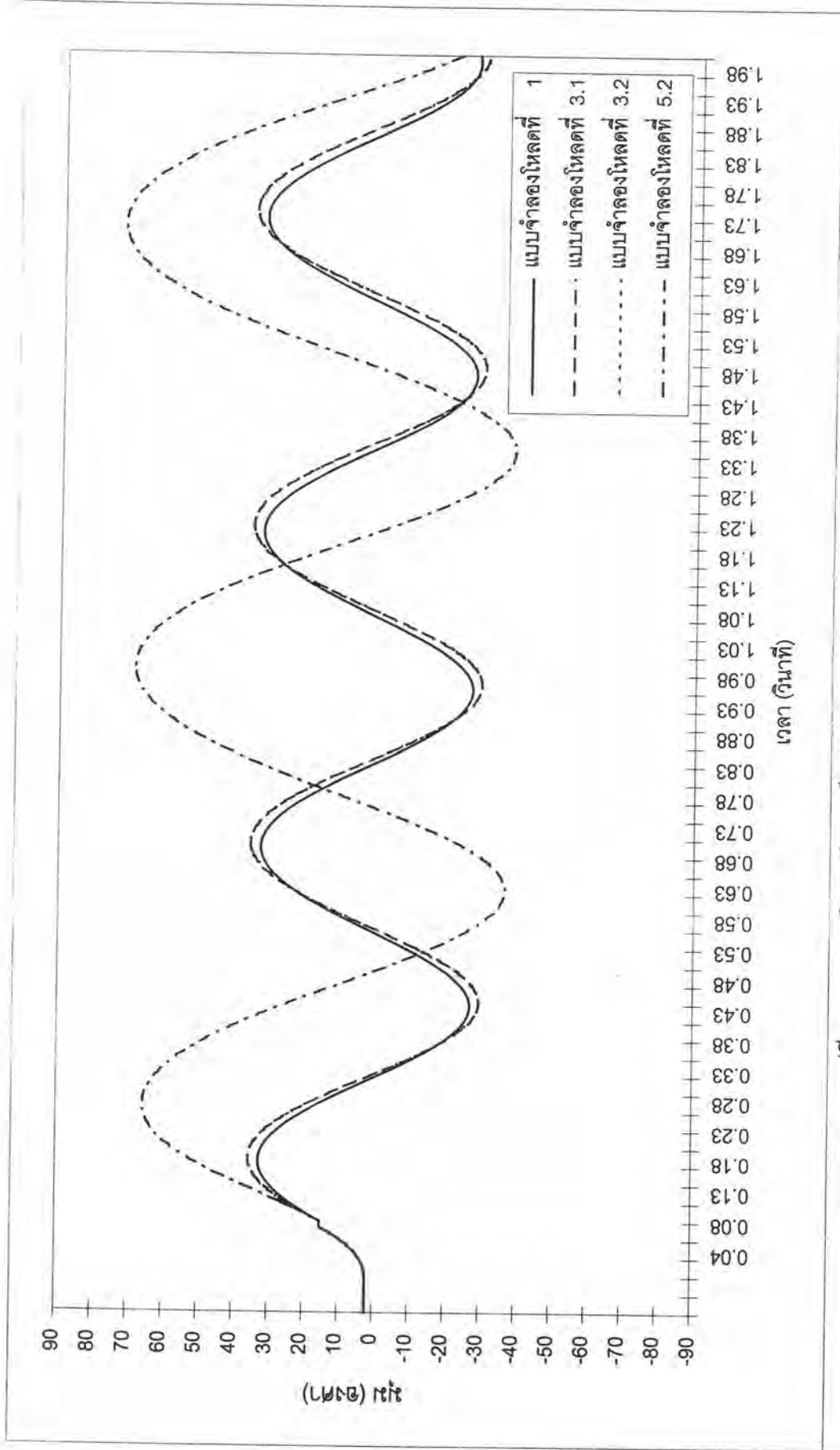
เหตุการณ์รบกวนที่ 2 ที่ใช้ทดสอบกับระบบ 5 บัส สามารถแสดงได้ดังข้อมูลข้างล่างนี้ โดยในการทดสอบจะใช้แบบจำลองโหลดชุดเดียวกับในเหตุการณ์ที่ 1 แทนที่บัสที่ 5

เหตุการณ์ที่ 2 เวลา 0.0 วินาที โกล์บัส 2 เกิดฟอลต์ลงดินผ่านอิมพีแดนซ์  $0.0 - j20.0$   
บนสายส่งระหว่างบัส 2 และ บัส 4  
0.06 วินาที โกล์บัส 2 กำจัดฟอลต์ออกไป  
0.06 วินาที ที่บัส 2 สายส่งระหว่างบัส 2 กับบัส 4 ถูกตัดออกไป

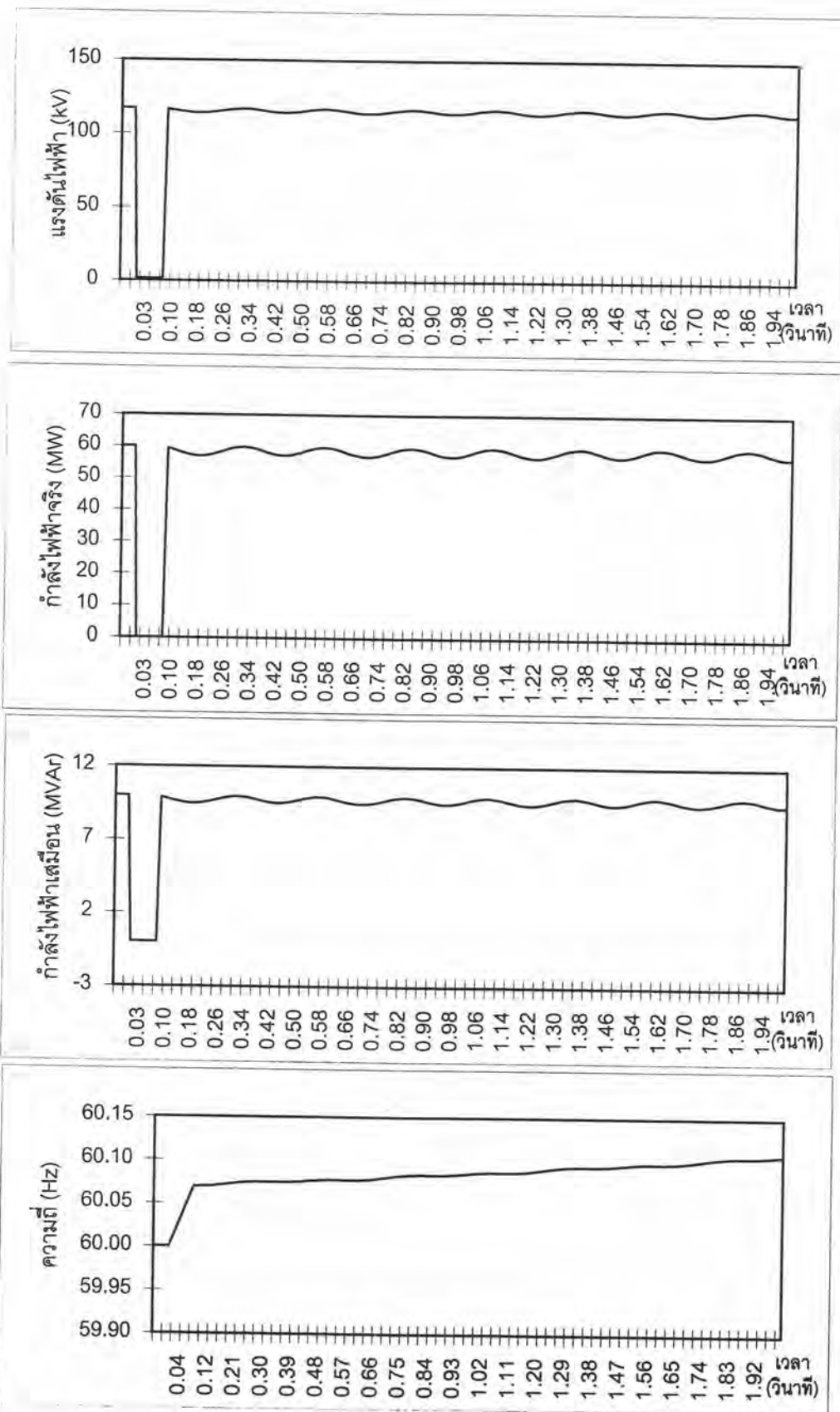
ผลการคำนวณของเหตุการณ์ที่ 2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.20 ถึง 5.25 จากรูป 5.20 จะเห็นได้ว่าหลังจากเกิดการรบกวน แบบจำลองโหลดที่ 1, 3.1 และ 3.2 (รูปที่ 5.22 ถึง 5.24) สามารถกลับเข้าสู่เสถียรภาพได้ โดยระดับแรงดันไฟฟ้าจะตกลงไปเล็กน้อยตามการรบกวนที่เกิดขึ้น ส่วนแบบจำลองโหลดที่ 5.2 (รูปที่ 5.25) ระดับแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ที่ช่วงประมาณ 60 - 70 kV ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำจนถือว่าสูญเสียเสถียรภาพ



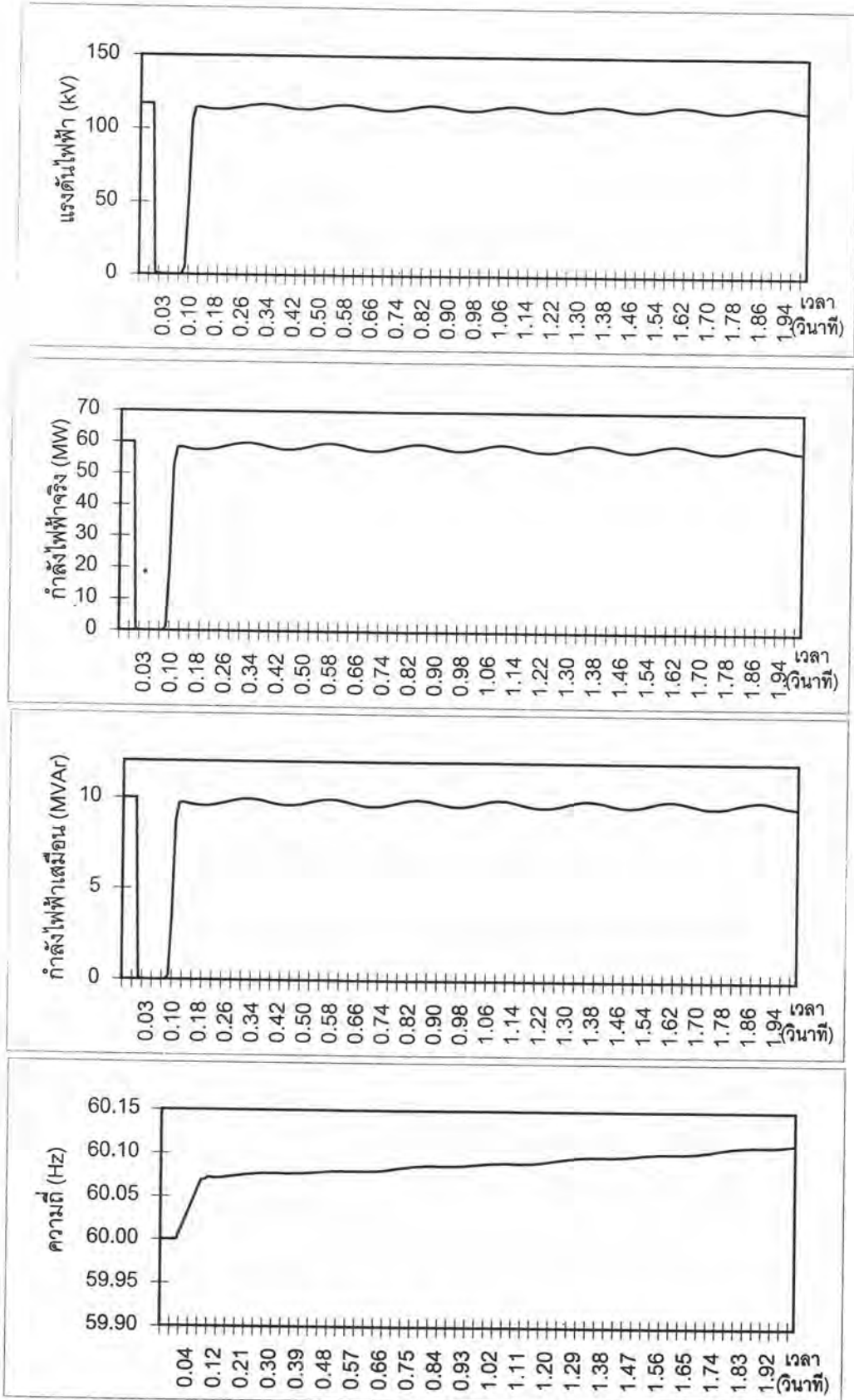
รูปที่ 5.14 แรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองโหลดต่างๆ ของเหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 5 บัส



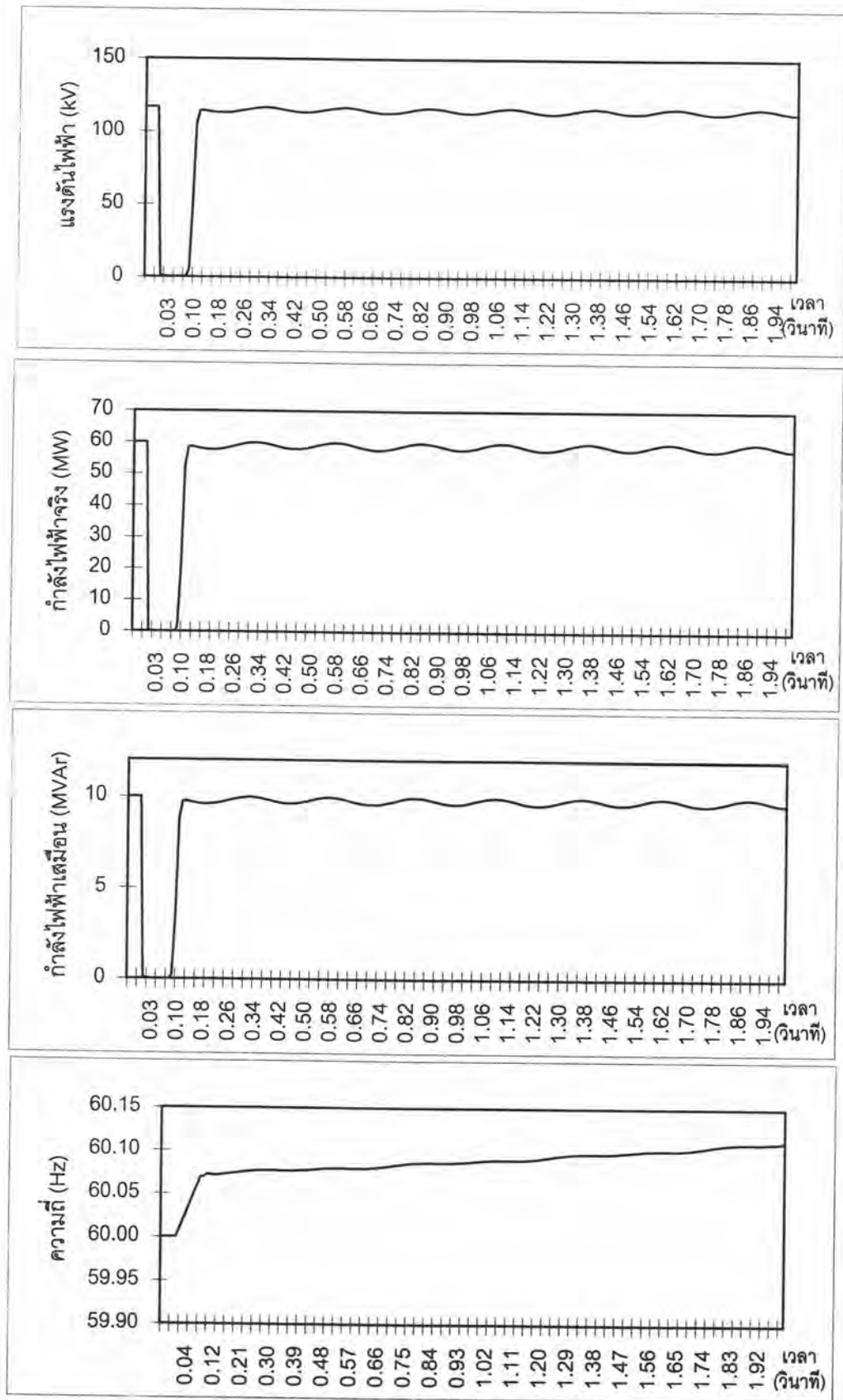
รูปที่ 5.15 มุมของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 5 บัส



รูปที่ 5.16 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 1 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 5 บัส

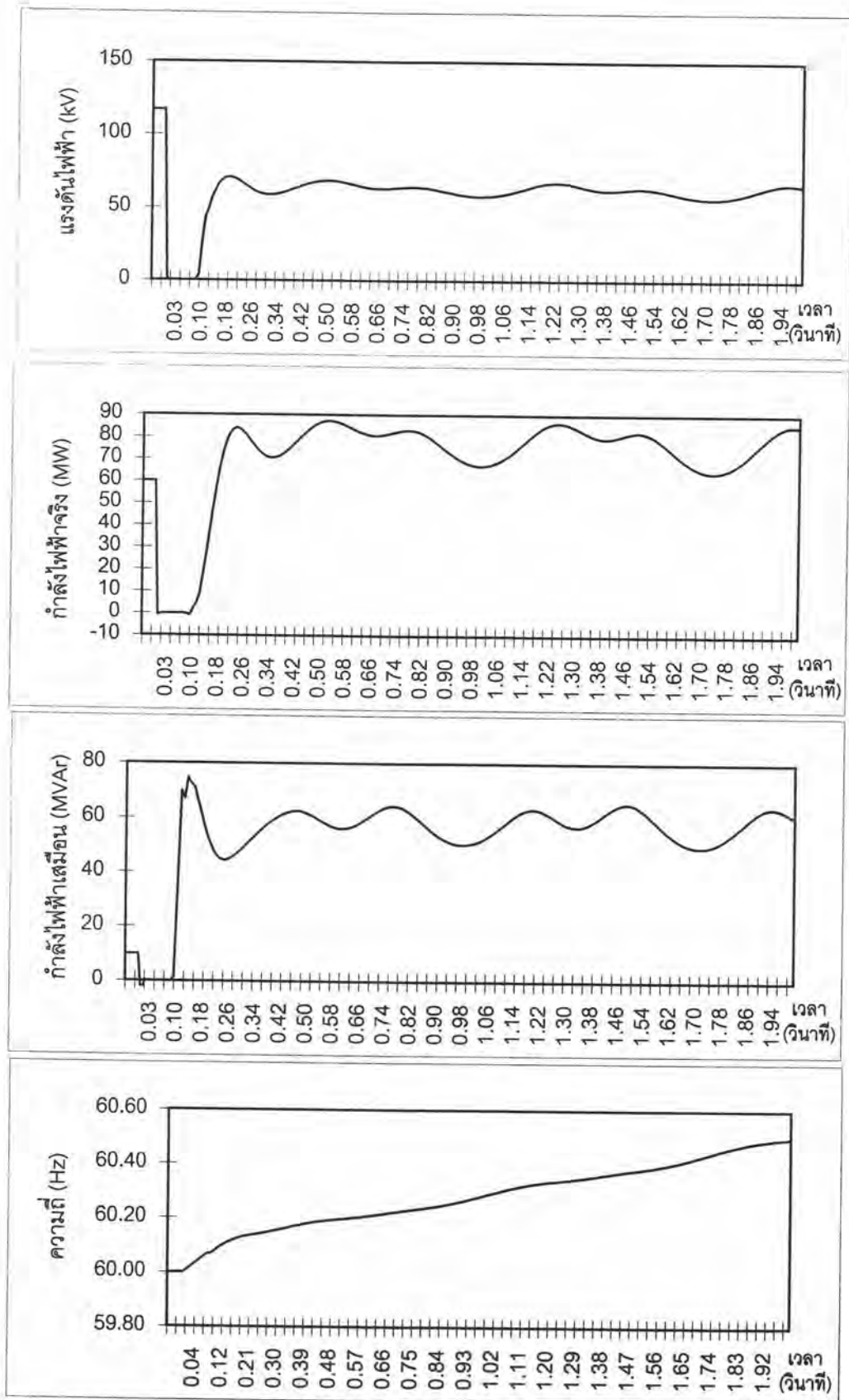


รูปที่ 5.17 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 3.1 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 5 บัส

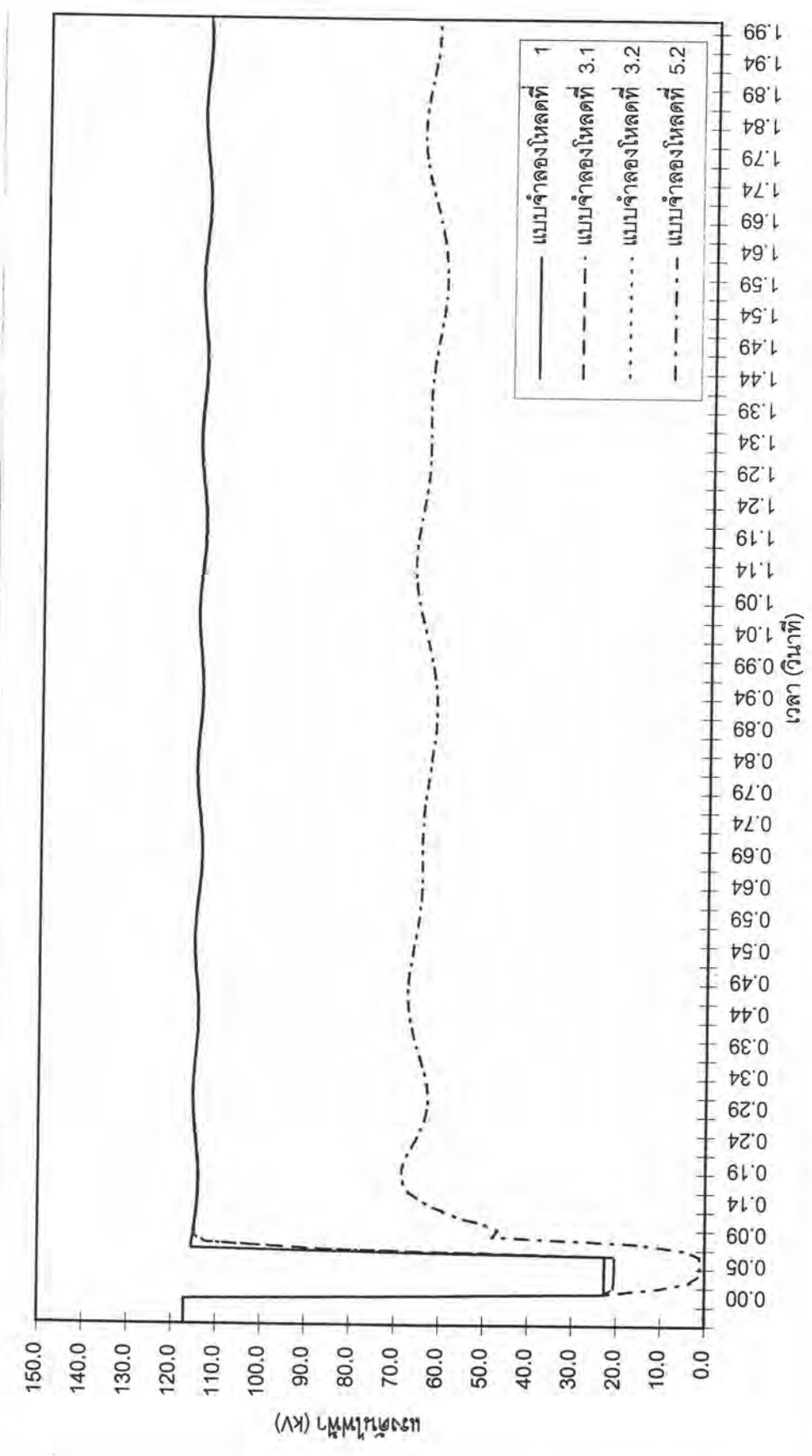


รูปที่ 5.18 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 3.2 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 5 บัส

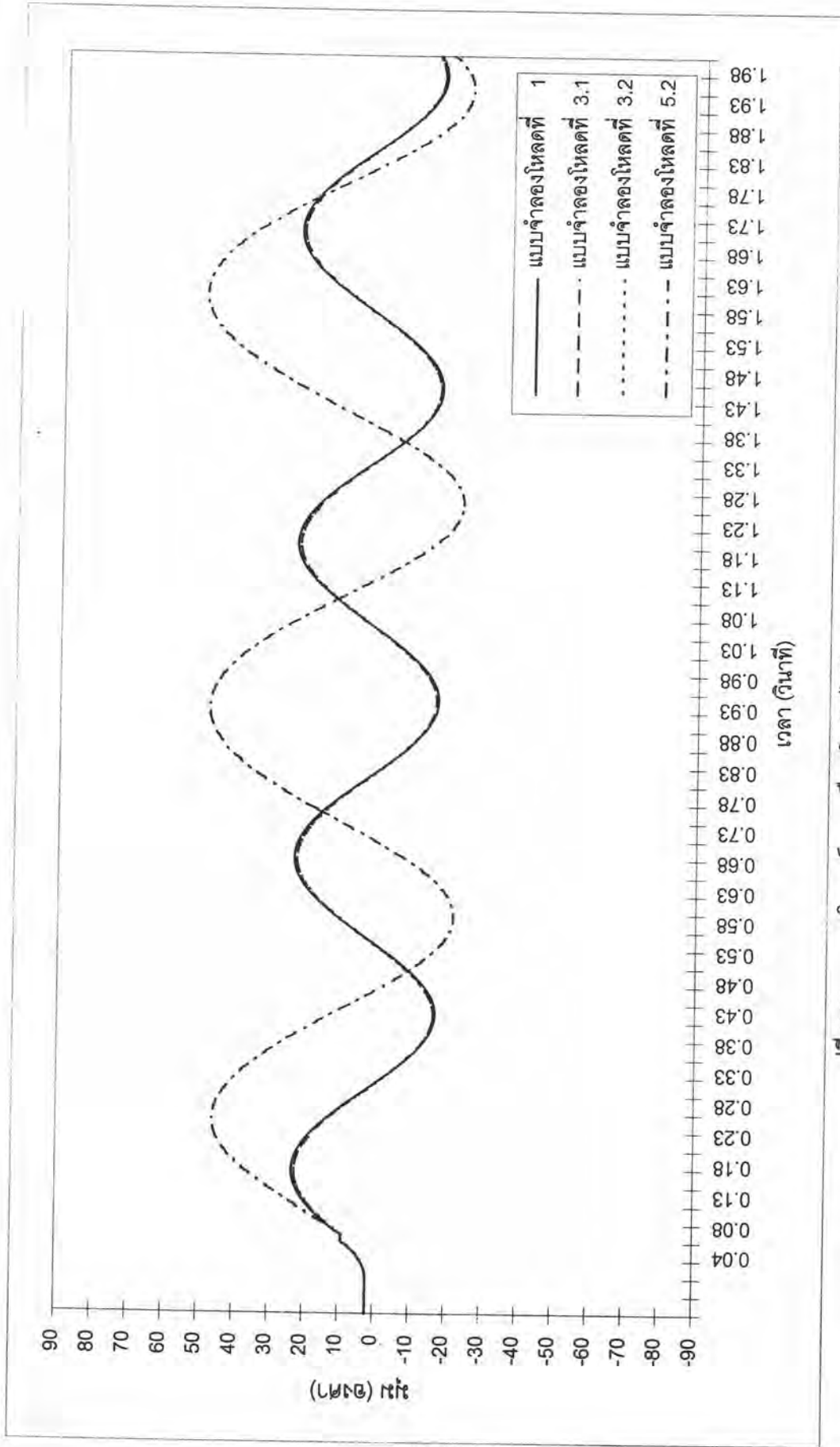




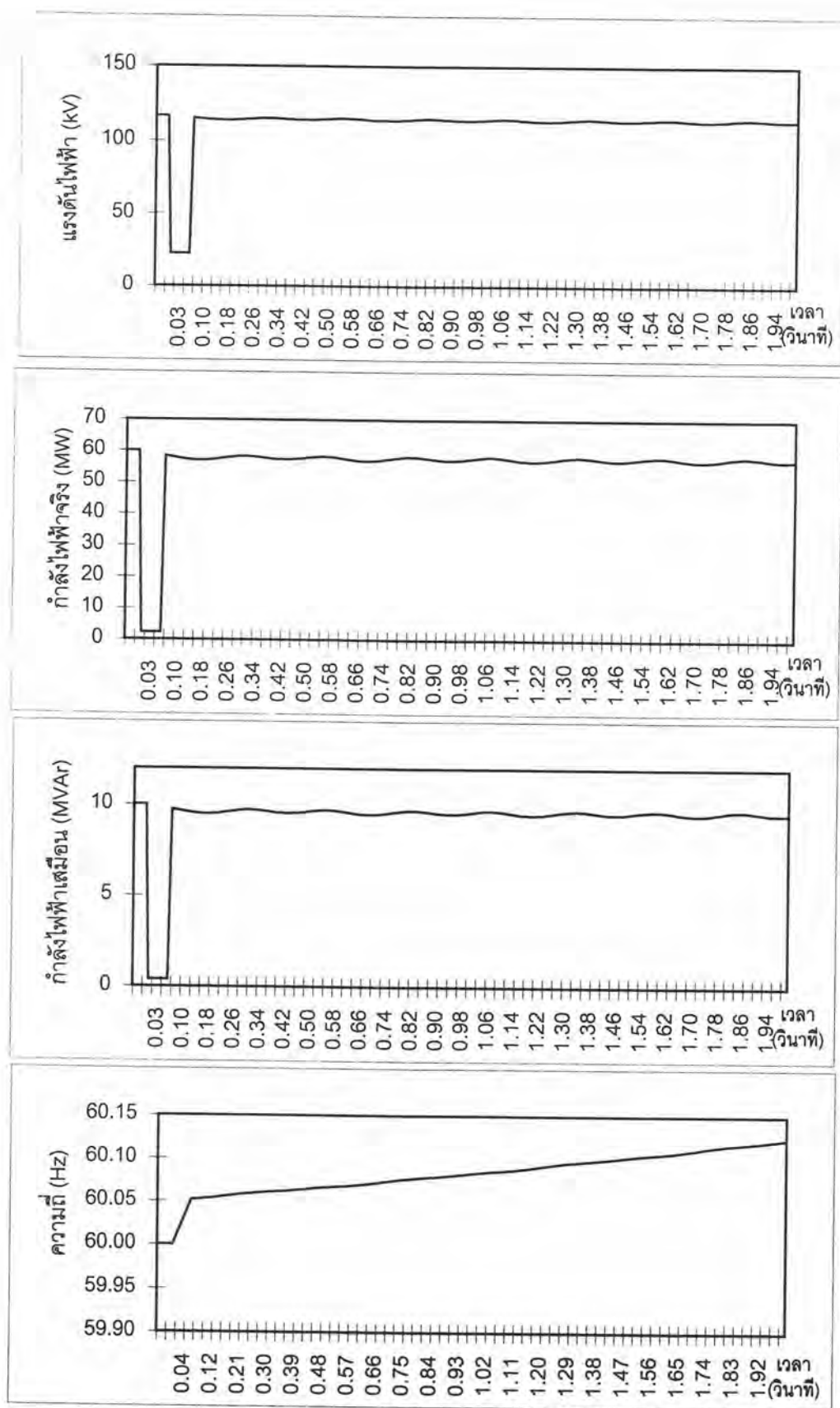
รูปที่ 5.19 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 5.2 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 5 บัส



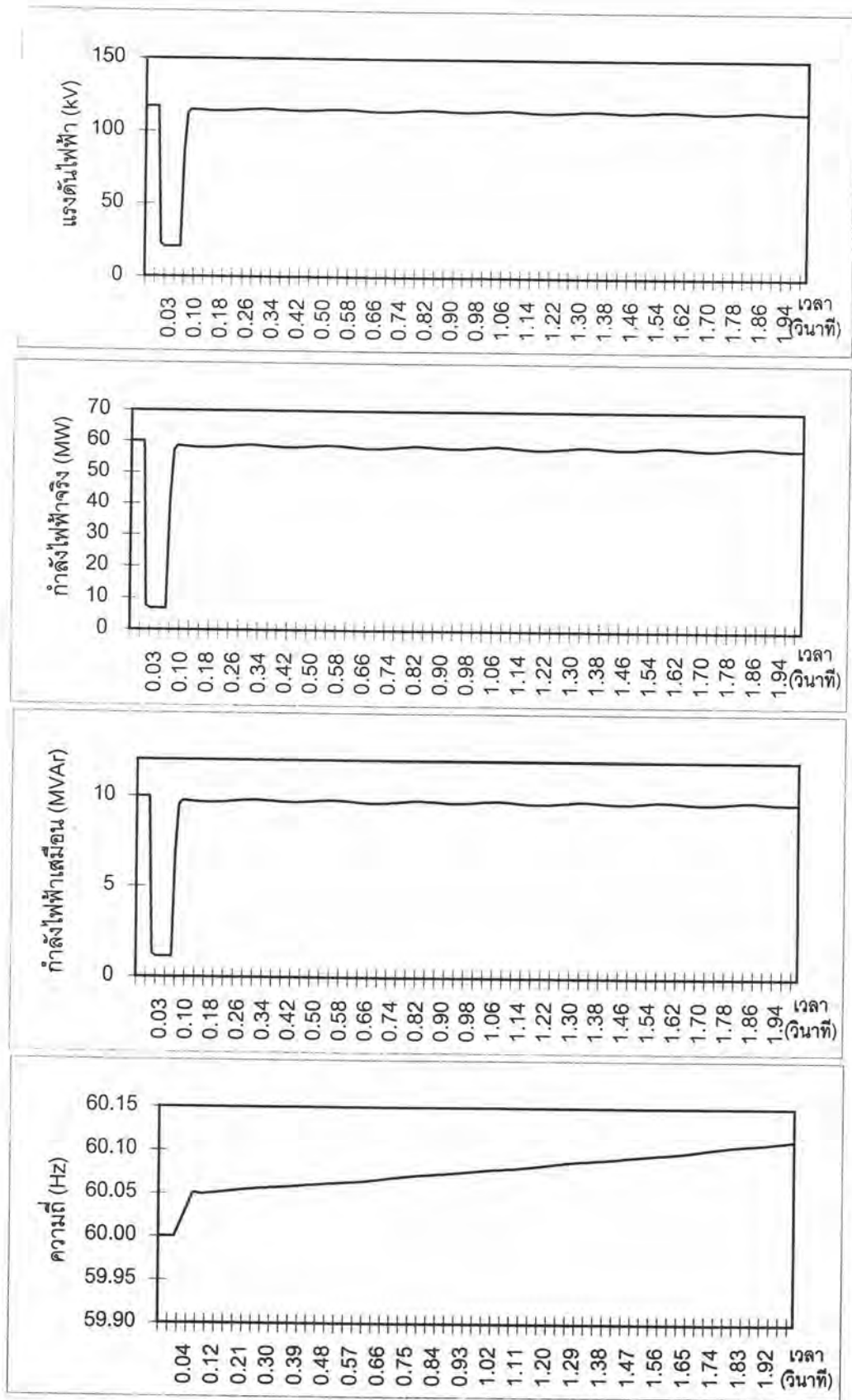
รูปที่ 5.20 แรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองโหลดต่างๆ ของเหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 5 บัด



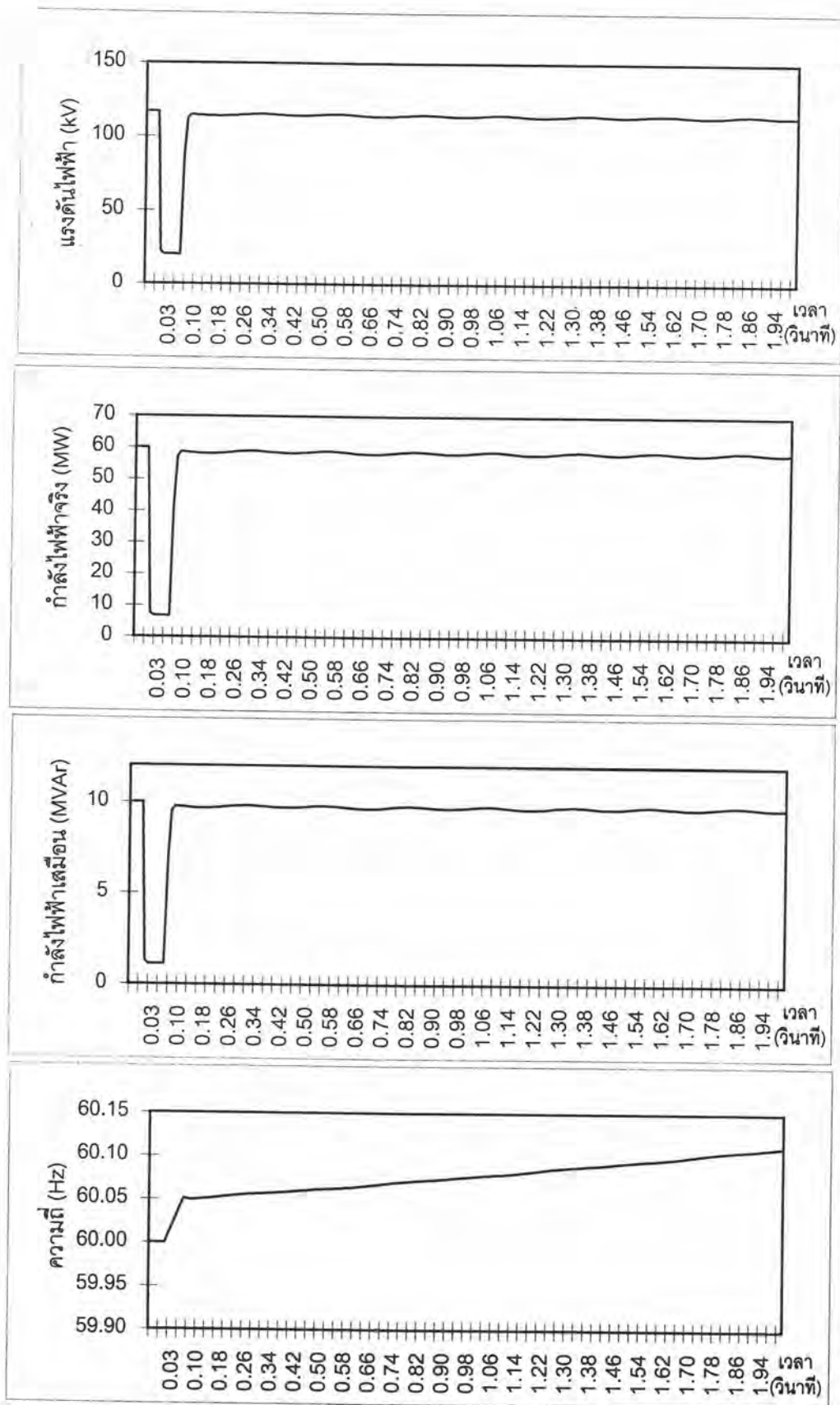
รูปที่ 5.21 มุมของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 5 บัส



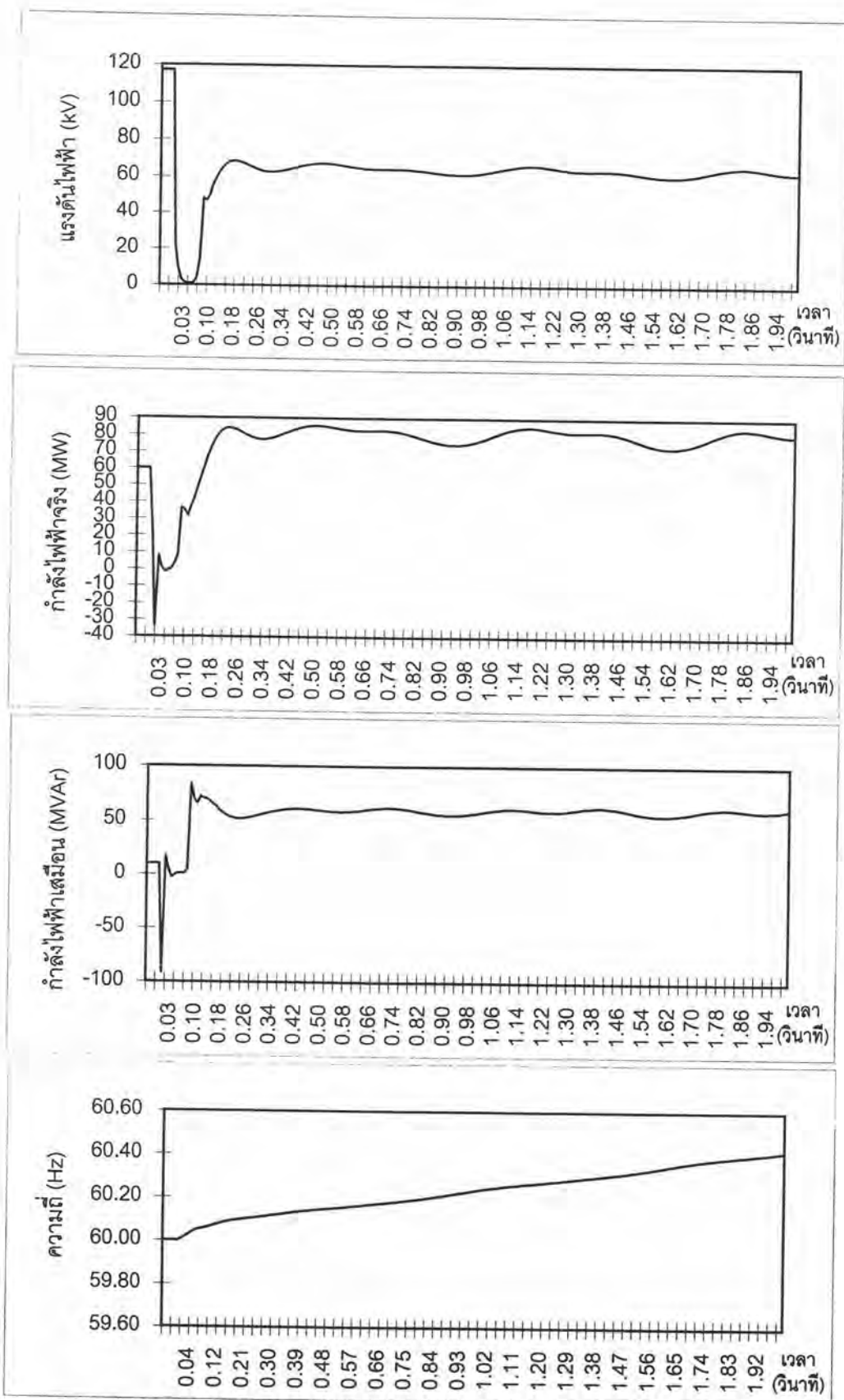
รูปที่ 5.22 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 1 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 5 บัส



รูปที่ 5.23 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 3.1 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 5 บัส



รูปที่ 5.24 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 3.2 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 5 บัส



รูปที่ 5.25 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 5.2 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 5 บัส

### 5.3 ระบบทดสอบขนาด 9 บัส [16]

ระบบทดสอบขนาด 9 บัส แสดงได้ดังรูปที่ 5.26 และข้อมูลต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 5.7 ถึง 5.10 โดยให้แรงดันไฟฟ้าของระบบขนาด 230 kV และกำลังไฟฟ้าของระบบขนาด 100 MVA ความถี่ของระบบอยู่ที่ 60 Hz

ตารางที่ 5.7 ตารางแสดงข้อมูลของสายส่งของระบบทดสอบ

จากบัส - ถึงบัส	ค่าอิมพีแดนซ์ $Z_{pq}$	ค่าไลน์ชาร์จิจริง $y'_{pq}/2$
4 - 5	0.0100 + j0.0850	0.0 + j0.088
4 - 6	0.0170 + j0.0920	0.0 + j0.079
5 - 7	0.0320 + j0.1610	0.0 + j0.153
6 - 9	0.0390 + j0.1700	0.0 + j0.179
7 - 8	0.0085 + j0.0720	0.0 + j0.0745
8 - 9	0.0119 + j0.1008	0.0 + j0.1045

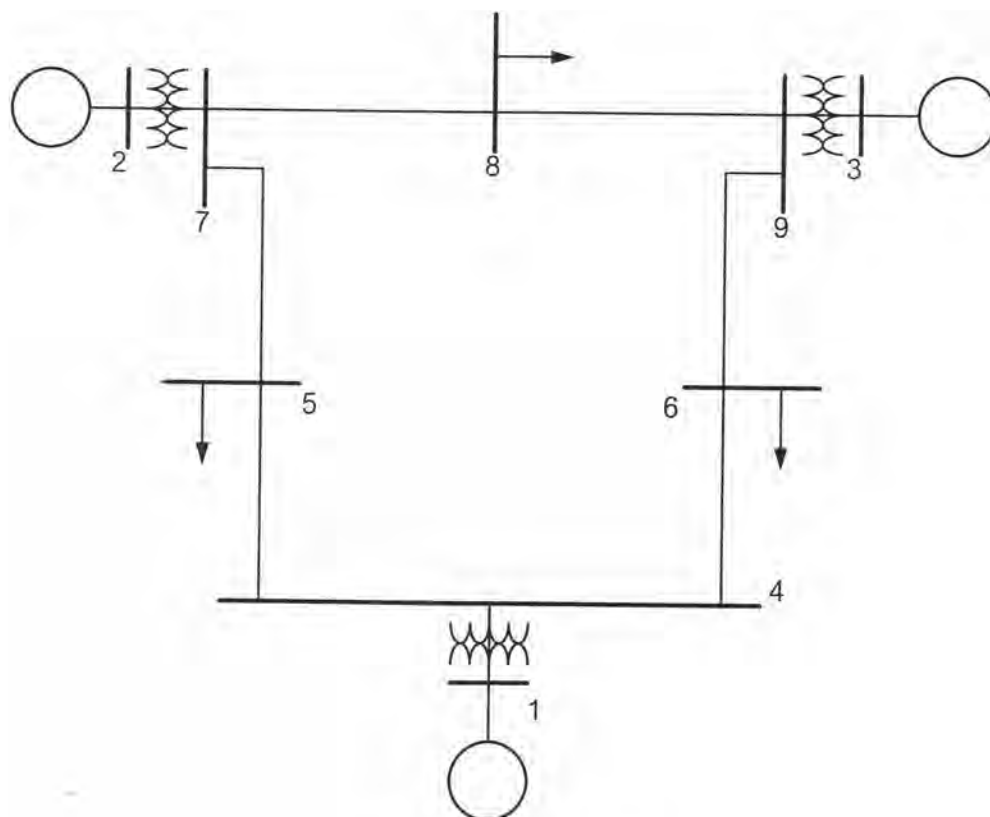
ตารางที่ 5.8 ตารางแสดงข้อมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าของระบบทดสอบ

จากบัส - ถึงบัส	ค่าอิมพีแดนซ์ $Z_{pq}$	อัตราส่วน จำนวนรอบ	มุมมองศา
1 - 4	0.0000 + j0.0576	1.00	0.00
2 - 7	0.0000 + j0.0625	1.00	0.00
3 - 9	0.0000 + j0.0586	1.00	0.00

ตารางที่ 5.9 ตารางแสดงข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิด ไฟฟ้า	ค่าคงที่ความเฉื่อย $H$	ความต้านทาน $r_a$	ค่ารีแอกแตนซ์ $x'_d$
1	23.64	0.00	0.0608
2	6.40	0.00	0.1198
3	3.01	0.00	0.1813





รูปที่ 5.26 ระบบทดสอบขนาด 9 บัส

ตารางที่ 5.10 ตารางแสดงแรงดันและกำลังไฟฟ้าของแต่ละบัส

บัส	แรงดันไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าที่ผลิต		กำลังไฟฟ้าโหลด	
		MW	MVA <sub>r</sub>	MW	MVA <sub>r</sub>
1	$1.0400 + j0.0000$	71.64	27.02	0.0	0.0
2	$1.0115 + j0.1656$	163.0	6.7	0.0	0.0
3	$1.0215 + j0.0839$	85.0	-10.9	0.0	0.0
4	$1.0252 - j0.0393$	0.0	0.0	0.0	0.0
5	$0.9935 - j0.0694$	0.0	0.0	125.0	50.0
6	$1.0108 - j0.0653$	0.0	0.0	90.0	30.0
7	$1.0238 + j0.0662$	0.0	0.0	0.0	0.0
8	$1.0159 + j0.0124$	0.0	0.0	100.0	35.0
9	$1.0313 + j0.0360$	0.0	0.0	0.0	0.0

เหตุการณ์รบกวนที่สมมติขึ้นมามี 3 แบบ ดังนี้

เหตุการณ์ที่ 1 เวลา 0.0 วินาที ที่บัส 9 เกิดพอลต์ลงดินทั้ง 3 เฟส  
0.08 วินาที ที่บัส 9 กำจัดพอลต์ออกไป

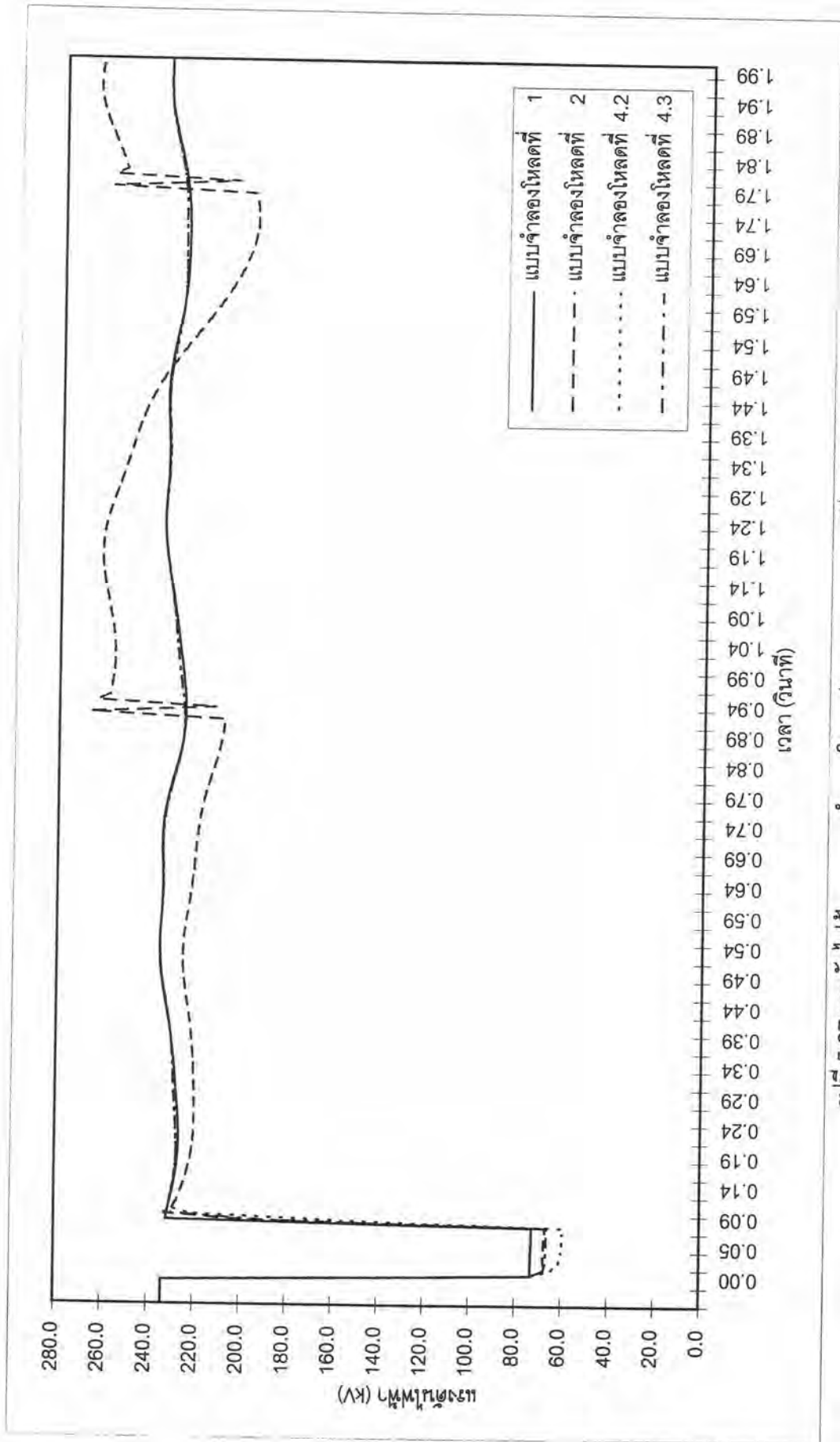
ระบบ 9 บัสที่ใช้มีโหลดอยู่ที่บัส 5 , 6 และ 8 โดยบัส 5 , 6 จะใช้แบบจำลองโหลดเป็นแบบอิมพีแดนซ์คงที่ ส่วนบัส 8 จะทดสอบโดยแบบจำลองโหลดต่างๆ กันสามารถแสดงได้ดังนี้

แบบจำลองโหลดที่ 1 , 2 , 4.2 , 4.3

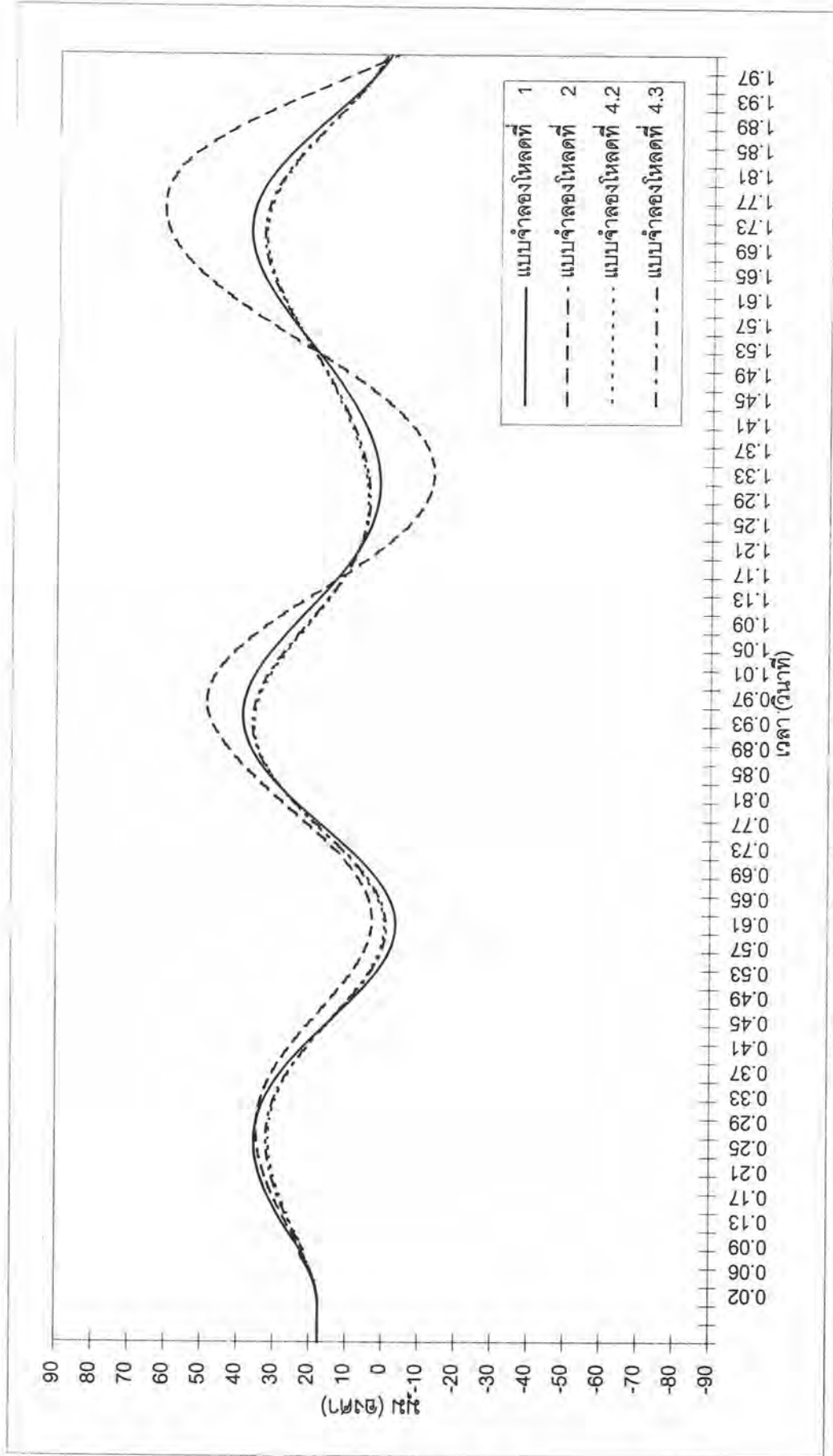
ผลการคำนวณของเหตุการณ์ที่ 1 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.27 ถึง 5.32 จากรูปที่ 5.27 หลังจากเกิดเหตุการณ์รบกวนในระบบ แบบจำลองโหลดที่ 1,4.2 และ 4.3 (รูปที่ 5.29,5.31 และ 5.32) สามารถกลับเข้าสู่เสถียรภาพได้ แต่เมื่อใช้แบบจำลองโหลดที่ 2 (รูปที่ 5.30) ระบบจะไม่สามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้ ส่วนเหตุการณ์รบกวนที่ 2 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้ โดยที่แบบจำลองโหลดจะใช้แบบเดียวกับเหตุการณ์ที่ 1

เหตุการณ์ที่ 2 เวลา 0.0 วินาที โกล้บัส 7 เกิดพอลต์ลงดินทั้ง 3 เฟสบนสายส่งระหว่างบัส 5 กับบัส 7  
0.08 วินาที โกล้บัส 7 กำจัดพอลต์ออกไป  
0.08 วินาที ที่บัส 7 สายส่งระหว่างบัส 5 กับบัส 7 ถูกตัดออกไป

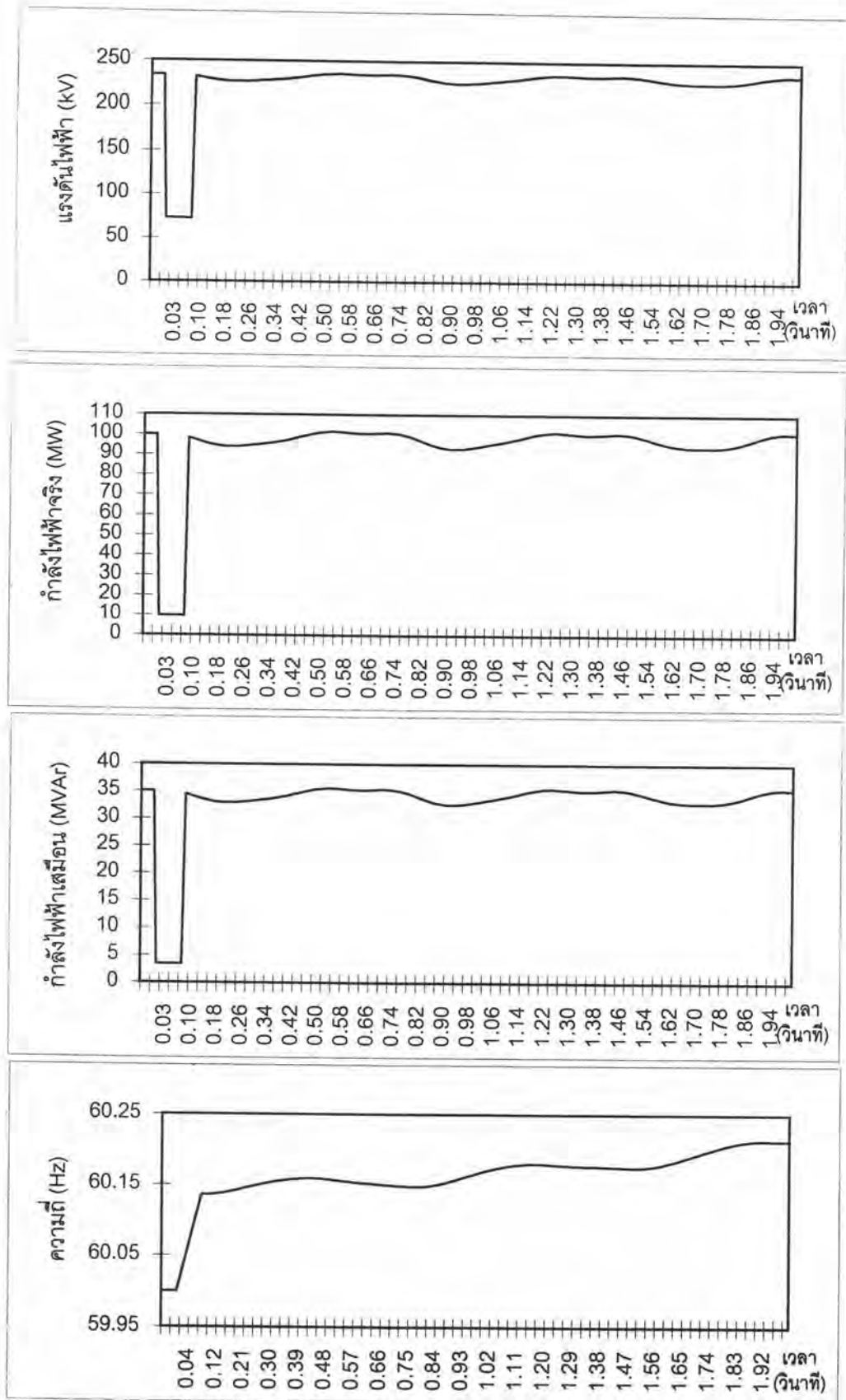
เหตุการณ์รบกวนที่ 2 สามารถแสดงผลการคำนวณได้ดังรูป 5.33 ถึง 5.38 โดยรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองโหลดสามารถแสดงได้ดังรูป 5.35 ถึง 5.38 ในรูปที่ 5.33 จะเห็นว่า เมื่อใช้แบบจำลองโหลดที่ 2 (รูป 5.36) ระบบจะไม่มีเสถียรภาพ แต่เมื่อใช้แบบจำลองโหลดที่ 1.4.2 และ 4.3 (รูป 5.35,5.37 และ 5.38) ระบบจะมีเสถียรภาพ



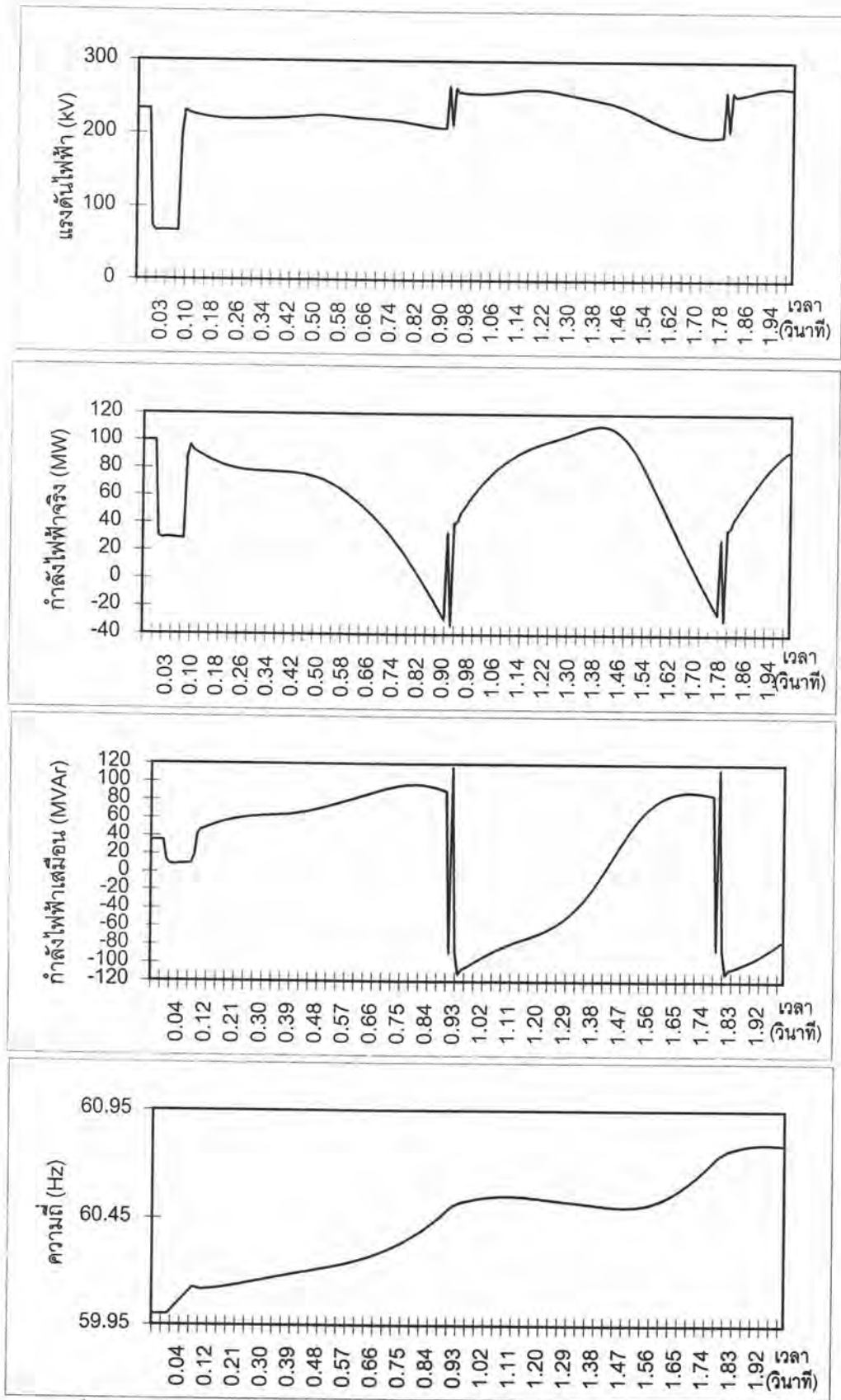
รูปที่ 5.27 แรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองโหลดต่างๆ ของเหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 9 บัส



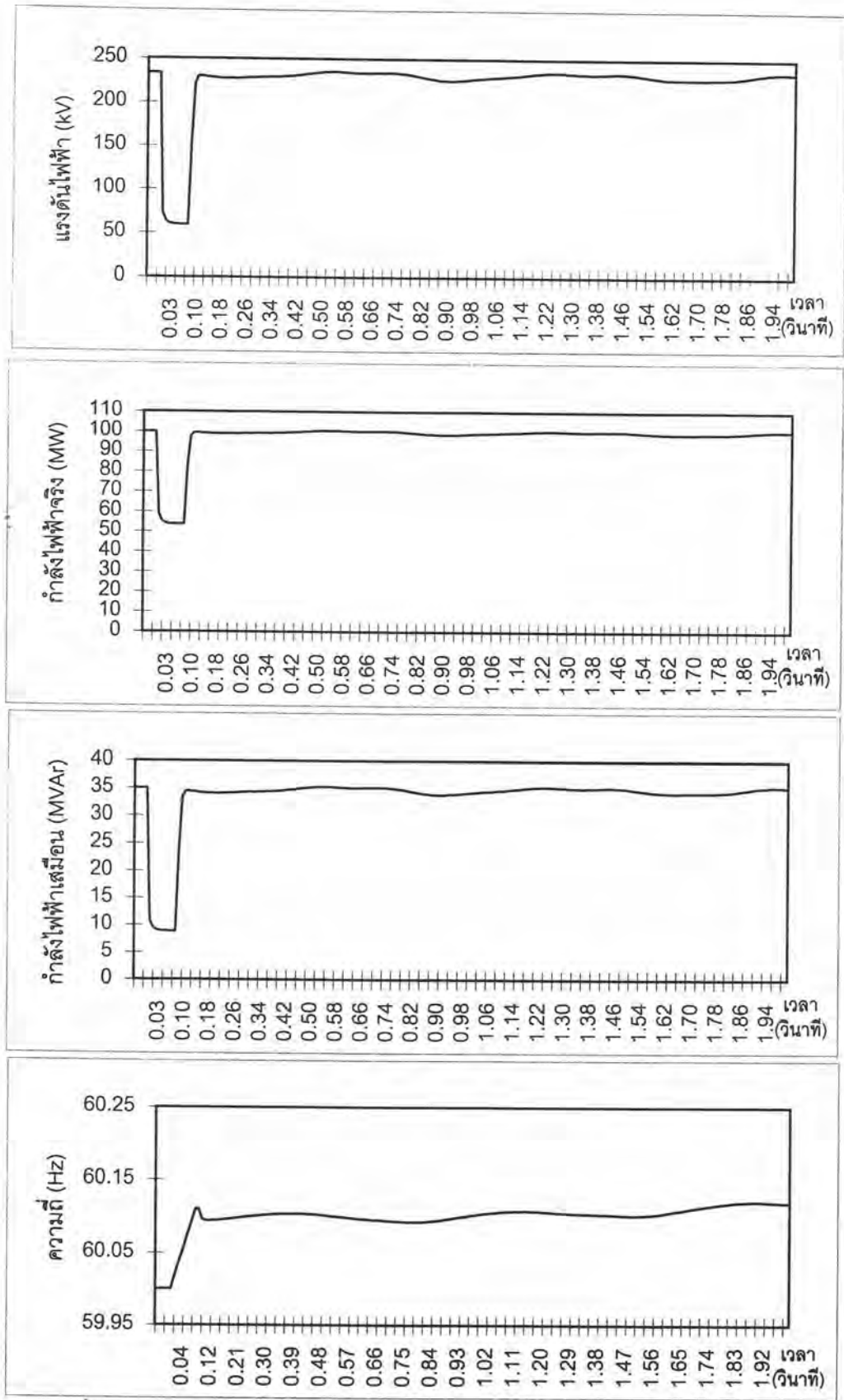
รูปที่ 5.28 มุมของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 9 บัด



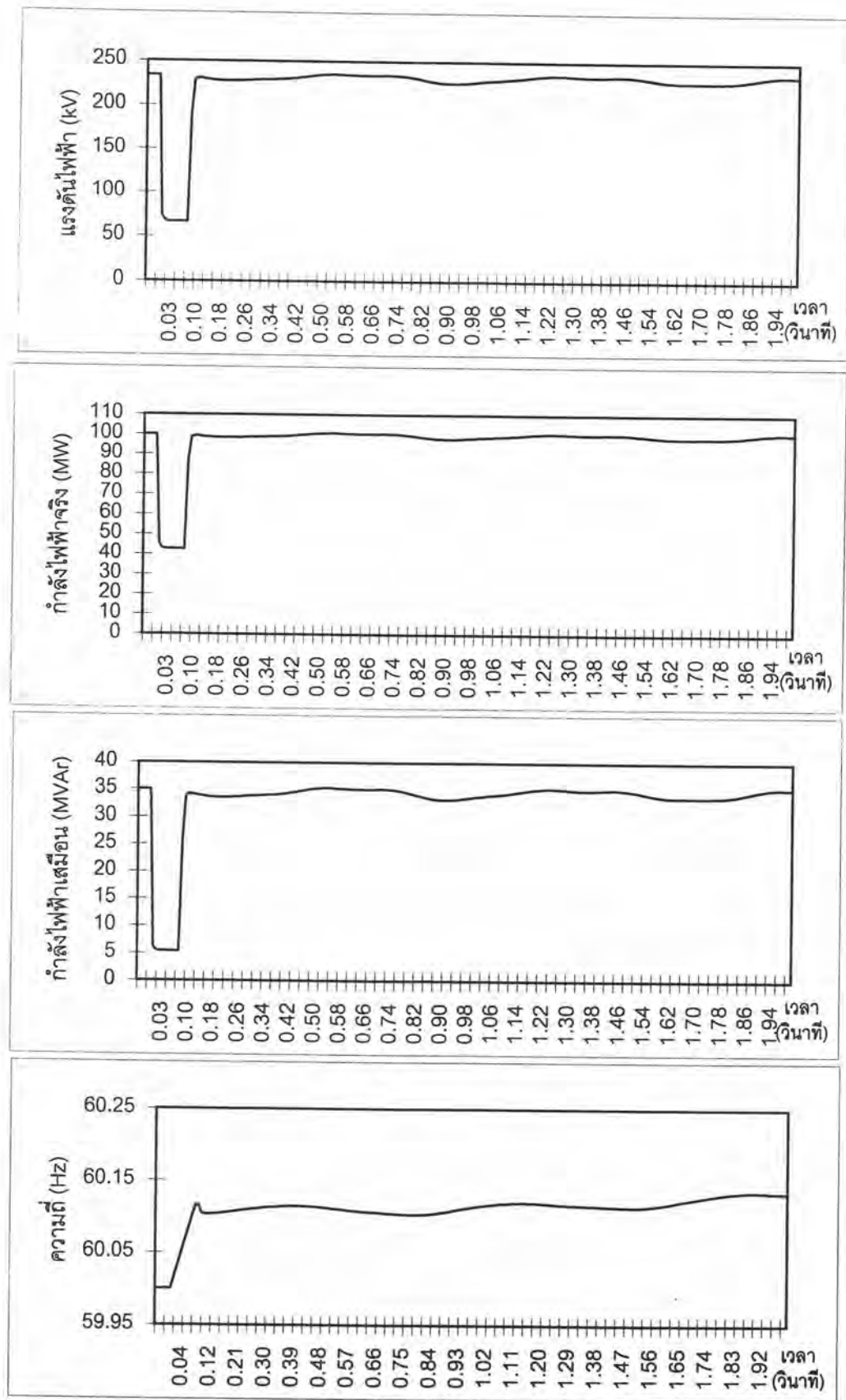
รูปที่ 5.29 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 1 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 9 บัส



รูปที่ 5.30 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 2 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 9 บัส

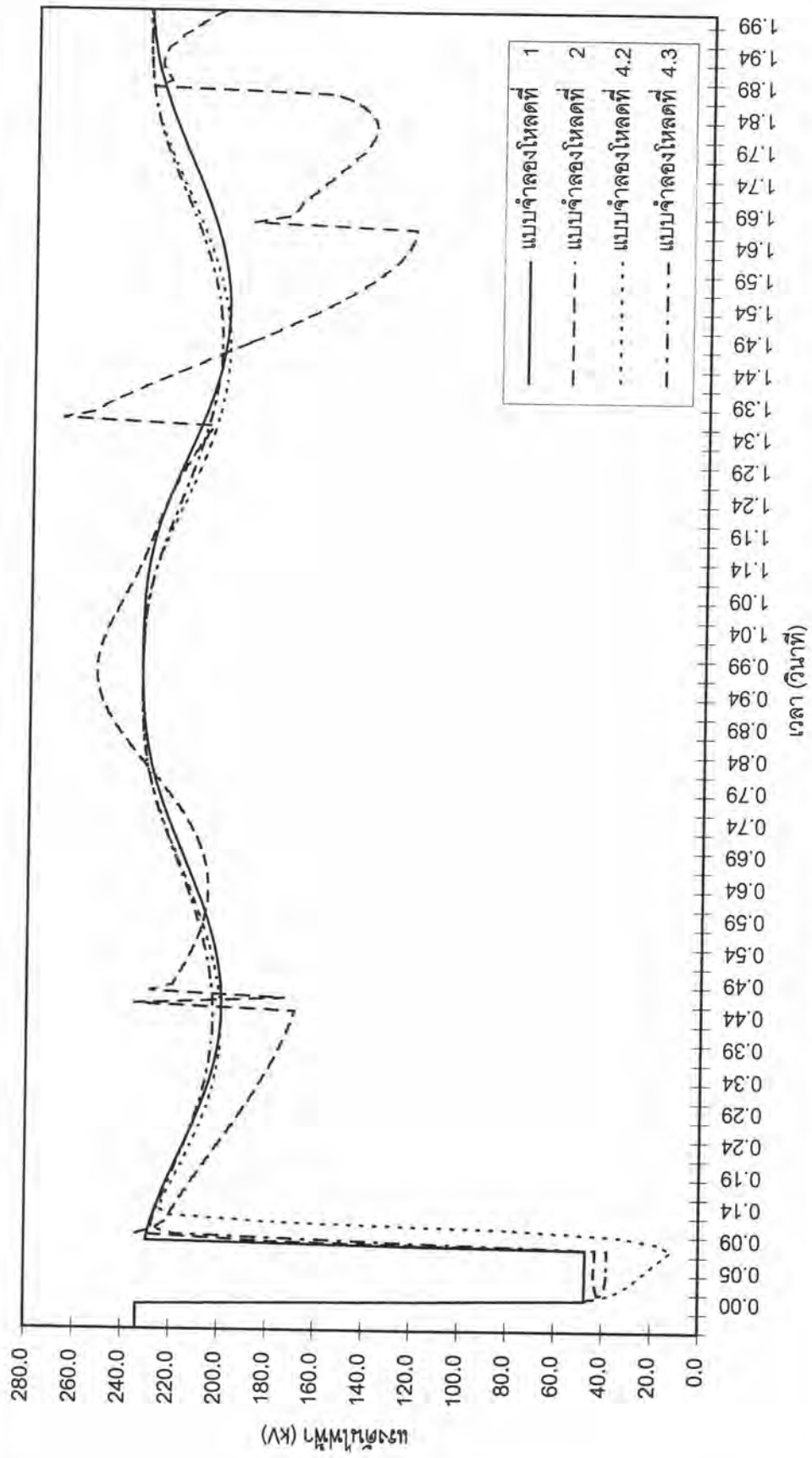


รูปที่ 5.31 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.2 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 9 บัส

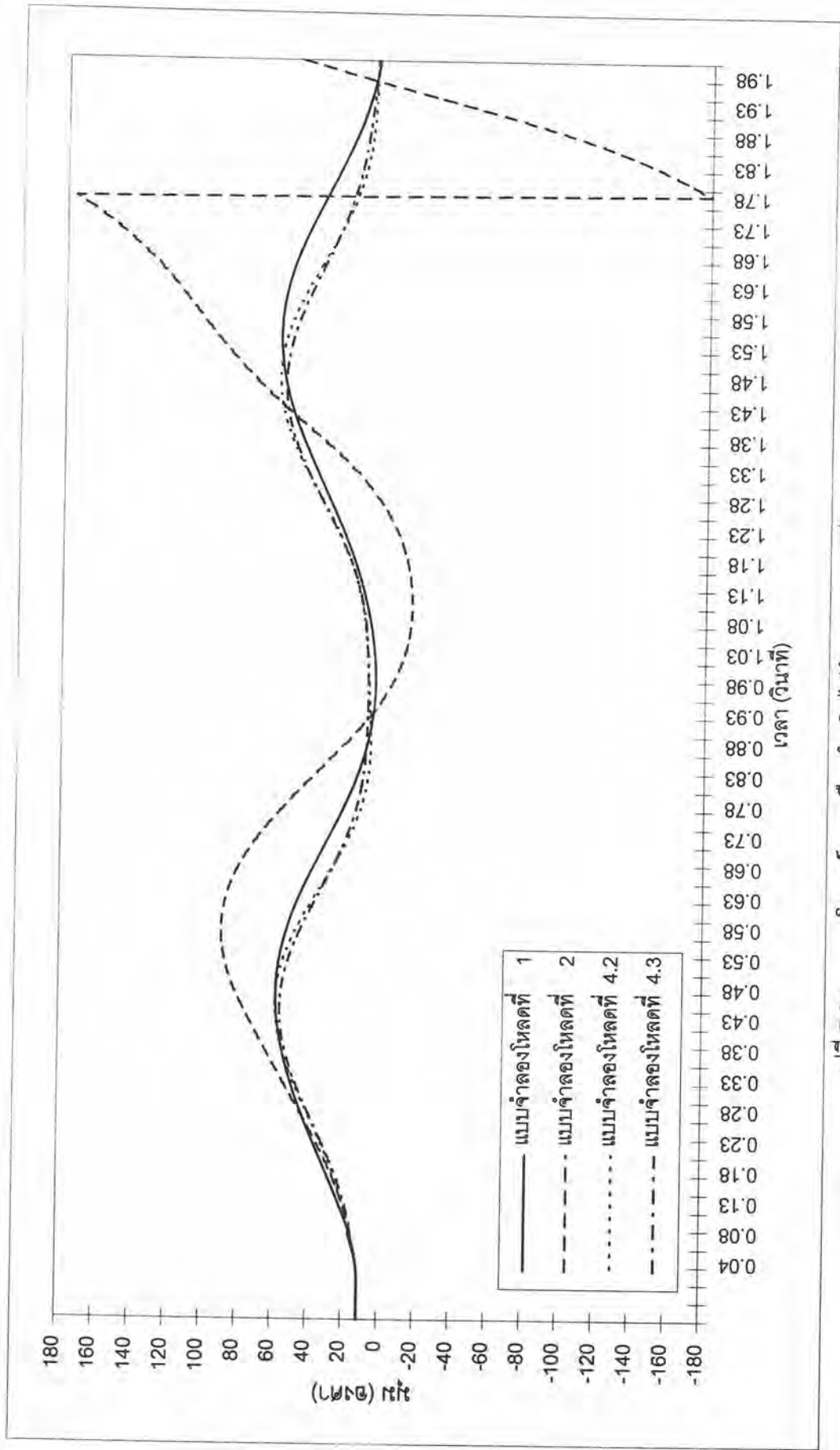


รูปที่ 5.32 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.3 เหตุการณ์ที่ 1 ระบบ 9 บัส

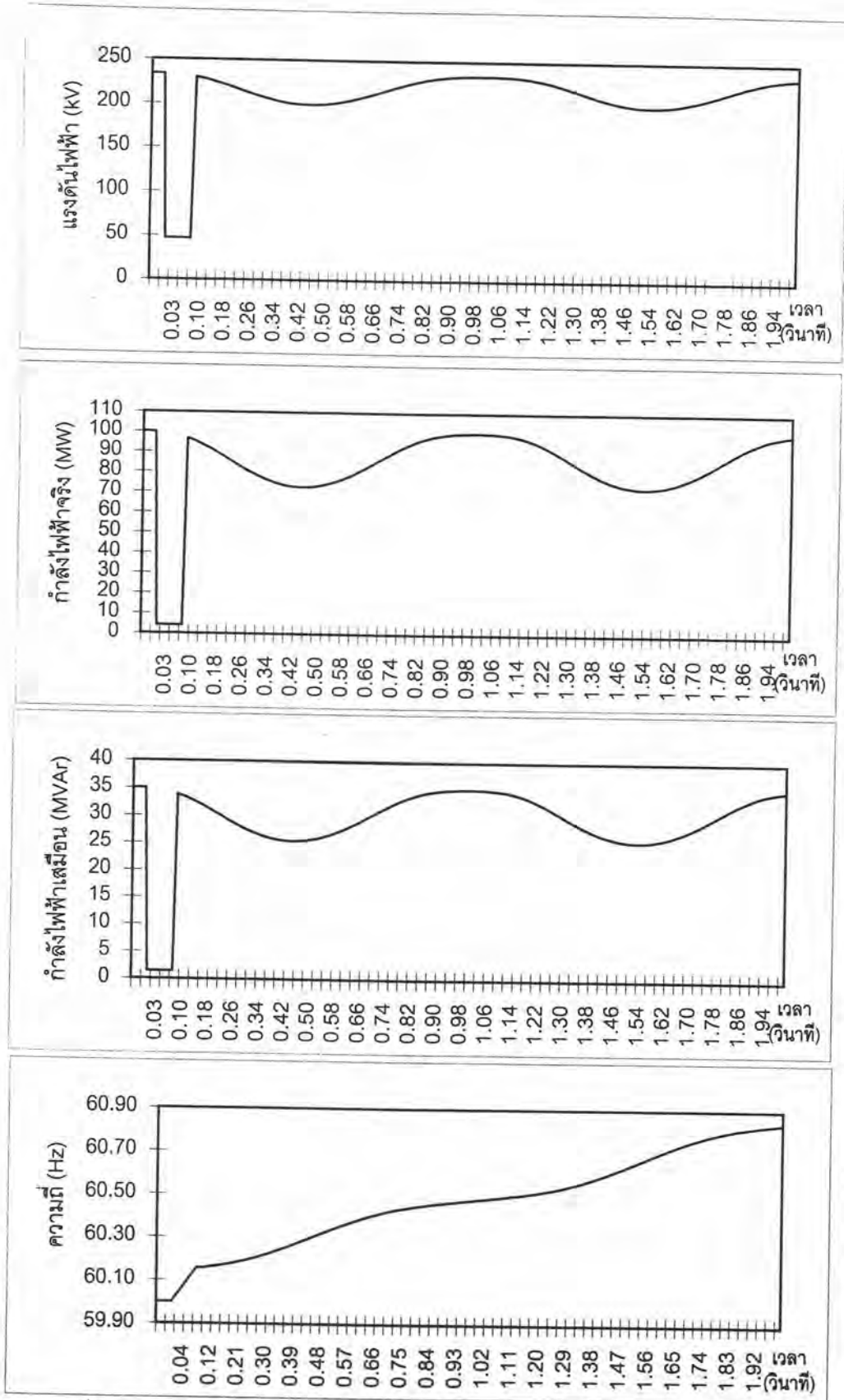




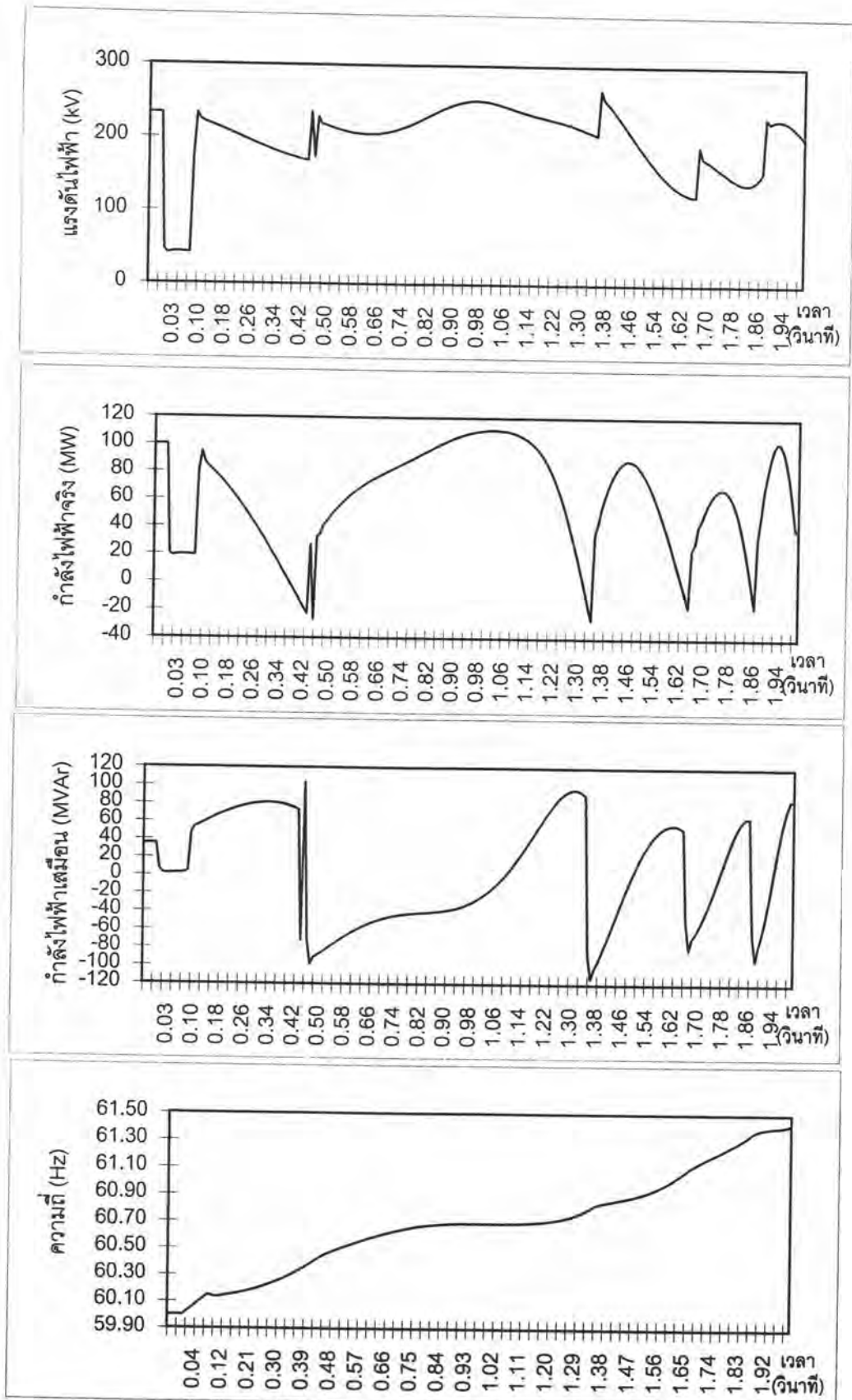
รูปที่ 5.33 แรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองโผลดต่างๆ ของเหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 9 บัส



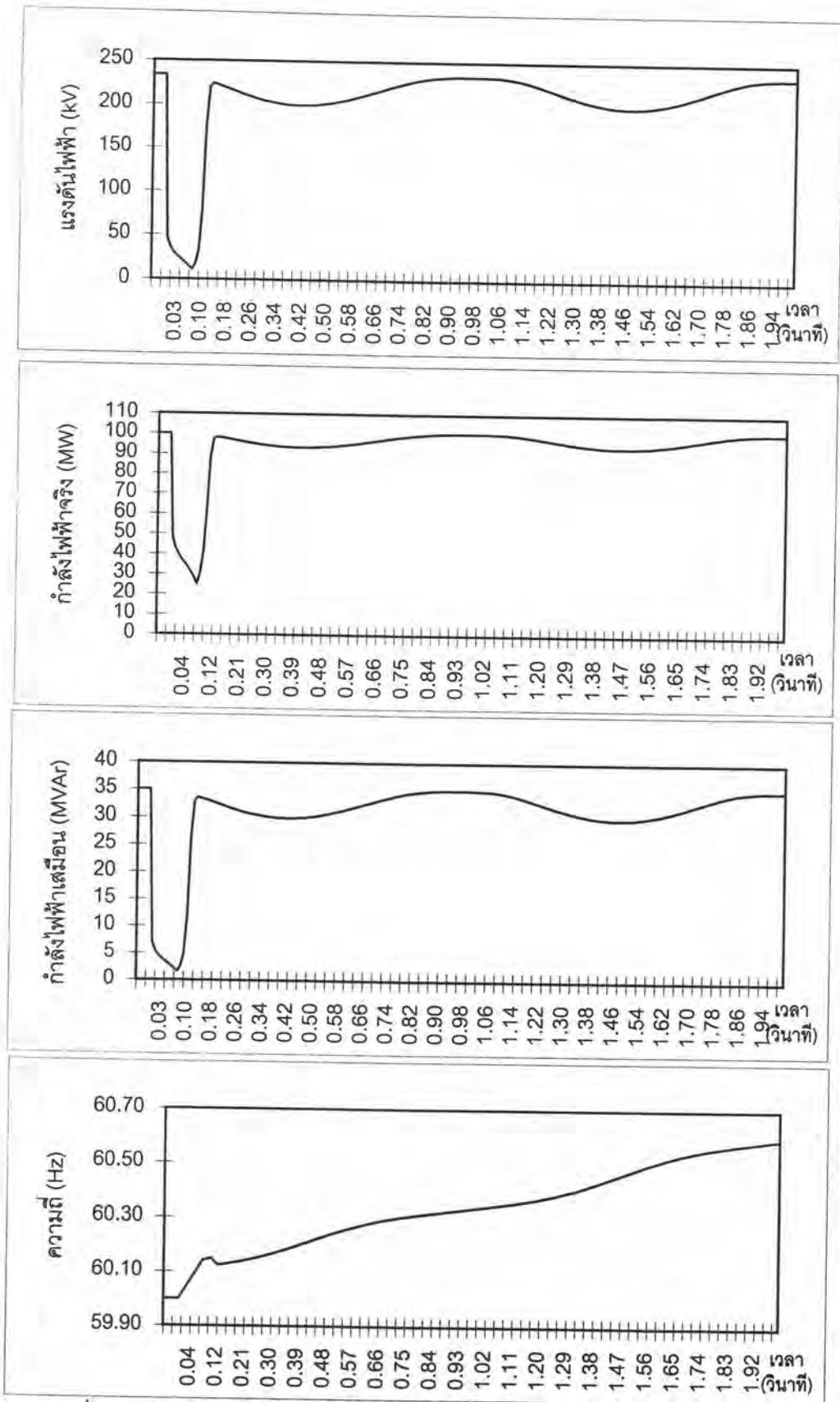
รูปที่ 5.34 มุมของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 9 บัส



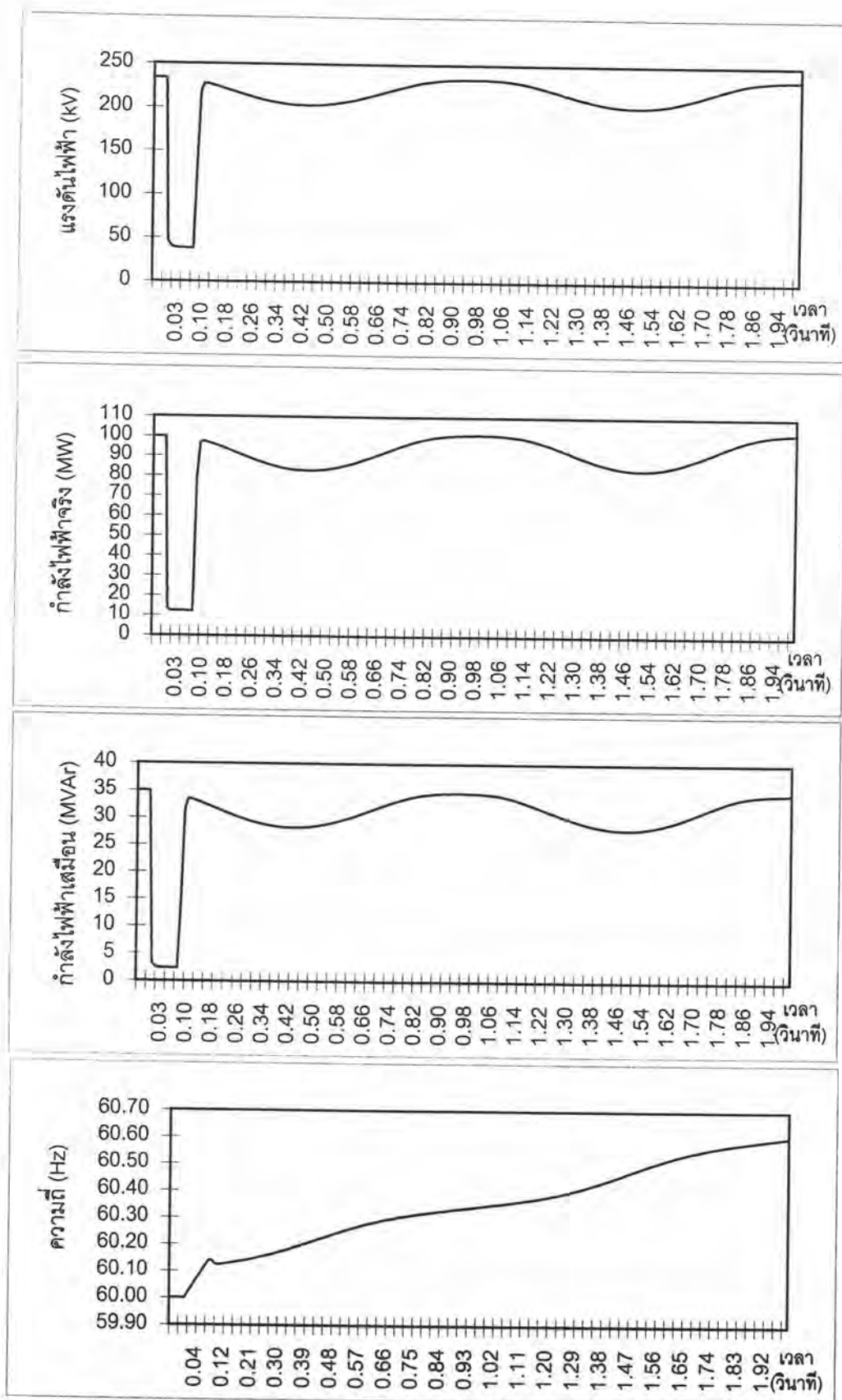
รูปที่ 5.35 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 1 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 9 บัส



รูปที่ 5.36 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 2 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 9 บัส



รูปที่ 5.37 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.2 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 9 บัส



รูปที่ 5.38 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.3 เหตุการณ์ที่ 2 ระบบ 9 บัส

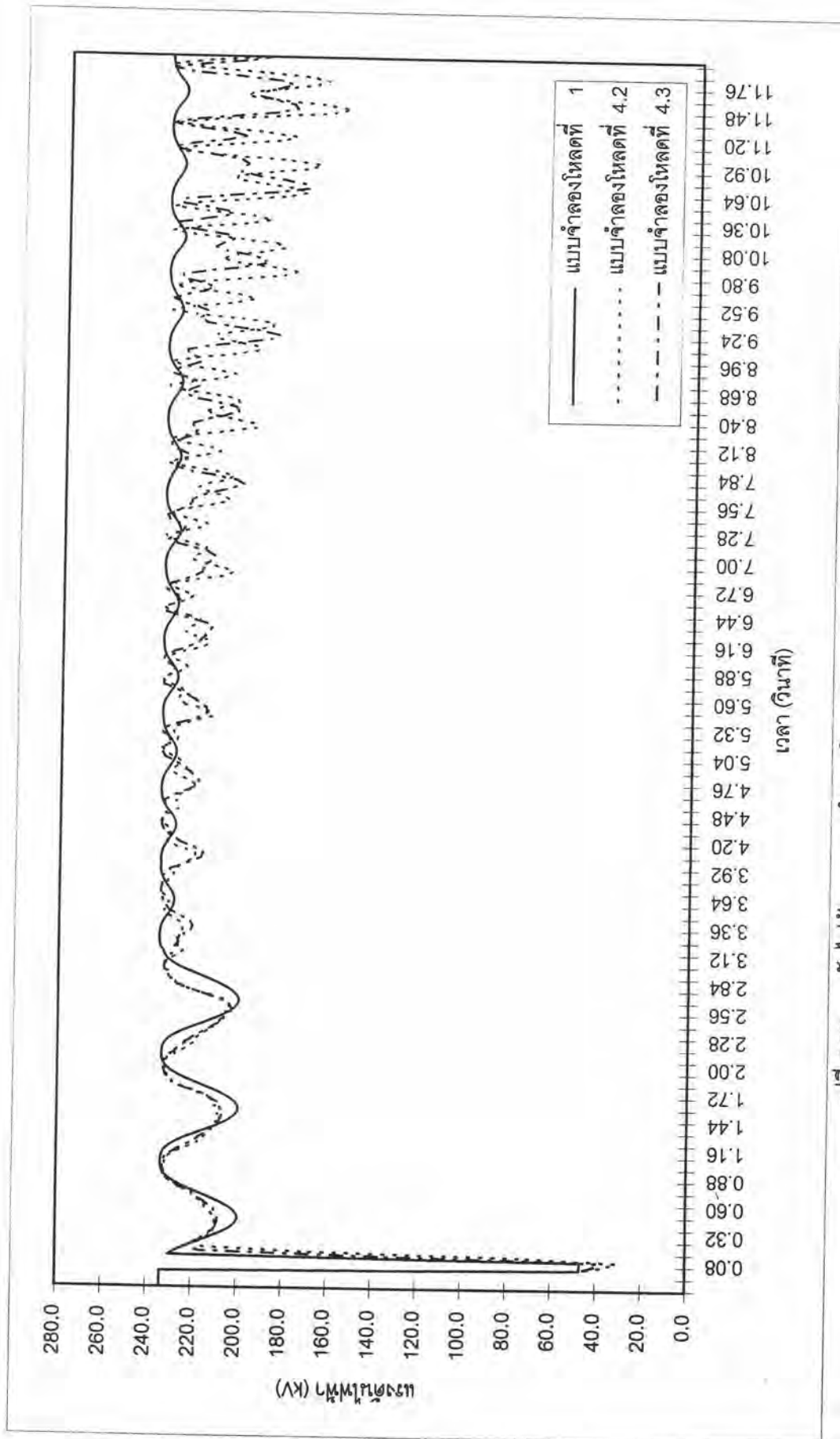
เหตุการณ์รอบกวนที่ 3 ที่ใช้กับระบบ 9 บัส จะคล้ายกับเหตุการณ์รอบกวนที่ 2 โดยทดลองต่อสายส่งระหว่างบัส 5 กับบัส 7 กลับเข้ามาที่เวลา 3.12 วินาที เพื่อดูผลของการเปลี่ยนแปลง เวลาในการศึกษาที่ใช้จะเพิ่มขึ้นเป็น 12 วินาที แบบจำลองโหลดที่ใช้จะยังคงใช้แบบจำลองโหลดเดิมเช่นเดียวกับเหตุการณ์รอบกวนที่ 1 และ 2 แต่เนื่องจากแบบจำลองโหลดที่ 2 ในเหตุการณ์รอบกวนที่ 2 ทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพไปก่อนจะถึงเวลา 3.12 วินาที ดังนั้นในเหตุการณ์รอบกวนที่ 3 จึงตัดแบบจำลองโหลดนี้ออกไป โดยรายละเอียดต่างๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

เหตุการณ์ที่ 3	เวลา 0.0 วินาที	ใกล้บัส 7	เกิดฟอลต์ลงดินทั้ง 3 เฟสบนสายส่งระหว่างบัส 5 กับบัส 7
	0.08 วินาที	ใกล้บัส 7	กำจัดฟอลต์ออกไป
	0.08 วินาที	ที่บัส 7	สายส่งระหว่างบัส 5 กับบัส 7 ถูกตัดออกไป
	3.12 วินาที	ที่บัส 7	สายส่งระหว่างบัส 5 กับบัส 7 ถูกต่อกลับเข้ามา

แบบจำลองโหลดที่ใช้จะสามารถแสดงได้ดังนี้

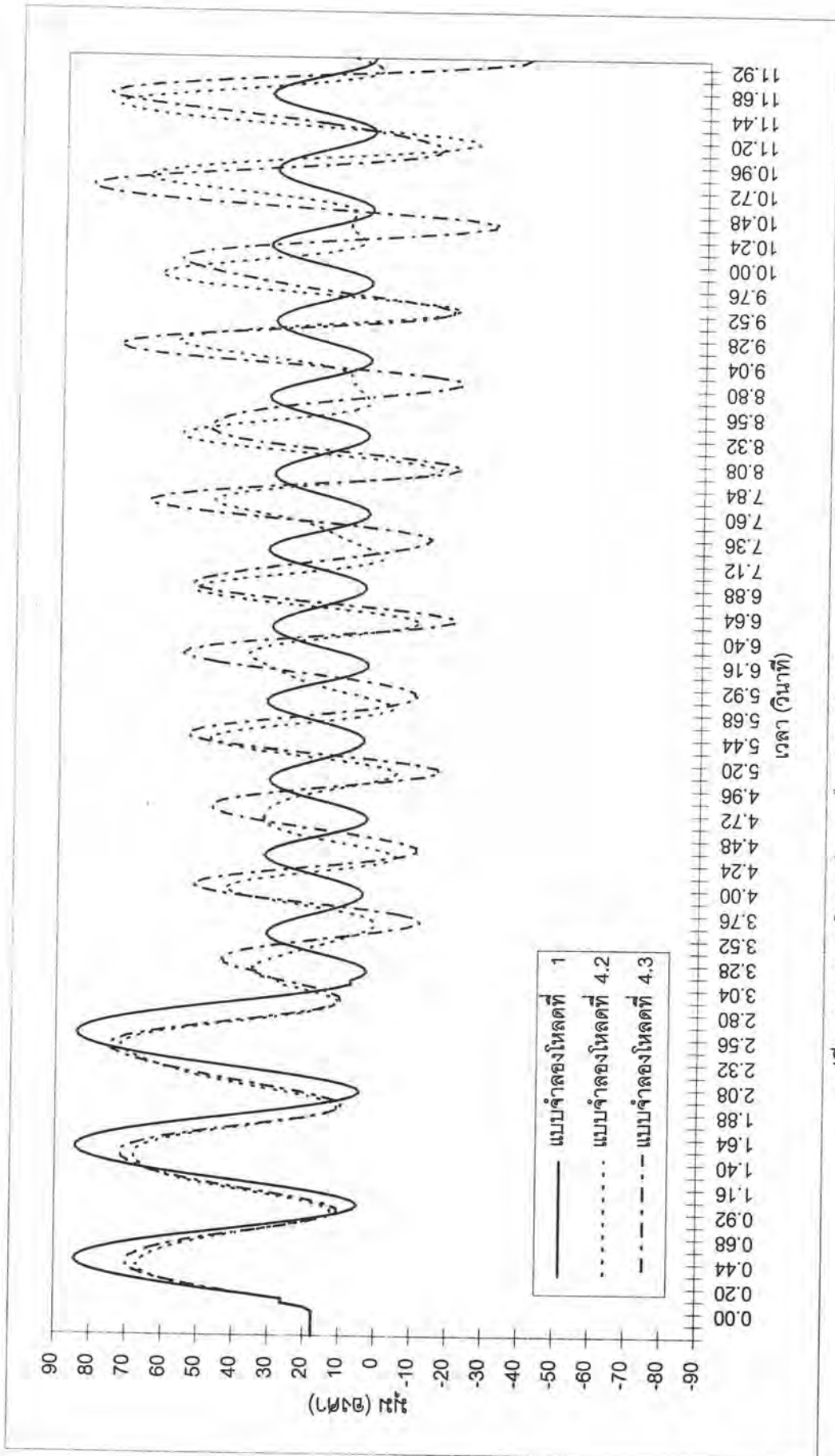
แบบจำลองโหลดที่ 1 , 4.2 , 4.3

ผลการคำนวณแสดงได้ดังรูปที่ 5.39 ถึง 5.43 จะเห็นได้ว่าเมื่อสายส่งระหว่างบัส 5 กับบัส 7 ถูกต่อกลับเข้าระบบที่เวลา 3.12 วินาที แบบจำลองโหลดที่ 4.2 , 4.3 (รูปที่ 5.42,5.43) จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเริ่มแกว่งมากขึ้นจนระบบสูญเสียเสถียรภาพไป แต่แบบจำลองโหลดที่ 1(รูปที่ 5.41) ระบบจะยังคงมีเสถียรภาพอยู่

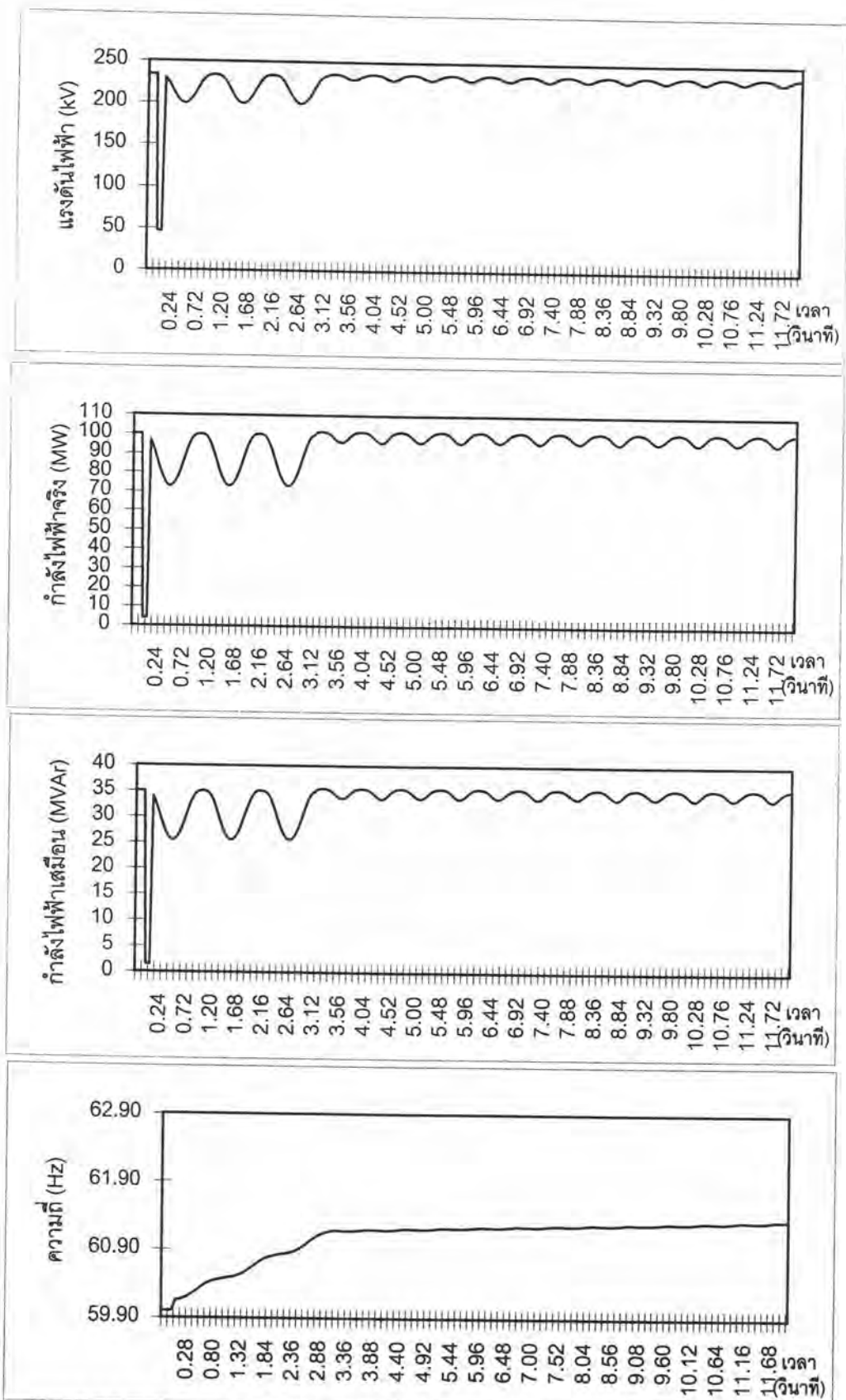


รูปที่ 5.39 แรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองโหนดต่างๆ ของเหตุการณ์ที่ 3 ระบบ 9 บัส

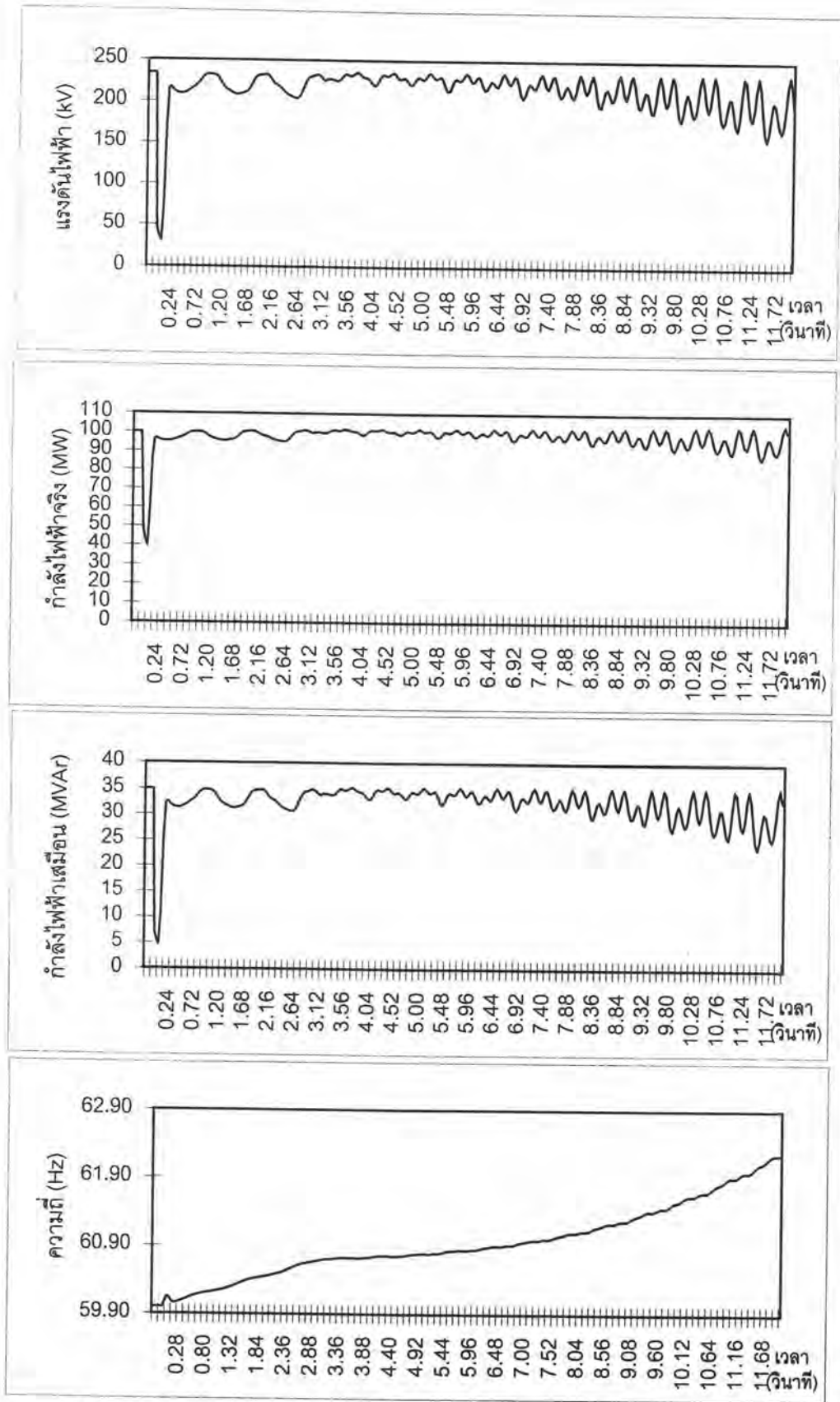




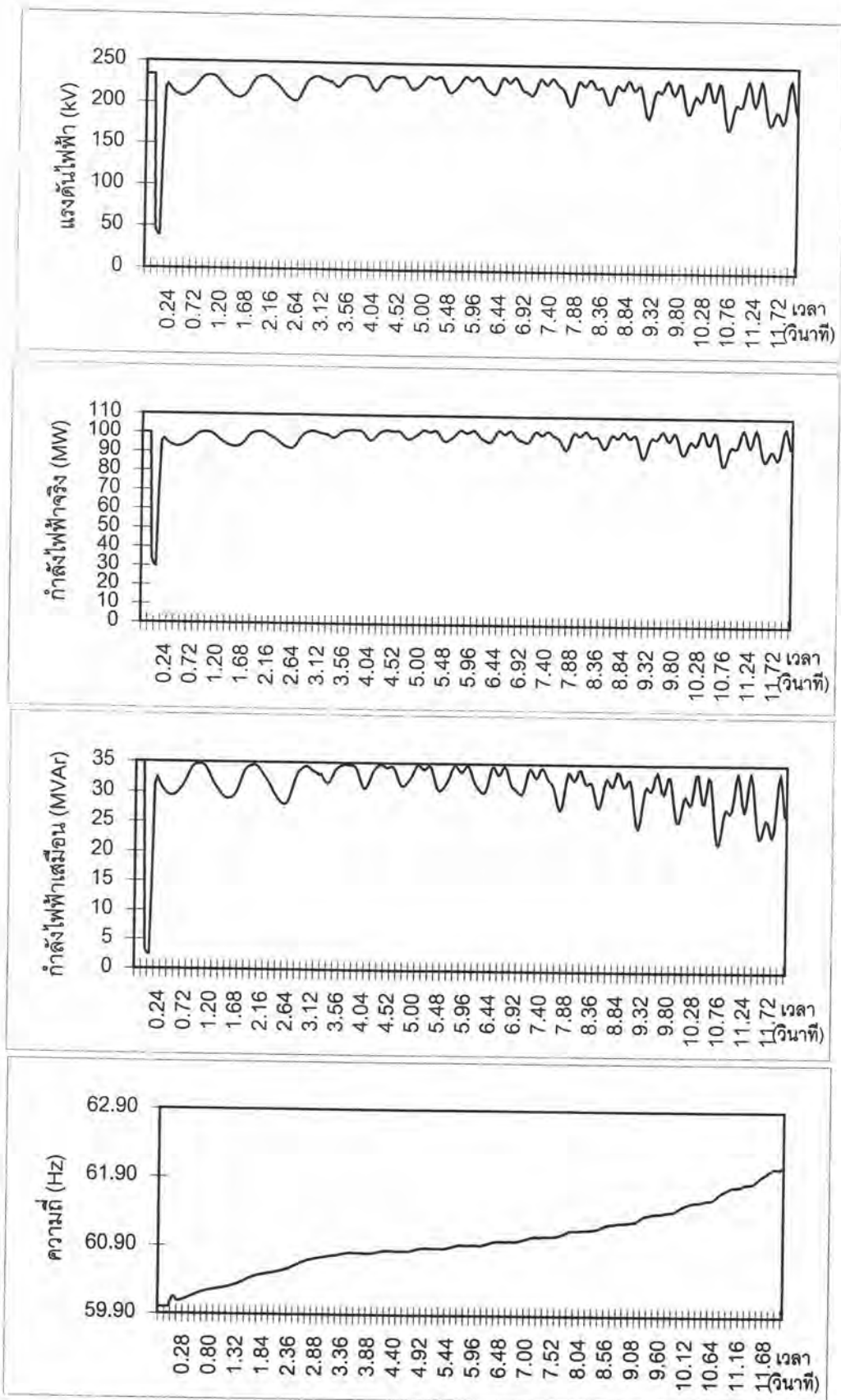
รูปที่ 5.40 มุมของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหตุการณ์ที่ 3 ระบบ 9 บัส



รูปที่ 5.41 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 1 เหตุการณ์ที่ 3 ระบบ 9 บัส



รูปที่ 5.42 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.2 เหตุการณ์ที่ 3 ระบบ 9 บัส



รูปที่ 5.43 ผลการคำนวณของแบบจำลองโหลดที่ 4.3 เหตุการณ์ที่ 3 ระบบ 9 บัส