บทที่ 5

ตัวอย่าง ผลการคำนวณและการวิเคราะห์

ในบทนี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณยูนิตคอมมิตเมนต์ โดยตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเป็นระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งมีขนาดแตกต่างกันรวม 3 ขนาด คือ ขนาด 10, 53 และ 110 ยูนิต การใช้ระบบทดสอบหลายขนาดเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ ทั้งนี้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณเป็นรุ่น 486

5.1 ระบบไฟฟ้ากำลัง ขนาด 10 ยูนิต

ข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 10 ยูนิต ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขและฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งค่าความต้องการและกำลังผลิตสำรอง นำมาจากบทความของ Jonathan F. Bard [11] รายละเอียดของข้อมูลแสดงอยู่ในภาคผนวก ค.

5.1.1 ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณได้สถานะการเดินเครื่อง และหยุดเดินเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละคาบเวลา ซึ่งเป็นปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ และได้ปริมาณการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละคาบเวลาจากการคำนวณการจ่ายโหลดอย่างประหยัด และได้ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งผลรวมค่าใช้จ่ายจากการคำนวณทั้งสองปัญหาร่วมกัน แสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 5.1 สถานะการเดินเครื่อง ของระบบขนาด 10 ยูนิต

ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิต ของระบบขนาด 10 ยูนิต

ตารางที่ 5.3 ปริมาณการจ่ายโหลด ของระบบขนาด 10 ยูนิต

จากผลลัพธ์ได้ค่าของฟังก์ชันดูอัล 538701 $ และได้ค่าของปัญหาพรีมัล 543929 $ ดังนั้นมีช่องว่างของดูอัลเป็น 0.96 เปอร์เซนต์ โดยใช้เวลาในการคำนวณ 4 นาที

ตารางที่ 5.1 สถานะการเดินเครื่อง ของระบบขนาด 10 ยูนิต

Period	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unit 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Unit 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Unit 4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิต ของระบบขนาด 10 ยูนิต

	Fuel cost	Start up cost	Total cost
Unit 1	50641	2796	53436
Unit 2	89032	0	89032
Unit 3	57062	2581	59643
Unit 4	68380	1930	70309
Unit 5	0	0	0
Unit 6	40663	1610	42272
Unit 7	0	0	0
Unit 8	67115	1735	68849
Unit 9	128587	0	128587
Unit 10	29996	1804	31800
TOTAL	531474	12455	543929

ตารางที่ 5.3 ปริมาณการจ่ายโหลด ของระบบขนาด 10 ยูนิต

Period	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unit 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	424	476	510	467	355	300	300	300	441	475	338	0	0	0	0
Unit 2	400	400	400	387	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	392
Unit 3	184	0	0	0	0	0	0	296	468	418	458	484	451	365	296	252	303	431	458	352	0	0	0	0
Unit 4	0	0	0	0	0	0	410	397	420	420	420	420	420	420	397	354	404	420	420	420	405	217	222	159
Unit 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 6	0	200	186	178	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	197	198	180
Unit 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 8	0	0	0	0	0	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	335
Unit 9	441	400	314	285	425	425	585	570	768	710	756	787	749	650	570	520	578	726	756	635	580	359	0	0
Unit 10	0	0	0	0	0	0	0	163	219	203	216	224	213	185	163	149	165	207	216	181	166	103	105	84

5.1.2 วิเคราะห์ผล

ผลการคำนวณที่ได้ดังกล่าว เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากบทความของ J.F. Bard [11] โดย Bard ใช้วิธีรีแล็กเซชันแบบลากรองจ์เช่นกัน แต่อัลกอริทึมมีรูปแบบแตกต่างกัน ดังแสดงการเปรียบเทียบในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบผลการคำนวณของระบบขนาด 10 ยูนิต

	ผลลัพธ์จากวิธีของ Bard	ผลลัพธ์ของวิธีการที่เสนอ
ปัญหาพรีมัล	540895	543929
ปัญหาดูอัล	537028	538701
ช่องว่างดูอัล(%)	0.72	0.96
เวลาในการคำนวณ	33 นาที(*) , 54 วินาที(+)	4 นาที

หมายเหตุ * ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC-AT

\+ ใช้คอมพิวเตอร์ IBM 3081

ในวิธีการที่เสนอได้ค่าปัญหาดูอัลมากกว่าวิธีของ Bard เพราะว่าในอัลกอริทึมที่ใช้เป็นการหาค่ามากที่สุดของปัญหาดูอัล ซึ่งแตกต่างจากวิธีของ Bard ที่ใช้การตรวจสอบเงื่อนไขบังคับร่วมกันแล้วตรวจสอบช่องว่างของดูอัล ในระหว่างการคำนวณเข้าใกล้ค่ามากที่สุดของปัญหาดูอัลค่าผลลัพธ์มีการแกว่ง เนื่องจากจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าน้อย ทำให้การเดินเครื่องหรือหยุดเดินเครื่องของยูนิตใดๆ มีผลกระทบต่อการปรับค่า λ และ μ มาก หรือถ้ากล่าวตามทฤษฎีแล้วจำนวนยูนิตน้อยทำให้ปัญหามีลักษณะไม่คอนเว็กมากขึ้น การเข้าหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมจึงยังไม่มีความแน่นอน

สรุปได้ว่าในระบบขนาด 10 ยูนิต ซึ่งถือเป็นระบบขนาดเล็ก ได้ค่าช่องว่างดูอัลมากกว่า 0.5 เปอร์เซนต์ ผลลัพธ์จึงไม่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมดีเพียงพอต่อการใช้งาน ดังนั้นวิธีรีแล็กเซชันแบบลากรองจ์ จึงไม่เหมาะสมสำหรับระบบขนาดเล็ก

5.2 ระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 53 ยูนิต

ข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลังนี้ ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขและฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งค่าความต้องการและกำลังผลิตสำรอง ผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากตัวอย่างข้อมูลในรายงาน EPRI [19]

5.2.1 ระบบทดสอบ

ระบบทดสอบนี้มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 53 ยูนิต โดยมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 12000 MW เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบมีพิกัดต่างๆ คือ 1200, 1000, 800, 600, 400, 200, 50 MW ซึ่งประยุกต์จากระบบ Scenario A [19] ส่วนแบบจำลองโหลดที่จะใช้ได้จากตัวอย่างค่าโหลดรายชั่วโมงของระบบ Scenario A เช่นกัน

กำหนดให้ความต้องการสูงสุด (Peak demand) ของระบบมีค่า 85 เปอร์เซนต์ของกำลังผลิตติดตั้ง นั้นคือระบบจะมีความต้องการสูงสุด 10200 MW และในส่วนของความมั่นคงของระบบ กำหนดให้มีกำลังผลิตสำรองที่เดินเครื่องอยู่ในระบบมีค่า 8 เปอร์เซนต์ ของความต้องการในแต่ละชั่วโมง รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณยูนิตคอมมิตเมนต์ แสดงในภาคผนวก ง

5.2.2 ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณได้ สถานะการเดินเครื่องและหยุดเดินเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละคาบเวลา ซึ่งเป็นปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ และได้ปริมาณการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละคาบเวลา จากการคำนวณการจ่ายโหลดอย่างประหยัด และได้ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งผลรวมค่าใช้จ่ายจากการคำนวณทั้งสองปัญหาร่วมกัน แสดงค่าในตารางดังนี้

ตารางที่ 5.5 สถานะการเดินเครื่อง ของระบบขนาด 53 ยูนิต

ตารางที่ 5.6 ค่าใช้จ่ายในการผลิต ของระบบขนาด 53 ยูนิต

ตารางที่ 5.7 ปริมาณการจ่ายโหลด ของระบบขนาด 53 ยูนิต

จากผลลัพธ์ได้ค่าของฟังก์ชันดูอัล 2031479 $ และได้ค่าของปัญหาพรีมัล 2049795 $ ดังนั้นมีช่องว่างของดูอัลเป็น 0.89 เปอร์เซนต์ โดยใช้เวลาในการคำนวณ 17 นาที

ตารางที่ 5.5 สถานะการเดินเครื่อง ของระบบขนาด 53 ยูนิต

Period	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unit 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 14	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 15	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 16	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 17	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 18	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 19	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 21	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 22	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 23	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 24	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 25	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 26	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

ตารางที่ 5.5 (ต่อ)

Unit 27	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 32	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 33	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 34	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 35	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 36	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 37	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 38	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 39	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 40	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 41	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Unit 42	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 43	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Unit 44	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 46	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 48	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 50	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 52	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5.6 ค่าใช้จ่ายในการผลิต ของระบบขนาด 53 ยูนิต

	Fuel cost	Start up cost	Total cost
Unit 1	134795	0	134795
Unit 2	112321	0	112321
Unit 3	199987	0	199987
Unit 4	153015	0	153015
Unit 5	152514	0	152514
Unit 6	151629	0	151629
Unit 7	150721	0	150721
Unit 8	98721	0	98721
Unit 9	98201	0	98201
Unit 10	97579	1181	98760
Unit 11	26158	1886	28044
Unit 12	23000	1908	24908
Unit 13	48835	1193	50028
Unit 14	33556	1409	34965
Unit 15	41656	1374	43031
Unit 16	32118	1409	33527
Unit 17	41417	1374	42792
Unit 18	30575	1409	31984
Unit 19	39752	1394	41145
Unit 20	28005	1409	29415
Unit 21	39155	1394	40549
Unit 22	26524	1409	27933
Unit 23	38342	1394	39736
Unit 24	25029	1409	26438
Unit 25	37310	1394	38703
Unit 26	23612	1409	25021

ตารางที่ 5.6 (ต่อ)

Unit 27	34959	1409	36368
Unit 28	0	0	0
Unit 29	0	0	0
Unit 30	4829	1098	5927
Unit 31	4424	1098	5522
Unit 32	4618	1098	5716
Unit 33	4452	1098	5550
Unit 34	4474	1098	5572
Unit 35	4480	1098	5578
Unit 36	4363	1098	5461
Unit 37	4508	1098	5606
Unit 38	4278	1098	5376
Unit 39	4536	1098	5634
Unit 40	4260	1098	5358
Unit 41	4238	1098	5336
Unit 42	4264	1098	5362
Unit 43	4264	1098	5362
Unit 44	4284	1098	5382
Unit 45	0	0	0
Unit 46	4312	1098	5410
Unit 47	0	0	0
Unit 48	4340	1098	5438
Unit 49	0	0	0
Unit 50	4368	1098	5466
Unit 51	0	0	0
Unit 52	4396	1098	5494
Unit 53	0	0	0
TOTAL	2003170	46625	2049795

ตารางที่ 5.7 ปริมาณการจ่ายโหลด ของระบบขนาด 53 ยูนิต

Period	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unit 1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Unit 2	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Unit 3	793	769	766	754	764	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Unit 4	600	587	584	572	582	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 5	575	551	547	535	545	586	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 6	538	514	511	498	509	550	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 7	502	477	474	462	472	513	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 8	334	321	319	312	318	340	389	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 9	314	301	299	293	298	320	370	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 10	295	282	280	273	279	301	350	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	392
Unit 11	0	0	0	0	0	0	0	0	160	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 13	127	121	120	117	119	130	153	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	172
Unit 14	0	0	0	0	0	0	0	139	173	185	200	190	186	143	173	160	153	152	127	160	191	161	133	99
Unit 15	0	0	0	0	0	120	144	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	191	200	200	200	197	163

ตารางที่ 5.7 (ต่อ)

Unit 16	0	0	0	0	0	0	0	130	164	176	198	181	177	134	163	151	144	143	118	151	182	152	124	90
Unit 17	0	0	0	0	0	111	135	193	200	200	200	200	200	198	200	200	200	200	182	200	200	200	188	154
Unit 18	0	0	0	0	0	0	0	121	154	167	189	172	168	125	154	142	135	133	109	142	172	143	115	81
Unit 19	0	0	0	0	0	0	126	184	200	200	200	200	200	189	200	200	199	197	173	200	200	200	179	145
Unit 20	0	0	0	0	0	0	0	112	145	158	180	163	159	116	145	133	126	124	100	133	163	134	106	0
Unit 21	0	0	0	0	0	0	116	175	200	200	200	200	200	180	200	197	190	188	164	196	200	197	170	136
Unit 22	0	0	0	0	0	0	0	103	136	149	171	153	150	107	136	124	117	115	91	124	154	125	97	0
Unit 23	0	0	0	0	0	0	107	166	200	200	200	200	200	171	200	188	180	179	155	187	200	188	160	127
Unit 24	0	0	0	0	0	0	0	94	127	140	162	144	141	98	127	115	108	106	82	115	145	115	88	0
Unit 25	0	0	0	0	0	0	98	157	191	200	200	200	200	161	191	179	171	170	146	178	200	179	151	118
Unit 26	0	0	0	0	0	0	0	84	118	130	153	135	132	89	118	106	99	97	80	106	136	106	80	0
Unit 27	0	0	0	0	0	0	0	148	182	194	200	199	195	152	182	169	162	161	136	169	200	170	142	109
Unit 28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 30	0	0	0	0	0	0	0	0	25	28	32	29	28	20	25	22	21	20	20	22	29	22	0	0
Unit 31	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0

ตารางที่ 5.7 (ต่อ)

Unit 32	0	0	0	0	0	0	0	0	23	26	30	27	26	20	23	20	20	20	20	20	27	20	0	0
Unit 33	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 34	0	0	0	0	0	0	0	0	21	24	29	25	24	20	21	20	20	20	20	20	25	20	0	0
Unit 35	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 36	0	0	0	0	0	0	0	0	20	22	27	23	22	20	20	20	20	20	20	20	23	20	0	0
Unit 37	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 38	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	25	21	20	20	20	20	20	20	20	20	21	20	0	0
Unit 39	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 40	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	23	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 41	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0
Unit 42	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 43	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0
Unit 44	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 46	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5.7 (ต่อ)

Unit 48	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 50	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 52	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0
Unit 53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.2.3 วิเคราะห์ผล

ผลการคำนวณที่ได้ช่องว่างดูอัล 0.89 เปอร์เซนต์ ถือว่ามีค่าค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากบทความของ S.K. Tong ในบทความนั้นใช้ระบบทดสอบขนาด 32 ยูนิต [13] และ 69 ยูนิต [14] ผลการคำนวณได้ช่องว่างดูอัลเป็น 0.7 เปอร์เซนต์ทั้งสองระบบ

แต่มีข้อสังเกตบางประการคือ ระบบทดสอบขนาด 32 ยูนิตนั้น มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 15 ยูนิตที่มี ขีดจำกัดเวลาเดินเครื่องและหยุดเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุดเท่ากับศูนย์ ส่วนในระบบทดสอบขนาด 69 ยูนิต มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 5 ยูนิตที่ไม่มีขีดจำกัดของเวลาดังกล่าว ซึ่งการที่มีขีดจำกัดเวลาเดินเครื่องและหยุดเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุดเป็นศูนย์ ทำให้ลดปัญหาการเดินเครื่องมากเกินความจำเป็นในบางคาบเวลา เนื่องจากผลของขีดจำกัดดังกล่าว จึงเป็นผลให้เงื่อนไขบังคับของกำลังผลิตสำรองที่เดินเครื่องอยู่ในระบบในอสมการที่ (4.2.3) มีค่าใกล้ศูนย์มากขึ้น นั้นคือช่องว่างของดูอัลจะมีค่าลดลง

เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิตอื่นๆ ในระบบขนาด 32 และ 69 ยูนิต ตามข้อมูลเท่าที่มีอยู่ในบทความมีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงอาจสรุปผลได้ประการหนึ่งว่า ช่องว่างดูอัลขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบที่ศึกษาด้วย ระบบขนาด 53 ยูนิต ที่ศึกษาจึงไม่สามารถเปรียบเทียบผลกับระบบขนาด 10,32,69 ยูนิตได้โดยตรง เพราะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบมีลักษณะแตกต่างกันทั้งขนาดและขีดจำกัดต่างๆ

สรุปได้ว่า ในระบบขนาด 32, 53 และ 69 ยูนิต ซึ่งอาจถือว่าเป็นระบบขนาดกลาง ได้ค่าช่องว่างดูอัลมากกว่า 0.5 เปอร์เซนต์ ผลลัพธ์จึงไม่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมดีเพียงพอต่อการใช้งาน ดังนั้นวิธีรีแล็กเซชันแบบลากรองจ์ จึงไม่เหมาะสมสำหรับระบบขนาดกลาง

5.3 ระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 110 ยูนิต

ข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลังนี้ ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขและฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งค่าความต้องการและกำลังผลิตสำรอง ผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากตัวอย่างข้อมูลในรายงาน EPRI [19]

5.3.1 ระบบทดสอบ

ระบบทดสอบนี้มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 110 ยูนิต โดยมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 31,800 MW เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบนี้มีขนาดพิกัดต่างๆ คือ 1200, 1000, 800, 600, 400, 200, 50 MW ซึ่งประยุกต์จากระบบ Scenario A ส่วนแบบจำลองโหลดก็ได้จากตัวอย่างค่าโหลดรายชั่วโมงของระบบ Scenario A เช่นกัน ซึ่งค่าที่ใช้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบนี้เป็นค่าเดียวกับระบบขนาด 53 ยูนิต ดังนั้นในการคำนวณจึงสามารถเปรียบเทียบค่าต่างๆ ของทั้งสองระบบนี้ได้

กำหนดให้ความต้องการสูงสุด (Peak damand) ของระบบมีค่า 88 เปอร์เซนต์ของกำลังผลิตติดตั้ง นั้นคือระบบมีความต้องการสูงสุดเท่ากับ 27984 MW และในส่วนของความมั่นคงของระบบกำหนดให้มีกำลังผลิตสำรองที่เดินเครื่องอยู่ในระบบมีค่า 6 เปอร์เซนต์ของความต้องการในแต่ละชั่วโมง รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณยูนิตคอมมิตเมนต์ แสดงในภาคผนวก จ

5.3.2 ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณได้ สถานะการเดินเครื่องและหยุดเดินเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละคาบเวลาซึ่งเป็นปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ และได้ปริมาณการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละคาบเวลา จากการคำนวณการจ่ายโหลดอย่างประหยัด และได้ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวมทั้งผลรวมค่าใช้จ่าย จากการคำนวณทั้งสองปัญหาร่วมกัน แสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 5.8 สถานะการเดินเครื่อง ของระบบขนาด 110 ยูนิต

ตารางที่ 5.9 ค่าใช้จ่ายในการผลิต ของระบบขนาด 110 ยูนิต

ตารางที่ 5.10 ปริมาณการจ่ายโหลด ของระบบขนาด 110 ยูนิต

จากผลลัพธ์ได้ค่าของฟังก์ชันดูอัล 5881313 $ และได้ค่าของปัญหาพรีมัล 5903449 $ ดังนั้นมีช่องว่างของดูอัลเป็น 0.37 เปอร์เซนต์ โดยใช้เวลาในการคำนวณ 35 นาที

5.3.3 วิเคราะห์ผล

ผลการคำนวณที่ได้ช่องว่างดูอัล 0.37 เปอร์เซนต์ ถือได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากบทความของ Merlin [6] ซึ่งใช้ระบบทดสอบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 172 ยูนิต แล้วได้ค่าช่องว่างดูอัล 0.42 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 5.8 สถานะการเดินเครื่อง ของระบบขนาด 110 ยูนิต

Period	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unit 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ 5.8 (ต่อ)

Unit 27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 37	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 38	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 39	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 40	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 41	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 42	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 43	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 44	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 45	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 46	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 47	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 48	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 49	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 50	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 51	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 52	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 53	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 54	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ 5.8 (ต่อ)

Unit 55	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 56	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 57	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 58	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 59	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 60	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 61	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 62	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 63	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 64	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 65	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 66	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 67	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 68	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 69	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 70	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 71	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 72	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 73	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 74	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 75	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 76	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 77	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Unit 78	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Unit 79	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Unit 80	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Unit 81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5.8 (ต่อ)

Unit 83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 87	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 88	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 89	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 90	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 91	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unit 92	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 93	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 94	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 95	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 96	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 97	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 98	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 99	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Unit 100	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 101	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 102	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 103	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 104	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 105	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Unit 106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5.9 ค่าใช้จ่ายในการผลิต ของระบบขนาด 110 ยูนิต

	Fuel cost	Start up cost	Total cost
Unit 1	134795	0	134795
Unit 2	137675	0	137675
Unit 3	112321	0	112321
Unit 4	114721	0	114721
Unit 5	117121	0	117121
Unit 6	201600	0	201600
Unit 7	203520	0	203520
Unit 8	153790	0	153790
Unit 9	155230	0	155230
Unit 10	156670	0	156670
Unit 11	158110	0	158110
Unit 12	159425	0	159425
Unit 13	159496	0	159496
Unit 14	159044	0	159044
Unit 15	158136	0	158136
Unit 16	157119	0	157119
Unit 17	156079	0	156079
Unit 18	154699	0	154699
Unit 19	153194	0	153194
Unit 20	103669	0	103669
Unit 21	104076	0	104076
Unit 22	104090	0	104090
Unit 23	103884	0	103884
Unit 24	103521	0	103521
Unit 25	103166	0	103166
Unit 26	102690	0	102690
Unit 27	102088	1222	103311

ตารางที่ 5.9 (ต่อ)

Unit 28	101473	1222	102695
Unit 29	100845	1222	102067
Unit 30	0	0	0
Unit 31	22776	1980	24757
Unit 32	22664	1980	24645
Unit 33	22552	1980	24533
Unit 34	22440	1980	24421
Unit 35	52452	1409	53862
Unit 36	52301	1409	53710
Unit 37	43534	1454	44988
Unit 38	43705	1454	45159
Unit 39	43874	1454	45328
Unit 40	42404	1459	43863
Unit 41	42657	1459	44116
Unit 42	42814	1459	44273
Unit 43	42956	1459	44415
Unit 44	43097	1459	44555
Unit 45	43235	1459	44694
Unit 46	43372	1459	44831
Unit 47	43507	1459	44965
Unit 48	43631	1459	45089
Unit 49	43648	1459	45106
Unit 50	43758	1459	45217
Unit 51	43757	1459	45216
Unit 52	42492	1463	43955
Unit 53	42360	1463	43822
Unit 54	42129	1463	43591
Unit 55	41713	1463	43175

ตารางที่ 5.9 (ต่อ)

Unit 56	41261	1463	42723
Unit 57	40737	1463	42200
Unit 58	39999	1463	41461
Unit 59	39216	1463	40678
Unit 60	37175	1463	38637
Unit 61	36242	1463	37704
Unit 62	35190	1463	36653
Unit 63	33858	1463	35320
Unit 64	32442	1463	33905
Unit 65	31175	1463	32638
Unit 66	29866	1463	31328
Unit 67	28492	1463	29955
Unit 68	26113	1463	27575
Unit 69	23775	1466	25241
Unit 70	22794	1466	24260
Unit 71	21958	1466	23424
Unit 72	21207	1466	22673
Unit 73	20463	1466	21929
Unit 74	19825	1466	21291
Unit 75	19328	1466	20794
Unit 76	19103	1466	20568
Unit 77	17732	1466	19198
Unit 78	17708	1466	19173
Unit 79	17689	1466	19154
Unit 80	17793	1466	19258
Unit 81	0	0	0
Unit 82	0	0	0
Unit 83	0	0	0

ตารางที่ 5.9 (ต่อ)

Unit 84	0	0	0
Unit 85	0	0	0
Unit 86	0	0	0
Unit 87	10699	1095	11794
Unit 88	10673	1095	11768
Unit 89	10585	1095	11681
Unit 90	10482	1095	11577
Unit 91	10365	1095	11460
Unit 92	9927	1095	11023
Unit 93	9768	1095	10863
Unit 94	9604	1095	10699
Unit 95	9414	1095	10509
Unit 96	9190	1095	10285
Unit 97	8905	1095	10000
Unit 98	8587	1095	9682
Unit 99	8275	1095	9370
Unit 100	7647	1095	8742
Unit 101	7341	1095	8436
Unit 102	6719	1098	7817
Unit 103	6415	1098	7513
Unit 104	6162	1098	7259
Unit 105	5930	1098	7028
Unit 106	0	0	0
Unit 107	0	0	0
Unit 108	0	0	0
Unit 109	0	0	0
Unit 110	0	0	0
TOTAL	5803905	99544	5903449

ตารางที่ 5.10 ปริมาณการจ่ายโหลด ของระบบขนาด 110 ยูนิต

Period	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unit 1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Unit 2	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Unit 3	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Unit 4	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Unit 5	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Unit 6	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Unit 7	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Unit 8	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 9	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 10	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 11	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 12	600	600	600	588	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 13	600	575	570	552	567	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 14	574	538	533	515	530	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 15	538	501	496	478	493	571	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

Unit 16	501	465	459	442	456	535	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 17	464	428	423	405	420	498	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 18	427	391	386	368	383	461	572	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 19	391	355	349	332	346	425	535	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Unit 20	400	400	400	399	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 21	400	392	389	380	388	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 22	392	372	370	360	368	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 23	373	354	351	342	350	391	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 24	353	333	331	321	329	371	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 25	333	314	311	302	310	351	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 26	314	294	292	282	290	332	390	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 27	294	275	272	263	271	312	371	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 28	275	255	253	243	251	293	351	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 29	255	236	233	224	232	273	332	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Unit 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

Unit 32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 35	172	163	162	157	161	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Unit 36	163	154	153	148	152	171	199	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Unit 37	0	0	0	0	0	162	189	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Unit 38	0	0	0	0	0	153	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Unit 39	0	0	0	0	0	144	171	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Unit 40	0	0	0	0	0	0	162	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Unit 41	0	0	0	0	0	0	153	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Unit 42	0	0	0	0	0	0	144	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	192
Unit 43	0	0	0	0	0	0	135	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	183
Unit 44	0	0	0	0	0	0	126	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	174
Unit 45	0	0	0	0	0	0	117	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	165
Unit 46	0	0	0	0	0	0	108	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	156
Unit 47	0	0	0	0	0	0	99	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	147

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

Unit 48	0	0	0	0	0	0	90	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	199	200	200	200	200	138
Unit 49	0	0	0	0	0	0	81	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	190	200	200	200	200	129
Unit 50	0	0	0	0	0	0	80	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	181	200	200	200	200	119
Unit 51	0	0	0	0	0	0	80	198	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	172	200	200	200	193	110
Unit 52	0	0	0	0	0	0	0	189	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	163	200	200	200	184	101
Unit 53	0	0	0	0	0	0	0	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	154	200	200	200	174	92
Unit 54	0	0	0	0	0	0	0	171	200	200	200	200	200	195	200	200	200	198	145	200	200	200	165	83
Unit 55	0	0	0	0	0	0	0	162	200	200	200	200	200	186	200	200	192	189	136	200	200	200	156	80
Unit 56	0	0	0	0	0	0	0	153	200	200	200	200	200	177	200	200	183	179	127	196	200	200	147	80
Unit 57	0	0	0	0	0	0	0	144	200	200	200	200	200	168	200	200	174	170	118	187	200	200	138	80
Unit 58	0	0	0	0	0	0	0	135	200	200	200	200	200	159	200	193	165	161	109	178	200	192	129	80
Unit 59	0	0	0	0	0	0	0	126	200	200	200	200	200	150	200	184	156	152	99	169	200	183	120	80
Unit 60	0	0	0	0	0	0	0	117	200	200	200	200	200	141	197	175	146	143	90	160	200	174	111	0
Unit 61	0	0	0	0	0	0	0	108	200	200	200	200	200	132	188	165	137	134	81	150	200	165	102	0
Unit 62	0	0	0	0	0	0	0	98	192	200	200	200	200	123	179	156	128	125	80	141	194	156	93	0
Unit 63	0	0	0	0	0	0	0	89	183	191	200	199	193	113	170	147	119	116	80	132	184	147	84	0

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

Unit 64	0	0	0	0	0	0	0	80	174	182	200	190	184	104	161	138	110	107	80	123	175	137	80	0
Unit 65	0	0	0	0	0	0	0	80	165	173	200	181	175	95	152	129	101	98	80	114	166	128	80	0
Unit 66	0	0	0	0	0	0	0	80	156	163	198	171	166	86	143	120	92	89	80	105	157	119	80	0
Unit 67	0	0	0	0	0	0	0	80	146	154	188	162	157	80	133	111	83	80	80	96	148	110	80	0
Unit 68	0	0	0	0	0	0	0	80	137	145	179	153	148	80	124	102	80	80	80	87	139	101	0	0
Unit 69	0	0	0	0	0	0	0	0	128	136	170	144	139	80	115	93	80	80	80	80	130	92	0	0
Unit 70	0	0	0	0	0	0	0	0	119	127	161	135	130	80	106	84	80	80	80	80	121	83	0	0
Unit 71	0	0	0	0	0	0	0	0	110	118	152	126	121	80	97	80	80	80	80	80	112	80	0	0
Unit 72	0	0	0	0	0	0	0	0	101	109	143	117	111	80	88	80	80	80	80	80	103	80	0	0
Unit 73	0	0	0	0	0	0	0	0	92	100	134	108	102	80	80	80	80	80	80	80	94	80	0	0
Unit 74	0	0	0	0	0	0	0	0	83	91	125	99	93	80	80	80	80	80	80	80	85	80	0	0
Unit 75	0	0	0	0	0	0	0	0	80	82	116	90	84	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0
Unit 76	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	107	81	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0
Unit 77	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	98	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0	0
Unit 78	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	89	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0	0
Unit 79	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0	0

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

Unit 80	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0	0
Unit 81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit 87	0	0	0	0	0	0	0	46	50	50	50	50	50	50	50	50	50	40	50	50	50	45	27	
Unit 88	0	0	0	0	0	0	0	44	50	50	50	50	50	49	50	50	50	50	39	50	50	50	43	25
Unit 89	0	0	0	0	0	0	0	42	50	50	50	50	50	47	50	50	49	48	37	50	50	50	41	23
Unit 90	0	0	0	0	0	0	0	40	50	50	50	50	50	45	50	50	47	46	35	50	50	50	39	21
Unit 91	0	0	0	0	0	0	0	38	50	50	50	50	50	44	50	50	45	44	33	48	50	50	37	20
Unit 92	0	0	0	0	0	0	0	36	50	50	50	50	50	42	50	49	43	42	31	46	50	49	35	0
Unit 93	0	0	0	0	0	0	0	34	50	50	50	50	50	40	50	47	41	40	29	44	50	47	33	0
Unit 94	0	0	0	0	0	0	0	32	50	50	50	50	50	38	50	45	39	38	27	42	50	45	31	0
Unit 95	0	0	0	0	0	0	0	30	50	50	50	50	50	36	48	43	37	36	25	40	50	43	29	0

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

Unit 96	0	0	0	0	0	0	0	29	49	50	50	50	50	34	46	41	35	34	23	38	49	41	27	0
Unit 97	0	0	0	0	0	0	0	27	47	48	50	50	49	32	44	39	33	32	21	36	47	39	25	0
Unit 98	0	0	0	0	0	0	0	25	45	46	50	48	47	30	42	37	31	30	20	34	45	37	23	0
Unit 99	0	0	0	0	0	0	0	23	43	45	50	46	45	28	40	35	29	28	20	32	43	35	21	0
Unit100	0	0	0	0	0	0	0	21	41	43	50	44	43	26	38	33	27	26	20	30	41	33	0	0
Unit101	0	0	0	0	0	0	0	20	39	41	48	42	41	24	36	31	25	24	20	28	39	31	0	0
Unit102	0	0	0	0	0	0	0	0	37	39	46	40	39	22	34	29	23	23	20	26	37	29	0	0
Unit103	0	0	0	0	0	0	0	0	35	37	44	38	37	20	32	27	21	21	20	24	35	27	0	0
Unit104	0	0	0	0	0	0	0	0	33	35	42	36	35	20	30	25	20	20	20	22	33	25	0	0
Unit105	0	0	0	0	0	0	0	0	31	33	40	34	33	20	28	23	20	20	20	20	31	23	0	0
Unit106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unit110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบขนาด 53 และ 110 ยูนิต มีลักษณะและอัตราส่วนจำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคล้ายกัน ดังนั้นจึงเปรียบเทียบผลการคำนวณกันได้ จะได้ว่าเมื่อจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จะทำให้ช่องว่างของดูอัลลดลง

สรุปได้ว่า ในระบบขนาดมากกว่า 100 ยูนิต ซึ่งอาจถือว่าเป็นระบบขนาดใหญ่ ได้ค่าช่องว่างดูอัลน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซนต์ ผลลัพธ์จึงใกล้ค่าที่เหมาะสมดีเพียงพอต่อการใช้งาน ดังนั้นวิธีรีแล็กเซชันแบบลากรองจ์จึงเหมาะสมสำหรับระบบขนาดใหญ่