บทที่ 5

ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะแสดงผลการพิจารณาการติดตั้งตัวเก็บประจุโดยใช้ดัชนีความไว และวิธีพิจารณาแบบต่อเนื่องซึ่งกล่าวไว้โดยรายละเอียดอยู่ในหัวข้อ4.3 โดยทดสอบกับระบบ 3 ระบบคือ ระบบที่ดัดแปลงจากระบบสายป้อนท่าทรายซึ่งเป็นระบบ 34 บัสในเขตอุตสาหกรรมอยู่ในเขตความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระบบที่สองคือ ระบบที่ดัดแปลงจากระบบของจังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นระบบในเขตเมืองมีขนาด 103 บัส อยู่ในเขตความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ส่วนระบบสุดท้ายคือ ระบบที่ดัดแปลงจากระบบสายป้อนแพรกษาซึ่งเป็นระบบในเมืองมีขนาด 79 บัส อยู่ในเขตความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง โดยข้อมูลของระบบทั้ง 3 ระบบ แผนภาพเส้นเดี่ยว รวมทั้งขนาด และราคาของตัวเก็บประจุที่ใช้ในการพิจารณานั้นจะอยู่ในภาคผนวก สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุนั้นได้รับการพัฒนาขึ้นบน MATLAB รุ่น 5.1

ในการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุ ฟังก์ชันเป้าหมายที่ใช้พิจารณาจะมีอยู่ 2 ประเภทคือ ฟังก์ชันเป้าหมายที่จะทำการประเมินมูลค่าสูงสุดของผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งตัวเก็บประจุ และฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการพิจารณาหาค่าต่ำสุดของมูลค่าการลงทุนในการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้ากำลังรวมกับมูลค่าของพลังงานสูญเสีย ซึ่งฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าสูงสุดนั้นจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize} \qquad K_p LP + K_e LE - \sum_{k=1}^{N_C} C_k(u_k) \tag{5.1}$$

เงื่อนไขบังคับประกอบด้วย

$$F(u_k, X) = 0 \tag{5.2}$$

$$V_{min} \le V_i \le V_{max} \tag{5.3}$$

โดยที่ตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่(5.1) ถึงสมการที่(5.3) จะมีความหมายและรายละเอียดเช่นเดียวกับในหัวข้อ 3.1.4

สำหรับฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าต่ำสุดนั้นจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

$$\text{Minimize} \qquad \sum_{k=1}^{N_C} C_k(u_k) + K_e \sum_{i=1}^{N_T} T_i P_{Loss}(u_k, X) \tag{5.4}$$

เงื่อนไขบังคับประกอบด้วย

$$F(u_k, X) = 0 \quad (5.5)$$

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max} \quad (5.6)$$

โดยที่ตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่(5.4) ถึงสมการที่(5.6) จะมีความหมายและรายละเอียดเช่นเดียวกับในหัวข้อ 3.2 โดยค่า K_c และ ค่า K_p ที่ใช้กับระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีค่าเท่ากับ 1.4255 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง และ 3390.84 บาท/กิโลวัตต์.ปี ตามลำดับ ส่วนค่า K_c และ ค่า K_p ที่ใช้กับระบบของการไฟฟ้านครหลวงมีค่าเท่ากับ 1.9524 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง และ 1888.2 บาท/กิโลวัตต์.ปี ตามลำดับ ส่วนขนาดและราคาของตัวเก็บประจุจะกล่าวไว้ในภาคผนวก

นอกจากการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่แตกต่างกันแล้ว ในระบบทดสอบแต่ละระบบจะใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดที่ต่างกันด้วย โดยแต่ละระบบจะใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา 12ช่วงเวลา และ6ช่วงเวลา ซึ่งผลของการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ระบบทดสอบท่าทราย

ระบบท่าทรายซึ่งเป็นเขตอุตสาหกรรมที่มีขนาด 34 บัส ซึ่งจุดโหลดทั้งหมดเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีหม้อแปลงเป็นของตัวเอง จากข้อมูลการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบดังกล่าว พบว่าที่แต่ละจุดโหลดเมื่อทำการจ่ายโหลดสูงสุด จะจ่ายโหลดประมาณร้อยละ66 ของขนาดหม้อแปลงที่จุดโหลดนั้น และจากที่กล่าวมานี้ เมื่อตรวจสอบที่แต่ละจุดโหลดพบว่าที่แต่ละจุดจะมีค่าโหลดในช่วงเวลาโหลดสูงสุดระหว่าง 30 กิโลวัตต์ถึง 1999 กิโลวัตต์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่แต่ละเวลานั้นจะใช้การเปลี่ยนแปลงของโหลดประเภทกิจการขนาดกลาง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของโหลดแต่ละประเภทนั้น จะกล่าวอยู่ในภาคผนวก

จากเดิมนั้นระบบท่าทรายจะมีตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ติดตั้งอยู่ที่บัส 3 ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 1500 กิโลวาร์ แต่ไม่มีข้อมูลการสับเข้า-ปลดออกของตัวเก็บประจุดังกล่าว ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาช่วงเวลาการสับเข้า-ปลดออกเอง โดยจะพิจารณาจากข้อมูลโหลดในแต่ละช่วงเวลาว่าเป็นอย่างไร โดยเงื่อนไขที่ตั้งไว้ก็คือ ถ้าช่วงเวลาใดมีการใช้กำลังจริงของโหลดรวมประมาณร้อยละ 75 ของกำลังจริงของโหลดรวมที่ช่วงเวลาโหลดสูงสุดเป็นต้นไป จะให้ตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ดังกล่าวสับเข้าในช่วงเวลานั้น และจากเงื่อนไขที่ตั้งไว้พบว่าตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 20.00 น. จะสับตัวเก็บประจุดังกล่าวเข้าระบบ นอกจากนี้จะพิจารณาด้วยว่า ถ้าไม่มีการคิดผลของตัวเก็บประจุดังกล่าวนั้นจะทำให้การพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุนั้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

5.1.1 การทดสอบระบบท่าทรายโดยพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา

(ก) พิจารณาผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3

การพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบท่าทรายโดยคิดผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3 และพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา พบว่าที่กรณีฐาน (Base Case)ระบบดังกล่าวมีค่ากำลังสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 149.96 กิโลวัตต์ (Kilowatt, kW) และมีพลังงานสูญเสีย 753,597.31 กิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilowatthour, kWh) เมื่อทำการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุตามวิธีในหัวข้อ 4.3.1 และหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้วิธีที่ 1 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด และฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ก)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	8, 11, 30, 32, 34	300 kVAR	1500 kVAR	19,066.65
	17, 18	600 kVAR	1200 kVAR	12,480.00
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2700 kVAR	31,546.65
แบบสวิตช์	24	1500 kVAR	1500kVAR	38,133.33
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			4200 kVAR	69,679.98

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ก)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	8, 11, 18, 24, 28, 30, 34	300 kVAR	2100 kVAR	26,693.31
	17	600 kVAR	600 kVAR	6,240.00
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2700 kVAR	32,933.31
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			2700 kVAR	32,933.31

ในกรณีที่พิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) สามารถสรุปผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ (5.1) โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ก)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	8, 11, 30, 32, 34	300 kVAR	1500 kVAR	19,066.65
	17, 18	600 kVAR	1200 kVAR	12,480.00
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2700 kVAR	31,546.65
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			2700 kVAR	31,546.65

สำหรับการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) จะได้ผลการติดตั้งเหมือนกับตารางที่ 5.2

ข. ไม่พิจารณาผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3

สำหรับการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบท่าทรายโดยไม่คิดผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3 และพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา พบว่าที่กรณีฐานระบบดังกล่าวมีค่ากำลังสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 154.26 kW และมีพลังงานสูญเสีย 769,966.34 kWh เมื่อทำการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุตามวิธีในหัวข้อ 4.3.1 และหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้วิธีที่ 1 ซึ่งเป็นฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด และฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.4 และตารางที่ 5.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	8, 11, 30, 32, 34	300 kVAR	1500 kVAR	19,066.65
	17, 18	600 kVAR	1200 kVAR	12,480.00
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2700 kVAR	31,546.65
แบบสวิตช์	24	1500 kVAR	1500kVAR	38,133.33
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			4200 kVAR	69,679.98

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	8, 11, 18, 24, 28, 30, 34	300 kVAR	2100 kVAR	26,693.31
	17	600 kVAR	600 kVAR	6,240.00
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2700 kVAR	32,933.31
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			2700 kVAR	32,933.31

ในกรณีที่พิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) ในการพิจารณา สามารถสรุปผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	8, 11, 30, 32, 34	300 kVAR	1500 kVAR	19,066.65
	17, 18	600 kVAR	1200 kVAR	12,480.00
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2700 kVAR	31,546.65
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			2700 kVAR	31,546.65

สำหรับการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) ในการพิจารณา จะได้ผลการติดตั้งเหมือนกับตารางที่ 5.5

จากผลการติดตั้งในกรณี ก และกรณี ข สามารถสรุปผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.7

นอกจากการทดสอบระบบท่าทรายด้วยจำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลาแล้ว ผู้วิจัยยังได้ทดสอบด้วยการใช้ช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 12 และ 6 ช่วงเวลา เพื่อพิจารณาผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุ โดยผลการทดสอบของ 12ช่วงเวลา และ6 ช่วงเวลาได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 5.7 สรุปผลที่เกิดขึ้นหลังจากติดตั้งตัวเก็บประจุของระบบท่าทรายโดยใช้ช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา

Case	Peak powerloss (kW)	Peak power loss Reduction (kW)	Cost of peak power loss reduction (Baht/year)	Energy loss (kWh)	Energy loss Reduction (kW)	Cost of energy loss reduction (Baht/year)	Cost of Capacitor (Baht/year)	Objective function value (Baht / year)	Vmin (p.u.)	P.F.
ก) คิดผลตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3										
1.1 กรณีฐาน	149.96	-	-	753,597.31	-	-	-	-	1.0112	0.9077
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 1	108.80	41.16	139,575.40	548,852.35	204,744.96	291,863.93	69,679.98	361,759.36	1.0283	-0.9991
1.3 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 1	117.15	32.81	-	570,266.23	183,331.08	-	32,933.31	845,847.82	1.0217	0.9903
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 2	117.05	32.91	111,607.32	570,756.72	182,840.59	260,639.26	31,546.65	340,699.92	1.0224	0.9903
1.2 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 2	117.15	32.81	-	570,266.23	183,331.08	-	32,933.31	845,847.82	1.0217	0.9903
ข) ไม่คิดผลตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3										
1.1 กรณีฐาน	154.26	-	-	769,966.34	-	-	-	-	1.0103	0.8412
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 1	109.33	44.93	152,351.87	548,671.99	221,294.36	315,455.11	69,679.98	398,127.00	1.0274	0.9902
1.3 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 1	119.05	35.21	-	576,120.87	193,845.47	-	32,933.31	854,193.62	1.0209	0.9517
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 2	118.95	35.31	119,728.27	576,607.31	193,359.03	275,633.30	315,546.65	363,814.92	1.0215	0.9517
1.2 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 2	119.05	35.21	-	576,120.87	193,845.47	-	32,933.31	854,193.62	1.0209	0.9517

หมายเหตุ

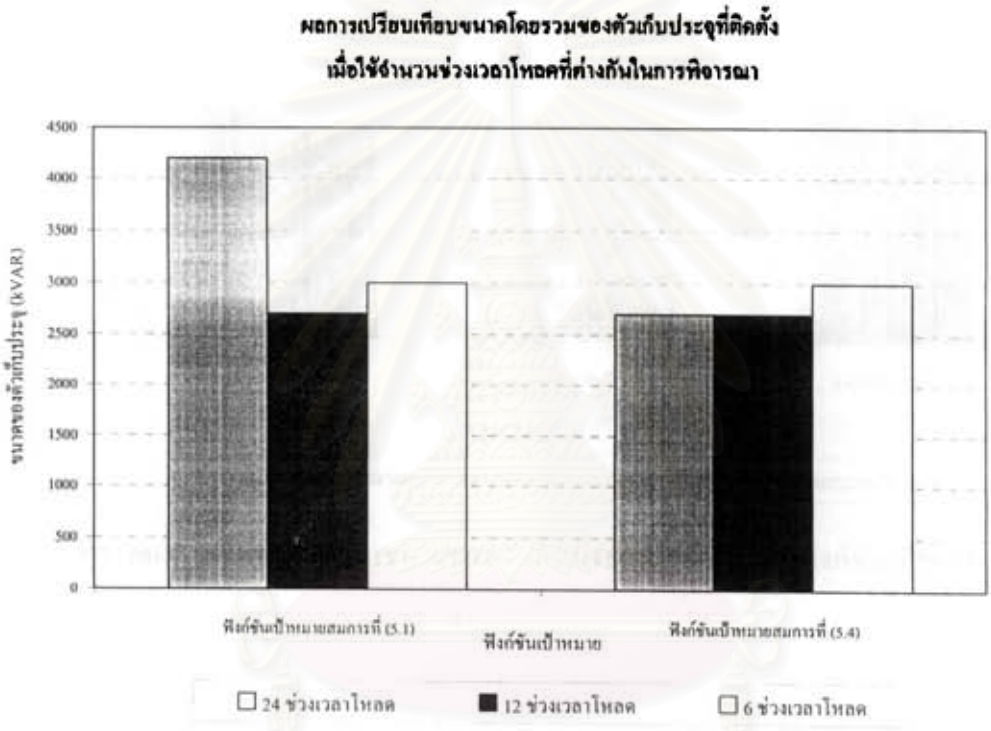
P.F. คือค่าตัวประกอบกำลังในช่วงเวลาโหลดสูงสุด ค่าติดลบคือตัวประกอบกำลังนำหน้า (Leading power factor)

Vmin คือแรงดันต่ำสุดที่เกิดขึ้น

ฟังก์ชัน5.1 คือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด ฟังก์ชัน5.4 คือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด

5.1.2 สรุป และวิเคราะห์ผลของระบบท่าทราย

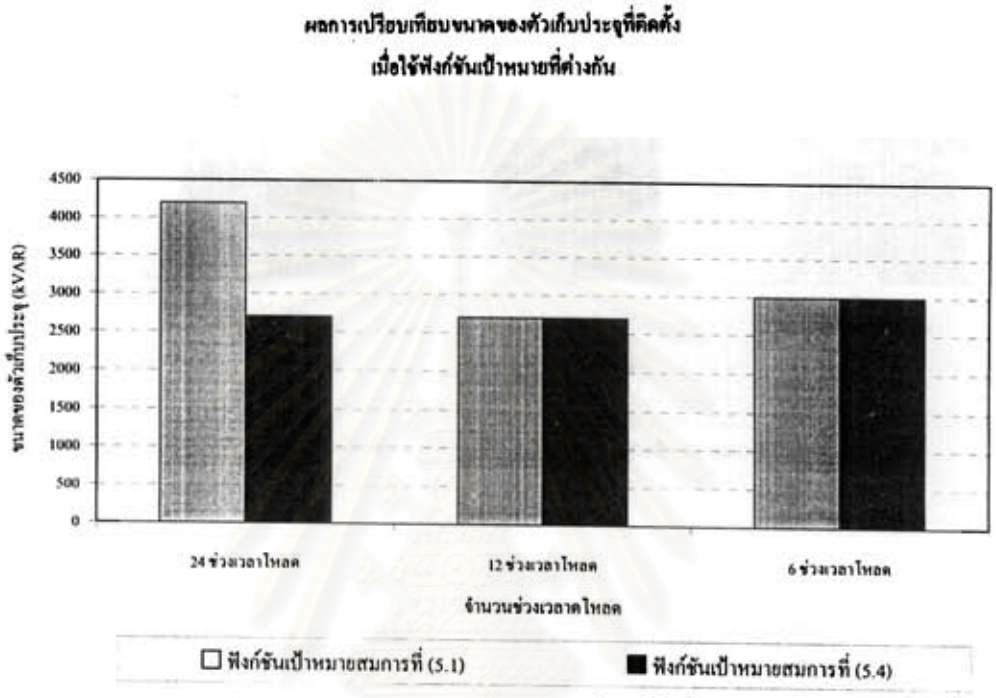
จากผลการทดสอบของระบบท่าทรายโดยใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดทั้ง 3 แบบ (24, 12 และ6 ช่วงเวลาโหลด) พบว่าการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดจะทำให้ขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุทั้งแบบคงที่และแบบสวิตช์เปลี่ยนไป ผลการเปรียบเทียบของขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุทั้งแบบคงที่และแบบสวิตช์ช่วงเวลาโหลดต่าง ๆ เมื่อคิดผลของตัวเก็บประจุที่บัส 3 และใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1



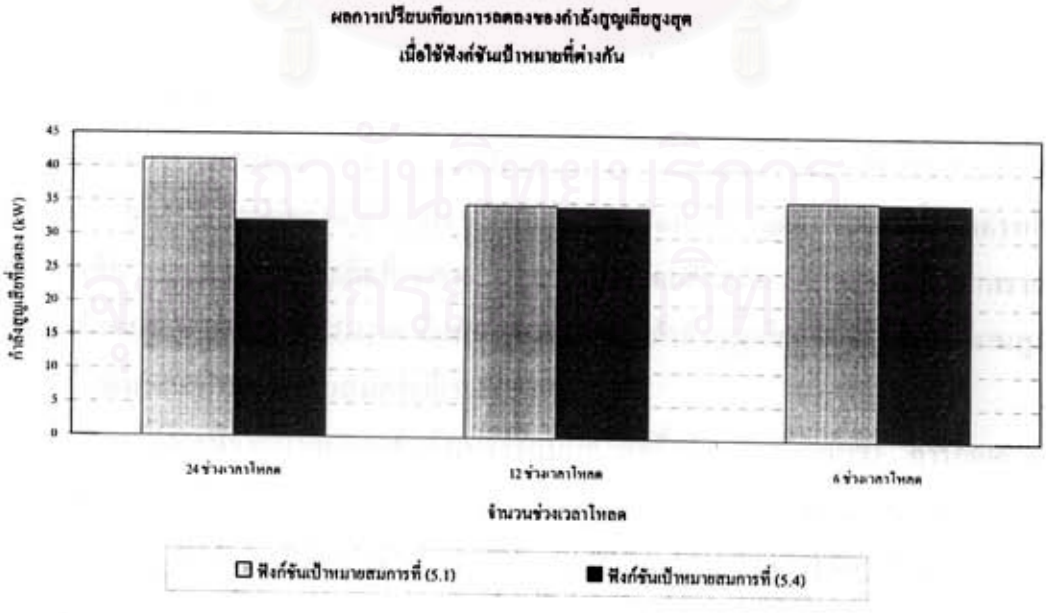
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบเมื่อใช้จำนวนช่วงเวลาที่ต่างกันในการพิจารณา

ในกรณีของการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลาในการพิจารณานั้นพบว่ามีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์จึงเป็นผลทำให้ขนาดของตัวเก็บประจุโดยรวมสูงกว่ากรณีอื่น ทั้งนี้อาจเป็นผลจากผลต่างระหว่างรีแอกทีฟโหลดในช่วงเวลาโหลดสูงสุดกับรีแอกทีฟโหลดในช่วงเวลาโหลดต่ำสุดนั้นจะต่างกันมากกว่ากรณีอื่น ในขณะเดียวกันรีแอกทีฟโหลดในช่วงเวลาโหลดต่ำสุดของกรณีช่วงเวลาโหลด 6 ช่วงเวลามีค่ามากกว่ากรณีอื่น จึงทำให้มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่มากกว่ากรณีอื่น สำหรับกรณีจำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 12 ช่วงเวลานั้นมีผลต่างระหว่างรีแอกทีฟโหลดในช่วงเวลาโหลดสูงสุดกับรีแอกทีฟโหลดในช่วงเวลาโหลดต่ำสุดมากกว่ากรณีช่วงเวลาโหลด 6 ช่วงเวลาก็จริง แต่เมื่อทำการพิจารณาด้วยกระบวนวิธีที่กล่าวมาแล้ว การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ไม่สามารถทำให้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายดีขึ้นกว่าเดิม ดังนั้นจึงไม่ทำการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ในกรณีดังกล่าว

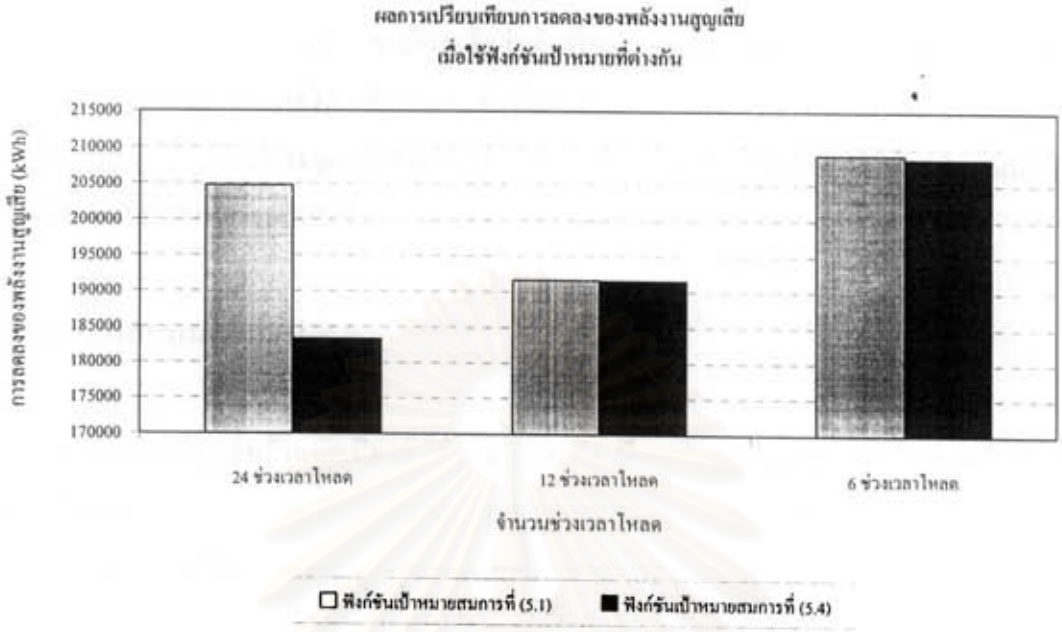
สำหรับผลจากการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน ทำให้ขนาดของการติดตั้งตัวเก็บประจุ และผลการลดลงของกำลังสูญเสียนั้นมีค่าต่างกันไป สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่5.2 ถึงรูปที่ 5.4 โดยผลที่นำมาเปรียบเทียบเป็นกรณีที่คิดผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3 และใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 ในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบขนาดของตัวเก็บประจุที่ติดตั้ง เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบกำลังสูญเสียสูงสุดที่ลดลง เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบพลังงานสูญเสียที่ลดลง เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน

จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่ากรณี 24 ช่วงเวลาโหลดการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) มีการติดตั้งขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุที่มากกว่าการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าต่ำสุด โดยมีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ด้วยในขณะที่การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ ทำให้การลดลงของกำลังสูญเสียสูงสุด และพลังงานสูญเสียนั้นต่างกันมาก สำหรับกรณี 12 ช่วงเวลาโหลด และ กรณี 6 ช่วงเวลาโหลดจะไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ในแต่ละช่วงเวลาโหลด ถึงแม้จะใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน ขณะเดียวกันในแต่ละกรณีช่วงเวลาโหลด ขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุแบบคงที่ที่ติดตั้งเท่ากัน แต่มีตำแหน่งที่แตกต่างกัน ทำให้กำลังสูญเสีย และพลังงานสูญเสียที่ลดลงนั้นต่างกันไปบ้างแต่ไม่มาก สำหรับระบบท่าทราย การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) จะมีแนวโน้มในการลดกำลังสูญเสียสูงสุด และพลังงานสูญเสียมากกว่าการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4)

สำหรับการพิจารณาผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3 นั้นพบว่า การคิดผลของตัวเก็บประจุดังกล่าวนั้นไม่มีผลต่อตำแหน่ง ขนาด และชนิดของตัวเก็บประจุในแต่ละกรณีเลย ทั้งนี้ตัวเก็บประจุดังกล่าวนั้นติดตั้งในตำแหน่งที่มีผลต่อกำลังสูญเสียน้อยมาก จึงทำให้การคิดผลของตัวเก็บประจุดังกล่าวนั้นไม่ส่งผลต่อการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุ

สำหรับการใช้วิธีที่ต่างกันในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.3.2 นั้น สำหรับระบบท่าทรายวิธีที่ 1 จะมีโอกาสในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์มากกว่าวิธีที่ 2 โดยดูได้จากกรณี 24 ช่วงเวลาโหลด วิธีที่ 1 จะมีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ขนาด 1500 kVAR ในขณะเดียวกันวิธีที่ 2 จะไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุ ทั้งนี้เนื่องมาจากการพิจารณาด้วยวิธีที่ 1 จะมีการคิดเวลาสับเข้า-ปลดออกของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ด้วย ในขณะที่วิธีที่ 2 จะคิดผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์เฉพาะช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาเท่านั้น

5.2 ระบบทดสอบนครปฐม

ระบบนครปฐมซึ่งเป็นเขตเมืองที่มีขนาด 103 บัส ซึ่งจุดโหลดในระบบจะประกอบไปด้วยผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้หม้อแปลงของการไฟฟ้า และหม้อแปลงที่เป็นของลูกค้าเอง โดยที่ขนาดรวมของหม้อแปลงของการไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ18.9 ของขนาดหม้อแปลงทั้งหมดในระบบดังกล่าว เนื่องจากไม่มีข้อมูลของการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบดังกล่าว ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสมมติว่าแต่ละจุดโหลดเมื่อทำการจ่ายโหลดสูงสุด จะจ่ายโหลดประมาณร้อยละ65 ของขนาดหม้อแปลงที่จุดโหลดนั้น โดยค่าตัวประกอบกำลังของจุดโหลดที่เป็นหม้อแปลงของการไฟฟ้า และจุดโหลดที่เป็นหม้อแปลงของลูกค้ามีค่าเท่ากับ 0.85 สำหรับรายละเอียดว่าที่แต่ละจุดโหลดเป็นผู้ใช้ประเภทใด ได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก

เนื่องจากระบบนครปฐมนั้นจะมีผู้ใช้ไฟฟ้าอยู่หลายประเภท ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทดสอบระบบดังกล่าวไว้ 2 กรณีเพื่อเปรียบเทียบผลได้แก่ กรณีที่ระบบดังกล่าวมีผู้ใช้หลายประเภทซึ่งเป็นไปตามข้อมูลในภาคผนวก สำหรับอีกกรณีคือระบบดังกล่าวมีแต่จุดโหลดที่เป็นหม้อแปลงของการไฟฟ้า และเนื่องจากไม่มีข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทที่ใช้หม้อแปลงของการไฟฟ้า ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะให้หม้อแปลงของการไฟฟ้านั้นจะประกอบไปด้วยลูกค้าประเภทบ้านอยู่อาศัยกับกิจการขนาดเล็กเท่านั้น โดยสัดส่วนระหว่างลูกค้าประเภทบ้านอยู่อาศัยกับกิจการขนาดเล็กจะอาศัยข้อมูลรายงานสถิติการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และจากสัดส่วนระหว่างลูกค้าดังกล่าวก็จะสามารถหาการเปลี่ยนแปลงของโหลดแต่ละเวลาได้ ซึ่งจะได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวกต่อไป

5.2.1 การทดสอบโดยพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา

(ก) จุดโหลดแต่ละจุดเป็นไปตามข้อมูลในภาคผนวก

การพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบท่าทรายโดยจุดโหลดแต่ละจุดเป็นไปตามข้อมูลในภาคผนวก และพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา พบว่าที่กรณีฐานปรากฏว่าระบบดังกล่าวมีค่ากำลังสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 110.20 kW และมีพลังงานสูญเสีย 592,089.45 kWh เมื่อทำการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุตามวิธีในหัวข้อ 4.3.1 และหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้วิธีที่ 1 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด และฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.8 และตารางที่ 5.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.8 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ก)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	26, 39, 56, 61, 62, 77, 79, 103	300 kVAR	2400 kVAR	30,506.64
	100	600 kVAR	600 kVAR	6,240.00
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			3000 kVAR	36,746.64
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			3000 kVAR	36,746.64

ตารางที่ 5.9 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ก)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	26, 40, 56, 61, 62, 79, 83, 90, 100, 103	300 kVAR	3000 kVAR	38,133.30
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			3000 kVAR	38,133.30
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			3000 kVAR	38,133.30

ในกรณีที่พิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าสูงสุดจะได้ผลเหมือนกับตารางที่ 5.8 สำหรับฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าต่ำสุดจะได้ผลเหมือนกับตารางที่ 5.9

ข. จุดโหลดแต่ละจุดเป็นหม้อแปลงของการไฟฟ้า

สำหรับการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบนครปฐมโดยจุดโหลดแต่ละจุดเป็นหม้อแปลงของการไฟฟ้า และพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา พบว่าที่กรณีฐานปรากฏว่าระบบดังกล่าวมีค่ากำลังสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 124.02 kW และมีพลังงานสูญเสีย 524,237.62 kWh เมื่อทำการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุตามวิธีในหัวข้อ 4.3.1 และหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้วิธีที่ 1 เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด และฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.10 และตารางที่ 5.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.10 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	26, 56, 61, 62, 79, 81 100, 103	300 kVAR	2400 kVAR	30,506.64
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2400 kVAR	30,506.64
แบบสวิตช์	100	1500 kVAR	1500 kVAR	38,133.33
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			3900 kVAR	68,639.97

ตารางที่ 5.11 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	26, 56, 61, 62, 79, 81 100, 103	300 kVAR	2400 kVAR	30,506.64
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2400 kVAR	30,506.64
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			2400 kVAR	30,506.64

ในกรณีที่พิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) ในการพิจารณา สามารถสรุปผลการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	26, 56, 61, 62, 79, 81 100, 103	300 kVAR	2400 kVAR	30,506.64
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			2400 kVAR	30,506.64
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			2400 kVAR	30,506.64

สำหรับการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4)ในการพิจารณา จะได้ผลการติดตั้งเหมือนกับตารางที่ 5.11

จากผลการติดตั้งในกรณี ก และกรณี ข สามารถสรุปผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.13

นอกจากการทดสอบระบบนครปฐมด้วยจำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลาแล้ว ผู้วิจัยยังได้ทดสอบด้วยการใช้ช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 12 และ 6 ช่วงเวลา เพื่อพิจารณาผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุ โดยผลการทดสอบของ 12 ช่วงเวลา และ6 ช่วงเวลาได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13 สรุปผลที่เกิดขึ้นหลังจากติดตั้งตัวเก็บประจุของระบบนครปฐมโดยใช้ช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา

Case	Peak powerloss (kW)	Peak power loss Reduction (kW)	Cost of peak power loss reduction (Baht/year)	Energy loss (kWh)	Energy loss Reduction (kW)	Cost of energy loss reduction (Baht/year)	Cost of Capacitor (Baht/year)	Objective function value (Baht / year)	Vmin (p.u.)	P.F.
ก) จุดโหลดแต่ละจุดเป็นไปตามข้อมูลในภาคผนวก										
1.1 กรณีฐาน	110.20	-	-	592,089.45	-	-	-	-	1.0256	0.8447
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 1	85.64	24.56	83,278.58	448,940.86	143,148.58	204,058.31	36,746.64	250,590.24	1.0316	0.9519
1.3 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 1	85.77	24.43	-	449,100.96	142,988.49	-	38,133.30	678,326.71	1.0316	0.9519
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 2	85.64	24.56	83,278.58	448,940.86	143,148.58	204,058.31	36,746.64	250,590.24	1.0316	0.9519
1.2 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 2	85.77	24.43	-	449,100.96	142,988.49	-	38,133.30	678,326.71	1.0316	0.9519
ข) จุดโหลดแต่ละจุดเป็นหม้อแปลงของการไฟฟ้า										
1.1 กรณีฐาน	124.02	-	-	524,237.62	-	-	-	-	1.0243	0.8444
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 1	94.59	29.43	99,792.79	395,324.63	128,912.99	183,765.47	68,639.97	214,918.28	1.0315	0.9698
1.3 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 1	101.18	22.85	-	408,275.03	115,962.59	-	30,506.64	612,502.69	1.0294	0.9285
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 2	101.18	22.85	77,470.23	408,275.03	115,962.59	165,304.68	30,506.64	212,268.27	1.0294	0.9285
1.2 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 2	101.18	22.85	-	408,275.03	115,962.59	-	30,506.64	612,502.69	1.0294	0.9285

หมายเหตุ

P.F. คือค่าตัวประกอบกำลังในช่วงเวลาโหลดสูงสุด ค่าติดลบคือตัวประกอบกำลังนำหน้า (Leading power factor)

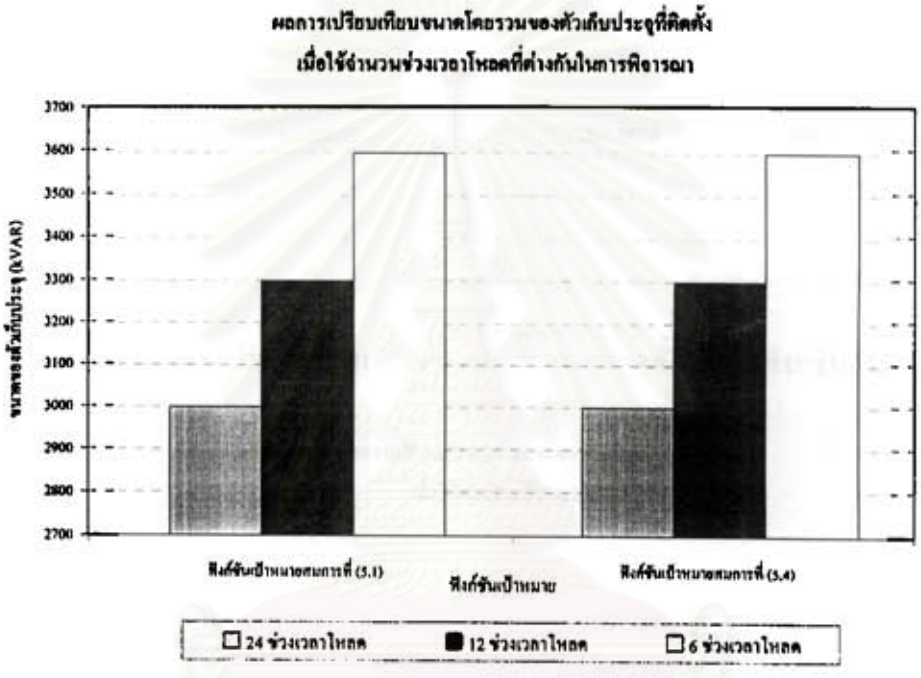
Vmin คือแรงดันต่ำสุดที่เกิดขึ้น

ฟังก์ชัน5.1 คือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด ฟังก์ชัน5.4 คือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.2 สรุป และวิเคราะห์ผลของระบบนครปฐม

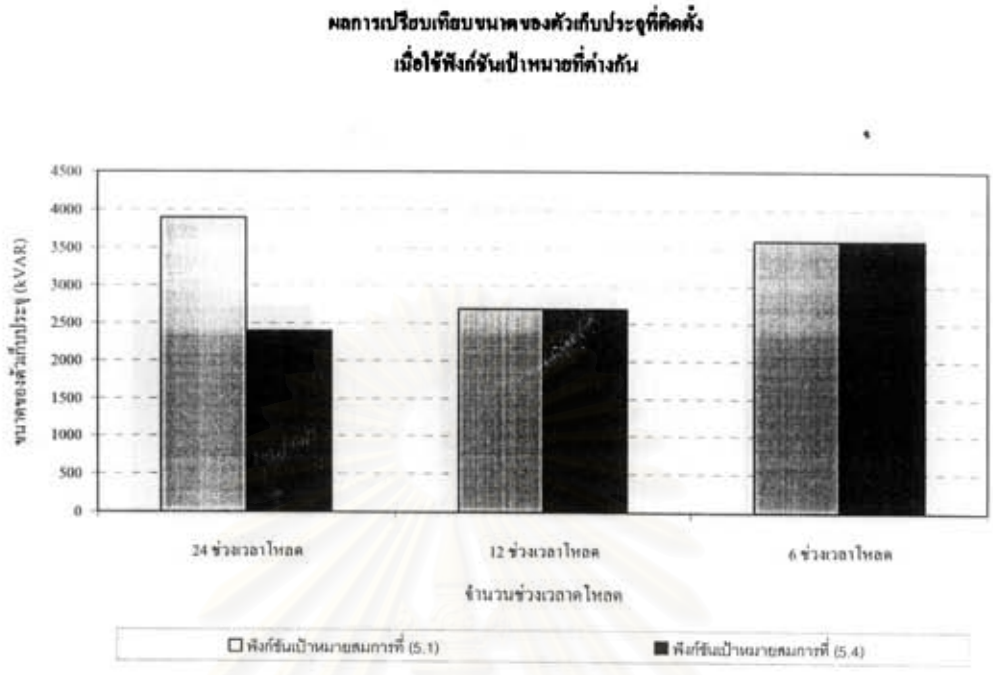
จากผลการทดสอบของระบบนครปฐมโดยใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดทั้ง 3 แบบ (24, 12 และ6 ช่วงเวลาโหลด) พบว่าการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดจะทำให้ขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุทั้งแบบคงที่และแบบสวิตช์เปลี่ยนไป ผลการเปรียบเทียบของขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุทั้งแบบคงที่และแบบสวิตช์ช่วงเวลาโหลดต่าง ๆ เมื่อจุดโหลดแต่ละจุดเป็นไปตามข้อมูลในภาคผนวก และใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.5



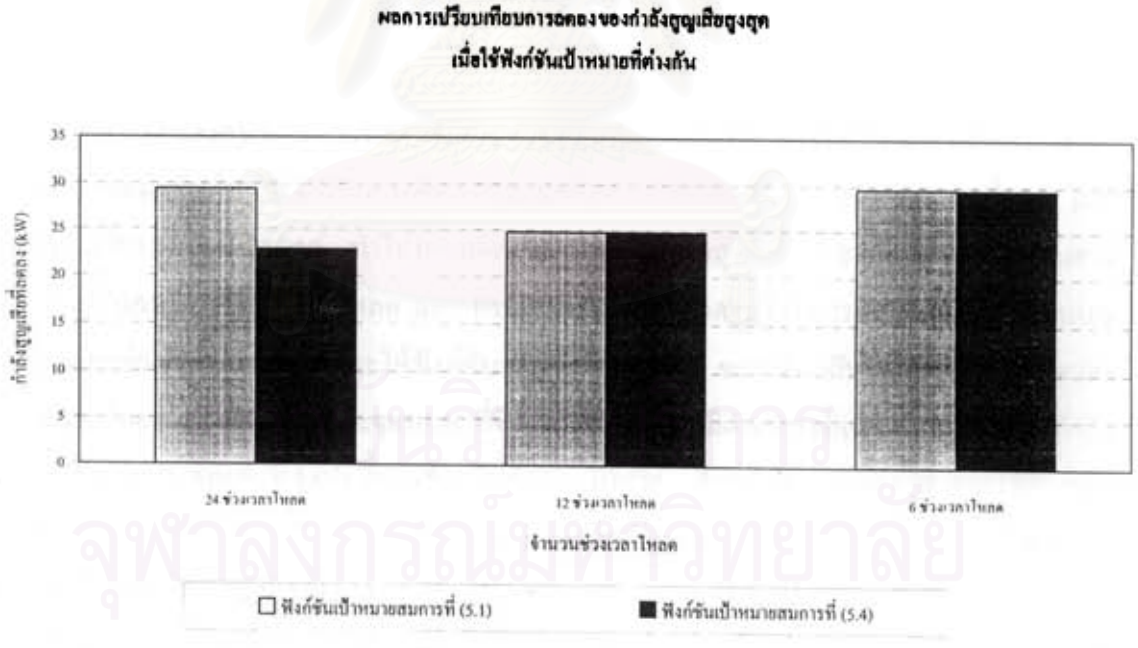
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบเมื่อใช้ช่วงเวลาในการพิจารณาที่ต่างกันในการพิจารณา

ในรูปที่ 5.23 ทั้ง 3 กรณีไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ และจะสังเกตเห็นว่าเมื่อใช้จำนวนตัวเก็บประจุที่ใช้โดยรวมทั้ง 3 กรณีนั้นไม่เท่ากัน โดยที่จำนวนการติดตั้งมากขึ้นเมื่อจำนวนช่วงเวลาโหลดที่ใช้พิจารณาน้อยลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรีแอกทีฟโหลดต่ำสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณีจะมีค่ามากขึ้นเมื่อใช้จำนวนโหลดที่พิจารณาน้อยลง การที่รีแอกทีฟโหลดต่ำสุดของแต่ละกรณีไม่เท่ากันนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่เกิดขึ้นของแต่ละกรณีนั้นต่างกัน ซึ่งรายละเอียดในการสร้างการเปลี่ยนแปลงของโหลดนั้นจะกล่าวไว้ในภาคผนวก

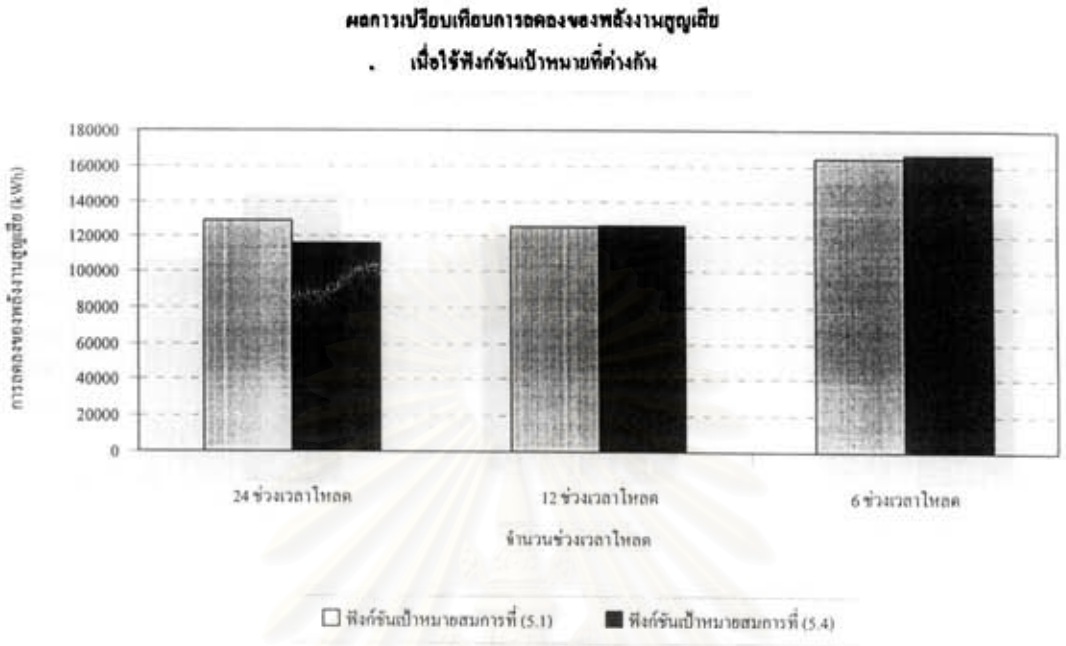
สำหรับผลจากการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน ทำให้ขนาดของการติดตั้งตัวเก็บประจุ และผลการลดลงของกำลังสูญเสียนั้นมีค่าต่างกันไป สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่5.6 ถึงรูปที่ 5.8 เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ผลที่นำมาเปรียบเทียบจึงเป็นกรณีจุดโหลดแต่ละจุดเป็นหม้อแปลงของการไฟฟ้า และใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 ในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบขนาดของตัวเก็บประจุที่ติดตั้ง เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน



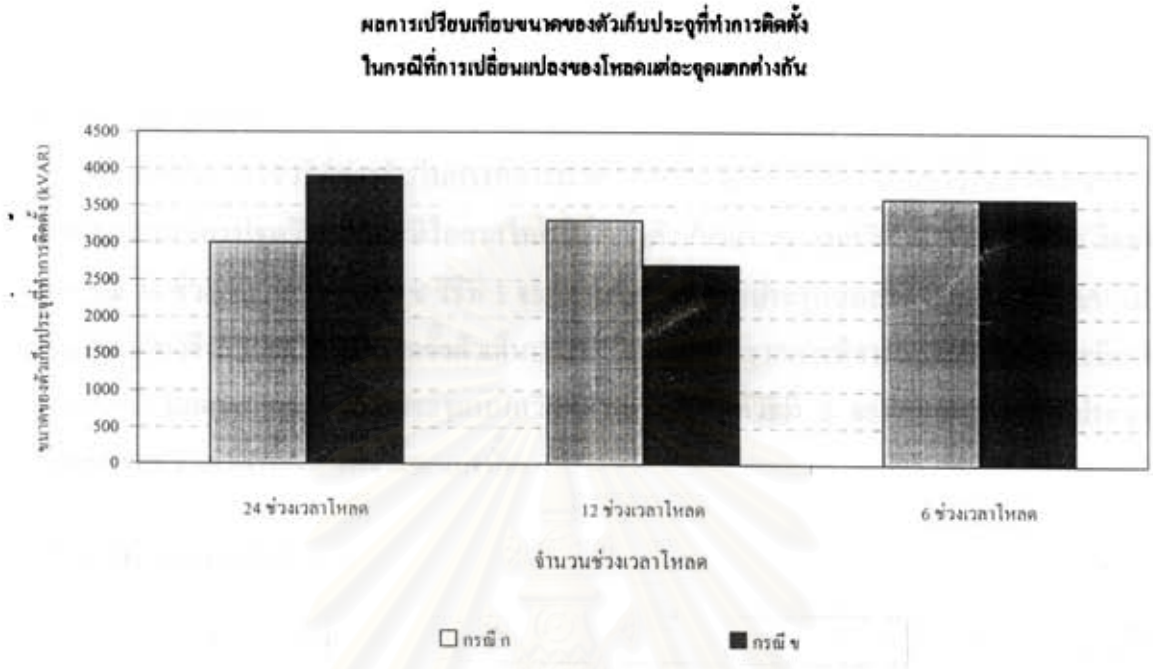
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบกำลังสูญเสียสูงสุดที่ลดลงเมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบพลังงานสูญเสียที่ลดลง เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน

จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่ากรณี 24 ช่วงเวลาโหลด การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) มีการติดตั้งขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุที่มากกว่าการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าต่ำสุด โดยมีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ด้วยในขณะที่การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ ทำให้การลดลงของกำลังสูญเสียสูงสุด และพลังงานสูญเสียนั้นต่างกันมาก สำหรับกรณี 12 ช่วงเวลาโหลด และ กรณี 6 ช่วงเวลาโหลดจะไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ในแต่ละช่วงเวลาโหลดถึงแม้จะใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน ขณะเดียวกันในแต่ละกรณีช่วงเวลาโหลด ขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุแบบคงที่ที่ติดตั้งเท่ากัน แต่มีตำแหน่งที่แตกต่างกัน ทำให้กำลังสูญเสีย และพลังงานสูญเสียที่ลดลงนั้นต่างกันไปบ้างแต่ไม่มาก สำหรับระบบนครปฐมการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) จะมีแนวโน้มในการลดกำลังสูญเสียสูงสุด และพลังงานสูญเสียมากกว่าการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4)

สำหรับผลการเปลี่ยนแปลงโหลดของแต่ละจุดระหว่างกรณีที่ทุกจุดโหลดมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกันและต่างกัน สามารถแสดงผลเปรียบเทียบขนาดโดยรวมของการติดตั้งโดยเทียบกับกรณีที่จุดโหลดแต่ละจุดเป็นไปตามข้อมูลในภาคผนวกได้ดังรูปที่ 5.9 โดยข้อมูลของกราฟจะใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ 5.1 และใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 ในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบขนาดของตัวเก็บประจุที่ติดตั้ง เมื่อการเปลี่ยนแปลงโหลดของ แต่ละจุดโหลดต่างกัน

ในกรณีของการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลาในการพิจารณานั้น พบว่ากรณี ข มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ด้วย ในขณะที่กรณี ก ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากผลต่างระหว่างรีแอกทีฟโหลดสูงสุด กับรีแอกทีฟโหลดต่ำสุดของกรณี ข นั้นมีค่ามากกว่ากรณี ก การที่ผลต่างของรีแอกทีฟโหลดสูงสุดกับรีแอกทีฟโหลดต่ำสุดของกรณี ข นั้นมากกว่า กรณี ก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของทุกจุดโหลดในกรณี ข นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกันในทุกช่วงเวลา จึงทำให้การเกิดรีแอกทีฟโหลดสูงสุด และรีแอกทีฟโหลดต่ำสุดของแต่ละจุดโหลดนั้นเกิดขึ้นพร้อมกัน

สำหรับกรณีของการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 12 ช่วงเวลาในการพิจารณา พบว่าทั้งกรณี ก และกรณี ข นั้นไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิชต์ โดยกรณี ก นั้นมีการติดตั้งตัวเก็บประจุมากกว่ากรณี ข ทั้งนี้รีแอกทีฟโหลดต่ำสุดของกรณี ก นั้นมีค่ามากกว่ากรณี ข ในขณะที่ผลต่างระหว่างรีแอกทีฟโหลดสูงสุด กับรีแอกทีฟโหลดต่ำสุดของกรณี ข นั้นมีค่ามากกว่ากรณี ก ก็จริง แต่ว่าจากการพิจารณาตามกระบวนวิธีในบทที่ 4 แล้วพบว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ในกรณี ข นั้นไม่สามารถทำให้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายดีกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่เพียงอย่างเดียว อีกทั้งรีแอกทีฟของกรณี ก มีค่ามากกว่ากรณี ข จึงทำให้การใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 12 ช่วงเวลาในการพิจารณานั้นผลรวมของการติดตั้งตัวเก็บประจุในกรณี ก มากกว่า กรณี ข สำหรับกรณีของการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดเท่า

กับ 6 ช่วงเวลาในการพิจารณา พบว่าทั้งกรณี ก และกรณี ข นั้นขนาดของการติดตั้งตัวเก็บประจุเท่ากัน โดยทั้ง 2 กรณีไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ ทั้งนี้ค่ารีแอกทีฟโหลดต่ำสุดของกรณี ก และกรณี ข นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน และผลต่างระหว่างรีแอกทีฟโหลดสูงสุด และต่ำสุดของกรณี ข นั้นไม่สามารถส่งผลทำให้เกิดการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ได้ จึงทำให้กรณี ก และกรณี ข นั้นมีขนาดของการติดตั้งตัวเก็บประจุเท่ากัน

สำหรับการใช้วิธีที่ต่างกันในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.3.2 นั้น สำหรับระบบนครปฐมวิธีที่ 1 จะมีโอกาสในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์มากกว่าวิธีที่ 2 โดยดูได้จากกรณี 24 ช่วงเวลาโหลด กรณี ข วิธีที่ 1 จะมีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ขนาด 1500 kVAR ในขณะเดียวกันวิธีที่ 2 จะไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุ ทั้งนี้เนื่องมาจากการพิจารณาด้วยวิธีที่ 1 จะมีการคิดเวลาสับเข้า-ปลดออกของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ด้วย ในขณะที่วิธีที่ 2 จะคิดผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์เฉพาะช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาเท่านั้น

5.3 ระบบทดสอบแพรกษา

ระบบแพรกษาซึ่งเป็นเขตเมืองที่มีขนาด 79 บัส ซึ่งจุดโหลดในระบบจะประกอบไปด้วยผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีหม้อแปลงของการไฟฟ้า และหม้อแปลงที่เป็นของลูกค้าเอง โดยที่ขนาดรวมของหม้อแปลงของการไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ10.49 ของขนาดหม้อแปลงทั้งหมดในระบบดังกล่าว จากข้อมูลการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบดังกล่าว พบว่าที่แต่ละจุดโหลดเมื่อทำการจ่ายโหลดสูงสุด จะจ่ายโหลดประมาณร้อยละ44.5 ของขนาดหม้อแปลงที่จุดโหลดนั้น โดยที่ค่าตัวประกอบกำลังของจุดโหลดที่เป็นหม้อแปลงของการไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.5 ในขณะที่จุดโหลดที่เป็นหม้อแปลงของลูกค้ามีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.85 สำหรับรายละเอียดว่าที่แต่ละจุดโหลดเป็นผู้ใช้ประเภทใด ได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก

จากเดิมนั้นระบบแพรกษาจะมีตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ติดตั้งอยู่ที่บัส 3 ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 1800 กิโลวาร์ และมีตัวเก็บประจุแบบคงที่ขนาด 600 กิโลวาร์ที่บัส 13 แต่ไม่มีข้อมูลการสับเข้า-ปลดออกของตัวเก็บประจุดังกล่าว ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาช่วงเวลาการสับเข้า-ปลดออกเอง โดยจะพิจารณาจากข้อมูลโหลดในแต่ละช่วงเวลาว่าเป็นอย่างไร โดยเงื่อนไขที่ตั้งไว้ก็คือ ถ้าช่วงเวลาใดมีการใช้กำลังจริงของโหลดรวมประมาณร้อยละ 75 ของกำลังจริงของโหลดรวมที่ช่วงเวลาโหลดสูงสุดจะให้ตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ดังกล่าวสับเข้าในช่วงเวลานั้น และจากเงื่อนไขที่ตั้งไว้พบว่าตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 20.00 น. จะสับตัวเก็บประจุดังกล่าวเข้าระบบ

ในการทดสอบระบบแพรกษาที่แต่ละการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดในการพิจารณา จะแยกเป็น 3 กรณีย่อยได้แก่ กรณีแรกคือคิดผลจากตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3 รวมทั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่ที่บัส 13 ด้วย กรณีที่สองคือคิดผลของตัวเก็บประจุแบบคงที่ที่บัส 13 เพียงอย่างเดียว ส่วนกรณีสุดท้ายคือไม่คิดผลทั้งตัวเก็บประจุที่ติดอยู่เดิม

5.3.1 การทดสอบระบบแพรกษาโดยพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา

(ก) พิจารณาผลของตัวเก็บประจุที่มีอยู่เดิมในระบบทุกตัว

การพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบแพรกษาโดยคิดผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3 และพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา พบว่าที่กรณีฐานระบบดังกล่าวมีค่ากำลังสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 188.82 kW และมีพลังงานสูญเสีย 891,947.82 kWh เมื่อทำการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุตามวิธีในหัวข้อ 4.3.1 และหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้วิธีที่ 1 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด และฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.14 และตารางที่ 5.15 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.14 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ก)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	40, 46, 53, 59, 62, 76	600 kVAR	3600 kVAR	43,264.02
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			3600 kVAR	43,264.02
แบบสวิตช์	49	1800 kVAR	1800 kVAR	61,914.67
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			5400 kVAR	105,178.69

ตารางที่ 5.15 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ก)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	27, 40, 46, 53, 62, 76	600 kVAR	3600 kVAR	43,264.02
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			3600 kVAR	43,264.02
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			3600 kVAR	43,264.02

ในกรณีที่พิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) สามารถสรุปผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.1 โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ก)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	40, 46, 53, 59, 62, 76	600 kVAR	3600 kVAR	43,264.02
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			3600 kVAR	43,264.02
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			3600 kVAR	43,264.02

สำหรับการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) จะได้ผลการติดตั้งเหมือนกับตารางที่ 5.15

ข. ไม่พิจารณาผลเฉพาะตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3

สำหรับการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบแพรกษาโดยไม่พิจารณาผลเฉพาะตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3 และพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา พบว่าที่กรณีฐานปรากฏว่าระบบดังกล่าวมีค่ากำลังสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 193.34 kW และมีพลังงานสูญเสีย 909,112.17 kWh เมื่อทำการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุตามวิธีในหัวข้อ 4.3.1 และหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้วิธีที่ 1 ซึ่งเป็นฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด และฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.17 และตารางที่ 5.18 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.17 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.1 โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	40, 46, 53, 59, 62, 76	600 kVAR	3600 kVAR	43,264.02
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			3600 kVAR	43,264.02
แบบสวิตช์	49	1800 kVAR	1800 kVAR	61,914.67
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			5400 kVAR	105,178.69

ตารางที่ 5.18 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.4 โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	27, 40, 46, 53, 62, 76	600 kVAR	3600 kVAR	43,264.02
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			3600 kVAR	43,264.02
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			3600 kVAR	43,264.02

ในกรณีที่พิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) สามารถสรุปผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.1 โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ข)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	40, 46, 53, 59, 62, 76	600 kVAR	3600 kVAR	43,264.02
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			3600 kVAR	43,264.02
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			3600 kVAR	43,264.02

สำหรับการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) จะได้ผลการติดตั้งเหมือนกับตารางที่ 5.18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ค) ไม่พิจารณาผลของตัวเก็บประจุที่เคยติดตั้งในระบบ

การพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบแพรกษาโดยไม่พิจารณาผลของตัวเก็บประจุที่เคยติดตั้งในระบบ และพิจารณาช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา พบว่าที่กรณีฐานปรากฏว่าระบบดังกล่าวมีค่ากำลังสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 199.65 kW และมีพลังงานสูญเสีย 948,113.62 kWh เมื่อทำการพิจารณาติดตั้งตัวเก็บประจุตามวิธีในหัวข้อ 4.3.1 และหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้วิธีที่ 1 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด และฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.20 และ ตารางที่ 5.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.20 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.1 โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ค)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	17, 40, 46, 53, 59, 62, 76	600 kVAR	4200 kVAR	50,474.69
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			4200 kVAR	50,474.69
แบบสวิตช์	49	1800 kVAR	1800 kVAR	61,914.67
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			6000 kVAR	112,389.36

ตารางที่ 5.21 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.4 โดยใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ค)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	17, 27, 40, 46, 53, 62 76	600 kVAR	4200 kVAR	50,474.69
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			4200 kVAR	50,474.69
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			4200 kVAR	50,474.69

ในกรณีที่พิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) สามารถสรุปผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 ตารางแสดงผลการติดตั้งตัวเก็บประจุ เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.1 โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 กรณี (ค)

ชนิดตัวเก็บประจุ	ตำแหน่งที่ติดตั้ง	ขนาดที่ติดตั้ง	ขนาดรวมในการติดตั้งที่แต่ละขนาด	เงินลงทุนในการติดตั้ง (บาท/ปี)
แบบคงที่	17, 40, 46, 53, 59, 62, 76	600 kVAR	4200 kVAR	50,474.69
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่			4200 kVAR	50,474.69
แบบสวิตช์	ไม่มีการติดตั้ง	-	-	-
รวมค่าของการติดตั้งตัวเก็บประจุทั้งหมด			4200 kVAR	50,474.69

สำหรับการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์โดยใช้วิธีที่ 2 ในหัวข้อ 4.3.2 โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) จะได้ผลการติดตั้งเหมือนกับตารางที่ 5.21

จากผลการติดตั้งในกรณี ก กรณี ข และกรณี ค สามารถสรุปผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากการติดตั้งตัวเก็บประจุได้ดังตารางที่ 5.23

นอกจากการทดสอบระบบแพรกษาด้วยจำนวนช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลาแล้ว ผู้วิจัยยังได้ทดสอบด้วยการใช้ช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 12 และ 6 ช่วงเวลา เพื่อพิจารณาผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุ โดยผลการทดสอบของ 12 ช่วงเวลา และ6 ช่วงเวลาได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.23 สรุปผลที่เกิดขึ้นหลังจากติดตั้งตัวเก็บประจุของระบบแพรกษาโดยใช้ช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา

Case	Peak powerloss (kW)	Peak power loss Reduction (kW)	Cost of peak power loss reduction (Baht/year)	Energy loss (kWh)	Energy loss Reduction (kW)	Cost of energy loss reduction (Baht/year)	Cost of Capacitor (Baht/year)	Objective function value (Baht / year)	Vmin (p.u.)	P.F.
ก) พิจารณาผลของตัวเก็บประจุที่มีอยู่เดิมในระบบทุกตัว										
1.1 กรณีฐาน	188.82	-	-	891,947.82	-	-	-	-	0.9758	0.8763
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 1	133.11	55.72	105,202.09	624,747.23	267,200.59		105,178.69	521,682.43	0.9855	0.9932
1.3 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 1	142.69	46.13	-	645,659.93	246,287.89	-	43,264.02	1,303,850.46	0.9816	0.9672
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 2	142.34	46.48	87,768.38	647,926.48	244,021.34	476,427.27	43,264.02	520,931.64	0.9822	0.9672
1.2 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 2	142.69	46.13	-	645,659.93	246,287.89	-	43,264.02	1,303,850.46	0.9816	0.9672
ข) ไม่พิจารณาผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่บัส 3										
1.1 กรณีฐาน	193.34	-	-	909,112.17	-	-	-	-	0.9754	0.8209
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 1	134.54	58.80	111,024.37	628,365.68	280,746.48	548,129.43	105,178.69	553,975.11	0.9851	0.9668
1.3 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 1	145.17	48.17	-	653,861.61	255,250.56	-	43,264.02	1,319,863.43	0.9812	0.9254
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 2	144.82	48.52	91,622.58	656,123.92	252,988.25	493,934.26	43,264.02	542,292.82	0.9818	0.9254
1.2 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 2	145.17	48.17	-	653,861.61	255,250.56	-	43,264.02	1,319,863.43	0.9812	0.9254

หมายเหตุ

P.F. คือค่าตัวประกอบกำลังในช่วงเวลาโหลดสูงสุด ค่าติดลบคือตัวประกอบกำลังนำหน้า (Leading power factor)

Vmin คือแรงดันต่ำสุดที่เกิดขึ้น

ฟังก์ชัน5.1 คือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด ฟังก์ชัน5.4 คือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.23 (ต่อ) สรุปผลที่เกิดขึ้นหลังจากติดตั้งตัวเก็บประจุของระบบแพรกษาโดยใช้ช่วงเวลาโหลดเท่ากับ 24 ช่วงเวลา

Case	Peak powerloss (kW)	Peak power loss Reduction (kW)	Cost of peak power loss reduction (Baht/year)	Energy loss (kWh)	Energy loss Reduction (kW)	Cost of energy loss reduction (Baht/year)	Cost of Capacitor (Baht/year)	Objective function value (Baht / year)	Vmin (p.u.)	P.F.
ค) ไม่พิจารณาผลของตัวเก็บประจุที่เคยติดตั้งในระบบ										
1.1 กรณีฐาน	199.65	-	-	948,113.62	-	-	-	-	0.9750	0.8025
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 1	134.14	65.51	123,688.66	627,108.21	321,005.41	626,730.96	112,389.36	638,028.26	0.9852	0.9668
1.3 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 1	144.49	55.15	-	651,298.23	296,815.38	-	50,474.69	1,322,069.36	0.9813	0.9254
1.2 ฟังก์ชัน5.1 วิธีที่ 2	144.14	55.50	104,800.10	653,563.15	294,550.47	575,080.33	50,474.69	629,405.74	0.9819	0.9253
1.2 ฟังก์ชัน5.4 วิธีที่ 2	144.49	55.15	-	651,298.23	296,815.38	-	50,474.69	1,322,069.36	0.9813	0.9254

หมายเหตุ

P.F. คือค่าตัวประกอกกำลังในช่วงเวลาโหลดสูงสุด ค่าติดลบคือตัวประกอบกำลังนำหน้า (Leading power factor)

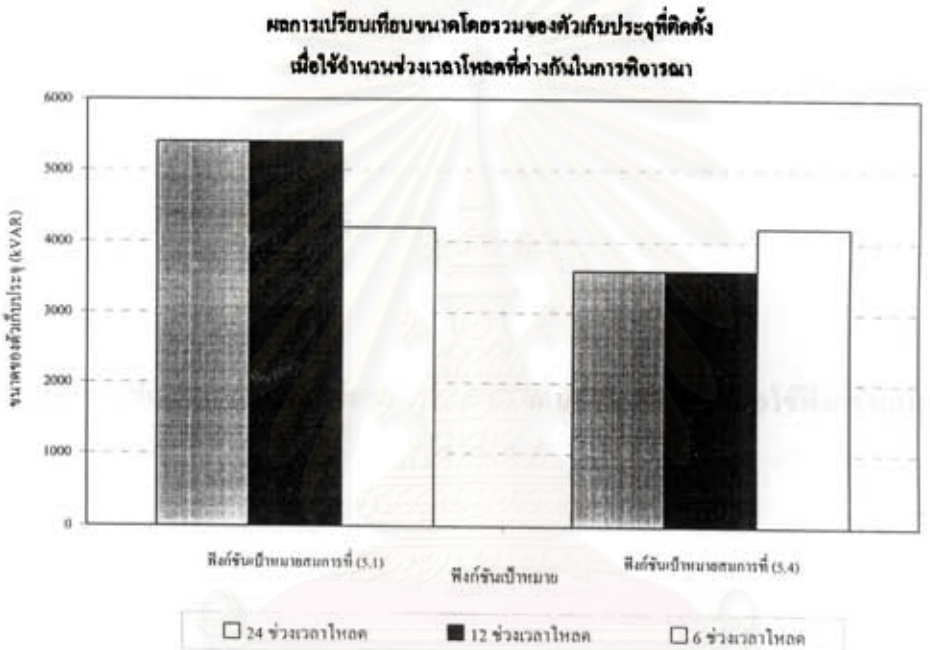
Vmin คือแรงดันต่ำสุดที่เกิดขึ้น

ฟังก์ชัน5.1 คือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าสูงสุด ฟังก์ชัน5.4 คือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการหาค่าต่ำสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2 สรุป และวิเคราะห์ผลของระบบแพรกษา

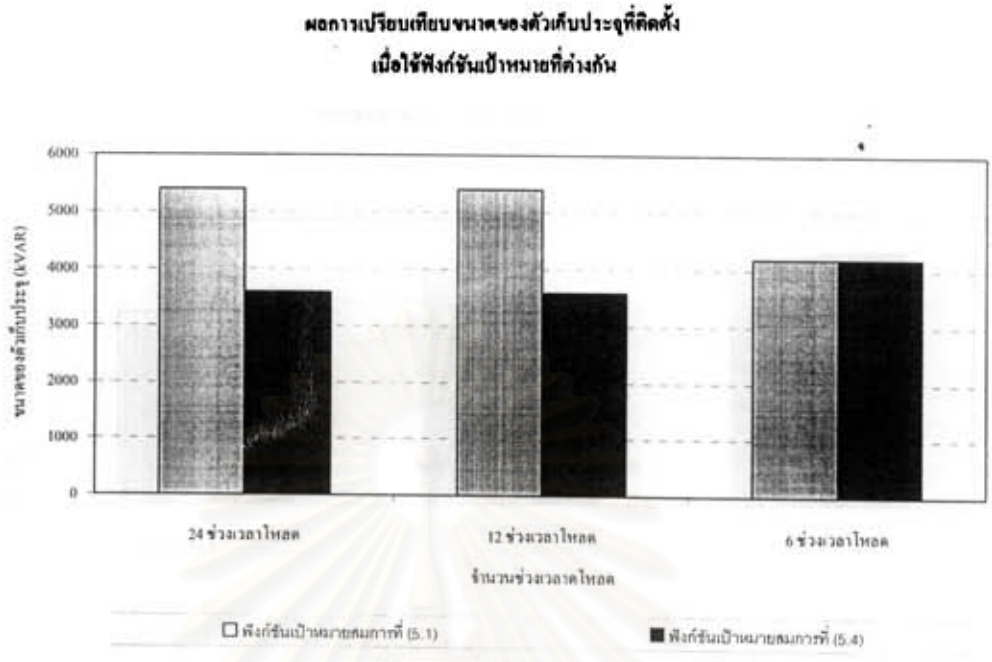
จากผลการทดสอบของระบบแพรกษาโดยใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดทั้ง 3 แบบ พบว่าการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดจะทำให้ขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุทั้งแบบคงที่ และแบบสวิตช์เปลี่ยนไป ผลการเปรียบเทียบของขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุทั้งแบบคงที่และแบบสวิตช์ช่วงเวลาโหลดต่าง ๆ ในกรณีที่คิดผลของตัวเก็บประจุที่มีอยู่เดิมทุกตัว และใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.46



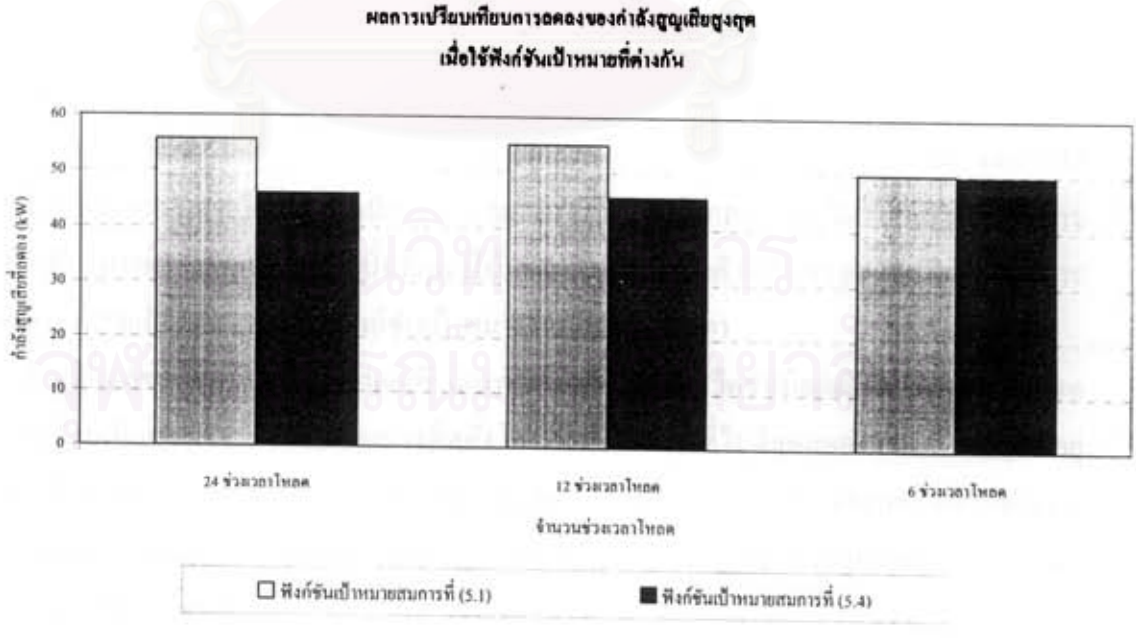
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบเมื่อใช้จำนวนช่วงเวลาที่ต่างกันในการพิจารณา

จากรูปที่ 5.46 ในกรณีที่ใช้ 24 ช่วงเวลาโหลด และ 12 ช่วงเวลาโหลดในการพิจารณาโดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายสมการที่(5.1) พบว่ามีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ ในขณะที่กรณี 6 ช่วงเวลาโหลดไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ แต่ว่ามีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่มากขึ้น อาจมีสาเหตุมาจากในกรณี 6 ช่วงเวลาโหลดนั้นมีผลต่างระหว่างรีแอกทีฟโหลดสูงสุดกับรีแอกทีฟโหลดต่ำสุดน้อยกว่ากรณี 24 ช่วงเวลาโหลด และ 6 ช่วงเวลาโหลดจึงทำให้ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ ในขณะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่มากขึ้น อาจเนื่องมาจากรีแอกทีฟโหลดต่ำสุดมีมากกว่ากรณีอื่น

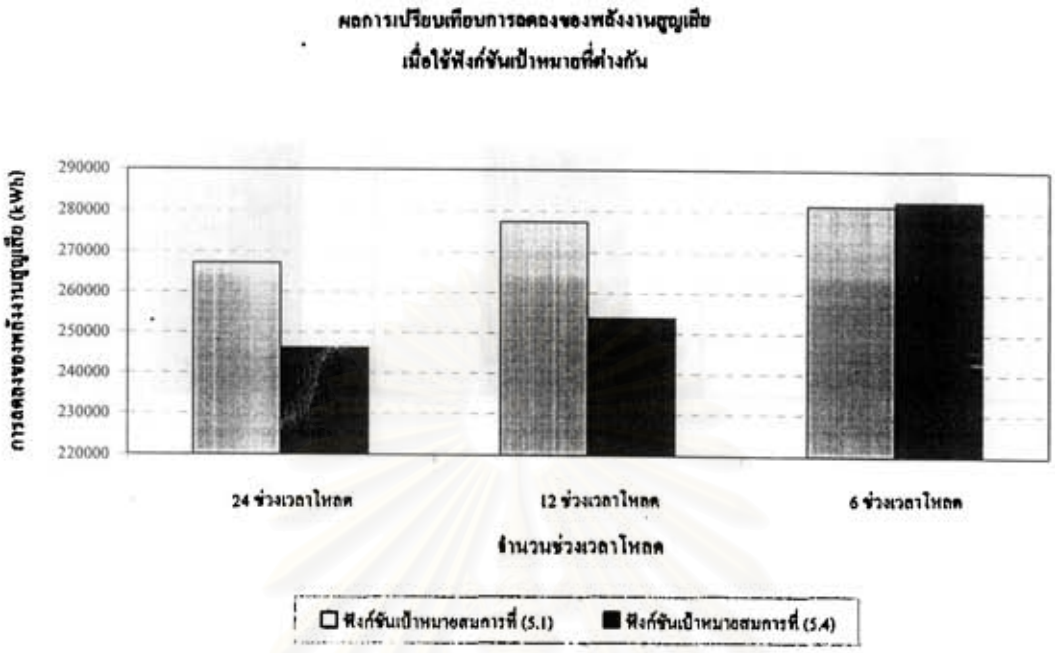
สำหรับผลจากการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน ทำให้ขนาดของการติดตั้งตัวเก็บประจุ และผลการลดลงของกำลังสูญเสียนั้นมีค่าต่างกันไป สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่5.47 ถึงรูปที่ 5.49 โดยผลที่นำมาเปรียบเทียบเป็นกรณีที่คิดผลของตัวเก็บประจุที่มีอยู่เดิมทุกตัว และใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2 ในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบขนาดของตัวเก็บประจุที่ติดตั้ง เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน



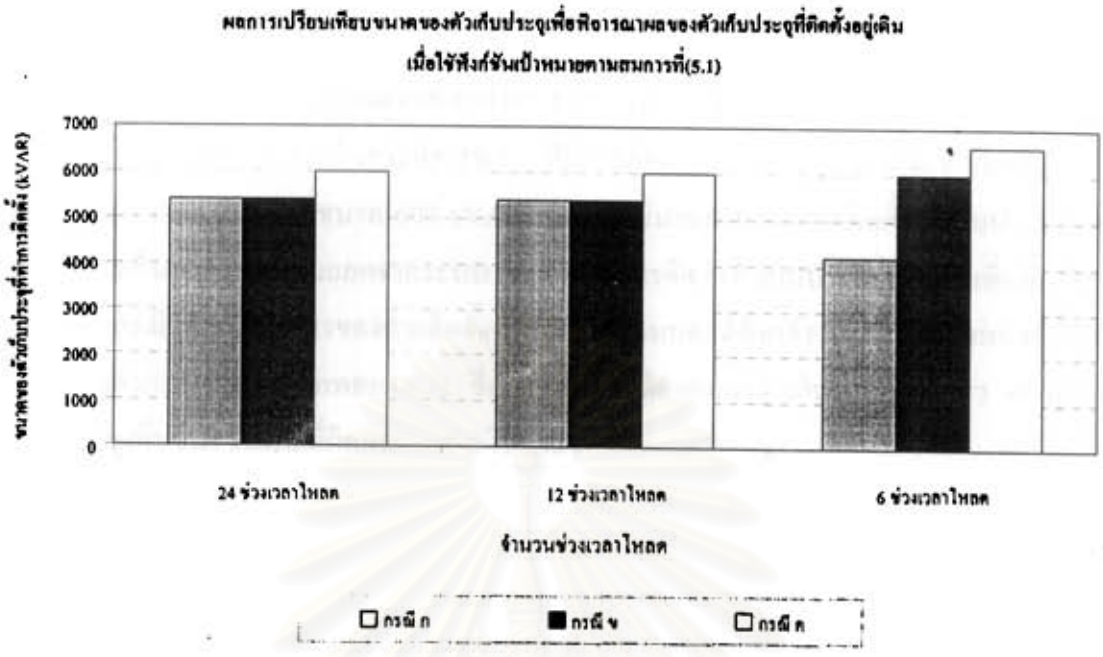
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบกำลังสูญเสียสูงสุดที่ลดลงเมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน



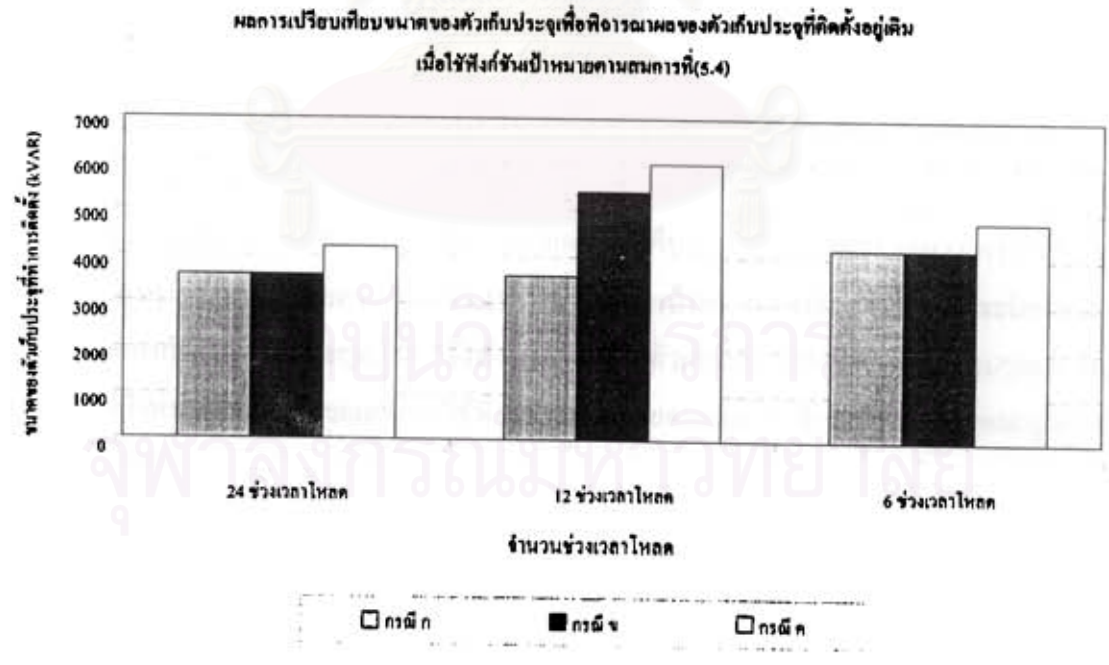
รูปที่ 5.13 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบพลังงานสูญเสียที่ลดลง เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกัน

จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่ากรณี 24 ช่วงเวลาโหลด และกรณี 12 ช่วงเวลาโหลด การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) มีการติดตั้งขนาดโดยรวมของตัวเก็บประจุที่มากกว่าการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าต่ำสุด โดยมีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ด้วยในขณะที่การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ ทำให้การลดลงของกำลังสูญเสียสูงสุด และพลังงานสูญเสียนั้นต่างกันมาก สำหรับกรณี 6 ช่วงเวลาโหลดจะมีแต่การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่เพียงอย่างเดียว โดยการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) ในกรณีดังกล่าวมีการลดกำลังสูญเสียสูงสุดได้มากกว่าการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) จึงกล่าวได้ว่าในระบบแพรกษา การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) นั้นมีแนวโน้มที่จะทำการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ และการลดลงของกำลังสูญเสียสูงสุดมากกว่าฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4)

สำหรับผลของตัวเก็บประจุแบบคงที่ และตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่มีอยู่เดิมในระบบ สามารถแสดงผลเปรียบเทียบขนาดโดยรวมของการติดตั้งโดยเทียบกับกรณีที่ไม่คิดผลของตัวเก็บประจุที่มีอยู่เดิมระบบได้ดังรูปที่ 5.50 และรูปที่ 5.51 ได้ โดยข้อมูลของกราฟทั้ง 2 รูปจะใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.1 และฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 5.4 ตามลำดับ ซึ่งการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์จะใช้วิธีที่ 1 ในหัวข้อ 4.3.2



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบขนาดของตัวเก็บประจุที่ติดตั้ง เมื่อพิจารณาผลของตัวเก็บประจุที่ติดตั้งอยู่เดิม เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1)



รูปที่ 5.15 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบขนาดของตัวเก็บประจุที่ติดตั้ง เมื่อพิจารณาผลของตัวเก็บประจุที่ติดตั้งอยู่เดิม เมื่อใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4)

จากรูปที่5.50 และรูปที่ 5.51 แสดงให้เห็นว่าตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ขนาด 1800 kVARที่บัส 3 ซึ่งมีอยู่เดิมในระบบนั้นจะส่งผลต่อการติดตั้งตัวเก็บประจุบ้าง แต่ไม่มากนัก จะมีเพียง 2 กรณีคือการใช้ 6 ช่วงเวลาโหลดและฟังก์ชันเป้าหมายสมการที่(5.1)ในการพิจารณา อีกกรณีคือการใช้ 12 ช่วงเวลาและฟังก์ชันเป้าหมายสมการที่(5.4)ในการพิจารณา ที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์เพิ่มจากกรณี ก สำหรับตัวเก็บประจุแบบคงที่ขนาด 600 kVARที่บัส 13 นั้นจะส่งผลต่อการติดตั้งตัวเก็บประจุ โดยพบว่าเมื่อเอาตัวเก็บประจุดังกล่าวออกจากระบบ จะทำให้มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่เพิ่มขึ้นอีก 600 kVAR ทุกกรณี ทั้งนี้ตำแหน่งของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่ดังกล่าวนั้น เป็นตำแหน่งที่ส่งผลต่อการลดลงของกำลังสูญเสียมากพอสมควร จึงทำให้เมื่อไม่คิดผลของตัวเก็บประจุดังกล่าว จะต้องติดตั้งตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นจากกรณีที่คิดผลของตัวเก็บประจุ

สำหรับการใช้วิธีที่ต่างกันในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.3.2 นั้น สำหรับระบบแพรกษา วิธีที่ 1 จะมีโอกาสในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์มากกว่าวิธีที่ 2 โดยดูได้จากกรณี 24 ช่วงเวลาโหลด วิธีที่ 1 ทั้งกรณี ก กรณี ข และกรณี ข จะมีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ขนาด 1800 kVAR ในขณะเดียวกันวิธีที่ 2 จะไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุเลย ทั้งนี้เนื่องมาจากการพิจารณาด้วยวิธีที่ 1 จะมีการคิดเวลาสับเข้า-ปลดออกของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ด้วย ในขณะที่วิธีที่ 2 จะคิดผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์เฉพาะช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาเท่านั้น

5.4 สรุป

เมื่อพิจารณาจากทั้ง 3 ระบบแล้ว เมื่อทำการพิจารณาโดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต่างกันนั้น จะส่งผลต่อตำแหน่ง และขนาดที่ทำการติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบ โดยการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าสูงสุด หรือสมการที่(5.1) นั้นจะมีแนวโน้มในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์มากกว่า การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการค่าต่ำสุดหรือสมการที่ (5.4) ทั้งนี้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) จะมีการคิดมูลค่าการลดลงของกำลังสูญเสียสูงสุดด้วย จึงทำให้การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์นั้นสามารถทำให้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายดีขึ้น ในขณะที่การใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) จะคิดเฉพาะมูลค่าของพลังงานสูญเสียเพียงอย่างเดียว ทำให้โอกาสการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์นั้นมีน้อยลง สำหรับกรณีที่ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ทั้ง 2 ฟังก์ชันเป้าหมาย แนวโน้มการลดลงของกำลังสูญเสียสูงสุดของการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.1) จะมากกว่าการใช้ฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่(5.4) ในขณะที่การลดลงของพลังงานสูญเสียนั้นจะใกล้เคียงกันทั้ง 2 กรณี

สำหรับผลของการใช้จำนวนช่วงเวลาโหลดที่ต่างกันในการพิจารณาพบว่า การใช้จำนวนช่วงเวลาโหลด 24 ช่วงเวลานั้นจะมีแนวโน้มของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์มากกว่ากรณีอื่น อาจมีสาเหตุจากผลต่างของรีแอกทีฟโหลดสูงสุดกับรีแอกทีฟโหลดต่ำสุดในกรณี 24 ช่วงเวลาโหลดนั้นจะมากกว่ากรณีอื่น ทั้งนี้เนื่องมาจากข้อมูลแต่เดิมนั้นเป็นข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงโหลด 24 ช่วงเวลา ดัง

นั้นเพื่อให้ได้การเปลี่ยนแปลงของโหลด 12 ช่วงเวลา และ 6 ช่วงเวลา จึงต้องมีการเฉลี่ยโหลด 24 ช่วงเวลาให้เหลือ 12 ช่วงเวลา และ 6 ช่วงเวลา ตามลำดับ จึงทำให้รีแอกทีฟโหลดต่ำสุดกับรีแอกทีฟโหลดสูงสุดต่างกันน้อยลง

สำหรับประเภทของโหลดในระบบจะมีผลต่อการติดตั้งตัวเก็บประจุเช่นกัน จะเห็นได้จากการทดสอบระบบนครปฐม เมื่อให้ประเภทของโหลดนั้นเป็นประเภทเดียวกัน กับเป็นไปตามข้อมูลในภาคผนวก พบว่าการที่ประเภทของโหลดนั้นเป็นประเภทเดียวกันจะทำให้มีโอกาสในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์มีมากขึ้น เนื่องจากระบบมีการเปลี่ยนแปลงของโหลดไปทางเดียวกัน จึงทำให้การเกิดโหลดสูงสุดกับโหลดต่ำสุดของทุกจุดโหลดนั้นเกิดพร้อมกัน จึงทำให้ผลต่างระหว่างโหลดสูงสุด และโหลดต่ำสุดนั้นมีค่ามาก ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโอกาสในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ได้มากขึ้น ในขณะที่แนวโน้มของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่นั้นจะน้อยลง เนื่องมาจากรีแอกทีฟโหลดของต่ำสุดก็จะลดลงด้วย จึงทำให้การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบคงที่นั้นได้ผลน้อยลง หรืออาจส่งผลให้เกิดภาวะแรงดันเกินในช่วงเวลาโหลดต่ำของระบบด้วย

สำหรับการใช้วิธีที่ต่างกันในการพิจารณาตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.3.2 นั้น วิธีที่ 1 จะมีโอกาสในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์มากกว่าวิธีที่ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากการพิจารณาด้วยวิธีที่ 1 จะมีการคิดเวลาสับเข้า-ปลดออกของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ด้วย ในขณะที่วิธีที่ 2 จะคิดผลของตัวเก็บประจุแบบสวิตช์เฉพาะช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาเท่านั้น จึงทำให้ค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบจากผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่ได้จากการพิจารณาด้วยวิธีที่ 1 นั้นมีค่าที่น้อยกว่าวิธีที่ 2 จึงทำให้โอกาสในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบสวิตช์ที่ได้จากการพิจารณาด้วยวิธีที่ 1 นั้นมีมากขึ้นตามไปด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย