

## บทที่ 5

### ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะเป็นการแสดงผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลที่ได้ โดยจะแสดงผลการทดสอบหาบัสอ่อนแอและสายส่งอ่อนแอที่กรณีโหลดฐานและที่จุดวิกฤติ พร้อมทั้งแสดงผลการทดสอบการติดตั้งตัวเก็บประจุที่บัสและสายส่ง ระบบทดสอบที่นำมาใช้ คือ ระบบ 9 บัส, ระบบ IEEE 30 บัส, ระบบ IEEE 57 บัส และระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส ตามลำดับรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. การทดสอบใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์โหลดโพล์ของ MATPOWER ซึ่งพัฒนาโดย Power System Engineering Research Center (PSERC), Cornell University

หัวข้อการนำเสนอในบทนี้สามารถแสดงได้ดังนี้

- 5.1 การทดสอบในระบบทดสอบ 9 บัส
- 5.2 การทดสอบในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส
- 5.3 การทดสอบในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส
- 5.4 การทดสอบในระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส
- 5.5 ผลการวิเคราะห์การทดสอบ

ในแต่ละระบบจะทดสอบใน 3 กรณี คือ

- 1) สภาวะปกติ
- 2) สภาวะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม
- 3) สภาวะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน

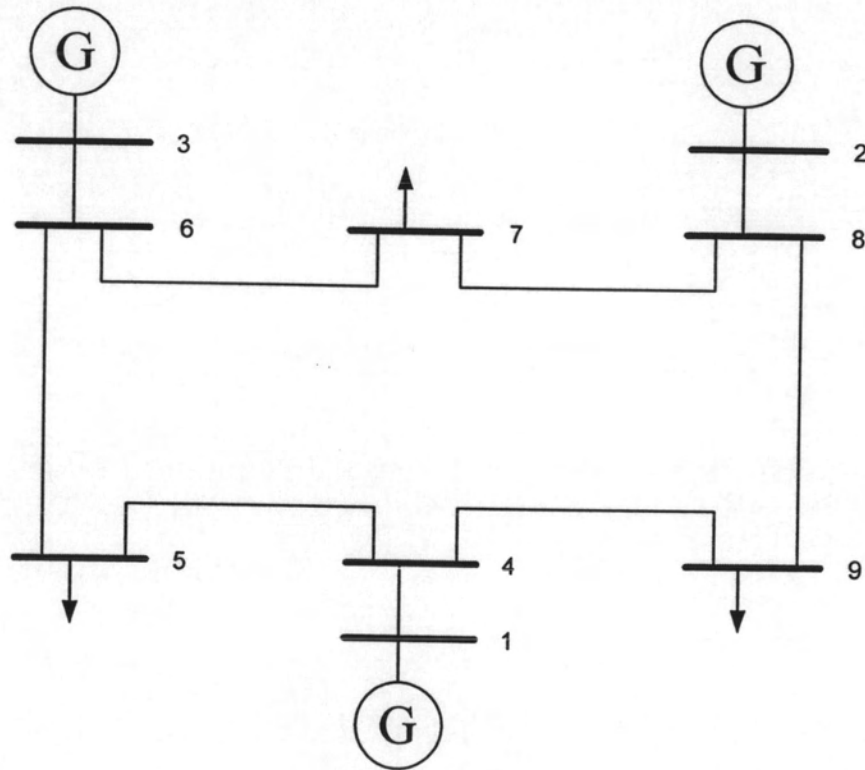
โดยสามารถแบ่งการทดสอบเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. กำหนดการไหลของกำลังไฟฟ้า ณ จุดทำงานเริ่มต้น เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นของการคำนวณการไหลโดยวิธีโหลดโพล์แบบต่อเนื่อง
2. กำหนดการไหลของกำลังไฟฟ้าโดยวิธีโหลดโพล์แบบต่อเนื่องตั้งแต่จุดเริ่มต้น ไปจนกระทั่งถึงจุดวิกฤติ ภายใต้เงื่อนไขว่าให้ปริมาณโหลดที่เพิ่มขึ้นมีจำนวนร้อยละเท่ากันทุกโหลดบัส
3. กำหนดดัชนีความมั่นคงของบัส ที่กรณีโหลดฐานและกรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

4. คำนวณดัชนีความมั่นคงของสายส่ง ที่กรณีโหลดฐานและกรณีโหลดที่จุดวิกฤต
5. คิดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมที่สายส่ง พร้อมทั้งคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าและ คำนวณดัชนีความมั่นคงของบัสและคำนวณดัชนีความมั่นคงของสายส่งที่จุดวิกฤต
6. คิดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานที่บัส พร้อมทั้งคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าและ คำนวณดัชนีความมั่นคงของบัสและคำนวณดัชนีความมั่นคงของสายส่งที่จุดวิกฤต

### 5.1 การทดสอบในระบบทดสอบ 9 บัส

ระบบทดสอบ 9 บัส ประกอบไปด้วย บัสที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 บัส บัสที่มีโหลด 3 บัส และสายส่งจำนวน 9 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ระบบทดสอบ 9 บัส

### 5.1.1 ระบบทดสอบ 9 บัส สภาวะปกติ

เป็นระบบทดสอบที่ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุเข้าที่บัสและสายส่ง และได้ทำการทดสอบในกรณีโหลดฐานและกรณีโหลดที่จุดวิกฤต ได้ผลดังตารางที่ 5.1 และ 5.2

ตารางที่ 5.1 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ 9 บัส กรณีโหลดฐาน

ลำดับ	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1	9-4 (0.1293)	9-4 (0.1283)	9 (44.8628)	315	115
2	5-6 (0.1278)	5-6 (0.1234)	5 (53.8569)		
3	8-9 (0.1088)	8-9 (0.1050)	7 (58.7630)		

จากตารางที่ 5.1 ในกรณีโหลดฐาน พบว่า สายส่งที่อ่อนแอที่สุดค้อยู่กับบัสที่อ่อนแอที่สุด สายส่งที่อ่อนแอที่สุด ได้แก่ สายส่ง 9-4 , 5-6 และ 8-9 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด ได้แก่ บัส 9 , 5 และ 7 ตามลำดับ ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ กำลังจริง 315 MW และ กำลังรีแอกทีฟ 115 MVA<sub>r</sub>

ตารางที่ 5.2 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ 9 บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤต

ลำดับ	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1	5-6 (0.9859)	5-6 (0.9607)	9 (0.1903)	709.22	258.92
2	8-9 (0.7528)	8-9 (0.7491)	5 (0.2371)		
3	1-4 (0.3949)	1-4 (0.4500)	4 (0.2737)		

จากตารางที่ 5.2 ในกรณีโหลดที่จุดวิกฤต พบว่า สายส่งที่อ่อนแอที่สุดไม่ค้อยู่กับบัสที่อ่อนแอที่สุด สายส่งที่อ่อนแอที่สุด ได้แก่ สายส่ง 5-6 , 8-9 และ 1-4 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด ได้แก่ บัส 9 , 5 และ 4 ตามลำดับ ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ กำลังจริง 709.22 MW และ กำลังรีแอกทีฟ 258.92 MVA<sub>r</sub> โดยลำดับของสายส่งที่อ่อนแอและบัสที่อ่อนแอเปลี่ยนไปจากกรณีโหลดฐาน

### 5.1.2 ระบบทดสอบ 9 บัส สภาพะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

เป็นระบบทดสอบที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาดต่างๆ กัน เข้าที่สายส่งที่อ่อนแอที่สุด 3 เส้น ตามลำดับ ดังนี้

#### 1) สายส่งเส้นที่ 5-6

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 5-6 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.01 p.u. (5.88 % ของ  $X_{line\ 5-6}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.04 p.u. (23.53 % ของ  $X_{line\ 5-6}$ )

ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 5-6 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของคาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่งแบบที่ 1	ดัชนีสายส่งแบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.01 p.u.	5-6 (0.9067)	5-6 (0.8818)	9 (0.3965)	728.21	265.85
0.04 p.u.	5-6 (0.8046)	5-6 (0.7762)	9 (0.6057)	733.94	267.95

จากตารางที่ 5.3 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 5-6 ขนาด 0.01 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 18.99 MW และ 6.93 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.04 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 24.72 MW และ 9.03 MVA<sub>r</sub>

#### 2) สายส่งเส้นที่ 8-9

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-9 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.01 p.u. (6.21% ของ  $X_{line\ 8-9}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.04 p.u. (24.84% ของ  $X_{line\ 8-9}$ )

ตารางที่ 5.4 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-9 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.01 p.u.	5-6 (0.9280)	5-6 (0.9041)	9 (0.5434)	729.53	266.33
0.04 p.u.	5-6 (0.8912)	5-6 (0.8675)	9 (1.2834)	737.97	269.42

จากตารางที่ 5.4 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-9 ขนาด 0.01 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 20.31 MW และ 7.41 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.04 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 28.75 MW และ 10.5 MVA<sub>r</sub>

### 3) สายส่งเส้นที่ 1-4

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 1-4 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

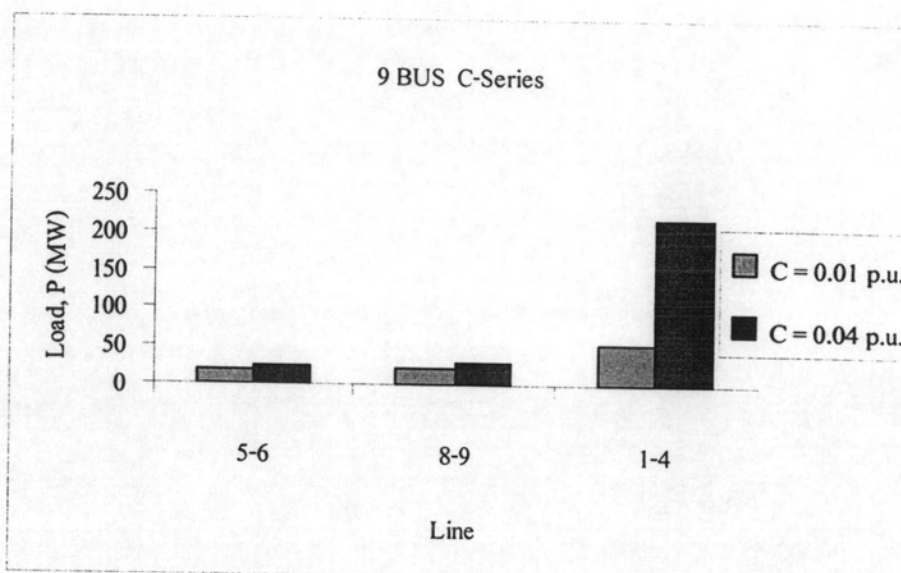
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.01 p.u. (17.36% ของ  $X_{line\ 1-4}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.04 p.u. (69.44% ของ  $X_{line\ 1-4}$ )

ตารางที่ 5.5 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 1-4 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

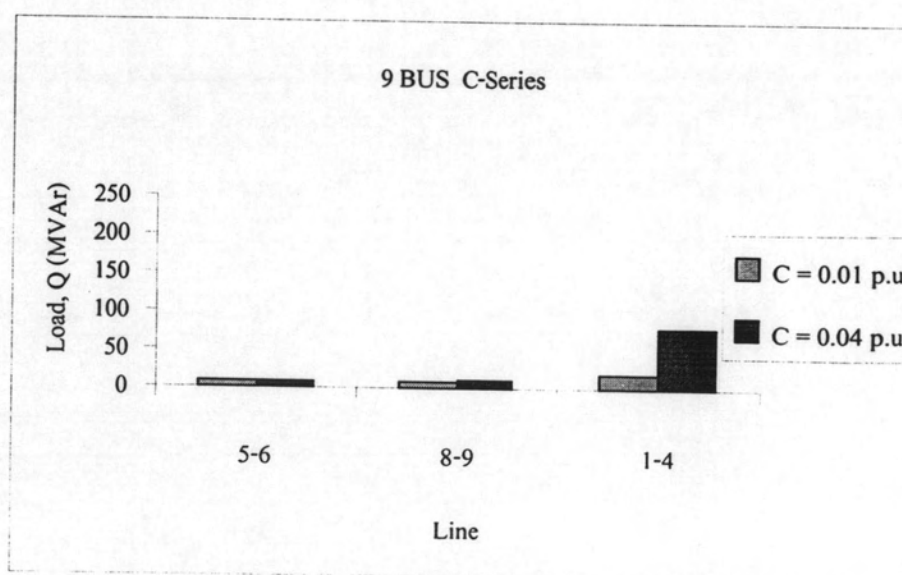
ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.01 p.u.	5-6 (0.9726)	5-6 (0.9427)	9 (0.2580)	762.93	278.53
0.04 p.u.	8-9 (0.9225)	8-9 (0.9053)	9 (1.3378)	927.82	338.73

จากตารางที่ 5.5 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 1-4 ขนาด 0.01 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 53.71 MW และ 19.61 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.04 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 218.6 MW และ 79.81 MVA<sub>r</sub>

จากตารางที่ 5.3-5.5 พบว่าการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.01 p.u. และ 0.04 p.u. เข้าที่สายส่ง 1-4 ซึ่งอ่อนแอเป็นลำดับที่ 3 ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้มากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่งที่อ่อนแอที่สุดและสายส่งที่อ่อนแอรองลงมา ดังแสดงในรูปที่ 5.2 และ 5.3



รูปที่ 5.2 ปริมาณโหลดจริงที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ



รูปที่ 5.3 ปริมาณโหลดรีแอกทีฟที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

### 5.1.3 ระบบทดสอบ 9 บัส สถานะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน

เป็นระบบทดสอบที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาดต่างๆ กัน เข้าที่บัสที่อ่อนแอที่สุด 3 บัส ตามลำดับ ดังนี้

#### 1) บัสที่ 9

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 9 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 10 MVA<sub>r</sub>
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub>

ตารางที่ 5.6 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 9 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
10 MVA <sub>r</sub>	5-6 (0.9464)	5-6 (0.9229)	9 (0.4616)	713.03	260.31
30 MVA <sub>r</sub>	5-6 (0.8966)	5-6 (0.8750)	9 (0.7751)	720.13	262.90

จากตารางที่ 5.6 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 9 ขนาด 10 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สถานะปกติ 3.81 MW และ 1.39 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สถานะปกติ 10.91 MW และ 3.98 MVA<sub>r</sub>

#### 2) บัสที่ 5

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 5 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 10 MVA<sub>r</sub>
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub>

ตารางที่ 5.7 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 5 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
10 MVA <sub>r</sub>	5-6 (0.9066)	5-6 (0.8841)	9 (0.4067)	712.41	260.09
30 MVA <sub>r</sub>	5-6 (0.8828)	5-6 (0.8639)	9 (0.6012)	718.34	262.25

จากตารางที่ 5.7 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 5 ขนาด 10 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 3.19 MW และ 1.17 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 9.12 MW และ 3.33 MVA<sub>r</sub>

### 3) บัสที่ 4

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 4 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 10 MVA<sub>r</sub>
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub>

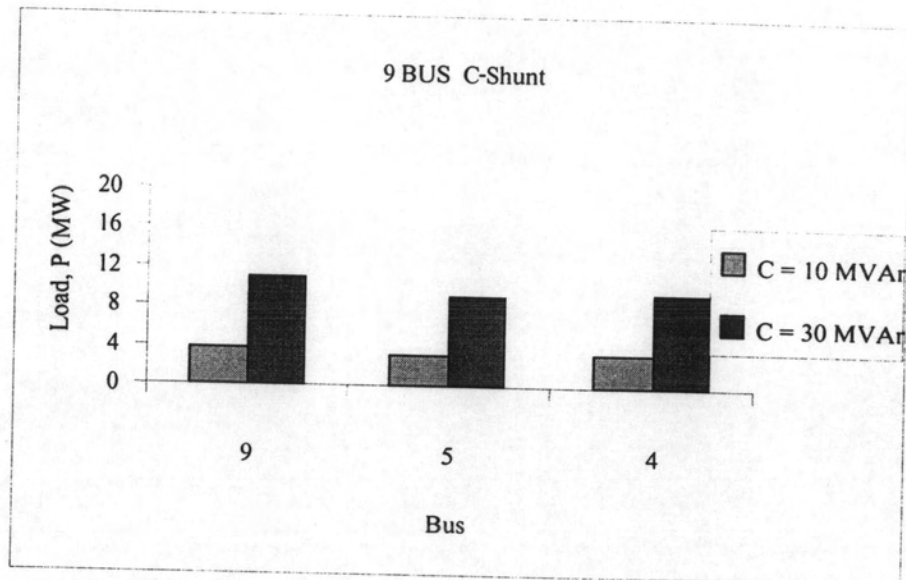
ตารางที่ 5.8 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 4 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
10 MVA <sub>r</sub>	5-6 (0.9412)	5-6 (0.9176)	9 (0.4228)	712.55	260.14
30 MVA <sub>r</sub>	5-6 (0.8833)	5-6 (0.8614)	9 (0.6474)	718.70	262.38

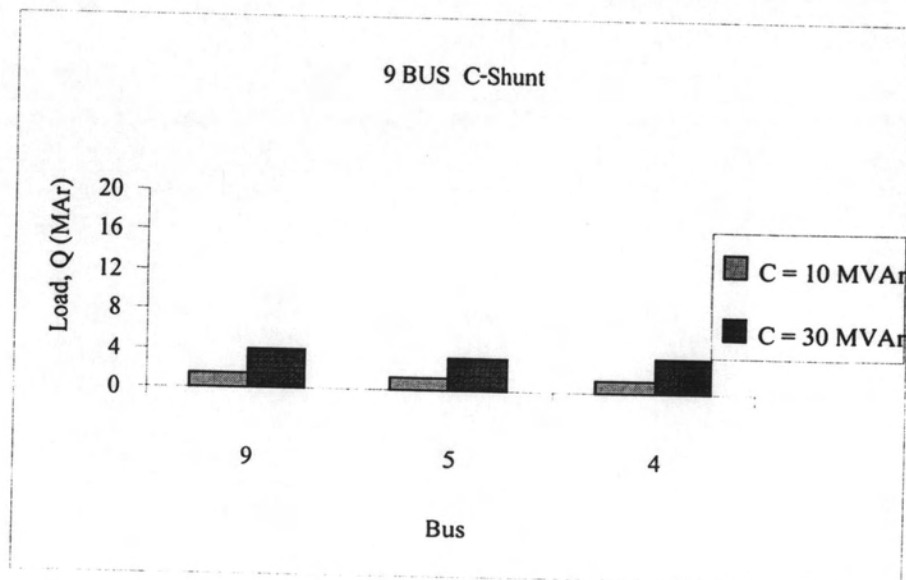
จากตารางที่ 5.8 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 4 ขนาด 10 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 3.33 MW และ 1.22 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 9.48 MW และ 3.46 MVA<sub>r</sub>



จากตารางที่ 5.6-5.8 พบว่าการต่อตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 10 MVAR และ 30 MVAR เข้าที่บัสที่อ่อนแอที่สุด ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้มากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสที่อ่อนแอรองลงมา แต่ทว่าค่าโหลดที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสอ่อนแอทั้ง 3 บัส ไม่ต่างกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.4 และ 5.5



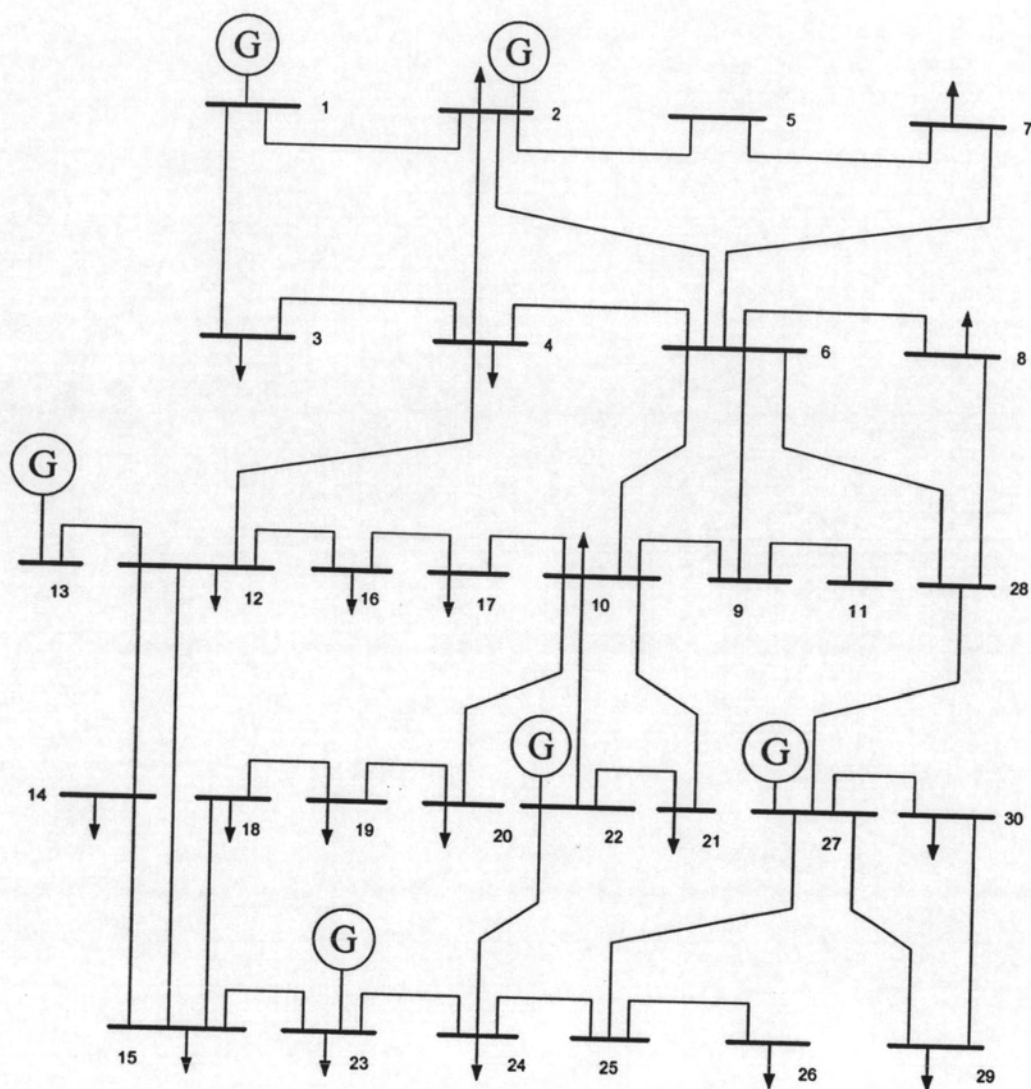
รูปที่ 5.4 ปริมาณ โหลดจริงที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ



รูปที่ 5.5 ปริมาณ โหลดรีแอกทีฟที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ 9 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

## 5.2 การทดสอบในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส

ระบบทดสอบ IEEE 30 บัส ประกอบไปด้วย บัสที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 บัส บัสที่มีโหลด 20 บัส และสายส่งจำนวน 41 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 ระบบทดสอบ IEEE 30 บัส

### 5.2.1 ระบบทดสอบ IEEE 30 บัส สภาวะปกติ

เป็นระบบทดสอบที่ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุเข้าที่บัส และสายส่ง และได้ทำการทดสอบในกรณีโหลดฐานและกรณีโหลดที่จุกวิฤต ได้ผลดังตารางที่ 5.9 และ 5.10

ตารางที่ 5.9 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส กรณีโหลดฐาน

ลำดับ	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1	28-27 (0.1009)	28-27 (0.1010)	8 (33.6733)	189.20	107.20
2	22-24 (0.0838)	22-24 (0.0823)	7 (39.2725)		
3	2-6 (0.0690)	2-6 (0.0676)	28 (42.1376)		

จากตารางที่ 5.9 ในกรณีโหลดฐาน พบว่า สายส่งที่อ่อนแอที่สุดไม่ต่ออยู่กับบัสที่อ่อนแอที่สุด สายส่งที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ สายส่ง 28-27 , 22-24 และ 2-6 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ บัส 8 , 7 และ 28 ตามลำดับ ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ กำลังจริง 189.2 MW และ กำลังรีแอกทีฟ 107.2 MVA<sub>r</sub>

ตารางที่ 5.10 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส กรณีโหลดที่จุกวิฤต

ลำดับ	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1	28-27 (0.9629)	28-27 (0.9912)	8 (0.3327)	692.06	392.12
2	6-10 (0.6799)	6-10 (0.7269)	28 (0.3944)		
3	4-12 (0.4671)	4-12 (0.4973)	6 (0.3991)		

จากตารางที่ 5.10 ในกรณีโหลดที่จุกวิฤต พบว่า สายส่งที่อ่อนแอที่สุดไม่ต่ออยู่กับบัสที่อ่อนแอที่สุด สายส่งที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ สายส่ง 28-27 , 6-10 และ 4-12 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด ได้แก่ บัส 8 , 28 และ 6 ตามลำดับ ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ กำลังจริง 692.06 MW และ กำลังรีแอกทีฟ 392.12 MVA<sub>r</sub> โดยลำดับของสายส่งที่อ่อนแอและบัสที่อ่อนแอเปลี่ยนไปจากกรณีโหลดฐาน

### 5.2.2 ระบบทดสอบ 30 บัส สภาพะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

เป็นระบบทดสอบที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาดต่างๆ กัน เข้าที่สายส่งที่อ่อนแอที่สุด 3 เส้น ตามลำดับ ดังนี้

#### 1) สายส่งเส้นที่ 28-27

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 28-27 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (8.33% ของ  $X_{\text{line } 28-27}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.15 p.u. (25% ของ  $X_{\text{line } 28-27}$ )

ตารางที่ 5.11 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม เข้าที่สายส่งเส้น 28-27 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของคาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่งแบบที่ 1	ดัชนีสายส่งแบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.05 p.u.	28-27 (0.9762)	28-27 (0.9984)	8 (0.0995)	696.74	394.77
0.15 p.u.	28-27 (0.9728)	28-27 (0.9947)	8 (0.1116)	709.63	402.08

จากตารางที่ 5.11 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 28-27 ขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 67.68 MW และ 2.65 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.15 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 80.57 MW และ 9.96 MVA<sub>r</sub>

#### 2) สายส่งเส้นที่ 6-10

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 6-10 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (12.5% ของ  $X_{\text{line } 6-10}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.15 p.u. (37.5% ของ  $X_{\text{line } 6-10}$ )

ตารางที่ 5.12 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 6-10 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.05 p.u.	28-27 (0.9640)	28-27 (0.9922)	8 (0.0753)	693.90	393.16
0.15 p.u.	28-27 (0.9628)	28-27 (0.9905)	8 (0.1511)	736.67	417.40

จากตารางที่ 5.12 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 6-10 ขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 64.84 MW และ 1.04 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.15 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 107.61 MW และ 25.28 MVA<sub>r</sub>

### 3) สายส่งเส้นที่ 4-12

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 4-12 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

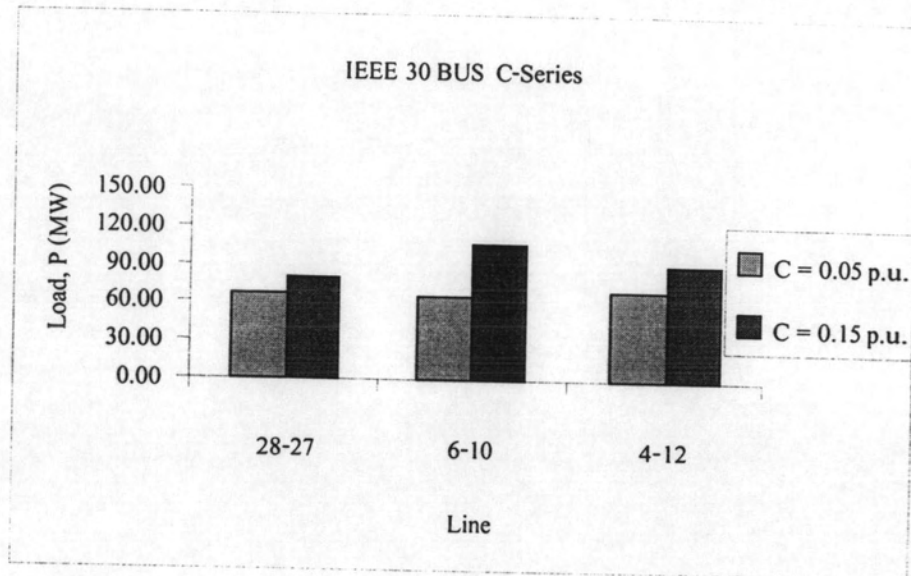
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (19.23% ของ  $X_{\text{line 4-12}}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.15 p.u. (57.69% ของ  $X_{\text{line 4-12}}$ )

ตารางที่ 5.13 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 4-12 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

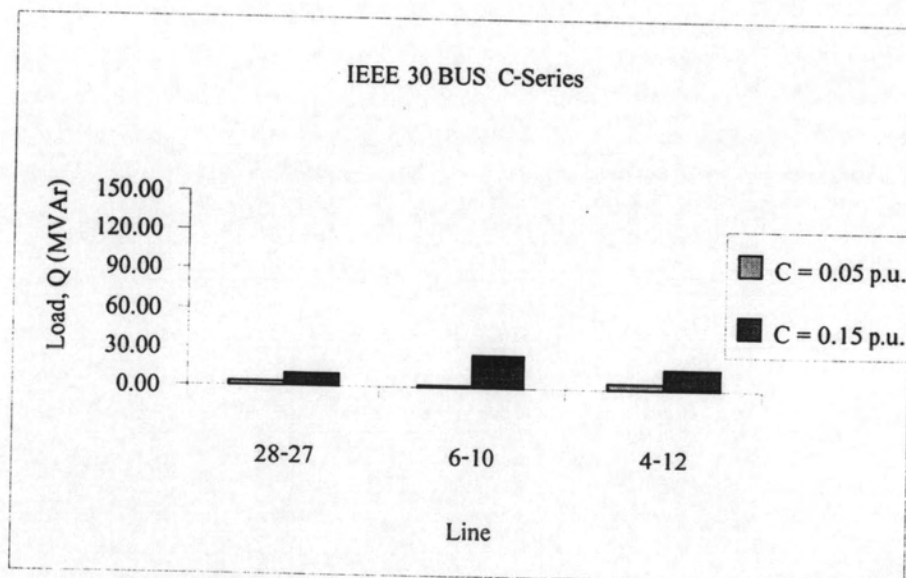
ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.05 p.u.	28-27 (0.9696)	28-27 (0.9969)	8 (0.0104)	699.77	396.49
0.15 p.u.	28-27 (0.9617)	28-27 (0.9894)	8 (0.1422)	719.46	407.65

จากตารางที่ 5.13 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 4-12 ขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 70.71 MW และ 4.37 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.15 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 90.4 MW และ 15.53 MVA<sub>r</sub>

จากตารางที่ 5.11-5.13 พบว่าการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. และ 0.15 p.u. เข้าที่สายส่ง 6-10 ซึ่งอ่อนแอเป็นอันดับที่ 2 ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้มากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่งที่อ่อนแอที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5.7 และ 5.8



รูปที่ 5.7 ปริมาณโหลดจริงที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ



รูปที่ 5.8 ปริมาณโหลดรีแอกทีฟที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

### 5.2.3 ระบบทดสอบ IEEE 30 บัส สภาพะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน

เป็นระบบทดสอบที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาดต่างๆกัน เข้าที่บัสที่อ่อนแอที่สุด 3 บัส ตามลำดับ ดังนี้

#### 1) บัสที่ 8

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 8 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 10 MVar
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVar

ตารางที่ 5.14 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 8 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVar)
10 MVar	28-27 (0.9661)	28-27 (0.9961)	8 (0.0483)	694.33	393.41
30 MVar	28-27 (0.9627)	28-27 (0.9952)	8 (0.1138)	698.95	396.02

จากตารางที่ 5.14 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 8 ขนาด 10 MVar ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 65.27 MW และ 1.29 MVar และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVar ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 69.89 MW และ 3.9 MVar

#### 2) บัสที่ 28

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 28 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 10 MVar
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVar

ตารางที่ 5.15 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 28 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
10 MVA <sub>r</sub>	28-27 (0.9662)	28-27 (0.9970)	8 (0.0239)	694.05	393.25
30 MVA <sub>r</sub>	28-27 (0.9561)	28-27 (0.9904)	8 (0.0416)	698.09	395.54

จากตารางที่ 5.15 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 28 ขนาด 10 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 64.99 MW และ 1.13 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 69.03 MW และ 3.42 MVA<sub>r</sub>

### 3) บัสที่ 6

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 6 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 10 MVA<sub>r</sub>
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub>

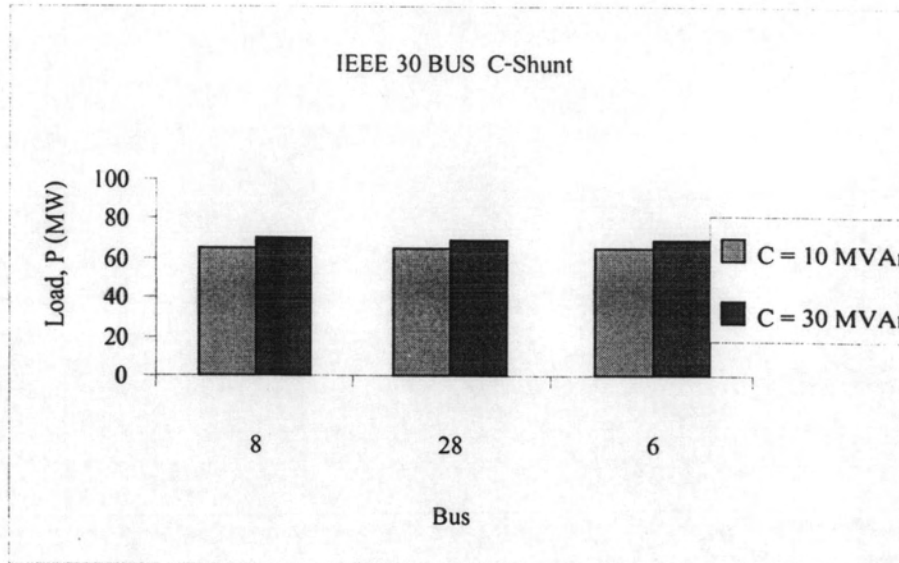
ตารางที่ 5.16 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 6 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
10 MVA <sub>r</sub>	28-27 (0.9598)	28-27 (0.9891)	8 (0.0392)	694.24	393.35
30 MVA <sub>r</sub>	28-27 (0.9452)	28-27 (0.9774)	8 (0.0852)	698.64	395.85

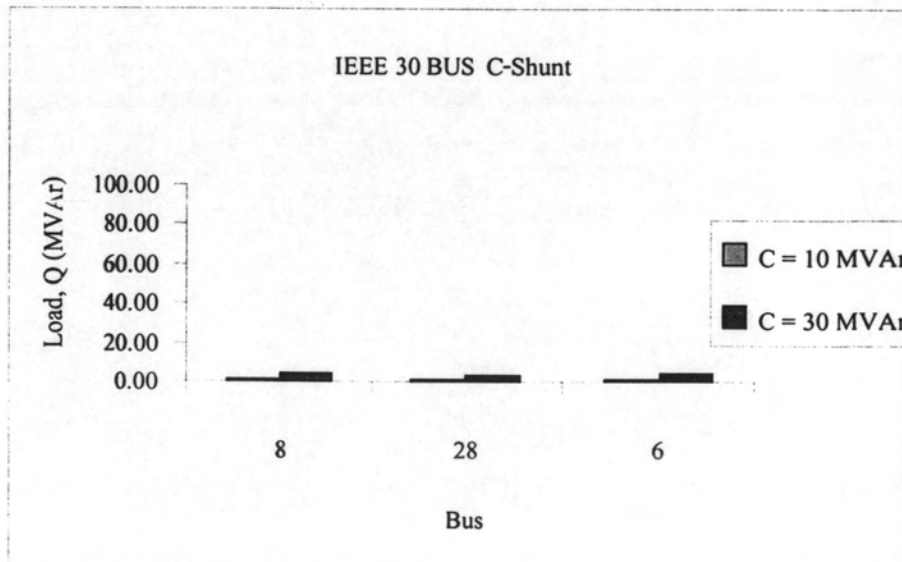
จากตารางที่ 5.16 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 6 ขนาด 10 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 65.18 MW และ 1.23 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 30 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 69.58 MW และ 3.73 MVA<sub>r</sub>



จากตารางที่ 5.14-5.16 พบว่าการต่อตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 10 MVar และ 30 MVar เข้าที่บัสที่อ่อนแอที่สุด ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้มากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสที่อ่อนแอแรงลงมา แต่ทว่าค่าโหลดที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสอ่อนแอทั้ง 3 บัส ไม่ต่างกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.9 และ 5.10



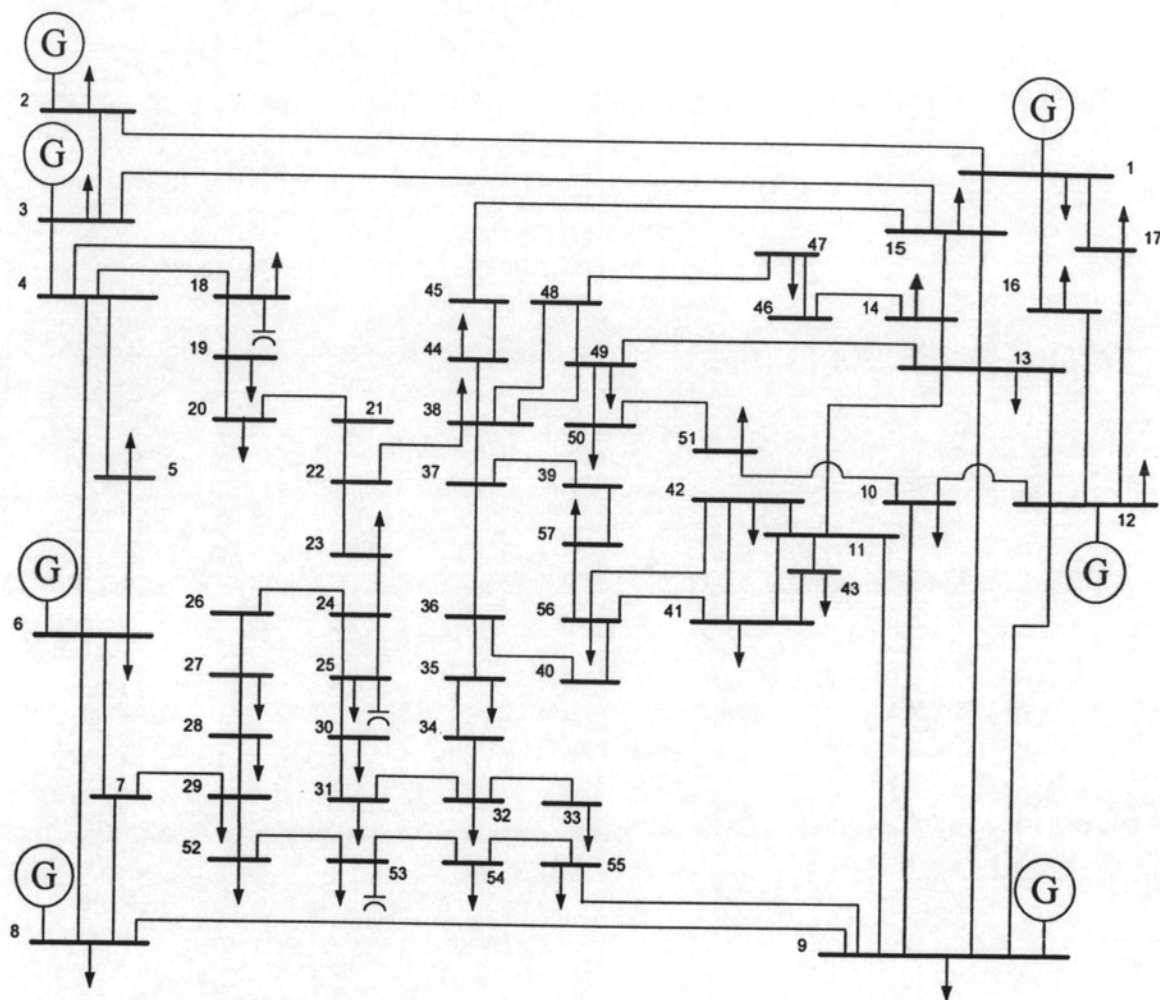
รูปที่ 5.9 ปริมาณ โหลดจริงที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ



รูปที่ 5.10 ปริมาณ โหลดรีแอกทีฟที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

### 5.3 การทดสอบในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส

ระบบทดสอบ IEEE 57 บัส ประกอบไปด้วย บัสที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 7 บัส บัสที่มีโหลด 42 บัส และสายส่งจำนวน 80 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 ระบบทดสอบ IEEE 57 บัส

### 5.3.1 ระบบทดสอบ IEEE 57 บัส สภาวะปกติ

เป็นระบบทดสอบที่ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุเข้าที่บัสและสายส่ง และได้ทำการทดสอบในกรณีโหลดฐานและกรณีโหลดที่จุดวิกฤต ได้ผลดังตารางที่ 5.17 และ 5.18

ตารางที่ 5.17 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส กรณีโหลดฐาน

ลำดับ	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1	13-49 (0.2427)	13-49 (0.2435)	31 (37.5145)	1250.80	336.40
2	40-56 (0.1889)	40-56 (0.1892)	33 (41.5540)		
3	12-13 (0.1620)	12-13 (0.1608)	30 (41.9393)		

จากตารางที่ 5.17 ในกรณีโหลดฐาน พบว่า สายส่งที่อ่อนแอที่สุดไม่ได้อยู่กับบัสที่อ่อนแอที่สุด สายส่งที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ สายส่ง 13-49 , 40-56 และ 12-13 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด ได้แก่ บัส 31 , 33 และ 30 ตามลำดับ ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ กำลังจริง 1250.8 MW และกำลังรีแอกทีฟ 336.4 MVA<sub>r</sub>

ตารางที่ 5.18 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤต

ลำดับ	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1	12-17 (0.9896)	12-17 (0.9771)	31 (0.2174)	2233.61	600.73
2	1-16 (0.6853)	1-16 (0.7376)	30 (0.2608)		
3	2-3 (0.5617)	2-3 (0.5002)	33 (0.2654)		

จากตารางที่ 5.18 ในกรณีโหลดที่จุดวิกฤต พบว่า สายส่งที่อ่อนแอที่สุดไม่ได้อยู่กับบัสที่อ่อนแอที่สุด สายส่งที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ สายส่ง 12-17 , 1-6 และ 2-3 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด ได้แก่ บัส 31 , 30 และ 33 ตามลำดับ ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ กำลังจริง 2233.61 MW และกำลังรีแอกทีฟ 600.73 MVA<sub>r</sub> โดยลำดับของสายส่งที่อ่อนแอและบัสที่อ่อนแอเปลี่ยนไปจากกรณีโหลดฐาน

### 5.3.2 ระบบทดสอบ IEEE 57 บัส สภาพะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

เป็นระบบทดสอบที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาดต่างๆ กัน เข้าที่สายส่งที่อ่อนแอที่สุด 3 เส้น ตามลำดับ ดังนี้

#### 1) สายส่งเส้นที่ 12-17

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 12-17 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแ่มากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.02 p.u. (11.17% ของ  $X_{\text{line } 12-17}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (27.93% ของ  $X_{\text{line } 12-17}$ )

ตารางที่ 5.19 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม เข้าที่สายส่ง 12-17 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.02 p.u.	12-17 (0.9853)	12-17 (0.9472)	31 (0.2727)	2237.26	601.71
0.05 p.u.	12-17 (0.9468)	12-17 (0.9054)	31 (0.6327)	2242.80	603.20

จากตารางที่ 5.19 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 12-17 ขนาด 0.02 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 3.65 MW และ 0.98 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 9.19 MW และ 2.47 MVA<sub>r</sub>

#### 2) สายส่งเส้นที่ 1-16

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 1-16 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแ่มากเป็นลำดับที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.02 p.u. (9.71% ของ  $X_{\text{line } 1-16}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (24.27% ของ  $X_{\text{line } 1-16}$ )

ตารางที่ 5.20 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 1-16 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.02 p.u.	12-17 (0.9920)	12-17 (0.9795)	31 (0.1473)	2238.22	601.97
0.05 p.u.	12-17 (0.9868)	12-17 (0.9737)	31 (0.5900)	2245.21	603.84

จากตารางที่ 5.20 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 1-16 ขนาด 0.02 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 4.61 MW และ 1.24 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 11.6 MW และ 3.11 MVA<sub>r</sub>

### 3) สายส่งเส้นที่ 2-3

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 2-3 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

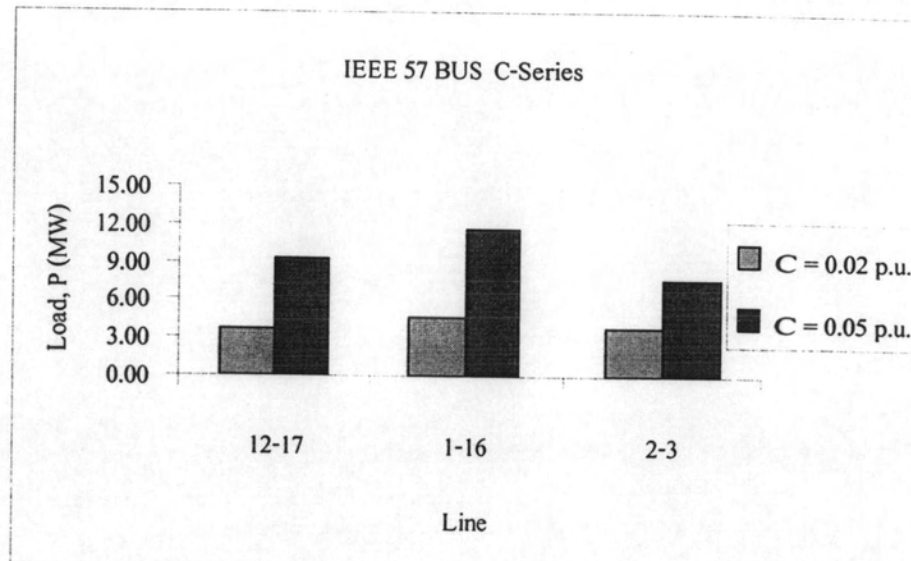
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.02 p.u. (23.53% ของ  $X_{\text{line } 2-3}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (58.82% ของ  $X_{\text{line } 2-3}$ )

ตารางที่ 5.21 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 2-3 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

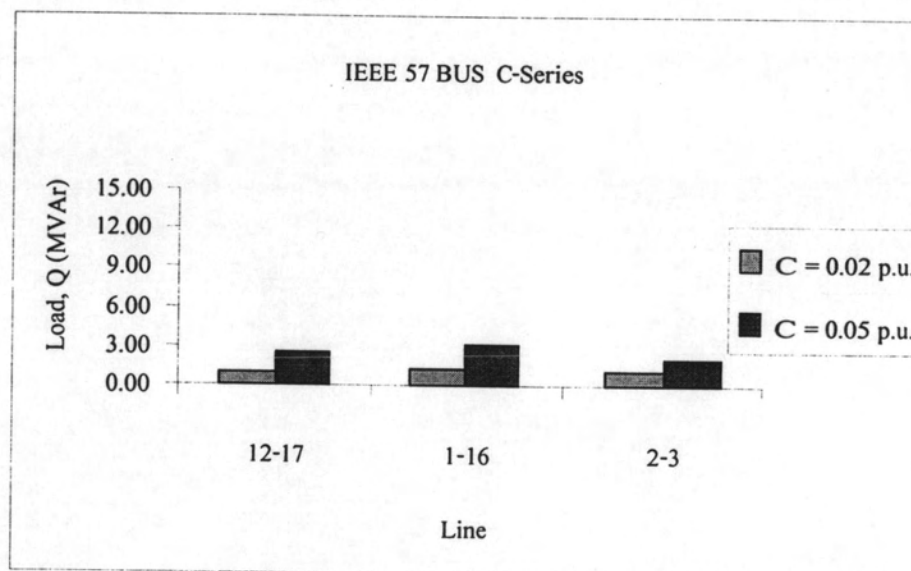
ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.02 p.u.	12-17 (0.9959)	12-17 (0.9836)	31 (0.1020)	2237.45	601.76
0.05 p.u.	12-17 (0.9912)	12-17 (0.9784)	31 (0.1889)	2241.27	602.79

จากตารางที่ 5.21 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 2-3 ขนาด 0.02 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 3.84 MW และ 1.03 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 7.66 MW และ 2.06 MVA<sub>r</sub>

จากตารางที่ 5.19-5.21 พบว่าการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.02 p.u. และ 0.05 p.u. เข้าที่สายส่ง 1-16 ซึ่งอ่อนแอเป็นอันดับที่ 2 ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้มากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่งที่อ่อนแอที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5.12 และ 5.13



รูปที่ 5.12 ปริมาณ โหลดจริงที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง กรณี โหลดที่จุดวิกฤติ



รูปที่ 5.13 ปริมาณ โหลดรีแอกทีฟที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง กรณี โหลดที่จุดวิกฤติ

### 5.3.3 ระบบทดสอบ IEEE 57 บัส สถานะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน

เป็นระบบทดสอบที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาดต่างๆกัน เข้าที่บัสที่อ่อนแอที่สุด 3 บัส ตามลำดับ ดังนี้

#### 1) บัสที่ 31

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 31 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1 MVA<sub>r</sub>
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1.8 MVA<sub>r</sub>

ตารางที่ 5.22 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 31 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของคาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1 MVA <sub>r</sub>	12-17 (0.9968)	12-17 (0.9848)	31 (0.2768)	2239.73	602.37
1.8 MVA <sub>r</sub>	12-17 (0.9937)	12-17 (0.9815)	31 (0.6021)	2244.41	603.63

จากตารางที่ 5.22 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 31 ขนาด 1 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สถานะปกติ 6.12 MW และ 1.64 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1.8 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สถานะปกติ 10.8 MW และ 2.9 MVA<sub>r</sub>

#### 2) บัสที่ 30

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 30 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1 MVA<sub>r</sub>
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1.8 MVA<sub>r</sub>

ตารางที่ 5.23 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 30 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1 MVA <sub>r</sub>	12-17 (0.9965)	12-17 (0.9845)	31 (0.2290)	2239.78	602.38
1.8 MVA <sub>r</sub>	12-17 (0.9935)	12-17 (0.9813)	31 (0.3992)	2245.12	603.82

จากตารางที่ 5.23 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 30 ขนาด 1 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 6.17 MW และ 1.65 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1.8 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 11.51 MW และ 3.09 MVA<sub>r</sub>

### 3) บัสที่ 33

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 33 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1 MVA<sub>r</sub>
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1.8 MVA<sub>r</sub>

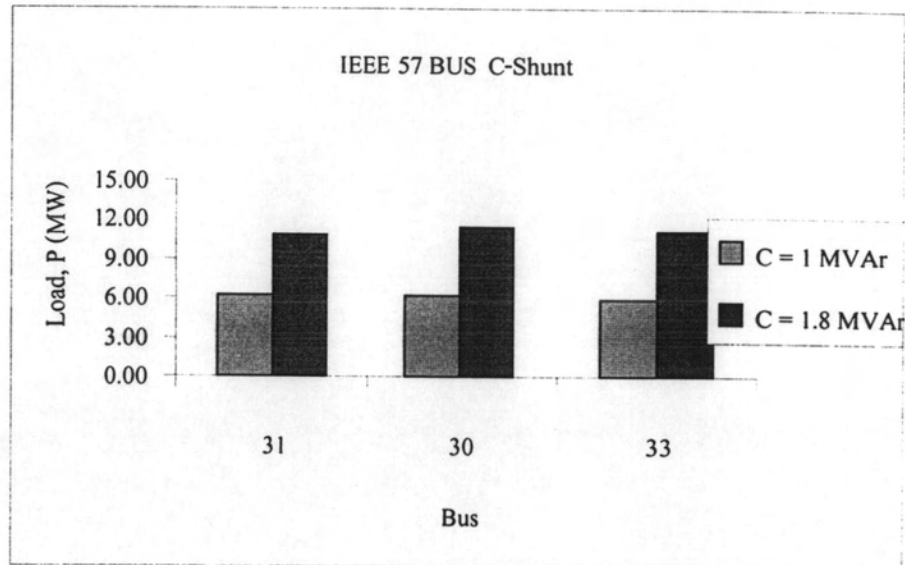
ตารางที่ 5.24 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 33 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1 MVA <sub>r</sub>	12-17 (0.9963)	12-17 (0.9843)	31 (0.1070)	2239.54	602.32
1.8 MVA <sub>r</sub>	12-17 (0.9934)	12-17 (0.9812)	31 (0.3721)	2244.72	603.71

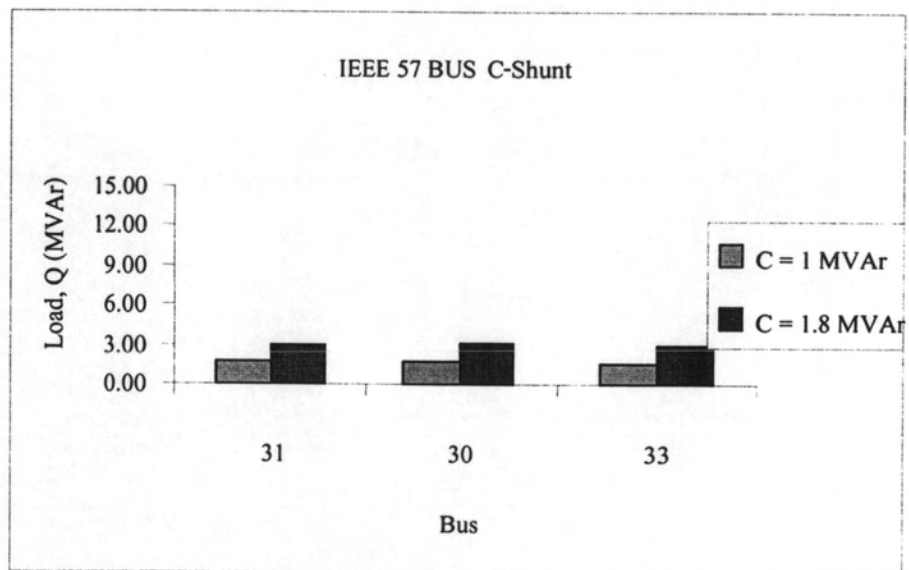
จากตารางที่ 5.24 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 33 ขนาด 1 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 5.93 MW และ 1.59 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1.8 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 11.11 MW และ 2.98 MVA<sub>r</sub>



จากตารางที่ 5.22-5.24 พบว่าการต่อตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 1 MVA<sub>r</sub> และ 1.8 MVA<sub>r</sub> เข้าที่บัสที่อ่อนแอตรงลงมา ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้มากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสที่อ่อนแอที่สุด แต่ทว่าค่าโหลดที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสอ่อนแอทั้ง 3 บัส ไม่ต่างกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.14 และ 5.15



รูปที่ 5.14 ปริมาณ โหลดจริงที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส กรณี โหลดที่จุดวิกฤติ

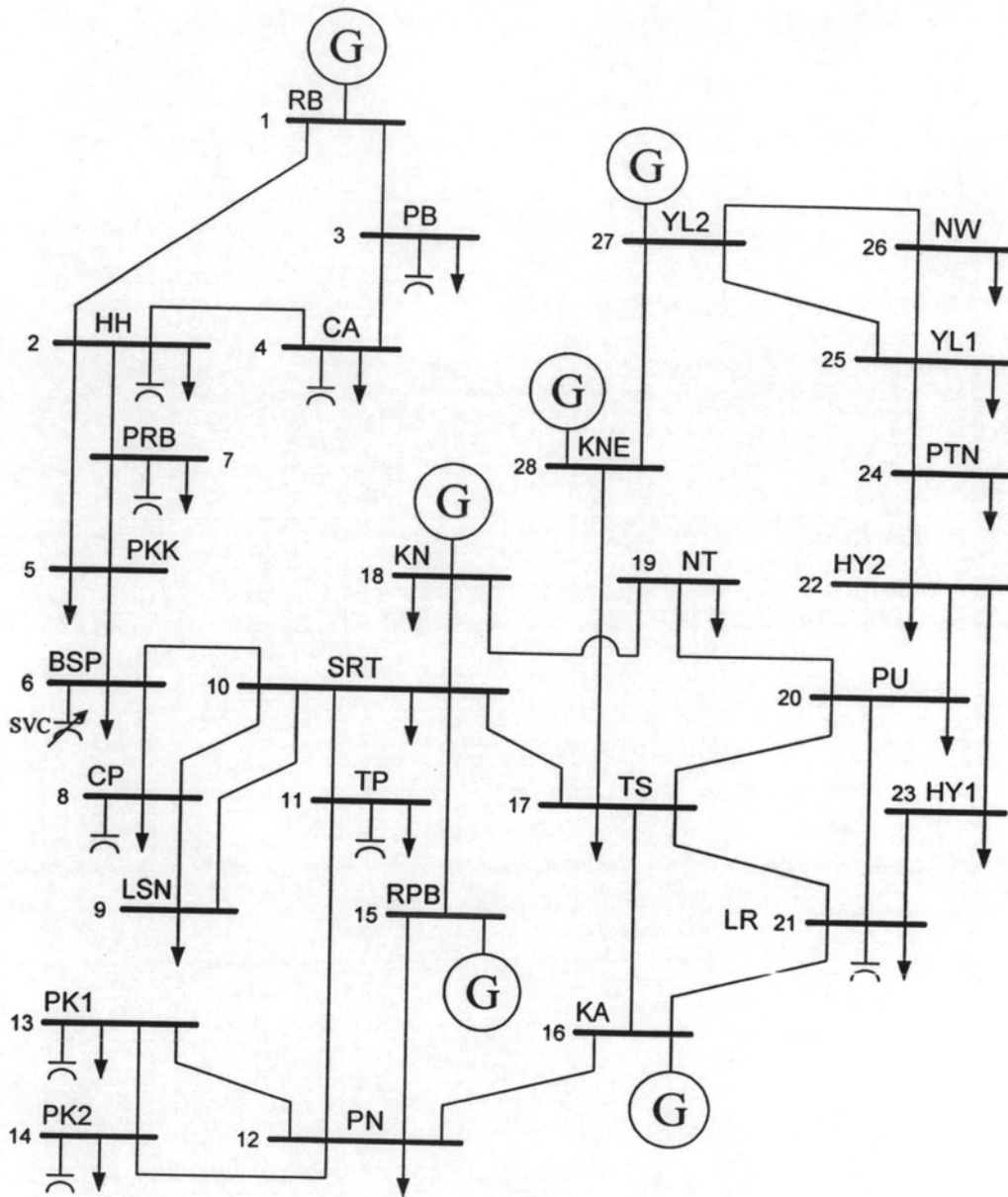


รูปที่ 5.15 ปริมาณ โหลดรีแอกทีฟที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส กรณี โหลดที่จุดวิกฤติ

ในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เนื่องจากเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมหรือขนานเข้าที่สายส่งเพียงเส้นเดียวหรือบัสเพียงบัสเดียวนั้น ส่งผลค่อนข้างน้อยต่อระบบโดยรวม

#### 5.4 การทดสอบในระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส

ระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส ประกอบไปด้วย บัสที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 บัส บัสที่มีโหลด 24 บัส และสายส่งจำนวน 41 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 ระบบเชื่อมโยง ภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส

#### 5.4.1 ระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส สถานะปกติ

เป็นระบบทดสอบที่ไม่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุเข้าที่บัส และสายส่ง และได้ทำการทดสอบในกรณีโหลดฐานและกรณีโหลดที่จุดวิกฤต ได้ผลดังตารางที่ 5.25 และ 5.26

ตารางที่ 5.25 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ THAI 28 บัส กรณีโหลดฐาน

ลำดับ	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1	6-10 (0.1553)	6-10 (0.1551)	14 (89.3889)	2215.80	772.00
2	24-25 (0.1080)	24-25 (0.1061)	13 (102.4150)		
3	17-28 (0.1033)	17-28 (0.1025)	7 (106.8920)		

จากตารางที่ 5.25 ในกรณีโหลดฐาน พบว่า สายส่งที่อ่อนแอที่สุดไม่ได้อยู่กับบัสที่อ่อนแอที่สุด สายส่งที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ สายส่ง 6-10 , 24-25 และ 17-28 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ บัส 14 , 13 และ 7 ตามลำดับ ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ กำลังจริง 2215.8 MW และ กำลังรีแอกทีฟ 772.0 MVA<sub>r</sub>

ตารางที่ 5.26 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ THAI 28 บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤต

ลำดับ	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
1	6-10 (0.8834)	6-10 (0.9163)	5 (0.1649)	2848.67	992.50
2	8-10 (0.6631)	8-10 (0.6185)	6 (0.1711)		
3	8-9 (0.6406)	8-9 (0.5980)	7 (0.1861)		

จากตารางที่ 5.26 ในกรณีโหลดที่จุดวิกฤต พบว่า สายส่งที่อ่อนแอที่สุดไม่ได้อยู่กับบัสที่อ่อนแอที่สุด สายส่งที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ สายส่ง 6-10 , 8-10 และ 8-9 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุดได้แก่ บัส 5 , 6 และ 7 ตามลำดับ ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ กำลังจริง 2848.67 MW และ กำลังรีแอกทีฟ 992.5 MVA<sub>r</sub> โดยลำดับของสายส่งที่อ่อนแอและบัสที่อ่อนแอเปลี่ยนไปจากกรณีโหลดฐาน

#### 5.4.2 ระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส สถานะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

เป็นระบบทดสอบที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาดต่างๆ กัน เข้าที่สายส่งที่อ่อนแอที่สุด 3 เส้น ตามลำดับ ดังนี้

##### 1) สายส่งเส้นที่ 6-10

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 6-10 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแามากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (44.28% ของ  $X_{\text{line 6-10}}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.08 p.u. (70.84% ของ  $X_{\text{line 6-10}}$ )

ตารางที่ 5.27 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม เข้าที่สายส่ง 6-10 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของคาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่งแบบที่ 1	ดัชนีสายส่งแบบที่ 2	ดัชนีบัสแบบที่ 1	P (MW)	Q (MVar)
0.05 p.u.	6-10 (0.9991)	6-10 (0.9549)	5 (0.0990)	2905.53	1012.31
0.08 p.u.	6-10 (0.9239)	6-10 (0.8008)	7 (0.1080)	2959.92	1031.26

จากตารางที่ 5.27 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 6-10 ขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สถานะปกติ 56.86 MW และ 19.81 MVar และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.08 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สถานะปกติ 111.25 MW และ 38.76 MVar

##### 2) สายส่งเส้นที่ 8-10

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-10 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (32.19% ของ  $X_{\text{line 8-10}}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.08 p.u. (51.51% ของ  $X_{\text{line 8-10}}$ )

ตารางที่ 5.28 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-10 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.05 p.u.	6-10 (0.9556)	6-10 (0.9973)	5 (0.0020)	2851.19	993.37
0.08 p.u.	6-10 (0.9103)	6-10 (0.9488)	5 (0.0897)	2852.29	993.76

จากตารางที่ 5.28 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-10 ขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 2.52 MW และ 0.87 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.08 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 3.62 MW และ 1.26 MVA<sub>r</sub>

### 3) สายส่งเส้นที่ 8-9

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-9 ซึ่งเป็นสายส่งที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

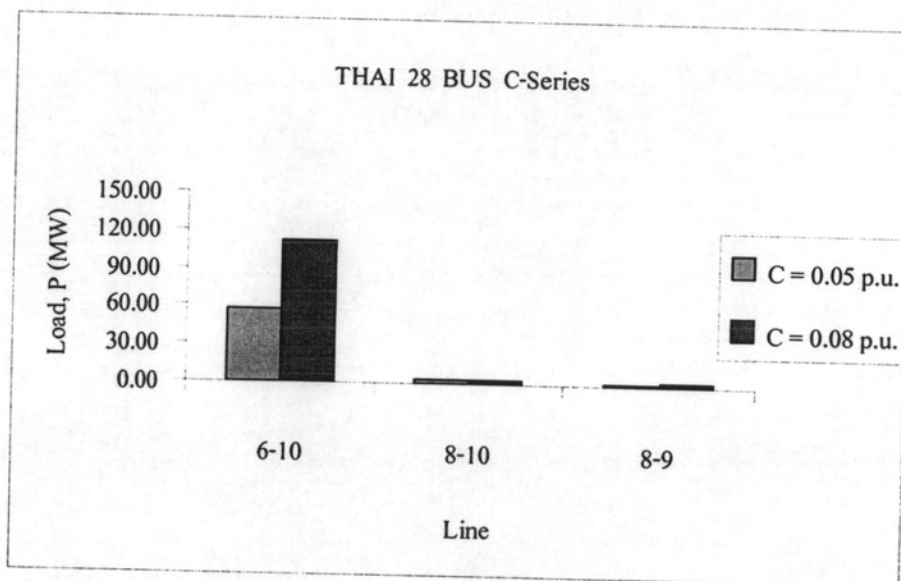
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. (33.04% ของ  $X_{\text{line 8-9}}$ )
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.08 p.u. (52.87% ของ  $X_{\text{line 8-9}}$ )

ตารางที่ 5.29 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-9 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

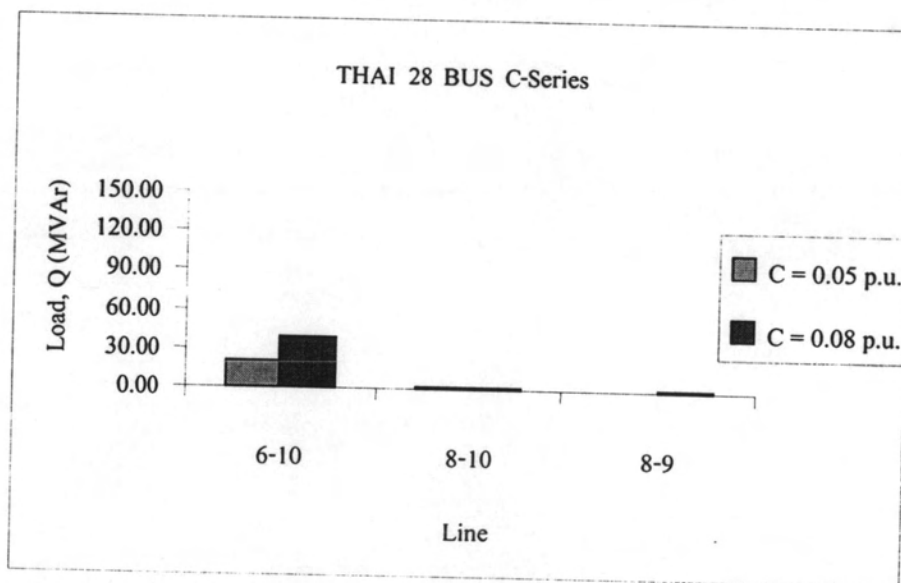
ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ ดัชนีบัส แบบที่ 1	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2		P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
0.05 p.u.	6-10 (0.9205)	6-10 (0.9596)	5 (0.0211)	2850.93	993.28
0.08 p.u.	6-10 (0.8438)	6-10 (0.8737)	5 (0.0973)	2851.95	993.64

จากตารางที่ 5.29 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง 8-9 ขนาด 0.05 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 2.26 MW และ 0.78 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.08 p.u. ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 3.28 MW และ 1.14 MVA<sub>r</sub>

จากตารางที่ 5.27-5.29 พบว่าการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรมขนาด 0.05 p.u. และ 0.08 p.u. เข้าที่สายส่ง 6-10 ซึ่งอ่อนแอที่สุด ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้มากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่งที่อ่อนแอรองลงมา ดังแสดงในรูปที่ 5.17 และ 5.18



รูปที่ 5.17 ปริมาณโหลดจริงที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ



รูปที่ 5.18 ปริมาณโหลดรีแอกทีฟที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

### 5.4.3 ระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส ภาวะที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน

เป็นระบบทดสอบที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาดต่างๆกัน เข้าที่บัสที่อ่อนแอที่สุด 3 บัส ตามลำดับ ดังนี้

#### 1) บัสที่ 5

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 5 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 5 MVar
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 15 MVar

ตารางที่ 5.30 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 5 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของ คาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 1	ดัชนีสายส่ง แบบที่ 2	ดัชนีบัส แบบที่ 1	P (MW)	Q (MVar)
5 MVar	6-10 (0.8729)	6-10 (0.9053)	5 (0.1876)	2850.38	993.09
15 MVar	6-10 (0.8520)	6-10 (0.8834)	5 (0.2330)	2853.83	994.29

จากตารางที่ 5.30 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 5 ขนาด 5 MVar ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 1.71 MW และ 0.59 MVar และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 15 MVar ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 5.16 MW และ 1.79 MVar

#### 2) บัสที่ 6

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าบัส 6 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 5 MVar
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 15 MVar

ตารางที่ 5.31 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 6 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของคาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่งแบบที่ 1	ดัชนีสายส่งแบบที่ 2	ดัชนีบัสแบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
5 MVA <sub>r</sub>	6-10 (0.8703)	6-10 (0.9025)	5 (0.1852)	2850.34	993.08
15 MVA <sub>r</sub>	6-10 (0.8443)	6-10 (0.8751)	5 (0.2257)	2853.68	994.24

จากตารางที่ 5.31 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 6 ขนาด 5 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 1.67 MW และ 0.58 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 15 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 5.01 MW และ 1.74 MVA<sub>r</sub>

### 3) บัสที่ 7

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 7 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอมากเป็นลำดับที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 5 MVA<sub>r</sub>
- ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 15 MVA<sub>r</sub>

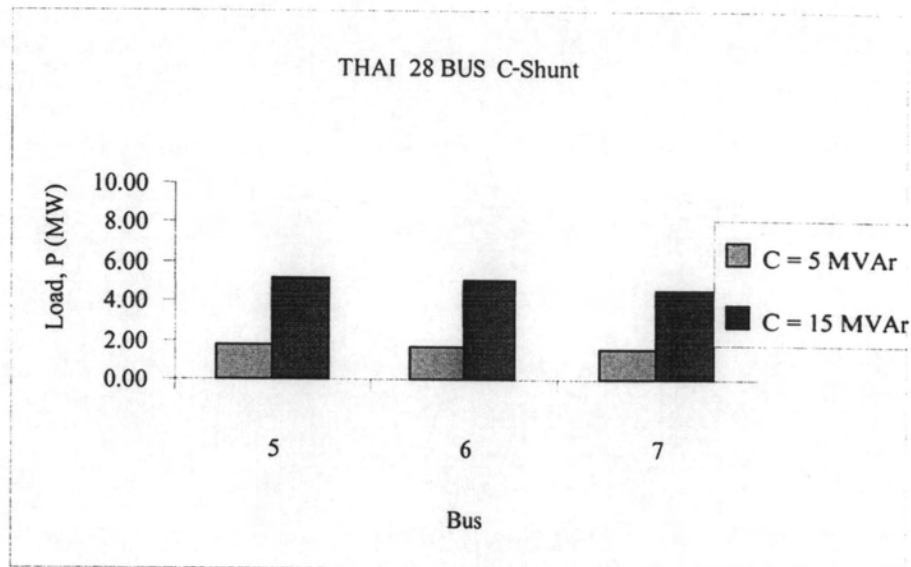
ตารางที่ 5.32 ผลการคำนวณค่าดัชนีในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 7 กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

ขนาดของคาปาซิเตอร์	สายส่งที่อ่อนแอ		บัสที่อ่อนแอ	โหลดที่จ่ายได้	
	ดัชนีสายส่งแบบที่ 1	ดัชนีสายส่งแบบที่ 2	ดัชนีบัสแบบที่ 1	P (MW)	Q (MVA <sub>r</sub> )
5 MVA <sub>r</sub>	6-10 (0.8761)	6-10 (0.9087)	5 (0.1862)	2850.17	993.02
15 MVA <sub>r</sub>	6-10 (0.8615)	6-10 (0.8935)	5 (0.2288)	2853.21	994.08

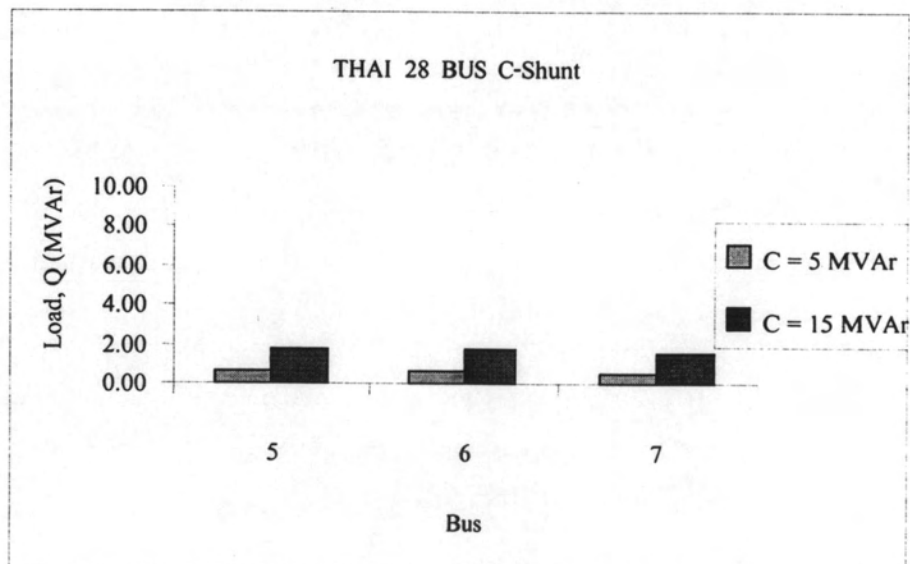
จากตารางที่ 5.32 เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส 7 ขนาด 5 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าที่สภาวะปกติ 1.5 MW และ 0.52 MVA<sub>r</sub> และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 15 MVA<sub>r</sub> ระบบสามารถจ่ายโหลดได้ มากกว่าที่สภาวะปกติ 4.54 MW และ 1.58 MVA<sub>r</sub>



จากตารางที่ 5.30-5.32 พบว่าการต่อตัวเก็บประจุแบบขนานขนาด 5 MVA<sub>r</sub> และ 15 MVA<sub>r</sub> เข้าที่บัสที่อ่อนแอที่สุด ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้มากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสที่อ่อนแอรองลงมา แต่ทว่าค่าโหลดที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสอ่อนแอทั้ง 3 บัส ไม่ต่างกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.19 และ 5.20



รูปที่ 5.19 ปริมาณโหลดจริงที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ



รูปที่ 5.20 ปริมาณโหลดรีแอกทีฟที่จ่ายได้เพิ่มขึ้นในระบบทดสอบ THAI 28 บัส เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส กรณีโหลดที่จุดวิกฤติ

## 5.5 ผลวิเคราะห์การทดสอบ

1) ที่สภาวะโหลดต่างกัน ตำแหน่งของบัสที่อ่อนแอและสายส่งที่อ่อนแอจะเปลี่ยนไป ดังเช่น ในระบบทดสอบ 9 บัส กรณีโหลดฐาน สายส่งที่อ่อนแอที่สุด คือ สายส่ง 9-4 , 5-6 และ 8-9 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด คือ บัส 9 , 5 และ 7 ตามลำดับ กรณีโหลดที่จุดวิกฤต สายส่งที่อ่อนแอที่สุด คือ สายส่ง 5-6 , 8-9 และ 1-4 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด คือ บัส 9 , 5 และ 4 ตามลำดับ ในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส กรณีโหลดฐาน สายส่งที่อ่อนแอที่สุด คือ สายส่ง 28-27 , 22-24 และ 2-6 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด คือ บัส 8 , 7 และ 28 กรณีโหลดที่จุดวิกฤต สายส่งที่อ่อนแอที่สุด คือ สายส่ง 28-27 , 6-10 และ 4-12 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด คือ 8 , 28 และ 6 ตามลำดับ ในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส กรณีโหลดฐาน สายส่งที่อ่อนแอที่สุด คือ สายส่ง 13-49 , 40-56 และ 12-13 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด คือ บัส 31 , 33 และ 30 ตามลำดับ กรณีโหลดที่จุดวิกฤต สายส่งที่อ่อนแอที่สุด คือ สายส่ง 12-17 , 1-6 และ 2-3 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด คือ บัส 31 , 30 และ 33 ตามลำดับ ในระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส สายส่งที่อ่อนแอที่สุด คือ สายส่ง 6-10 , 24-25 และ 17-28 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด คือ บัส 14 , 13 และ 7 ตามลำดับ กรณีโหลดที่จุดวิกฤต สายส่งที่อ่อนแอที่สุด คือ สายส่ง 6-10 , 8-10 และ 8-9 ตามลำดับ และบัสที่อ่อนแอที่สุด คือ บัส 5 , 6 และ 7 ตามลำดับ

2) การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงความมั่นคงของแรงดันในระบบ ซึ่งมีผลทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งเส้นที่ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมลดลง ทำให้สายส่งสามารถส่งผ่านโหลดได้มากขึ้น และช่วยปรับปรุงความมั่นคงของแรงดันในระบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวเก็บประจุและตำแหน่งที่ติดตั้ง ซึ่งตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่กว่าจะทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งตัวเก็บประจุอาจไม่ใช่สายส่งเส้นที่อ่อนแอมากที่สุดแต่เป็นสายส่งเส้นที่อ่อนแอเป็นลำดับที่ 2 หรือ 3

ดังเช่น ในระบบทดสอบ 9 บัส สายส่งเส้นที่เหมาะสมจะติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ สายส่ง 1-4 ซึ่งอ่อนแอเป็นลำดับที่ 3 ในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส สายส่งเส้นที่เหมาะสมจะติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ สายส่ง 6-10 ซึ่งอ่อนแอเป็นลำดับที่ 2 ในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส สายส่งเส้นที่เหมาะสมจะติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ สายส่ง 1-16 ซึ่งอ่อนแอเป็นลำดับที่ 2 ในระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส สายส่งเส้นที่เหมาะสมจะติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ สายส่ง 1-4 ซึ่งอ่อนแอเป็นลำดับที่ 3

3) การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงความมั่นคงของแรงดันในระบบ ซึ่งมีผลทำให้ค่ากำลังรีแอกทีฟของบัสที่ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานลดลง ทำให้ระบบจ่ายกำลังรีแอกทีฟน้อยลงและช่วยปรับปรุงความมั่นคงของแรงดันในระบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวเก็บประจุและตำแหน่งที่ติดตั้ง ซึ่งตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่กว่าจะทำให้ระบบ

สามารถจ่ายโหลดได้มากกว่าและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน โดยส่วนมาก คือบัสที่อ่อนแอมากที่สุดในระบบ

ดังเช่น ในระบบทดสอบ 9 บัส บัสที่เหมาะสมจะติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ บัส 9 ซึ่งอ่อนแอมากที่สุด ในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส บัสที่เหมาะสมจะติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ บัส 8 ซึ่งอ่อนแอมากที่สุด ในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส บัสที่เหมาะสมจะติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ บัส 30 ซึ่งอ่อนแอเป็นลำดับที่ 2 ในระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส บัสที่เหมาะสมจะติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ บัส 5 ซึ่งอ่อนแอมากที่สุด แต่ในทุกระบบทดสอบ การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัสอ่อนแอทั้ง 3 บัส ให้ผลไม่ต่างกันมากนัก

4) ในทุกระบบทดสอบ การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่งจะช่วยให้ระบบจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้นมากกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส ดังเช่น ในระบบทดสอบ 9 บัส ปริมาณโหลดมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ 927.82 MW และ 338.73 MVA<sub>r</sub> แต่ปริมาณโหลดมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ 720.13 MW และ 262.90 MVA<sub>r</sub> ในระบบทดสอบ IEEE 30 บัส ปริมาณโหลดมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ 736.67 MW และ 417.40 MVA<sub>r</sub> แต่ปริมาณโหลดมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ 698.95 MW และ 396.02 MVA<sub>r</sub> ในระบบเชื่อมโยงภาคใต้กับภาคกลางของประเทศไทย 28 บัส ปริมาณโหลดมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ 2959.92 MW และ 1031.26 MVA<sub>r</sub> แต่ปริมาณโหลดมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ 2853.83 MW และ 994.29 MVA<sub>r</sub> ในระบบทดสอบ IEEE 57 บัส ปริมาณโหลดมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ 2245.21 MW และ 603.84 MVA<sub>r</sub> แต่ปริมาณโหลดมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ 2245.12 MW และ 603.82 MVA<sub>r</sub> ซึ่งผลที่ได้ระหว่างการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมและแบบขนานไม่ต่างกันมาก และปริมาณโหลดที่สามารถจ่ายได้เพิ่มขึ้นจากสภาวะปกติ ค่อนข้างน้อย เนื่องจาก ระบบทดสอบ IEEE 57 บัส เป็นระบบทดสอบที่มีขนาดใหญ่ มีบัสและสายส่งจำนวนมาก การติดตั้งตัวเก็บประจุเข้าที่สายส่งเพียงเส้นเดียวหรือบัสเพียงบัสเดียวจึงส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวมน้อย