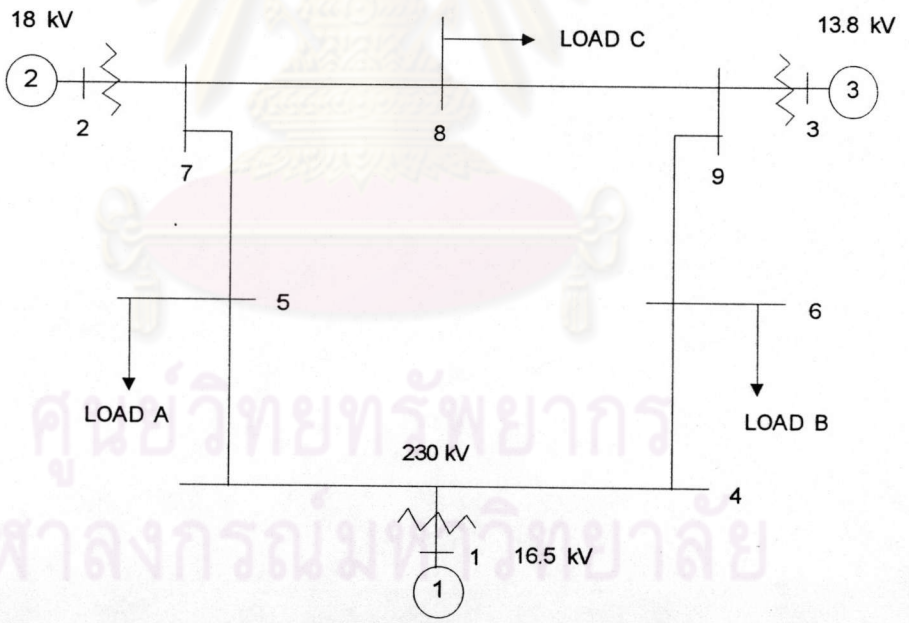
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
ตัวอย่างการคำนวณหาค่าตัวแปรของอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

6.1 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ทดสอบ

ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ทดสอบ จะมีลักษณะตามรูปที่ 6.1 ซึ่งจะประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 3 เครื่อง ข้อมูลต่าง ๆ ของระบบจะเป็นไปตามรายละเอียดในตารางที่ 6.1 ถึงตารางที่ 6.5 ซึ่งระบบไฟฟ้ากำลังและข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ทดสอบได้นำมาจากตัวอย่างของ Anderson และ Found[17] และค่าเจาะจงของระบบที่ต้องการจะเป็นตามตารางที่ 6.6



รูปที่ 6.1 ไดอะแกรมระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข	1	2	3
ชนิดของแบบจำลอง	2	5	5
X''_d (เปอร์ยูนิต)	0.155	0.171	0.171
X'_d (เปอร์ยูนิต)	0.195	0.232	0.232
X_d (เปอร์ยูนิต)	0.995	1.651	1.68
X''_q (เปอร์ยูนิต)	0.143	0.171	0.171
X'_q (เปอร์ยูนิต)	0.568	0.38	0.32
X_q (เปอร์ยูนิต)	0.568	1.59	1.61
R_A (เปอร์ยูนิต)	0.0014	0.0026	0.0024
X_A (เปอร์ยูนิต)	0.16	0.102	0.095
T''_{d0} (วินาที)	0.00	0.033	0.034
T'_{d0} (วินาที)	9.2	5.9	5.89
T''_{q0} (วินาที)	0	0.078	0.08
T'_{q0} (วินาที)	0	0.535	0.6
H(วินาที)	5.00	3.33	2.35
D	2	2	2
Rated MVA (MVA)	250	192	128
MVA BASE (MVA)	1000	1000	1000
Rated kV (kV)	16.5	18	13.8
kV BASE (kV)	230	230	230

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่	1	2	3
ชนิดของแบบจำลอง	1	1	1
K_A (เปอร์ยูนิต)	100	250	250
T_A (วินาที)	0.02	0.2	0.2
K_E (เปอร์ยูนิต)	- 0.02	- 0.05	- 0.051
T_E (วินาที)	0.1	0.5685	0.5685
K_F (เปอร์ยูนิต)	0.1080	0.12	0.12
T_F (วินาที)	0.35	1.0	1.0

ตารางที่ 6.2 ข้อมูลของระบบเอกไซเตชั่นที่ใช้ทดสอบ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่	1	2	3
กำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิต (MW)	71.6	163	85
กำลังไฟฟ้ารีแอคติฟที่ผลิต (MVAR)	27	6.7	- 10.9
ขนาดแรงดันขั้ว (เปอร์ยูนิต)	1.04	1.025	1.025
เฟสของแรงดัน (เรเดียน)	0	0.162	0.082

ตารางที่ 6.3 ข้อมูลการจ่ายกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่	1	2	3
T_1 (วินาที)	5	5	5
T_2 (วินาที)	0.18	0.18	0.18
k (เปอร์ยูนิต)	0	0	0
t (วินาที)	0	0	0

ตารางที่ 6.4 ข้อมูลอุปกรณ์สเตบิไลเซอที่ใช้ทดสอบ

ขั้ว	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	- 8.4459i	0	0	8.4459i	0	0	0	0	0
2	0	- 5.4855i	0	0	0	0	5.4855i	0	0
3	0	0	- 4.1684i	0	0	0	0	0	4.1684i
4	8.4459i	0	0	3.3074 - 30.3937i	- 1.3652 + 11.6041i	- 1.9422 + 10.5107i	0	0	0
5	0	0	0	- 1.3652 + 11.6041i	3.8138 - 17.8426i	0	- 1.1876 + 5.9751i	0	0
6	0	0	0	- 1.9422 + 10.51i	0	4.1019 - 16.1335i	0	0	- 1.282 + 5.5882i
7	0	5.4855i	0	0	- 1.1876 + 5.9751i	0	2.8047 - 24.9311i	- 1.6171 + 13.698i	0
8	0	0	0	0	0	0	- 1.6171 + 13.698i	3.7412 - 23.6424i	- 1.1551 + 9.7843i
9	0	0	4.1684i	0	0	- 1.282 + 5.5582i	0	- 1.1551 + 9.7843i	2.4371 - 19.2574i

ตารางที่ 6.5 ข้อมูลบัสแอ็ดมิทแตนซ์เมตริกซ์ของระบบไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6
ค่าเจาะจง	- 0.50 + 3.4i	- 0.50 - 3.4i	- 0.36 + 6.3i	- 0.36 - 6.3i	- 0.30 + 6.8i	- 0.30 - 6.8i

ตารางที่ 6.6 ข้อมูลของค่าเจาะจงที่ต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 ผลการคำนวณ

จากข้อมูลข้างต้นจะได้ค่าเจาะจงของระบบก่อนที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ตามตารางที่ 6.7 ซึ่งมีค่าเจาะจงที่มีค่าจริงเป็นบวกถึง 4 ค่า แสดงว่าระบบไฟฟ้ากำลังนี้ไม่มีเสถียรภาพเชิงไดนามิค ดังนั้นจะติดตั้งอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 เครื่อง โดยให้ระบบมีค่าเจาะจงตามที่กำหนดในตารางที่ 6.6 เมื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณหาค่าตัวแปรของอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ จะได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 6.8

ลำดับที่	ค่าเจาะจง
1	-51.9411
2	-50.9598
3	-1.4407+42.5621i
4	-1.4407-42.5621i
5	-0.6320+31.0211i
6	-0.6320-31.0211i
7	-23.0092
8	1.1605+11.0567i
9	1.1605-11.0567i
10	0.7768+9.6487i
11	0.7768-9.6487i
12	-4.1777
13	-0.5897
14	-3.5705
15	-1.1357

ตารางที่ 6.7 ค่าเจาะจงของระบบก่อนติดตั้งอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	อุปกรณ์สเตบิไลเซอร์	1	2	3
ชุดที่ 1	k	16.2698	-99.3932	3.4146
	t	-0.0999	0.9405	-4.0696
ชุดที่ 2	k	-4.800	2208.9	-1167.2
	t	0.161	0.096	0.164

ตารางที่ 6.8 ค่าตัวแปรของอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ที่คำนวณได้

จากผลการคำนวณค่าตัวแปรตามตารางที่ 6.8 จะเห็นว่าผลตอบชุดที่ 1 ให้ค่าอัตราขยายต่ำกว่าผลตอบชุดที่ 2 มาก และน่าจะมีค่าอยู่ในช่วงที่ใช้งานตามปกติของอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์มากกว่าชุดที่ 2 แต่เนื่องจากค่าคงตัวทางเวลาของผลตอบชุดที่ 1 เป็นลบซึ่งในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถปรับตั้งหรือออกแบบอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ให้มีค่าคงตัวทางเวลาเป็นลบได้ ดังนั้นจึงต้องนำผลการคำนวณชุดที่ 2 ไปใช้ในการปรับตั้งหรือออกแบบอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ที่จะติดตั้งให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 เครื่อง

เมื่อนำค่าตัวแปรที่คำนวณได้มาคำนวณสเตทสเปซของระบบไฟฟ้ากำลังที่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์แล้ว จะได้ค่าตามเมตริกซ์ A ใหม่ โดยจะมีค่าเจาะจงตามตารางที่ 6.9 ซึ่งจะมีค่าเจาะจงตามที่กำหนดเอาไว้รวมอยู่ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับที่	ค่าเจาะจง ชุดที่ 1	ค่าเจาะจง ชุดที่ 2
1	-51.7192-0.0667i	-1.6443-42.8504i
2	-51.7192+0.0667i	-1.6443+42.8504i
3	-0.9719-42.1471i	-51.9871
4	-0.9719+42.1471i	-50.9059
5	-1.7162-31.6782i	-0.5259-30.8292i
6	-1.7162+31.6782i	-0.5259+30.8292i
7	-21.0192-7.5038i	-25.6983
8	-21.0192+7.5038i	-1.6035-12.5901i
9	-0.0327-13.9074i	-1.6035+12.5901i
10	-0.0327+13.9074i	-0.300-6.800i
11	-7.7276	-0.300+6.800i
12	-0.300-6.800i	-0.360-6.300i
13	-0.300+6.800i	-0.360+6.300i
14	-0.360-6.300i	-0.500-3.400i
15	-0.360+6.300i	-0.500+3.400i
16	-0.500-3.400i	-7.7965
17	-0.500+3.400i	-5.8284-0.2518i
18	-4.0548	-5.8284+0.2518i
19	-2.5803	-5.5621-0.0653i
20	-0.8460	-5.5621+0.0653i
21	-0.5489	-0.0906-0.1287i
22	-0.1901	-0.0906+0.1287i
23	-0.2017	-0.1999
24	-0.2001	-0.1706

ตารางที่ 6.9 ค่าเจาะจงของระบบหลังจากติดตั้งอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์

6.3 สรุปผล

จากผลการคำนวณตามหัวข้อ 6.2 จะสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. เมื่อมีการปรับแต่งค่าต่างๆของอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ให้เหมาะสมแล้ว การติดตั้งอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ในระบบไฟฟ้ากำลังจะทำให้ระบบมีเสถียรภาพเชิงไดนามิคดีกว่าระบบไฟฟ้ากำลังที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ โดยพิจารณาได้จากค่าเจาะจงที่ส่วนจริงได้กลายเป็นลบทั้งหมดจากเดิมที่ส่วนจริงของค่าเจาะจงบางค่ามีค่าเป็นบวก

2. ค่าเจาะจงของระบบจะถูกกำหนดได้โดยการคำนวณหาค่าตัวแปรของอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ที่เหมาะสมโดยคำนวณจากแบบจำลองสเตทสเปซตามวิธีการที่ได้เสนอไว้ นั่นคือ จะสามารถกำหนดจุดทำงานที่มีเสถียรภาพเชิงไดนามิคของระบบไฟฟ้ากำลังได้

3. เนื่องจากการหาค่าแปรอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ เป็นการแก้สมการไม่เชิงเส้น (Nonlinear Equation) ดังนั้น จะมีผลตอบของค่าอัตราขยายและค่าสัมประสิทธ์ทางเวลาอยู่หลายชุดที่จะทำให้ระบบมีค่าเจาะจงตามที่กำหนดไว้ตามตัวอย่างที่คำนวณได้ ดังนั้นจึงสามารถเลือกชุดคำตอบที่เหมาะสมกับอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ที่มีอยู่ได้ ซึ่งควรเลือกใช้คำตอบชุดที่สามารถทำการออกแบบหรือปรับค่าตัวแปรอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ได้จริงในทางปฏิบัติ และให้ค่าอัตราขยายที่ต่ำกว่า เพราะการที่อัตราขยายสูง ๆ จะทำสัญญาณเพี้ยนได้ และการออกแบบอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์จะทำได้ยากกว่า

6.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากตามวิธีการคำนวณที่ได้เสนอไปนั้น เป็นวิธีการคำนวณที่อุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ทุกเครื่องเป็นชนิดที่ใช้ความเร็วของโรเตอร์มาเป็นสัญญาณเข้า ดังนั้นจึงควรจะมีการศึกษาถึงกรณีที่อุปกรณ์สเตบิไลเซอร์แต่ละเครื่องในระบบมีสัญญาณเข้าเป็นชนิดอื่นต่างๆกันไป เช่น กำลังไฟฟ้า, ความถี่ของไฟฟ้า หรือ แรงดันขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากในระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานจริงจะประกอบด้วยอุปกรณ์สเตบิไลเซอร์ที่แต่ละเครื่องใช้สัญญาณเข้าไม่เหมือนกันก็ได้

การกำหนดค่าเจาะจงที่ต้องการของระบบไฟฟ้ากำลังในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดโดยให้ค่าจริงของค่าเจาะจงทุกค่าเป็นลบเพื่อให้ระบบไฟฟ้ากำลังมีเสถียรภาพเชิงไดนามิคเท่านั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการคำนวณหาค่าเจาะจงที่จะทำให้ให้ระบบไฟฟ้ากำลังมีเสถียรภาพเชิงไดนามิคดีที่สุด โดยคำนวณจากการหาค่าต่ำสุดของเพอร์ฟอร์มแมนซ์อินเด็กซ์ (Minimization of Performance Index) [5,25,27]