บทที่ 5

การใช้โปรแกรมและตัวอย่างการวิเคราะห์

บทนี้จะแสดงถึงการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์การลัดวงจร ของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมพร้อมทั้งตัวอย่าง ซึ่งแสดงไว้ 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างแรกเป็นตัวอย่างระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งนำมาจากหนังสือ IEEE Std141-1976 "IEEE Red Book, IEEE Recomended Practice for Electrical Power Distribution for Industrial Plants." (1) ตัวอย่างที่สองนำมาจากหนังสือ "Computer Methods in Power System Analysis" (11) ส่วนอีก 3 ตัวอย่างเป็นระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้า ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 3 แห่งคือ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะหน่วยที่ 7 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะหน่วยที่ 8 และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมขนอมหน่วยที่ 1

สำหรับโรงไฟฟ้านั้น สามารถเรียกได้เป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งผลผลิตที่ต้องการก็คือกำลังงานไฟฟ้า โดยมีวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ หรือพลังน้ำ ในกระบวนการผลิตกำลังงานไฟฟ้านั้น จะมีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้กำลังงานไฟฟ้า ซึ่งอาจจะมาจากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นเอง หรือกำลังไฟฟ้าที่มาจากระบบส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission system) โดยจะมีระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า Auxiliary power system ในการส่งกำลังงานไฟฟ้าดังกล่าว ไปยังอุปกรณ์ที่ทำงานในกระบวนการผลิต

ตัวอย่าง 2 ตัวอย่างแรก เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม และ 3 ตัวอย่างหลัง เป็นการนำโปรแกรมมาใช้วิเคราะห์ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม (โรงไฟฟ้า) ซึ่งเป็นระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ได้ใช้งานแล้วดังตัวอย่างที่ 3 ระบบที่อยู่ในขั้นติดตั้งดังตัวอย่างที่ 4 และระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่อยู่ในขั้นออกแบบดังตัวอย่างที่ 5

<u>การจัดเตรียมข้อมูล</u>

โปรแกรมการวิเคราะห์การลัดวงจรของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ในโรงงานอุตสาหกรรมนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการจัดเตรียมข้อมูล และการป้อนข้อมูล ดังรายละเอียดการเตรียมข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในบทที่ 2 ส่วนวิธีการใช้โปรแกรมและการป้อนข้อมูลได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก. ลักษณะข้อมูลต่าง ๆ ที่จะต้องเตรียมจะเป็นข้อมูลเบื้องต้น เช่น ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้า (Rated power) ของหม้อแปลง เปอร์เซนต์รีแอคแตนซ์ของหม้อแปลงเป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีอยู่แล้วโดยทั่วไป ไม่จำเป็นต้องคำนวณก่อนที่จะป้อนข้อมูลใด ๆ ทั้งสิ้น ซึ่งเมื่อเทียบกับโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบอื่น ๆ โดยทั่วไปแล้วไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมการวิเคราะห์การลัดวงจร การวิเคราะห์โหลดโฟล หรือการวิเคราะห์เสถียรภาพซึ่งใช้กับคอมพิวเตอร์เมนเฟรม มักจะต้องป้อนค่าลายน์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า เป็นค่าอิมพิแดนซ์สมมูลย์ต่อหน่วย ซึ่งจะต้องผ่านการคำนวณมาชั้นหนึ่งแล้ว และเป็นชั้นที่เสียเวลาพอควร

สำหรับการวิเคราะห์การลัดวงจรของระบบไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในขั้นตอนของการออกแบบข้อมูลบางอย่างจะยังไม่ทราบค่า ในกรณีนี้สามารถเทียบค่าได้จากค่ามาตรฐาน ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ง.

ผลลัพธ์ที่ปรากฏบนจอได้แสดงตัวอย่างไว้ในภาคผนวก ก. และผลลัพธ์ที่พิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค. ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การลัดวงจรของตัวอย่างที่ 1

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

1. <u>ตัวอย่างที่ 1</u> เป็นตัวอย่างที่นำมาจากหนังสือ "IEEE Std 141-1976" (1) เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้

ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้านี้เป็นตัวอย่างระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ามีจำนวนบัส 19 บัส และจำนวนลายน์ 46 ลายน์ ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ตัว ขนาด 25 เอ็มวีเอ และ 5 เอ็มวีเอ หม้อแปลงไฟฟ้า 17 ตัว เคเบิล 2 เส้น มอเตอร์ 6 ตัว และกลุ่มของมอเตอร์ 9 กลุ่ม ระบบจ่าย

กำลังไฟฟ้านี้จะรับกำลังงานไฟฟ้า จากระบบผลิตกำลังไฟฟ้า 2 แหล่ง ซึ่งมีขนาดฟอลท์เลเวล 1000 เอ็มวีเอ และ 800 เอ็มวีเอ ดังแสดงในรูปที่ 5.1

ข้อมูลเบื้องต้นของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าสำหรับป้อนเข้าโปรแกรม แสดงในตารางที่ 5.1

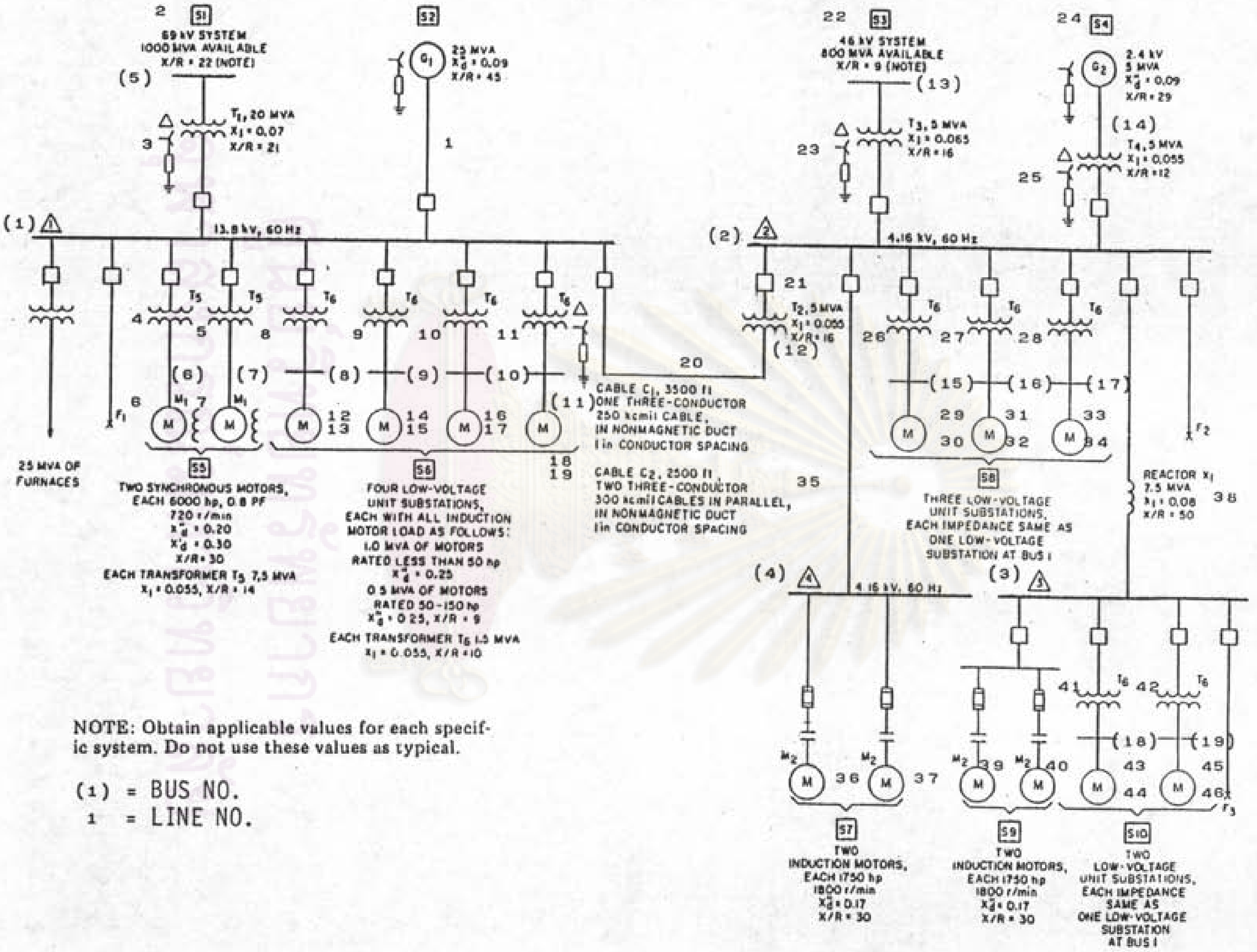
ผลลัพธ์ของกระแสลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ สำหรับใช้เทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟิวส์ และรีเลย์ถ่วงเวลา แสดงในตารางที่ 5.2 เป็นผลลัพธ์ที่คำนวณโดยกำหนดให้แรงดันก่อนการลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ มีค่าเป็น 1 เปอร์ยูนิท และ 0 องศา ค่าฟอลท์รีซิสแตนซ์และฟอลท์รีแอคแตนซ์มีค่าเป็น 0 และเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันสูงมีอินเตอร์รับติงหาม (Interrupting time) 5 ไซเกิล และคอนแทกพาร์ทติงหาม (Contact parting time) 3 ไซเกิล

ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรจากโปรแกรมถูกต้องทุกประการ ตามหนังสืออ้างอิง "IEEE Std 141-1976" ทั้งค่ากระแสลัดวงจรสำหรับเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ กระแสลัดวงจรสำหรับเทียบขนาดพิกัดของฟิวส์ และกระแสลัดวงจรสำหรับรีเลย์ถ่วงเวลา โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก (0% - 0.57%)

จากผลลัพธ์ที่ได้ตามตารางที่ 5.2 สามารถนำมาเทียบหาขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 5.3 และเทียบหาขนาดพิกัดของฟิวส์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.5, 5.6, และ 5.7 แสดงขนาดพิกัดต่าง ๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันสูง เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ และฟิวส์ ตามมาตรฐาน ANSI ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



One-Line Diagram of Industrial System Example

รูปที่ 5.1 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 1 (จากหนังสือ IEEE Std 141-1976)

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 1

SYSTEM DATA

LINE	BUS NUMBERS				CIRCUIT ELEMENTS					
	LOWER	HIGHER	EQUIPMENT	TYPE	MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
1	0	1	GENT	TURB	25	-	9	13.5	-	45
2	0	5	UTIL		1000	-	-	-	-	22
3	1	5	XFMR	TWWD	20	-	7	-	-	21
4	1	6	XFMR	TWWD	7.5	-	5.5	-	-	14
5	1	7	XFMR	TWWD	7.5	-	5.5	-	-	14
6	0	6	MTOR	SYNC	4476	720	20	.78	95	30
7	0	7	MTOR	SYNC	4476	720	20	.78	95	30
8	1	8	XFMR	TWWD	1.5	-	5.5	-	-	10
9	1	9	XFMR	TWWD	1.5	-	6	-	-	10
10	1	10	XFMR	TWWD	1.5	-	5.5	-	-	10
11	1	11	XFMR	TWWD	1.5	-	5.5	-	-	10
12	0	8	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
13	0	8	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9
14	0	9	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
15	0	9	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9
16	0	10	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
17	0	10	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9
18	0	11	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
19	0	11	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9
20	1	12	LINE	CAB	1.066	13.8	.1152	.1737	-	1
21	2	12	XFMR	TWWD	5	-	5.5	-	-	16
22	0	13	UTIL		800	-	-	-	-	9
23	2	13	XFMR	TWWD	5	-	6.5	-	-	16
24	0	14	GENT	TURB	5	-	9	13.5	-	29
25	2	14	XFMR	TWWD	5	-	5.5	-	-	12
26	2	15	XFMR	TWWD	1.5	-	5.5	-	-	10
27	2	16	XFMR	TWWD	1.5	-	5.5	-	-	10
28	2	17	XFMR	TWWD	1.5	-	5.5	-	-	10
29	0	15	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
30	0	15	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9
31	0	16	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
32	0	16	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9
33	0	17	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
34	0	17	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9
35	2	4	LINE	CAB	.762	4.16	.1086	.1451	-	2
36	0	4	MTOR	INDT	1305.5	1800	17	.786	95	30
37	0	4	MTOR	INDT	1305.5	1800	17	.786	95	30
38	2	3	XFMR	TWWD	7.5	-	8	-	-	50
39	0	3	MTOR	INDT	1305.5	1800	17	.786	95	30
40	0	3	MTOR	INDT	1305.5	1800	17	.786	95	30
41	3	18	XFMR	TWWD	1.5	-	5.5	-	-	10
42	3	19	XFMR	TWWD	1.5	-	5.5	-	-	10
43	0	18	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
44	0	18	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9
45	0	19	MTOR	GUP)	360	3000	25	.76	95	9
46	0	19	MTOR	GUP(	720	1500	25	.76	95	9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ผลลัพธ์การวิเคราะห์การลัดวงจรของตัวอย่างที่ 1

บัสที่เกิดการลัดวงจร	ระดับแรงดัน	กระแสลัดวงจรที่ใช้เทียบขนาดพิกัด					
		เซอร์กิตเบรกเกอร์			ฟิวส์		รีเลย์ถ่วงเวลา
		Interrupt	Mementary	X/R	Symmetrical	Asymmetrical *	**
	kV	kArms	kArms		kArms	kArms	kArms
1	13.8 (13.8)	26.89 (26.9)	40.77 (40.8)	31.59 (31.6)	26.11 (26.15)	41.83 (41.89)	10.13 (10.14)
2	4.16 (4.16)	28.58 (28.72)	49.13 (49.4)	13.87 (13.9)	32.674 (32.81)	48.79 (48.99)	12.18 (12.25)
3	4.16 (4.16)	11.76 (11.76)	19.49 (19.5)	26.15 (26.2)	13.24 (13.25)	20.97 (20.80)	6.29 (6.3)

<u>หมายเหตุ</u> (....) เป็นค่าจากหนังสืออ้างอิง "IEEE Std 181-1976 " (1)

* เป็นค่าที่คำนวณจาก Symmetrical short circuit current x Asymmetrical factor

** เป็นกระแสลัดวงจรที่คำนวณ โดยตัดแหล่งผลิตกำลังไฟฟ้าที่มีฟอลท์เลเวล 800 เอ็มวีเอ และตัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 25 เอ็มวีเอ ออกจากระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 การเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ของตัวอย่างที่ 1

บัส	ระดับแรงดัน	กระแสลัดวงจร		ขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CIRCUIT BREAKER RATINGS)		
		Interrupt *	Momentary *	Rated max. voltage **	Rated interrupt-capability **	Closing & latching capability **
	kV	kArms	kArms	kV	kArms	kArms
1	13.8	26.89	40.77	15	28	58
2	4.16	28.58	49.13	4.76	29	58
3	4.16	11.76	19.49	4.76	18	39

<u>หมายเหตุ</u> * เป็นค่าจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม

** เป็นขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ตามมาตรฐาน ANSI C30.06-1971

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 การเทียบขนาดพิกัดของฟิวส์ของตัวอย่างที่ 1

บัส	ระดับแรงดัน	กระแสลัดวงจร		ขนาดพิกัดของฟิวส์ (FUSE RATINGS)		
		Symmetrical	Asymmetrical	Rated max. voltage	Rated Interrupting current	
					Sym.	Asym.
		*	*	**	**	**
	kV	kArms	kArms	kV	kArms	kArms
1	13.8	26.11	41.83	15	31.5	50
2	4.16	32.68	48.79	5.5	40	63
3	4.16	13.24	20.97	5.5	31.5	50

<u>หมายเหตุ</u> * เป็นค่าจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม

** เป็นขนาดพิกัดของฟิวส์ ตามมาตรฐาน ANSI C 37.46-1969

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ขนาดพิกัดต่าง ๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันสูงตามมาตรฐาน ANSI C37.06-1971

ขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์							
Nominal voltage class	Rated max. voltage	Rated Interrupt capability (at rated max. voltage	Closing & latching capability)	Rated voltage range factor	Max. interrupt capability (at rated max. kv devided by K)	Example operating voltage *	Interrupt capability (at operating voltage) **
kV	kV	kArms	kArms	K	kArms	kV	kArms
4.16	4.76	8.8	19	1.36	12	4.16	10.1
4.16	4.76	18	39	1.24	24	4.16	20.6
4.16	4.76	29	58	1.24	36	4.16	33.2
4.16	4.76	41	78	1.19	49	4.16	46.9
7.2	8.25	17	49	1.79	30	6.6	21.25
7.2	8.25	33	66	1.25	41	6.6	41
13.8	15	18	37	1.3	23	13.8	19.6
13.8	15	28	58	1.3	36	13.8	30.4
13.8	15	37	77	1.3	48	13.8	40.2

หมายเหตุ * เป็นระดับแรงดันที่ใช้ในตัวอย่าง

** เป็นค่าอินเตอร์รัปติงคาปาบิลิตี ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ระดับแรงดันทำงาน (operating voltage) คำนวณจาก

$$\text{Rated interrupting capability} \times \frac{\text{Rated max. voltage}}{\text{Operating voltage}}$$

ตารางที่ 5.6 ขนาดพิกัดต่าง ๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ ตามมาตรฐาน ANSI C 37.16-1973

Preferred Ratings for Low-Voltage AC Power Circuit Breakers with Instantaneous Direct-Acting Phase Trip Elements
(See American National Standard C37.13-1973 (IEEE Std 20-1973))

Line No.	System Nominal Voltage (volts)	Rated Maximum (Voltage) (volts)	Insulation (Dielectric) Withstand (volts)	Three-Phase Short-Circuit Current Rating, Symmetrical (amperes)*	Frame Size (amperes)	Range of Trip-Device Current Ratings (amperes)†
	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6
1	600	635	2200	14 000	225	40-225
2	600	635	2200	22 000	600	40-600
3	600	635	2200	42 000	1600	200-1600
4	600	635	2200	42 000	2000	200-2000
5	600	635	2200	65 000	3000	2000-3000
6	600	635	2200	85 000	4000	4000
7	480	508	2200	22 000	225	40-225
8	480	508	2200	30 000	600	100-600
9	480	508	2200	50 000	1600	400-1600
10	480	508	2200	50 000	2000	400-2000
11	480	508	2200	65 000	3000	2000-3000
12	480	508	2200	85 000	4000	4000
13	240	254	2200	25 000	225	40-225
14	240	254	2200	42 000	600	150-600
15	240	254	2200	65 000	1600	600-1600
16	240	254	2200	65 000	2000	600-2000
17	240	254	2200	85 000	3000	2000-3000
18	240	254	2200	130 000	4000	4000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 ขนาดพิกัดต่าง ๆ ของฟิวส์ตามมาตรฐาน ANSI C37.46-1969

Rated Symmetrical Interrupting Currents

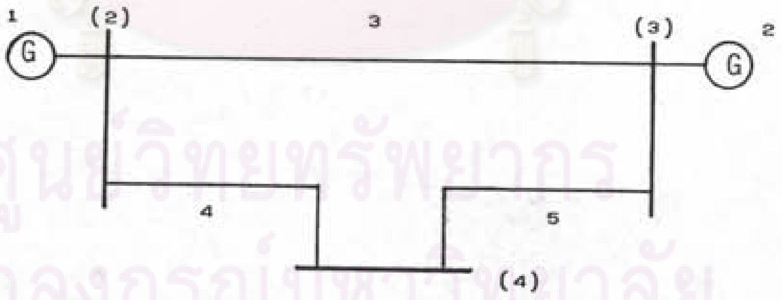
(Asymmetrical values are provided for information)

Nominal/Maximum Voltage in Kilovolts																					
2.4/2.75		4.8/5.5		7.2/8.25		14.4/15.5 (13.8/15)		23.0/25.8		34.5/38.0		46.0/48.3		69.0/72.5		115/121		138/145		161/169	
Rated Interrupting rms Current in Kiloamperes																					
Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym
																1.25	2.0	1.25	2.0		
																				2.0	3.15
												3.15	5.0	2.5	4.0	2.5	4.0	2.5	4.0		
				4.0	6.3	4.0	6.3	4.0	6.3			4.0	6.3					4.0	6.3		
										5.0	8.0			5.0	8.0	5.0	8.0	5.0	8.0		
				6.3	10.0	6.3	10.0	6.3	10.0	6.3	10.0	6.3	10.0	6.3	10.0			6.3	10.0		
				8.0	12.5					8.0	12.5			8.0	12.5	8.0	12.5				
						10.0	16.0	10.0	16.0	10.0	16.0	10.0	16.0	10.0	16.0						
				12.5	20.0	12.5	20.0	12.5	20.0	12.5	20.0	12.5	20.0	12.5	20.0						
				16.0	25.0			16.0	25.0	16.0	25.0										
				20.0	31.5	20.0	31.5	20.0	31.5	20.0	31.5	20.0	31.5								
				25.0	40.0	25.0	40.0	25.0	40.0	25.0	40.0										
31.5	50.0	31.5	50.0	31.5	50.0	31.5	50.0														
40.0	63.0	40.0	63.0	40.0	63.0	40.0	63.0	40.0	63.0	40.0	63.0										
50.0	80.0	50.0	80.0	50.0	80.0			50.0	80.0												
63.0	100.0					63.0	100.0														
						80.0	125.0														

2. <u>ตัวอย่างที่ 2</u> เป็นตัวอย่างการคำนวณการลัดวงจรจากหนังสือ "Computer Methods in Power System Analysis" (11) เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของค่ากระแสลัดวงจร กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านส่วนต่าง ๆ ของวงจร และแรงดันที่บัสต่าง ๆ ของวงจรขณะเกิดการลัดวงจร

ข้อมูลต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าสำหรับป้อนเข้าสู่โปรแกรมแสดงในตารางที่ 5.8 เป็นข้อสมมุติขึ้นเพื่อให้ได้อิมพิแดนซ์สมมูลย์ต่อหน่วยของลายน์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าตรงตามค่าในหนังสือ

ผลลัพธ์ของกระแสลัดวงจร กระแสที่ไหลในส่วนต่าง ๆ ของวงจร แรงดันที่บัสขณะลัดวงจร และบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์ของวงจร มีค่าถูกต้องทุกประการ ดังแสดงในตารางที่ 5.9, 5.10, 5.11 และ 5.12



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.2 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 2 (จากหนังสือ Computer Methods in Power System Analysis)

ตารางที่ 5.8 ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 2

SYSTEM DATA

LINE	BUS NUMBERS						CIRCUIT ELEMENTS			
	LOWER	HIGHER	EQUIPMENT	TYPE	MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
1	0	2	GENT	TURB	1	-	10.25	10.25	-	100
2	0	3	GENT	TURB	1	-	10.25	10.25	-	100
3	2	3	XFMR	TWWD	1	-	100	-	-	100
4	2	4	XFMR	TWWD	1	-	40	-	-	100
5	3	4	XFMR	TWWD	1	-	60	-	-	100

ตารางที่ 5.9 ผลลัพธ์กระแสลัดวงจรของตัวอย่างที่ 2

```
PAGE 2 . 1  SHORT CIRCUIT CURRENT OF BUS NO. 4        RATED .577 kV

     FOR LV. CB.

          FAULT LEVEL  =         3.416  MVA        X/R  =  100
          E/Z                                       =       3.418     kA(rms)
          CB. DUTY :
          INTERRUPTING SHORT CIRCUIT CURRENT [SYM] =       3.931     kA(rms)

     FOR FUSE

          FAULT LEVEL  =         3.416  MVA        X/R  =  100
          E/Z                                       =       3.418     kA(rms)
          FUSE DUTY :
          INTERRUPTING SHORT CIRCUIT CURRENT [SYM] =       3.418     kA(rms)
          [  ASYMMETRICAL SHORT CIRCUIT CURRENT     =       5.811     kA(rms) ]

     FOR TIME DELAYED RELAYING DEVICE

          SHORT CIRCUIT CURRENT                     =       3.418     kA(rms)

Ctrl key ON                                   PRESS ANY KEY TO CONTINUE....
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 ผลลัพธ์กระแสที่ไหลในส่วนต่าง ๆ ของวงจรของตัวอย่างที่ 2

PAGE 5 . 1

SHORT CIRCUIT CURRENT CONTRIBUTION (SYM.) [PU. , DEGREE]
[AT 1/2 FIRST CYCLE FOR LV.CB.]

CURRENT OF LINE NO. 1	FROM BUS NO 0	TO 2	=	1.950 ,	-89.43
CURRENT OF LINE NO. 2	FROM BUS NO 0	TO 3	=	1.466 ,	-89.43
CURRENT OF LINE NO. 3	FROM BUS NO 2	TO 3	=	0.050 ,	90.57
CURRENT OF LINE NO. 4	FROM BUS NO 2	TO 4	=	2.000 ,	-89.43
CURRENT OF LINE NO. 5	FROM BUS NO 3	TO 4	=	1.416 ,	-89.43

ตารางที่ 5.11 ผลลัพธ์แรงดันที่บัสขณะลัดวงจรของตัวอย่างที่ 2

PAGE 6 . 1

BUS VOLTAGE DURING FAULT [PU. , DEGREE]
[AT 1/2 FIRST CYCLE FOR LV.CB.]

VOLTAGE OF BUS NO. 2	=	0.80	,	0.00
VOLTAGE OF BUS NO. 3	=	0.85	,	0.00
VOLTAGE OF BUS NO. 4	=	0.00	,	0.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 บัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์ของตัวอย่างที่ 2

```
FILE NAME? C:STAGG
ZBUS ARE FORMED BY OPTION  4  ON  1  MVA BASE
ZBUS FOR MOMENTARY SHORT CIRCUIT CURRENT :REACTANCE PART
Z( 1 , 1 ) =0.00E+00        Z( 1 , 2 ) =0.00E+00        Z( 1 , 3 ) =0.00E+00
Z( 1 , 4 ) =0.00E+00
Z( 2 , 1 ) =0.00E+00        Z( 2 , 2 ) =0.88E-01        Z( 2 , 3 ) =0.15E-01
Z( 2 , 4 ) =0.59E-01
Z( 3 , 1 ) =0.00E+00        Z( 3 , 2 ) =0.15E-01        Z( 3 , 3 ) =0.88E-01
Z( 3 , 4 ) =0.44E-01
Z( 4 , 1 ) =0.00E+00        Z( 4 , 2 ) =0.59E-01        Z( 4 , 3 ) =0.44E-01
Z( 4 , 4 ) =0.29E+00

ZBUS FOR MOMENTARY SHORT CIRCUIT CURRENT :RESISTANCE PART
Z( 1 , 1 ) =0.00E+00        Z( 1 , 2 ) =0.00E+00        Z( 1 , 3 ) =0.00E+00
Z( 1 , 4 ) =0.00E+00
Z( 2 , 1 ) =0.00E+00        Z( 2 , 2 ) =0.88E-03        Z( 2 , 3 ) =0.15E-03
Z( 2 , 4 ) =0.59E-03
Z( 3 , 1 ) =0.00E+00        Z( 3 , 2 ) =0.15E-03        Z( 3 , 3 ) =0.88E-03
Z( 3 , 4 ) =0.44E-03
Z( 4 , 1 ) =0.00E+00        Z( 4 , 2 ) =0.59E-03        Z( 4 , 3 ) =0.44E-03
Z( 4 , 4 ) =0.29E-02
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ตัวอย่างที่ 3 เป็นระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะหน่วยที่ 7 เป็นโรงไฟฟ้าที่ได้ติดตั้งและทำการผลิตกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว มีขนาดกำลังผลิต 171 เอ็มวีเอ จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จ่ายเข้าระบบส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า 13.8/230 กิโลโวลท์ ขนาด 171 เอ็มวีเอ กำลังไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะถูกดึงมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า 13.8/6.6 กิโลโวลท์ ขนาด 20 เอ็มวีเอ กำลังไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งสำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต จะมาจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าโดยจ่ายผ่านหม้อแปลง 230/6.6 กิโลโวลท์ ขนาด 31.5 เอ็มวีเอ ระบบไฟฟ้านี้เป็นระบบที่มีจำนวน 34 บัส และ 73 ลายน์ ดังแสดงในรูปที่ 5.3

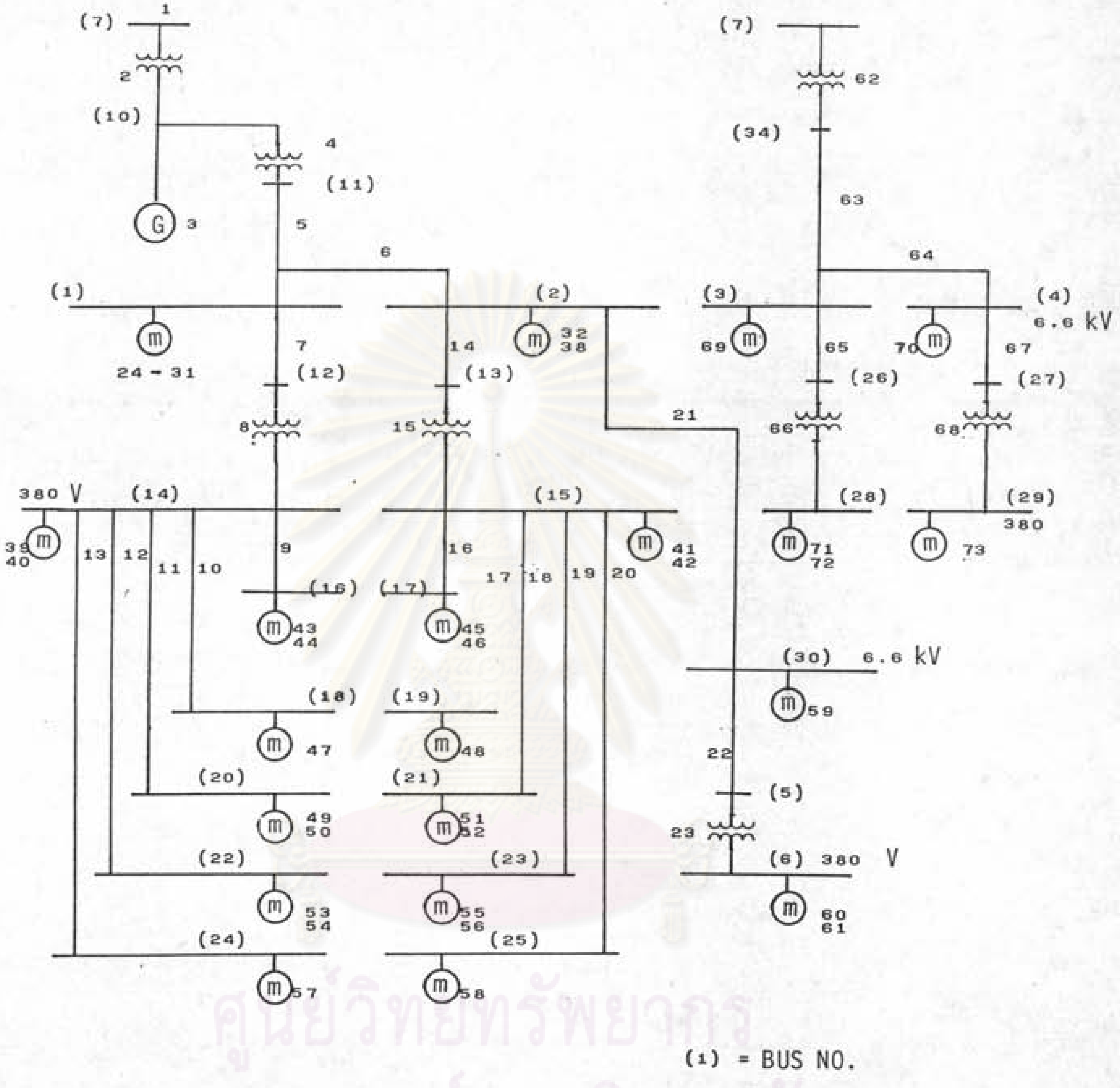
ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า สำหรับป้อนเข้าโปรแกรมได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.13

ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรจากโปรแกรม สำหรับเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่บัสต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 5.14 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ที่กำหนดให้แรงดันก่อนการลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ มีค่าเป็น 1 เปอร์ยูนิทและ 0 องศา ค่าฟอลท์รีซีสแตนซ์และฟอลท์รีแอคแตนซ์มีค่าเป็น 0 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันสูงมีอินเตอร์รัพติงหาม 5 ไซเกิล และคอนแทกพาร์ทติงหาม 3 ไซเกิล

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5.14 สามารถนำมาเทียบหาขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่บัสต่าง ๆ ได้ ดังแสดงในตารางที่ 5.15 โดยเทียบกับขนาดพิกัดตามมาตรฐานจากตารางที่ 5.5 และ 5.6

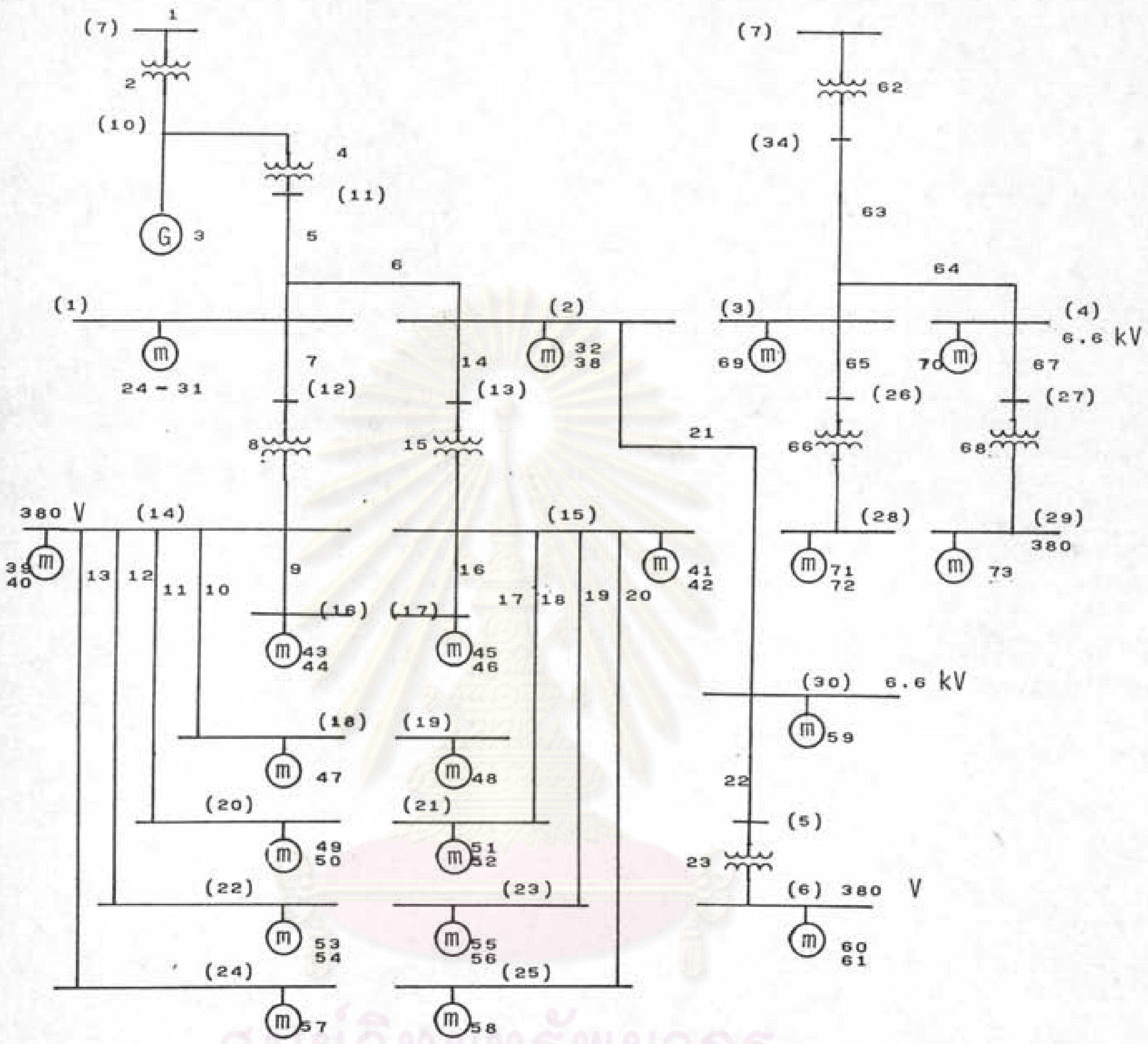
ขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามตารางที่ 5.15 นี้ เป็นขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้อยู่ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ภายในโรงจักรพลังความร้อนแม่เมาะหน่วยที่ 7 ในปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.3 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 3 (ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะหน่วยที่ 7)



(1) = BUS NO.

1 = LINE NO.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.3 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 3 (ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะหน่วยที่ 7)

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 3

SYSTEM DATA

LINE	BUS NUMBERS				CIRCUIT ELEMENTS					
	LOWER	HIGHER	EQUIPMENT	TYPE	MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
1	0	7	UTIL		6814	-	-	-	-	100
2	7	10	XFMR	TWWD	171	-	12.5	-	-	40
3	0	10	GENT	TURB	171	-	20	27	-	80
4	10	11	XFMR	TWWD	20	-	8	-	-	20
5	1	11	LINE	BUS	.08	6.6	.0875	.0306	-	1
6	1	2	LINE	BUS	.015	6.6	.0875	.0306	-	1
7	1	12	LINE	CAB	.06	6.6	.098	.124	-	1
8	12	14	XFMR	TWWD	1.6	-	6	-	-	10
9	14	16	LINE	CAB	.028	.38	.082	.0938	-	2
10	14	18	LINE	CAB	.026	.38	.082	.0938	-	1
11	14	20	LINE	CAB	.108	.38	.082	.0938	-	2
12	14	22	LINE	CAB	.034	.38	.082	.0938	-	2
13	14	24	LINE	CAB	.158	.38	.082	.0938	-	2
14	2	13	LINE	CAB	.06	6.6	.098	.124	-	1
15	13	15	XFMR	TWWD	1.6	-	6	-	-	10
16	15	17	LINE	CAB	.031	.38	.082	.0938	-	2
17	15	19	LINE	CAB	.029	.38	.082	.0938	-	1
18	15	21	LINE	CAB	.172	.38	.082	.0938	-	2
19	15	23	LINE	CAB	.031	.38	.082	.0938	-	2
20	15	25	LINE	CAB	.162	.38	.082	.0938	-	2
21	2	30	LINE	CAB	.45	6.6	.093	.068	-	1
22	5	30	LINE	CAB	.05	6.6	.098	.124	-	1
23	5	6	XFMR	TWWD	1.25	-	6	-	-	10
24	0	1	MTOR	INDT	2800	1485	16	.91	98	40
25	0	1	MTOR	INDT	750	585	18	.8	97	30
26	0	1	MTOR	INDT	850	1485	15.6	.9	97	30
27	0	1	MTOR	INDT	400	985	17	.8	93	20
28	0	1	MTOR	INDT	330	985	15	.75	93	20
29	0	1	MTOR	INDT	330	985	15	.75	93	20
30	0	1	MTOR	INDT	330	985	15	.7263158	93	20
31	0	1	MTOR	INDT	350	1480	16	.85	96	25
32	0	2	MTOR	INDT	2800	1485	16	.91	98	40
33	0	2	MTOR	INDT	750	585	18	.8	97	30
34	0	2	MTOR	INDT	850	1485	15.6	.9	97	30
35	0	2	MTOR	INDT	400	785	17	.8	93	20
36	0	2	MTOR	INDT	330	985	15	.73	93	20
37	0	2	MTOR	INDT	330	985	15	.73	93	20
38	0	2	MTOR	INDT	350	1480	16	.86	96	25
39	0	14	MTOR	INDT	55	735	17	.78	92	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13 (ต่อ) ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 3

SYSTEM DATA

LINE	BUS NUMBERS		EQUIPMENT	TYPE			CIRCUIT ELEMENTS			
	LOWER	HIGHER			MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
40	0	14	MTOR	INDT	75	16	1470	.87	92	10
41	0	15	MTOR	INDT	55	735	17	.78	92	10
42	0	15	MTOR	INDT	75	1470	16	.87	92	10
43	0	16	MTOR	GUP(	38	1500	17	.67	95	6
44	0	16	MTOR	GUP)	60	1500	17	.87	95	8
45	0	17	MTOR	GUP(	38	1500	17	.67	95	6
46	0	17	MTOR	GUP)	60	1500	17	.87	95	8
47	0	18	MTOR	GUP(	30	1500	20	.78	95	6
48	0	19	MTOR	GUP(	30	1500	20	.78	95	6
49	0	20	MTOR	GUP)	55	1500	15	.88	95	8
50	0	20	MTOR	GUP(	25	1500	20	.84	95	6
51	0	21	MTOR	GUP)	125	1500	17	.84	95	8
52	0	21	MTOR	GUP(	20	1500	20	.84	95	6
53	0	22	MTOR	GUP)	68	1500	20	.84	95	8
54	0	22	MTOR	GUP(	75	1500	17	.74	95	6
55	0	23	MTOR	GUP)	48	1500	20	.84	95	8
56	0	23	MTOR	GUP(	75	1500	17	.74	95	6
57	0	24	MTOR	GUP(	50	1500	20	.74	95	6
58	0	25	MTOR	GUP(	50	1500	20	.74	95	6
59	0	30	MTOR	GUPX	750	1500	18	.9	96	10
60	0	6	MTOR	GUP)	500	1480	16	.86	95	10
61	0	6	MTOR	GUP(	500	1500	20	.84	95	6
62	7	34	XFMR	TWWD	31.5	-	12.5	-	-	20
63	3	34	LINE	BUS	.096	6.6	.0875	.0306	-	1
64	3	4	LINE	BUS	.015	6.6	.0875	.0306	-	1
65	3	26	LINE	CAB	.06	6.6	.098	.124	-	1
66	26	28	XFMR	TWWD	1.6	-	6	-	-	10
67	4	27	LINE	CAB	.06	6.6	.098	.124	-	1
68	27	29	XFMR	TWWD	1.6	-	6	-	-	10
69	0	3	MTOR	INDT	2800	1485	20	.9	96	40
70	0	4	MTOR	INDT	2800	1485	20	.9	96	40
71	0	28	MTOR	GUP)	200	1500	20	.84	95	10
72	0	28	MTOR	GUP(	250	1500	20	.84	95	6
73	0	29	MTOR	GUP)	200	1500	20	.84	95	8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 ผลลัพธ์การวิเคราะห์การลัดวงจรของตัวอย่างที่ 3

บัส	ระดับแรงดัน	ผลลัพธ์การลัดวงจรสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์			
		Interrupting current	Momentary current	Fault level	X/R ratio
	V	KArms	kArms	MVA	
1	6600	24.95	43.45	285.25	20.39
2	6600	24.65	43.17	281.79	19.75
3	6600	22.96	37.32	262.49	18.07
4	6600	22.68	37.06	259.22	17.51
30	6600	18.53	33.09	221.84	5.40
14	380	44.9	-	27.77	9.63
15	380	46.21	-	28.6	9.5
28	380	43.51	-	26.83	9.81
29	380	41.08	-	25.27	9.93
6	380	41.35	-	25.92	8.83
16	380	33.75	-	22.21	3.59
17	380	33.74	-	22.21	3.36
18	380	27.97	-	18.41	2.50
19	380	27.32	-	17.98	2.33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 การเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ของตัวอย่างที่ 3

บัส	ระดับแรงดัน	กระแสลัดวงจร		ขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์		
		Interrupting current *	Momentary current *	Rated max. voltage **	Rated interrupting capability **	Closing & latching capability **
	V	KArms	kArms	V	kArms	kArms
1	6600	24.95	43.45	8250	33	66
2	6600	24.65	43.17	8250	33	66
3	6600	22.96	37.32	8250	33	66
4	6600	22.68	37.06	8250	33	66
30	6600	18.53	33.09	8250	33	66
14	380	44.9	-	508	50	-
15	380	46.21	-	508	50	-
28	380	43.51	-	508	50	-
29	380	41.08	-	508	50	-
6	380	41.35	-	508	50	-
16	380	33.75	-	508	50	-
17	380	33.74	-	508	50	-
18	380	27.97	-	508	50	-
19	380	27.32	-	508	50	-

<u>หมายเหตุ</u> * เป็นค่าจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม

** เป็นขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน ANSI C37.06-1971 และ ANSI C37.13-1973

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. <u>ตัวอย่างที่ 4</u> เป็นระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะ หน่วยที่ 8 เป็นโรงไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างทำการก่อสร้าง ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 333 เอ็มวีเอ จ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า 18/500 กิโลโวลท์ ขนาด 342 เอ็มวีเอ

อุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตจะได้กำลังงานไฟฟ้ามาจาก 2 แหล่งคือ ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า 18/6.6/6.6 กิโลโวลท์ ขนาด 40/20/20 เอ็มวีเอ หรือได้กำลังงานไฟฟ้ามาจากระบบส่งกำลังไฟฟ้า โดยผ่านหม้อแปลง ขนาด 33/6.6/6.6 กิโลโวลท์ ขนาด 60/30/30 เอ็มวีเอ

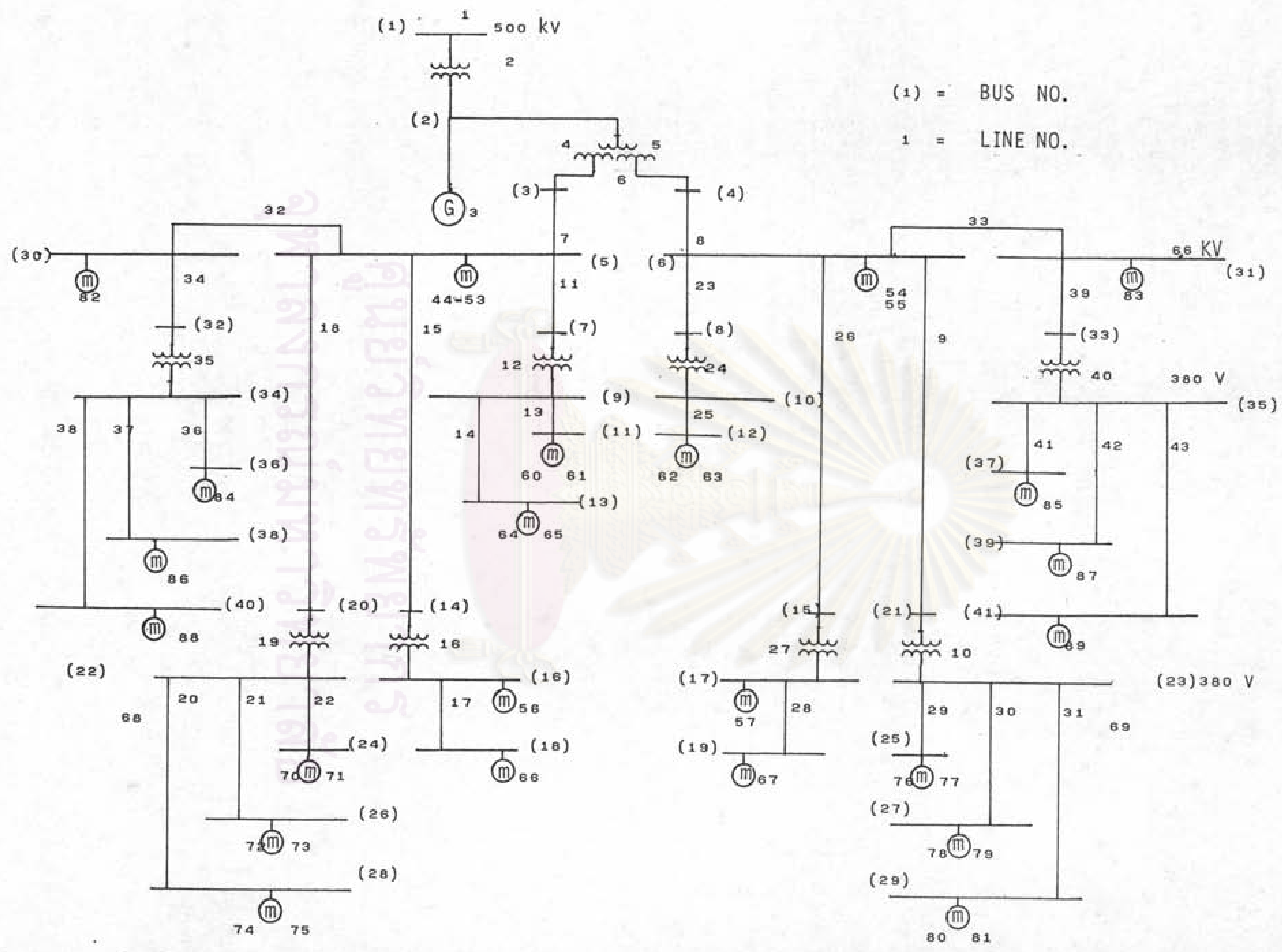
ในตัวอย่างนี้จะเป็นตัวอย่างของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ที่มีสภาวะการทำงาน 2 สภาวะคือ สภาวะแรกอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตจะได้กำลังงานไฟฟ้ามาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนสภาวะที่สองอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตจะได้กำลังงานไฟฟ้ามาจากระบบส่งกำลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 5.4 และ 5.5 เป็นระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่มีขนาด 41 บัส 89 ลายน์

ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า แสดงในตารางที่ 5.16 และ 5.17

ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ ของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าทั้งสองสภาวะการทำงาน แสดงในตารางที่ 5.18 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่กำหนดให้แรงดันก่อนการลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ มีค่าเป็น 1 เปอร์ยูนิทและ 0 องศา ค่าฟอลท์รีซีสแตนซ์และฟอลท์รีแอคแตนซ์มีค่าเป็น 0 เซอร์กิตเบรกเกอร์มีอินเตอร์รับติงทาม 5 ไซเกิล และคอนแทกพาร์ทติงทาม 3 ไซเกิล

การเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่บัสต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 5.19 การเทียบขนาดพิกัดจะใช้ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุด ระหว่างสองสภาวะการทำงาน ซึ่งจะเป็นค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ที่บัสต่าง ๆ ของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้านี้ เทียบกับขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน ANSI จากตารางที่ 5.5 และ 5.6

ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรโดยโปรแกรม ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับผลการคำนวณซึ่งทำโดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาในช่วงแรกของการออกแบบ และยังอยู่ในขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งเป็นการยืนยันได้ว่า ขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ได้ออกแบบไว้ถูกต้องแล้ว



รูปที่ 5.4 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 4 (ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะ หน่วยที่ 8) ที่สภาวะการทำงานที่ 1

ตารางที่ 5.16 ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 4 ที่สภาวะการทำงานที่ 1

SYSTEM DATA

LINE	BUS NUMBERS				CIRCUIT ELEMENTS					
	LOWER	HIGHER	EQUIPMENT	TYPE	MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
1	0	1	UTIL		8213	-	-	-	-	100
2	1	2	XFMR	TWWD	342	-	15	-	-	50
3	0	2	GENT	TURB	333	-	23	29	-	100
4	2	3	XFMR	TRWD	20	-	8	-	-	20
5	2	4	XFMR	TRWD	20	-	8	-	-	20
6	3	4	XFMR	TRWD	20	-	16	-	-	20
7	3	5	LINE	BUS	.1	6.6	.0875	.0306	-	1
8	4	6	LINE	BUS	.1	6.6	.0875	.0306	-	1
9	6	21	LINE	CAB	.1	6.6	.098	.124	-	1
10	21	23	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
11	5	7	LINE	CAB	.15	6.6	.098	.124	-	1
12	7	9	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
13	9	11	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	2
14	9	13	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	3
15	5	14	LINE	CAB	.45	6.6	.098	.124	-	1
16	14	16	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
17	16	18	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	1
18	5	20	LINE	BUS	.105	6.6	.0875	.0306	-	1
19	20	22	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
20	22	24	LINE	CAB	.06	.38	.082	.0938	-	2
21	22	26	LINE	CAB	.04	.38	.082	.0938	-	2
22	22	28	LINE	CAB	.07	.38	.082	.0938	-	2
23	6	8	LINE	CAB	.14	6.6	.083	.14	-	1
24	8	10	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
25	10	12	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	2
26	6	15	LINE	CAB	.45	6.6	.098	.124	-	1
27	15	17	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
28	17	19	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	1
29	23	25	LINE	CAB	.04	.38	.082	.0938	-	2
30	23	27	LINE	CAB	.04	.38	.082	.0938	-	2
31	23	29	LINE	CAB	.22	.38	.071	.234	-	1
32	5	30	LINE	BUS	.06	6.6	.0875	.0306	-	1
33	6	31	LINE	BUS	.06	6.6	.0875	.0306	-	1
34	30	32	LINE	CAB	.03	6.6	.098	.124	-	1
35	32	34	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
36	34	36	LINE	CAB	.05	.38	.082	.0938	-	2
37	34	38	LINE	CAB	.1	.38	.082	.0938	-	5
38	34	40	LINE	CAB	.05	.38	.082	.0938	-	2
39	31	33	LINE	CAB	.04	6.6	.098	.124	-	1
40	33	35	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
41	35	37	LINE	CAB	.05	.38	.082	.0938	-	2
42	35	39	LINE	CAB	.1	.38	.082	.0938	-	5
43	35	41	LINE	CAB	.01	.38	.084	.152	-	1

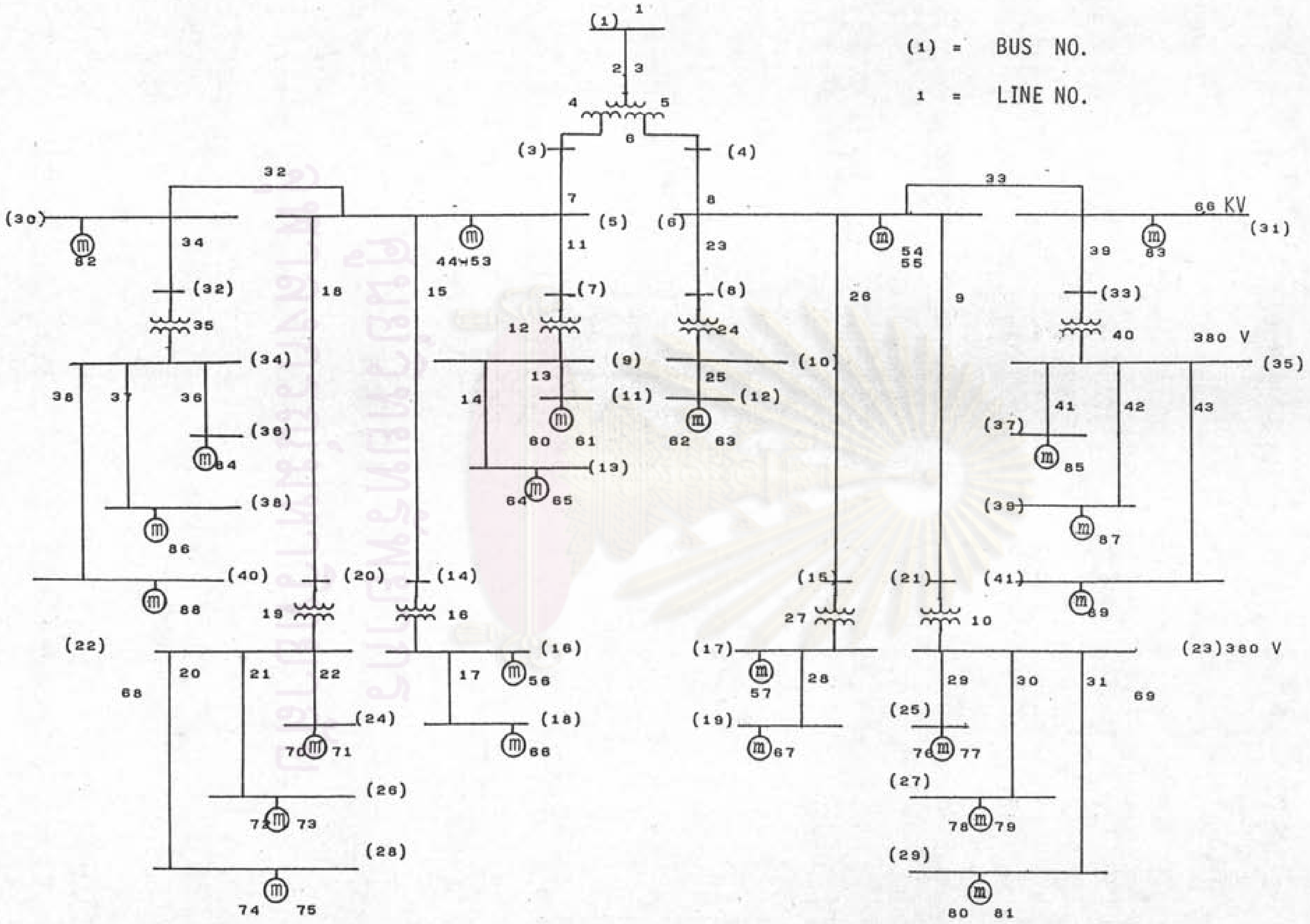
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.16 (ต่อ) ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 4 ที่สภาวะการทำงานที่ 1

SYSTEM DATA [CHANGE]

LINE	BUS NUMBERS				CIRCUIT ELEMENTS					
	LOWER	HIGHER	EQUIPMENT	TYPE	MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
44	0	5	MTOR	INDT	230	1480	16	.79	88	20
45	0	5	MTOR	INDT	597	985	17	.74	93	25
46	0	5	MTOR	INDT	597	985	17	.74	93	25
47	0	5	MTOR	INDT	597	985	17	.74	93	25
48	0	5	MTOR	INDT	700	1485	17	.86	94	30
49	0	5	MTOR	INDT	1300	1485	17	.83	95	25
50	0	5	MTOR	INDT	1500	1485	17	.83	95	25
51	0	5	MTOR	INDT	640	1480	17	.69	94	25
52	0	5	MTOR	INDT	1500	1480	17	.74	96	25
53	0	5	MTOR	INDT	4650	1485	18	.97	90	30
54	0	6	MTOR	GUPX	8950	1500	17	.84	95	20
55	0	6	MTOR	GUP)	2721	1500	17	.84	95	20
56	0	16	MTOR	GUP)	800	1480	16	.86	95	20
57	0	17	MTOR	GUP)	100	1480	16	.87	95	20
58	0	9	MTOR	GUP)	460	1480	16	.84	95	20
59	0	10	MTOR	GUP)	460	1480	16	.84	95	20
60	0	11	MTOR	GUP)	50	1480	18	.84	95	10
61	0	11	MTOR	GUP(	100	1480	20	.84	95	5
62	0	12	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
63	0	12	MTOR	GUP(	250	1480	20	.84	95	5
64	0	13	MTOR	GUP)	50	1480	20	.84	95	10
65	0	13	MTOR	GUP(	150	1480	20	.84	95	5
66	0	18	MTOR	GUP(	100	1480	20	.84	95	5
67	0	19	MTOR	GUP(	100	1480	20	.84	95	5
68	0	22	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
69	0	23	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
70	0	24	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
71	0	24	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
72	0	26	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
73	0	26	MTOR	GUP(	250	1480	20	.84	95	5
74	0	28	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
75	0	28	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
76	0	25	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
77	0	25	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
78	0	27	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
79	0	27	MTOR	GUP(	250	1480	20	.84	95	5
80	0	29	MTOR	GUP)	100	1500	20	.84	95	10
81	0	29	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
82	0	30	MTOR	GUPX	6150	1485	17	.84	95	35
83	0	31	MTOR	GUPX	6150	1485	17	.84	95	20
84	0	36	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
85	0	37	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
86	0	38	MTOR	GUP(	500	1480	20	.84	95	5
87	0	39	MTOR	GUP)	400	1480	20	.84	95	10
88	0	40	MTOR	GUP)	150	1480	20	.84	95	10
89	0	41	MTOR	GUP(	100	1480	20	.84	95	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 4 (ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะ หน่วยที่ 8) ที่สภาวะการทำงานที่ 2

ตารางที่ 5.17 ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 4 ที่สภาวะการทำงานที่ 2

SYSTEM DATA

LINE	BUS NUMBERS				CIRCUIT ELEMENTS					
	LOWER	HIGHER	EQUIPMENT	TYPE	MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
1	0	1	UTIL		490.4	-	-	-	-	50
2	1	2	LINE	CAB	.45	22	.08	.03	-	1
3	1	2	LINE	CAB	.45	22	.08	.03	-	1
4	2	3	XFMR	TRWD	30	-	8	-	-	32
5	2	4	XFMR	TRWD	30	-	8	-	-	32
6	3	4	XFMR	TRWD	30	-	16	-	-	32
7	3	5	LINE	BUS	.1	6.6	.0875	.0306	-	1
8	4	6	LINE	BUS	.1	6.6	.0875	.0306	-	1
9	6	21	LINE	CAB	.1	6.6	.098	.124	-	1
10	21	23	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
11	5	7	LINE	CAB	.15	6.6	.098	.124	-	1
12	7	9	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
13	9	11	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	2
14	9	13	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	3
15	5	14	LINE	CAB	.45	6.6	.098	.124	-	1
16	14	16	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
17	16	18	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	1
18	5	20	LINE	BUS	.105	6.6	.0875	.0306	-	1
19	20	22	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
20	22	24	LINE	CAB	.06	.38	.082	.0938	-	2
21	22	26	LINE	CAB	.04	.38	.082	.0938	-	2
22	22	28	LINE	CAB	.07	.38	.082	.0938	-	2
23	6	8	LINE	CAB	.14	6.6	.083	.14	-	1
24	8	10	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
25	10	12	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	2
26	6	15	LINE	CAB	.45	6.6	.098	.124	-	1
27	15	17	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
28	17	19	LINE	CAB	.01	.38	.082	.0938	-	1
29	23	25	LINE	CAB	.04	.38	.082	.0938	-	2
30	23	27	LINE	CAB	.04	.38	.082	.0938	-	2
31	23	29	LINE	CAB	.22	.38	.071	.234	-	1
32	5	30	LINE	BUS	.06	6.6	.0875	.0306	-	1
33	6	31	LINE	BUS	.06	6.6	.0875	.0306	-	1
34	30	32	LINE	CAB	.03	6.6	.098	.124	-	1
35	32	34	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
36	34	36	LINE	CAB	.05	.38	.082	.0938	-	2
37	34	38	LINE	CAB	.1	.38	.082	.0938	-	5
38	34	40	LINE	CAB	.05	.38	.082	.0938	-	2
39	31	33	LINE	CAB	.04	6.6	.098	.124	-	1
40	33	35	XFMR	TWWD	2	-	8	-	-	7
41	35	37	LINE	CAB	.05	.38	.082	.0938	-	2
42	35	39	LINE	CAB	.1	.38	.082	.0938	-	5
43	35	41	LINE	CAB	.01	.38	.084	.152	-	1
44	0	5	MTOR	INDT	230	1480	16	.79	88	20
45	0	5	MTOR	INDT	597	985	17	.74	93	25
46	0	5	MTOR	INDT	597	985	17	.74	93	25

ตารางที่ 5.17(ต่อ) ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 4 ที่สภาวะการทำงานที่ 2

SYSTEM DATA

LINE	BUS NUMBERS				CIRCUIT ELEMENTS					
	LOWER	HIGHER	EQUIPMENT	TYPE	MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
47	0	5	MTOR	INDT	597	985	17	.74	93	25
48	0	5	MTOR	INDT	700	1485	17	.86	94	30
49	0	5	MTOR	INDT	1300	1485	17	.83	95	25
50	0	5	MTOR	INDT	1500	1485	17	.83	95	25
51	0	5	MTOR	INDT	640	1480	17	.69	94	25
52	0	5	MTOR	INDT	1500	1480	17	.74	96	25
53	0	5	MTOR	INDT	4650	1485	18	.97	90	30
54	0	6	MTOR	GUPX	8950	1500	17	.84	95	20
55	0	6	MTOR	GUP)	2721	1500	17	.84	95	20
56	0	16	MTOR	GUP)	800	1480	16	.86	95	20
57	0	17	MTOR	GUP)	100	1480	16	.87	95	20
58	0	9	MTOR	GUP)	460	1480	16	.84	95	20
59	0	10	MTOR	GUP)	460	1480	16	.84	95	20
60	0	11	MTOR	GUP)	50	1480	18	.84	95	10
61	0	11	MTOR	GUP(	100	1480	20	.84	95	5
62	0	12	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
63	0	12	MTOR	GUP(	250	1480	20	.84	95	5
64	0	13	MTOR	GUP)	50	1480	20	.84	95	10
65	0	13	MTOR	GUP(	150	1480	20	.84	95	5
66	0	18	MTOR	GUP(	100	1480	20	.84	95	5
67	0	19	MTOR	GUP(	100	1480	20	.84	95	5
68	0	22	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
69	0	23	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
70	0	24	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
71	0	24	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
72	0	26	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
73	0	26	MTOR	GUP(	250	1480	20	.84	95	5
74	0	28	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
75	0	28	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
76	0	25	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
77	0	25	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
78	0	27	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
79	0	27	MTOR	GUP(	250	1480	20	.84	95	5
80	0	29	MTOR	GUP)	100	1500	20	.84	95	10
81	0	29	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
82	0	30	MTOR	GUPX	6150	1485	17	.84	95	35
83	0	31	MTOR	GUPX	6150	1485	17	.84	95	20
84	0	36	MTOR	GUP)	100	1480	20	.84	95	10
85	0	37	MTOR	GUP(	200	1480	20	.84	95	5
86	0	38	MTOR	GUP(	500	1480	20	.84	95	5
87	0	39	MTOR	GUP)	400	1480	20	.84	95	10
88	0	40	MTOR	GUP)	150	1480	20	.84	95	10
89	0	41	MTOR	GUP(	100	1480	20	.84	95	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.18 ผลลัพธ์การวิเคราะห์การลัดวงจรของตัวอย่างที่ 4

บัส	ระดับแรงดัน	ผลลัพธ์กระแสลัดวงจรสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์			
		สภาวะการทำงานที่ 1		สภาวะการทำงานที่ 2	
		Interrupting current	Momentary current	Interrupting current	Momentary current
	V	KArms	kArms	kArms	kArms
5	6600	28.20	50.88	28.54	50.29
6	6600	27.33	49.93	27.77	49.40
30	6600	26.78	49.25	26.88	48.71
31	6600	26.01	48.37	26.15	47.89
9	380	45.59	-	45.59	-
10	380	45.48	-	45.48	-
34	380	42.31	-	42.31	-
35	380	41.89	-	41.91	-
16	380	46.82	-	46.81	-
17	380	36.35	-	36.33	-
22	380	44.99	-	45.00	-
23	380	43.61	-	43.60	-
11	380	40.11	-	40.09	-
12	380	40.36	-	40.35	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.19 การเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ของตัวอย่างที่ 4

บัส	ระดับแรงดัน	กระแสลัดวงจร		ขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์		
		Interrupt current *	Momentary current *	Rated max. voltage **	Rated interrupting capability (Sym.) **	Closing & latching capability **
	V	kArms	kArms	V	kArms	kArms
5	6600	28.54	50.88	8250	33	66
6	6600	27.77	49.53	8250	33	66
30	6600	26.88	49.25	8250	33	66
31	6600	26.15	48.37	8250	33	66
9	380	45.59	-	508	50	-
10	380	45.48	-	508	50	-
34	380	42.31	-	508	50	-
35	380	41.91	-	508	50	-
16	380	46.82	-	508	50	-
17	380	36.35	-	508	50	-
22	380	45.00	-	508	50	-
23	380	43.61	-	508	50	-
11	380	40.11	-	508	50	-
12	380	40.36	-	508	50	-

<u>หมายเหตุ</u> * เป็นค่าจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม

** เป็นขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน ANSI c37.06-1971 และ ANSI C37.13-1973

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. <u>ตัวอย่างที่ 5</u> เป็นระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมขนอมหน่วยที่ 1 เป็นโรงไฟฟ้าที่อยู่ในโครงการที่จะก่อสร้างต่อไปในอนาคต ที่อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้รับการออกแบบและวางข้อกำหนดในช่วงแรก(Design criteria) โดยบริษัทที่ปรึกษาเรียบร้อยแล้ว เป็นโรงไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังผลิต 180 เอ็มวีเอ (150 เมกกะวัตต์) ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ตัว ขนาด 120 เอ็มวีเอ (100 เมกกะวัตต์) และ 60 เอ็มวีเอ (50 เมกกะวัตต์) ส่งกำลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบกำลังงานไฟฟ้า โดยผ่านหม้อแปลง 230/11/11 กิโลโวลท์ ขนาด 180/120/60 เอ็มวีเอ ระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและหม้อแปลง จะมีเจนเนอร์เรเตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Genertor circuit breaker) เป็นตัวซิงโครไนส์ (Synchronize) และตัดตอนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับระบบส่งกำลังไฟฟ้า อุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตจะได้รับกำลังงานไฟฟ้าส่วนหนึ่งมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ขนาด 120 เอ็มวีเอ) โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า 11/6.6 กิโลโวลท์ ขนาด 6 เอ็มวีเอ และกำลังงานไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งได้มาจากระบบส่งกำลังไฟฟ้า โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า 115/6.6 กิโลโวลท์ ขนาด 6 เอ็มวีเอ ดังแสดงในรูปที่ 5.6 เป็นระบบที่มีขนาด 8 บัส 16 ลายน์

ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้านี้จะเป็นค่าประมาณ ซึ่งบริษัทที่ปรึกษาเป็นผู้ประมาณค่าไว้ ดังแสดงในตารางที่ 5.20

ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ จากโปรแกรม แสดงไว้ในตารางที่ 5.21 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ที่กำหนดให้แรงดันก่อนการลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ มีค่าเป็น 1 เปอร์ยูนิท และ 0 องศา ค่าฟอลท์รีซีสแตนซ์และฟอลท์รีแอคแตนซ์มีค่าเป็น 0 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันสูง มีอินเตอร์รัพติงทาม 5 ไซเกิล และคอนแทกพาร์ทติงทาม 3 ไซเกิล

การเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะมีข้อแตกต่างจากตัวอย่างที่แล้ว ๆ มาเล็กน้อยคือ

1. การเทียบขนาดพิกัดของเจนเนอร์เรเตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 120 เอ็มวีเอ จะใช้ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส 1 กระแสลัดวงจรที่ใช้เทียบหาขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะใช้ค่าที่สูงกว่าระหว่างค่ากระแสลัดวงจร

ที่ไหลมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และกระแสลัดวงจรที่ไหลมาจากหม้อแปลงไฟฟ้า ด้วยเหตุผลที่ว่า กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านเจนเนอร์เรเตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะไม่ใช่กระแสลัดวงจรที่บัส 1 (ซึ่งเทียบได้กับการลัดวงจรที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือที่ขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้า) แต่จะเป็นกระแสลัดวงจรที่ไหลมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือหม้อแปลงไฟฟ้า ขึ้นกับว่าจะพิจารณาว่าการลัดวงจรที่บัส 1 คือการลัดวงจรที่ด้านขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนั้นการเทียบขนาดพิกัดของเจนเนอร์เรเตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ จึงใช้ค่ากระแสลัดวงจรค่าที่สูงกว่าระหว่างกระแสลัดวงจรทั้งสองดังที่กล่าวมาแล้ว

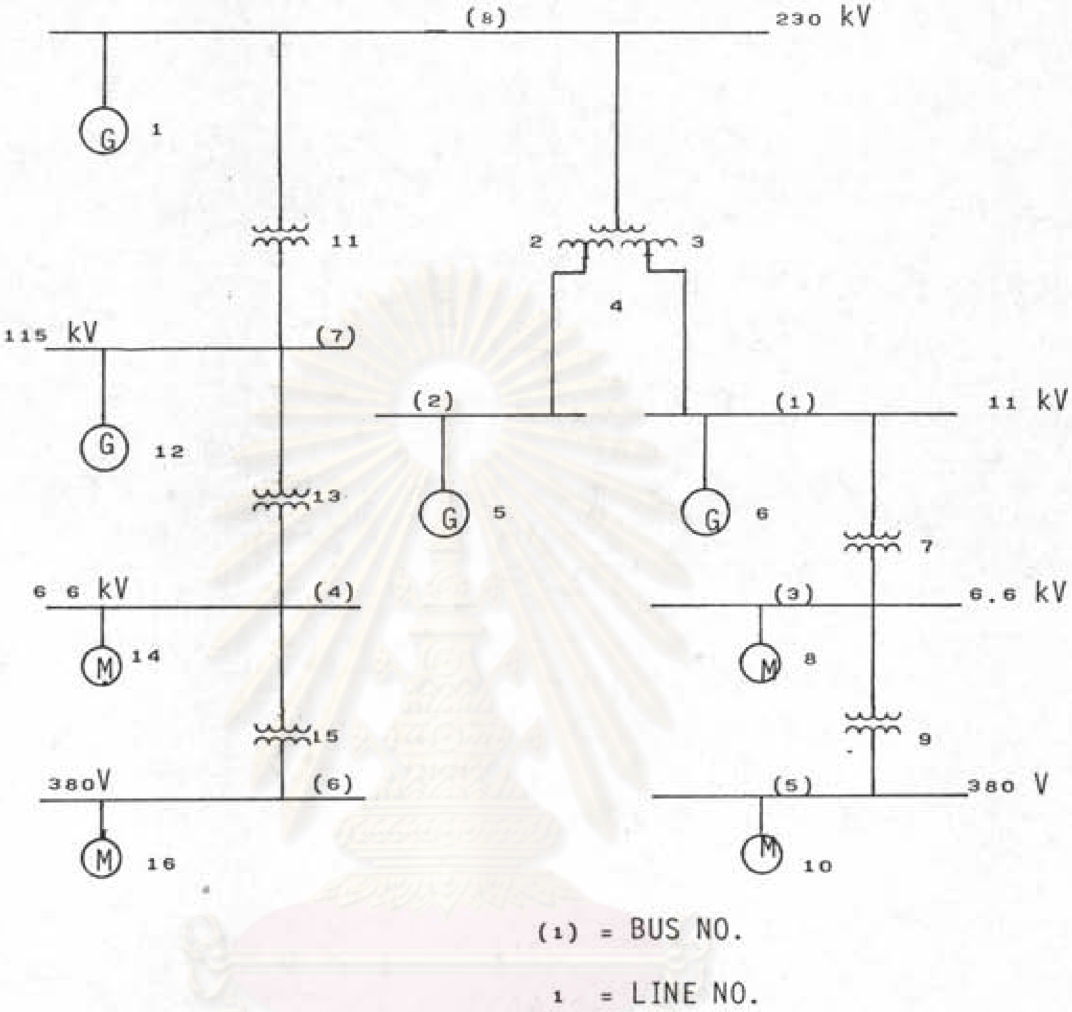
2. การเทียบขนาดพิกัดของเจนเนอร์เรเตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 60 เอ็มวีเอ จะใช้ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส 2 ค่าที่ใช้เทียบหาขนาดพิกัดจะใช้ค่าที่สูงกว่า ระหว่างกระแสลัดวงจรที่ไหลมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (60 เอ็มวีเอ) หรือกระแสลัดวงจรที่ไหลมาจากทางด้านหม้อแปลงไฟฟ้า ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับข้อ 1

3. การเทียบขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่บัสอื่น ๆ จะเป็นขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ของสวิชเกียร์ระดับแรงดันต่าง ๆ ซึ่งเทียบจากค่ากระแสลัดวงจรที่บัส เช่นเดียวกับตัวอย่างที่แล้ว ๆ มา

การเทียบหาขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์แสดงในตารางที่ 5.22 ในการเทียบใช้ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรจากตารางที่ 5.21 เทียบกับขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน ANSI ตามตารางที่ 5.5 และ 5.6

ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรจากโปรแกรม ได้ค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาได้ทำไว้ และเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ตรงกับที่บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาได้กำหนดไว้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.6 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 5 (ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมขนอม หน่วยที่ 1)

ตารางที่ 5.20 ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวอย่างที่ 5

SYSTEM DATA

LINE	BUS NUMBERS						CIRCUIT ELEMENTS			
	LOWER	HIGHER	EQUIPMENT	TYPE	MVA,kW,L	kV,RPM	X''d,X	X'd,PF,R	Eff	X/R,L/P
1	0	8	GENT	TURB	1000	-	9.81	17	-	5
2	2	8	XFMR	TRWD	100	-	21.7	-	-	35
3	1	8	XFMR	TRWD	100	-	10.8	-	-	35
4	1	2	XFMR	TRWD	100	-	16.3	-	-	35
5	0	2	GENT	TURB	60	-	10.3	17	-	34
6	0	1	GENT	TURB	120	-	10.3	18	-	41
7	1	3	XFMR	TWWD	8	-	7	-	-	10
8	0	3	MTOR	GUP)	5200	3000	20	.84	95	15
9	3	5	XFMR	TWWD	1.5	-	6.25	-	-	6
10	0	5	MTOR	GUP)	1200	1500	20	.84	95	10
11	7	8	XFMR	TWWD	100	-	12	-	-	32
12	0	7	GENT	TURB	500	-	9.81	15	-	5
13	4	7	XFMR	TWWD	8	-	7	-	-	10
14	0	4	MTOR	GUP)	5200	1500	20	.84	95	15
15	4	6	XFMR	TWWD	1.5	-	6.25	-	-	6
16	0	6	MTOR	GUP)	1200	1500	20	.84	95	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.21 ผลลัพธ์การวิเคราะห์การลัดวงจรของตัวอย่างที่ 5

บัส	ระดับแรงดัน	กระแสลัดวงจร (SHORT CIRCUIT CURRENT)		กระแสลัดวงจรที่ไหลในส่วนต่าง ๆ ของวงจร (SHORT CIRCUIT CURRENT CONTRIBUTION)		
		Interrupting current	Momentary current	From bus to bus	Interrupting	Momentary
	kV	kArms	kArms		kArms	kArms
1	11	127.54	186.65	0 - 1	67.25	97.83
				1 - 8		
				1 - 2	60.9	88.60
				1 - 3		
2	11	65.09	94.08	0 - 2	33.83	48.901
				2 - 8		
				1 - 2	32.68	47.239
3	6.6	10.60	19.62	-	-	-
4	6.6	10.90	20.09	-	-	-
5	.38	42.46	-	-	-	-
6	.38	43.04	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.22 การเทียบขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ของตัวอย่างที่ 5

บัส	ระดับแรงดัน	กระแสลัดวงจร		ขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์		
		Interrupting current *	Momentary current *	Rated max. voltage *	Rated interrupting capability **	Closing & latching capability **
	V	kArms	kArms	V	kArms	kArms
1	11000	67.25	97.83	15000	100	212
2	11000	33.83	48.901	15000	63	135
3	6600	10.60	19.92	8250	17	49
4	6600	10.90	20.09	8250	17	49
5	380	42.96	-	508	50	-
6	380	43.04	-	508	50	-

<u>หมายเหตุ</u> * เป็นค่าจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม

** เป็นขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน ANSI C37.06-1971 และ ANSI C37.13-1973

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>เวลาที่ใช้ในการคำนวณ</u> ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่เสียเวลามากที่สุด คือ ขั้นตอนในการสร้างบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการคือ ขนาดของระบบไฟฟ้า (จำนวนบัส, ลายน์) จุดประสงค์ในการคำนวณ (สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์, ฟิวส์, รีเลย์ถ่วงเวลา หรือทั้งหมด) ความเร็วของไมโครคอมพิวเตอร์ และชนิดของดิสค์ที่ใช้ เวลาที่ใช้ในการสร้างบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์ของตัวอย่างทั้ง 5 เมื่อทำการวิเคราะห์การลัดวงจรบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม รุ่น AT โดยใช้ฮาร์ดดิสค์เป็นที่เก็บไฟล์ข้อมูล และไฟล์บัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์ แสดงในตารางที่ 5.23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.23 เวลาที่ใช้ในการสร้างบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์

ระบบไฟฟ้า	เวลาที่ใช้ในการสร้างบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์สำหรับ			
	เซอร์กิตเบรกเกอร์ นาที: วินาที	ฟิวส์ นาที: วินาที	รีเลย์ถ่วงเวลา นาที: วินาที	ทั้งหมด นาที: วินาที
1. ตัวอย่างระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมจาก "IEEE Std 141-1976" (19 บัส 46 ลายน์)	00:52	00:17	00:03	00:55
2. ตัวอย่างระบบไฟฟ้าจากหนังสือ "Computer Methods in Power System Analysis" (4 บัส 5 ลายน์)	00:03	00:01	00:01	00:04
3. ระบบไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะหน่วยที่ 7 (34 บัส 73 ลายน์)	03:15	01:20	00:04	03:20
4. ระบบไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะหน่วยที่ 8 (41 บัส 89 ลายน์)	09:54	04:29	00:06	10:00
5. ระบบไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมขนอม หน่วยที่ 1 (8 บัส 16 ลายน์)	00:11	00:03	00:02	00:15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย