บทที่ 5

การใช้โปรแกรมและตัวอย่างการวิเคราะห์

5.1 การจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ต้องเตรียมเพื่อใช้ในโปรแกรมการวิเคราะห์นิวตันราฟสันโหลดโฟลว์ โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย สามารถแบ่งเป็นส่วนใหญ่ ๆ 3 ส่วน ดังนี้

5.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลังและข้อมูลสำหรับควบคุมการทำงานและแสดงผลของโปรแกรม

สัญญลักษณ์	ความหมาย	ฟอร์แมท
NSUB	จำนวนระบบย่อยในระบบไฟฟ้ากำลัง	I5
NBUS	จำนวนบัสในระบบไฟฟ้ากำลัง	I5
NLINE	จำนวนสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง	I5
KMAX	จำนวนรอบสูงสุดที่กำหนดในการอิเทอเรตีฟ	I5
BASMVA	ค่ากำลังไฟฟ้าเบสของระบบไฟฟ้ากำลัง	F 10.5
ALPHA	ค่าตัวเร่ง	F 10.5
EPSLON	ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้	F 10.5
OPTION (1)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลข้อมูลเกี่ยวกับบัส	I1
OPTION (2)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลข้อมูลเกี่ยวกับสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า	I1
OPTION (3)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลของการแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังเป็นระบบย่อย	I1
OPTION (4)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลข้อมูลของคัทลายน์	I1
OPTION (5)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลข้อมูลของสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้าในแต่ละระบบย่อย	I1

สัญญลักษณ์	ความหมาย	ฟอร์แมท
OPTION (6)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลของ Z_1	I1
OPTION (7)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลของ Z_2	I1
OPTION (8)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลของ Z_4	I1
OPTION (9)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลของ Y_{BUS}	I1
OPTION (10)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลของแรงดันบัสและกำลังผลิตที่แต่ละบัส	I1
OPTION (11)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า	I1
OPTION (12)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะแสดงผลของค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ	I1
OPTION (13)	ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์ โปรแกรมจะวิเคราะห์นิวตันราฟสันโหลดโฟลว์ในแต่ละระบบย่อยด้วยวิธีธรรมดา แต่ถ้ามีค่าเท่ากับศูนย์โปรแกรมจะวิเคราะห์ด้วยวิธีฟาสตีคัปเปิล (Fast Decouple)	I1
OPTION (14) และ OPTION (15)	ไม่ได้ใช้งานแต่เหลือไว้สำหรับแก้ไขการแสดงผลในอนาคต	I1

5.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับบัส

สัญญลักษณ์	ความหมาย	ฟอร์แมท
BUS	หมายเลขประจำบัส	I5
BUSTYP	ชนิดของบัส	I5
VOLT	ขนาดของแรงดันบัสที่กำหนดให้สำหรับบัสชนิดที่ 2 และ 3 และเป็นค่าสมมุติตอนเริ่มต้นสำหรับบัสชนิดที่ 1	F 7.3
GEN	กำลังผลิตที่แต่ละบัส	2F 7.3
LOAD	โหลดที่แต่ละบัส	2F 7.3
QMAX	ขนาดกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟสูงสุดที่บัส	F 7.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์	ความหมาย	ฟอร์แมท
QMIN	ขนาดกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟต่ำสุดที่บัส	F 7.3
QSTATC	ขนาดของชั้นท์คาปาซิเตอร์ หรือชั้นท์ รีแอคเตอร์ที่ต่อกับบัส ถ้าเป็นชั้นท์ รีแอคเตอร์ค่า QSTATC จะเป็นลบ	F 7.3
BASEKV	ค่าแรงดันเบสที่แต่ละบัส	F 7.3

5.1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า

สัญญลักษณ์	ความหมาย	ฟอร์แมท
LINE	หมายเลขประจำสายส่งหรือหม้อแปลงไฟฟ้า	I5
BUSP	หมายเลขประจำบัสที่สายส่งหรือหม้อแปลงไฟฟ้าต่ออยู่	I5
BUSQ	หมายเลขประจำบัสที่สายส่งหรือหม้อแปลงไฟฟ้าต่ออยู่อีกบัสหนึ่ง	I5
ZS	ค่าอิมพิแดนซ์ของสายส่งหรือหม้อแปลงไฟฟ้า	2 F10.5
YLC	ค่าลายน์ชาร์จชิ่งของสายส่ง	F 10.5
T	ค่าอัตราส่วนจำนวนรอบสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า สำหรับสายส่งค่านี้จะเท่ากับศูนย์	F 10.5

ข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บในแผ่นดิสค์ โดยจะถูกเก็บในแฟ้มข้อมูล (Data File) ซึ่งแฟ้มข้อมูลที่ได้เตรียมไว้สำหรับโปรแกรมนี้ มีทั้งหมด 4 แฟ้ม คือ

1. PROB1 : เก็บข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง 6 บัสของมาตรฐาน IEEE
2. PROB2 : เก็บข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง 14 บัสของมาตรฐาน IEEE
3. PROB3 : เก็บข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลังส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
4. PROB4 : แฟ้มเปล่าซึ่งเตรียมไว้ใช้วิเคราะห์ระบบไฟฟ้าอื่น ๆ

การแก้ไขข้อมูลเหล่านี้จะใช้คำสั่ง

ED/KED B : (File Name) . DAT RET

ตัวอย่างหากต้องการแก้ไขข้อมูลของ PROB1 ที่ใช้คำสั่งดังนี้

ED/KED B : PROB1 . DAT RET

หลังจากนั้น โปรแกรมจะเปิดแฟ้มข้อมูล PROB1 ให้แก้ไขตามต้องการ

5.2 <u>การใช้โปรแกรม</u>

เมื่อต้องการใช้โปรแกรมนี้วิเคราะห์ฯ ก็ทำได้โดยใช้คำสั่ง

RUN B : NRLF RET

หลังจากนั้นโปรแกรมจะแสดงข้อความเพื่อให้ผู้ใช้เลือกระบบไฟฟ้ากำลังที่จะวิเคราะห์ ดังนี้

SELECT THE POWER SYSTEM WHICH YOU WANT TO STUDY

1 = PROBLEM 1

2 = PROBLEM 2

3 = PROBLEM 3

4 = PROBLEM 4

THE PROBLEM WHICH YOU WANT TO STUDY IS □

ผู้ใช้จะต้องป้อนหมายประจำระบบที่จะวิเคราะห์เข้าไป ต่อจากนั้นโปรแกรมจะอ่านข้อมูลทั้งหมดของระบบจากแฟ้มข้อมูล แล้วแบ่งระบบทั้งหมดออกเป็นระบบย่อย หลังจากนั้นก็จะแสดงข้อความถามถึงความต้องการจะเปลี่ยนแปลงการแบ่งระบบหรือไม่ ดังนี้

DO YOU WANT TO CHANGE THE BUS ALLOCATION ? (Y OR N) □

ถ้าไม่ต้องการแบ่งระบบใหม่ ให้ป้อน N เข้าไป

ถ้าต้องการแบ่งระบบใหม่ ให้ป้อน Y เข้าไป เสร็จแล้วโปรแกรมจะแสดงข้อความให้แบ่งระบบใหม่ ดังนี้

BUS 1 IS IN SUBDIVISION ☐

ผู้ใช้ต้องป้อน หมายเลขระบบย่อยเข้าไป ต่อจากนั้นโปรแกรมจะแสดงข้อความเพื่อให้ป้อนหมายเลขระบบย่อยจนครบทุกบัส

ก่อนที่โปรแกรมจะเริ่มต้นวิเคราะห์โหลดโฟลว์ในแต่ละระบบย่อย โปรแกรมจะแสดงข้อความถามว่าต้องการเปลี่ยนตัวเร่งหรือไม่ ดังนี้

DO YOU WANT TO CHANGE ACC.FACTOR ? (Y OR N) ☐

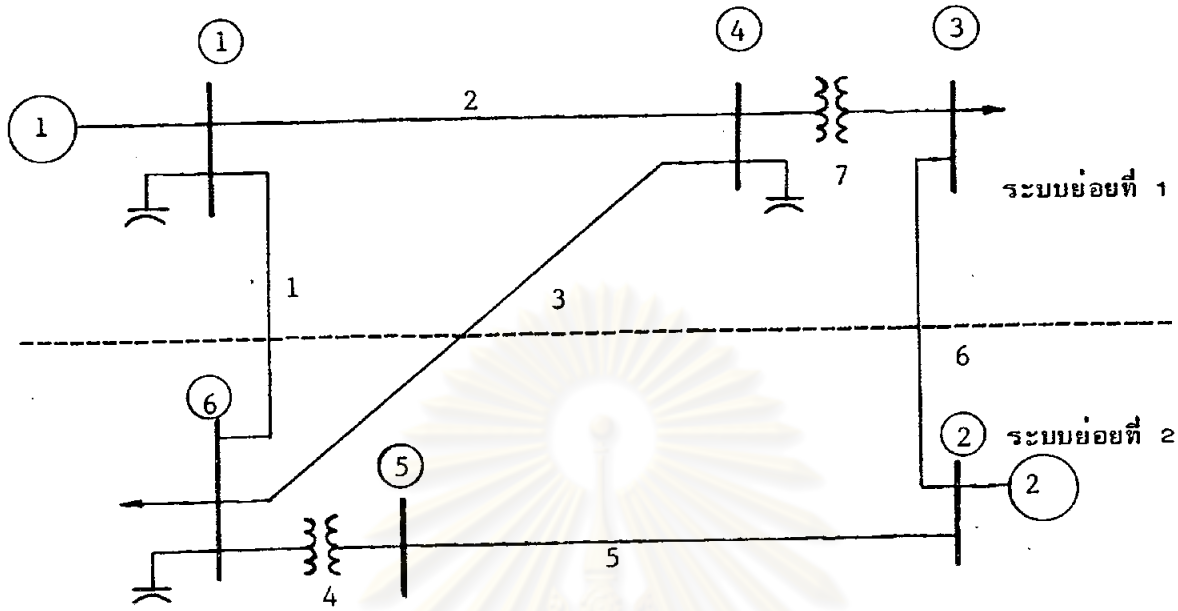
ถ้าไม่ต้องการเปลี่ยนตัวเร่ง ให้ป้อน N เข้าไป
ถ้าต้องการ ให้ป้อน Y เข้าไป แล้วโปรแกรมจะแสดงข้อความเพื่อให้ป้อนตัวเร่ง ดังนี้

THE ACCELERATING FACTOR IS ☐

ผู้ใช้ต้องป้อนค่าของตัวเร่งเข้าไป ต่อจากนั้นโปรแกรมจะเริ่มต้นวิเคราะห์นิวตันราฟสันโหลดโฟลว์โดยวิธีไดอาคอปติกตามที่ต้องการ

5.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์

ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์โหลดโฟลว์นี้ เป็นตัวอย่างของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กตามมาตรฐาน IEEE ซึ่งมี 6 บัส สายส่ง 5 เส้น และหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 5.1 บัสที่ 1 และบัสที่ 2 เป็นบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ บัสที่ 1 เป็นสแล็คบัส การวิเคราะห์นี้ได้แบ่งระบบออกเป็น 2 ระบบย่อย โดยบัสที่ 1,3,4 อยู่ในระบบย่อยที่ 1 และบัสที่ 2,5,6 อยู่ในระบบย่อยที่ 2 โดยมีสายส่งเส้นที่ 1,3,6 เป็นคัทลายน์ การเลือกตัวอย่างนี้มาวิเคราะห์ก็เพื่อให้ง่ายต่อการติดตามการคำนวณของโปรแกรม และสามารถตรวจสอบผลลัพธ์ได้



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลังที่นำมาวิเคราะห์โหลดโฟลว์

ผลของการวิเคราะห์มีดังนี้ คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PIECEWISE LOADFLOW SOLUTION BASED ON NEWTON-RAPHSON METHOD

THE GENERAL DATA OF THE POWER SYSTEM

THE NUMBER OF BUSES = 6
THE NUMBER OF LINES = 7
THE BASE POWER =100.00MVA

THE BUS DATA OF THE POWER SYSTEM

BUS	BUS TYPE	VOLT (PU)	GENERATION MW	GENERATION MVAR	LOAD MW	LOAD MVAR	MVAR LIMIT MAX	MVAR LIMIT MIN	SHUNT CAPACITOR
1	3	1.050	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2	1.100	25.00	0.00	0.00	0.00	500.00	-500.00	0.00
3	1	1.000	0.00	0.00	27.50	6.50	0.00	0.00	0.00
4	1	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	1.000	0.00	0.00	15.00	9.00	0.00	0.00	0.00
6	1	1.000	0.00	0.00	25.00	2.50	0.00	0.00	0.00

NOTE ---- BUS NUMBER 1 = LOAD BUS
BUS NUMBER 2 = VOLTAGE CONTROLLED BUS
BUS NUMBER 3 = SLACK BUS

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลทั่วไปของระบบไฟฟ้ากำลัง และข้อมูลเกี่ยวกับบัส

THE LINE DATA OF THE POWER SYSTEM

LINE NO.	BUS P	BUS Q	IMPEDANCE R	IMPEDANCE X	LINE CHARGING	TRANSF. RATIO
1	1	4	0.1600	0.7400	0.0140	1.000
2	1	6	0.2460	1.0360	0.0198	1.000
3	2	3	1.4460	2.1000	0.0000	1.000
4	5	2	0.5640	1.2800	0.0000	1.000
5	4	3	0.0000	0.2660	0.0000	0.909
6	4	6	0.1940	0.8140	0.0152	1.000
7	6	5	0.0000	0.6000	0.0000	0.976

THE BUS ALLOCATION OF THE POWER SYSTEM

BUS NUMBER	SUBDIVISION NUMBER
1	1
2	2
3	1
4	1
5	2
6	2

LIST OF TIE LINES

TIE LINE NUMBER	BUS P	BUS Q
1	1	6
2	2	3
3	4	6

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลของสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า และตารางการแบ่งระบบออกเป็นระบบย่อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Z1 MATRIX FOR SUBDIVISION 1

	BUS 3		BUS 4		BUS 1	
BUS 3	0.0564	-37.8951J	0.0513	-34.6885J	-0.0443	-35.1277J
BUS 4	0.0513	-34.6885J	0.0466	-31.5318J	-0.0403	-31.9310J
BUS 1	-0.0443	-35.1277J	-0.0403	-31.9311J	0.0348	-31.5862J

Z1 MATRIX FOR SUBDIVISION 2

	BUS 5		BUS 6		BUS 2	
BUS 5	0.0000	-59.3877J	0.0000	-58.5480J	0.0000	-59.3877J
BUS 6	0.0000	-58.5480J	0.0000	-57.1428J	0.0000	-58.5480J
BUS 2	0.0000	-59.3877J	0.0000	-58.5480J	0.5640	-58.1077J

Z2 MATRIX FOR SUBDIVISION 1

TIE LINE	1- 6		2- 3		4- 6	
BUS 3	-0.0443	-35.1277J	0.0564	-37.8951J	0.0513	-34.6885J
BUS 4	-0.0403	-31.9310J	0.0513	-34.6885J	0.0466	-31.5318J
BUS 1	0.0348	-31.5862J	-0.0443	-35.1277J	-0.0403	-31.9311J

Z2 MATRIX FOR SUBDIVISION 2

TIE LINE	1- 6		2- 3		4- 6	
BUS 5	0.0000	58.5480J	0.0000	59.3877J	0.0000	58.5480J
BUS 6	0.0000	57.1428J	0.0000	58.5480J	0.0000	57.1428J
BUS 2	0.0000	58.5480J	-0.5640	58.1077J	0.0000	58.5480J

Z4 MATRIX

TIE LINE	1- 6		2- 3		4- 6	
1- 6	0.2808	-87.6930J	-0.0443	-93.6757J	-0.0403	-89.0739J
2- 3	-0.0443	-93.6757J	2.0664	-93.9029J	0.0513	-93.2365J
4- 6	-0.0403	-89.0739J	0.0513	-93.2365J	0.2406	-87.8607J

YBUS MATRIX FOR SUBDIVISION 1

	BUS 3		BUS 4		BUS 1	
BUS 3	0.0000	-3.7594J	0.0000	4.1358J	0.0000	0.0000J
BUS 4	0.0000	4.1358J	0.2791	-5.8262J	-0.2791	1.2910J
BUS 1	0.0000	0.0000J	-0.2791	1.2910J	0.2791	-1.2741J

YBUS MATRIX FOR SUBDIVISION 2

	BUS 5		BUS 6		BUS 2	
BUS 5	0.2883	-2.3209J	0.0000	1.7077J	-0.2883	0.6542J
BUS 6	0.0000	1.7077J	0.0000	-1.7321J	0.0000	0.0000J
BUS 2	-0.2883	0.6542J	0.0000	0.0000J	0.2883	-0.6542J

ตารางที่ 5.3 แสดง Z_1, Z_2, Z_4, Y_{BUS}

BUS VOLTAGES AND POWER GENERATIONS

BUS NO.	BUS TYPE	BUS VOLTAGE PU	BUS VOLTAGE KV	BUS VOLTAGE DEG	GENERATION MW	GENERATION MVAR	LOAD MW	LOAD MVAR	QSTATICS MVAR
1	3	1.0500	241.50	0.00	47.65	21.71	0.00	0.00	0.00
2	2	1.1000	126.50	-3.36	25.00	9.26	0.00	0.00	0.00
3	1	1.0011	115.13	-12.79	0.00	0.00	27.50	6.50	0.00
4	1	0.9300	213.90	-9.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	0.9191	105.70	-12.35	0.00	0.00	15.00	9.00	0.00
6	1	0.9192	211.42	-12.25	0.00	0.00	25.00	2.50	0.00

LINE FLOWS

LINE NO.	BETWEEN BUS P	BETWEEN BUS Q	FLOW FROM BUS P MW	FLOW FROM BUS P MVAR	FLOW TO BUS Q MW	FLOW TO BUS Q MVAR	POWER LOSS MW	POWER LOSS MVAR	CHARGING MVAR
1	1	4	25.47	12.69	-24.27	-8.49	1.20	5.57	1.38
2	1	6	22.17	9.02	-20.85	-5.37	1.33	5.58	1.93
3	2	3	8.58	-0.02	-7.70	1.29	0.88	1.28	0.00
4	5	2	-14.76	-5.51	16.42	9.28	1.66	3.76	0.00
5	4	3	19.79	8.98	-19.79	-7.78	-0.00	1.20	0.00
6	4	6	4.47	-0.40	-4.43	-0.71	0.05	0.19	1.30
7	6	5	0.23	3.56	-0.23	-3.47	-0.00	0.09	0.00

ตารางที่ 5.4 แสดงผลลัพธ์ที่บัส และกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง