

รายการอ้างอิง

1. จรรยา บุญยุบล . การวางแผนและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง .
คณะวิศวกรรมศาสตร์ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2534.
2. ศิริทัต กลั่นความดี . การวางแผนขยายระบบส่งไฟฟ้า . กองฝึกอบรมปฏิบัติการ
ฝ่ายฝึกอบรม , การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย , 2532.
3. Billinton,R. , and Allan,R.N. Reliability evaluation of power system . London :
Pitman Advanced Publishing Program , 1984.
4. Endrenyi,J. , Albrecht,P.F. , Billinton,R. , Marks,G.E. , Reppen,N.D. , and
Salvaderi,L. Bulk power system reliability assessment - why and
how? part I: why? . IEEE Transactions on power apparatus and
systems 101. (September 1982) : 3439-3445.
5. IEEE working group on measurement and indices . Bulk system reliability-
measurement and indices . IEEE Transactions on power systems 4 .
(August 1989) : 829-835.
6. Endrenyi,J. , Albrecht,P.F. , Billinton,R. , Marks,G.E. , Reppen,N.D. , and
Salvaderi,L. Bulk power system reliability assessment - why and
how? part II: how? . IEEE Transactions on power apparatus and
systems 101. (September 1982) : 3446-3456.
7. Billinton,R. , Medicherla,T.K.P. Overall approach to the reliability
evaluation of composite generation and transmission system .
IEE Proc. 127 . (March 1980) : 72-81.

8. Task force on bulk power system reliability . Bulk power system reliability concepts and application . IEEE Transactions on power systems 3 . (February 1988) : 109-117.
9. Neppen,N.D. Bulk power system reliability evaluation . New York : Power Technologies,INC. , 1994.
10. Salvaderi,L. , and Billinton,R. A Comparison between two fundamentally different approaches to composite system reliability evaluation . IEEE Transactions on power apparatus and systems 104 . (December 1985) : 3486-3492.
11. Endrenyi,J. Reliability modelling in electric power system . New York : John Wiley , 1978.
12. Task force on common node outages of bulk power supply facilities of the application of probability methods subcommittee of power system engineering committee . Common mode forced outage of overhead transmission lines . IEEE Transactions on power apparatus and systems 95 . (1976) : 859-863.
13. Stevenson,W.D. Elements of power system analysis . New York : McGraw-Hill , 1982.
14. Stagg,G.W. , and El-Abiad,A.H. Computer methods in power system analysis . New York : McGraw-Hill , 1968.
15. Stott,B. , and Alsac,O. Fast decoupled load flow . IEEE Transactions on power apparatus and systems 93 . (May/June 1974) : 859-869.
16. Wood,A.J. , and Wollenberg,B.F. Power generation , operation , and control . New York : John Wiley , 1984.

17. Medicherla, T.K.P. , Billinton, R. , and Sachdev, M.S. Generation rescheduling and load shedding to alleviate line overloads-analysis .
IEEE Transactions on power apparatus and systems 98 .
(November/December 1979) : 1876-1884.
18. _____ , Billinton, R. , and Sachdev, M.S. Generation rescheduling and load shedding to alleviate line overloads-system studies . IEEE Transactions on power apparatus and systems 100 . (January 1981) : 36-42.
19. Deutsch, R. System analysis techniques . New Jersey : Prentice-Hall Inc , 1969.
20. Billinton, R. , and others . A reliability test system for educational purposes -basic data . IEEE Transactions on power systems 4 .
(August 1989) : 1238-1244.
21. _____ , and others . A reliability test system for educational purposes -basic results . IEEE Transactions on power systems 5 .
(February 1990) : 319-325.
22. _____ , and Wenyuan, L. Hybrid approach for reliability evaluation of composite generation and transmission system using monte-carlo simulation and enumeration technique . IEE Proc. 138 .
(May 1991) : 233-241.
23. Lawrence, D.J. , and Reppen, N.D. Typical outage statistics for transmission line and station equipment . New York : Power Technologies, INC. , 1990.

ภาคผนวก ก

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ *COMRE*

โปรแกรม *COMRE* ได้ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาซี โดยใช้โปรแกรมคอมไพเลอร์เทอร์โบซี เวอร์ชัน 2.0 (Turbo C Version 2.0) ของบริษัท บอร์แลนด์ โปรแกรม *COMRE* จะประกอบไปด้วยฟังก์ชันต่างๆซึ่งเก็บอยู่ในไฟล์จำนวน 18 ไฟล์ แบ่งออกเป็นไฟล์ฟังก์ชัน 9 ไฟล์ และไฟล์หัวข้อ (Header File) อีก 9 ไฟล์

คุณลักษณะทั่วไปของโปรแกรม *COMRE*

1. เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาซี โดยใช้คอมไพเลอร์เทอร์โบซี เวอร์ชัน 2.0 เมื่อทำการคอมไพล์และลิงค์โปรแกรมเรียบร้อยแล้ว จะได้ไฟล์โปรแกรม *COMRE.EXE*
2. สามารถใช้ได้กับไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิต, 32 บิต ของไอบีเอ็ม (*IBM*) หรือเครื่องเทียบเท่า (*IBM Compatible*) ภายใต้ระบบปฏิบัติการดอส (*DOS*)
3. สามารถอ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้าได้โดยการป้อนข้อมูลทางแป้นพิมพ์ หรืออ่านข้อมูลจากไฟล์ข้อมูลซึ่งถูกบันทึกอยู่ในแผ่นดิสก์ (*Diskette*) และสามารถบันทึกข้อมูลของระบบไฟฟ้าไว้ในแผ่นดิสก์เพื่อนำมาใช้งานได้ใหม่ในภายหลัง
4. การจองหน่วยความจำของตัวแปร จะใช้วิธีจองแบบพลวัต (*Dynamic Allocation*) ทำให้ขนาดของระบบไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ จะขึ้นอยู่กับหน่วยความจำของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้

5.โปรแกรม *COMRE* จะพิจารณาเลือกเหตุขัดข้องเพื่อทดสอบบางเหตุขัดข้องเท่านั้น โดยจะพิจารณาการขัดข้องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจนถึงอันดับที่ 3 , พิจารณาการขัดข้องของสายส่งจนถึงอันดับที่ 2 ส่วนการขัดข้องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวมกับสายส่ง จะพิจารณาจนถึงอันดับที่ 3 โดยที่ในแต่ละเหตุขัดข้องที่พิจารณานั้น จะมีการขัดข้องของสายส่งได้ไม่เกิน 2 สายส่ง นอกจากนี้จะไม่พิจารณาเหตุขัดข้องที่มีความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นต่ำกว่า 10^{-8} หรือเหตุขัดข้องที่มีความถี่ของการเกิดขึ้นต่ำกว่า 10^{-6}

6.โปรแกรม *COMRE* จะใช้วิธีวิเคราะห์โหลดโพลว์แบบฟาสต์ดีคัปเปิล (Fast Decoupled Load Flow) ในการทดสอบเหตุขัดข้อง สำหรับเหตุขัดข้องที่การวิเคราะห์โหลดโพลว์แบบฟาสต์ดีคัปเปิลไม่สามารถหาคำตอบได้ จะเปลี่ยนมาใช้ในการวิเคราะห์โหลดโพลว์แบบดี.ซี. (D.C. Load Flow) แทน

7.โปรแกรม *COMRE* จะใช้วิธีการจัดสรรกำลังผลิตใหม่และการตัดโหลด (Generation Rescheduling and Load Shedding) เพื่อรองรับปัญหาสายส่งมีโหลดเกิน ก่อนที่จะทำการสะสมค่าดัชนีต่อไป

8. ค่าดัชนีความเชื่อถือได้จะประกอบไปด้วยค่าดัชนีบัส (Bus Indices) และค่าดัชนีระบบ (System Indices) ดังนี้

ค่าดัชนีบัส

- Probability of Failure (Q_K)
- Expected Frequency of Failure (F_K)
- Expected Number of Voltage Violation ($ENVV$)
- Expected Number of Load Curtailments ($ENLC$)
- Expected Load Curtailed (ELC)
- Expected Energy not Supplied ($EENS$)
- Expected Duration of Load Curtailment ($EDLC$)

- Maximum Load Curtailed (*MLC*)
- Maximum Energy Curtailed (*MEC*)
- Maximum Duration of Load Curtailment (*MDLC*)
- Average Load Curtailed (*ALC*)
- Average Energy not Supplied (*AENS*)
- Average Duration of Load Curtailment (*ADLC*)

ค่าดัชนีระบบ

- Bulk Power Interruption Index (*BPII*)
- Bulk Power Supply Average MW Curtailment/Disturbance (*BPAC*)
- Bulk Power Energy Curtailment Index (*BPECI*)
- Modified Bulk Power Energy Curtailment Index (*MPECI*)
- Severity Index (*SI*)

ไฟล์ของโปรแกรม *COMRE*

โปรแกรม *COMRE* ประกอบไปด้วยฟังก์ชันต่างๆ โดยเก็บอยู่ในไฟล์จำนวน 18 ไฟล์ซึ่งแบ่งออกเป็นไฟล์ฟังก์ชัน 9 ไฟล์ และไฟล์หัวข้อ (Header File) อีก 9 ไฟล์ แต่ละไฟล์จะมีรายละเอียดดังนี้

1. *COMRE.C* เป็นไฟล์โปรแกรมหลักซึ่งจะทำหน้าที่เรียกใช้ฟังก์ชันในไฟล์อื่นๆให้ทำงานตามลำดับ

2. *DEF.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บข้อกำหนดและนิยามของประเภทข้อมูลต่างๆ

3. *INDEX.C* เป็นไฟล์ที่เก็บฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการคำนวณและแสดงผลค่าดัชนีที่คำนวณได้ ประกอบไปด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

- <i>comid</i> ()	ทำหน้าที่คำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของบัส
- <i>comid2</i> ()	ทำหน้าที่คำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของบัส ในกรณีที่เกิดการแยกตัวออกของบัส (Bus Isolation)
- <i>initbindex</i> ()	ทำหน้าที่ตั้งค่าดัชนีบัสของแต่ละบัสให้มีค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์
- <i>initmindex</i> ()	ทำหน้าที่ตั้งค่าดัชนีบัสสูงสุดของแต่ละบัสให้มีค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์
- <i>busindex</i> ()	ทำหน้าที่แสดงค่าดัชนีบัสของแต่ละบัสออกทางจอภาพ
- <i>mlcindex</i> ()	ทำหน้าที่แสดงค่าดัชนี <i>MLC</i> ของแต่ละบัสออกทางจอภาพ
- <i>mecindex</i> ()	ทำหน้าที่แสดงค่าดัชนี <i>MEL</i> ของแต่ละบัสออกทางจอภาพ
- <i>mdlcindex</i> ()	ทำหน้าที่แสดงค่าดัชนี <i>MDLC</i> ของแต่ละบัสออกทางจอภาพ
- <i>avgindex</i> ()	ทำหน้าที่แสดงค่าดัชนีเฉลี่ยของแต่ละบัสออกทางจอภาพ
- <i>sysindex</i> ()	ทำหน้าที่แสดงค่าดัชนีระบบออกทางจอภาพ

4. *INDEX.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บการประกาศของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในไฟล์ *INDEX.C*

5. *TEST.C* เป็นไฟล์ที่เก็บฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่ทดสอบระบบเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง ประกอบไปด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

- <i>test</i> ()	ทำหน้าที่หลักในการทดสอบเหตุขัดข้องต่าง ๆ ที่เลือกขึ้นมาทดสอบ
- <i>findnewgout</i> ()	ทำหน้าที่หาหมายเลขของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ขัดข้อง
- <i>modgbus</i> ()	ทำหน้าที่ปรับปรุงข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเนื่องจากมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางเครื่องขัดข้อง
- <i>remodgbus</i> ()	ทำหน้าที่ปรับปรุงข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลับคืนเดิม

<i>-findnewline()</i>	ทำหน้าที่ปรับปรุงข้อมูลของสายส่งเนื่องจากมีสายส่งบางสายส่งขาดข้อง
<i>-findnlost()</i>	ทำหน้าที่หาจำนวนสายส่งที่ขาดข้อง
<i>-testiso()</i>	ทำหน้าที่ตรวจสอบการแยกตัวของบัส (Bus Isolation)
<i>-moddata()</i>	ทำหน้าที่ปรับปรุงข้อมูลต่างๆของระบบไฟฟ้าในกรณีที่เกิดการแยกตัวของบัส (Bus Isolation)
<i>-testisland()</i>	ทำหน้าที่ตรวจสอบการแยกของระบบ (Network Islanding) หรือไม่
<i>-runisland()</i>	ทำหน้าที่ทดสอบระบบย่อยซึ่งเกิดจากการแยกของระบบ (Network Islanding)

6. *TEST.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บการประกาศของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในไฟล์ *TEST.C*

7. *GRLS.C* เป็นไฟล์ที่เก็บฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่แก้ไขปัญหาสายส่งมีโหลดเกินประกอบไปด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

<i>-grls()</i>	ทำหน้าที่หลักในการจัดสรรกำลังผลิตใหม่และการตัดโหลดเพื่อระงับปัญหาสายส่งมีโหลดเกิน
<i>-linecurrent()</i>	ทำหน้าที่เก็บรายละเอียดของสายส่งที่มีโหลดเกิน และสร้างเมตริกซ์ $[A]$, และเมตริกซ์ $[A^{-1}]$
<i>-findlinecurrent()</i>	ทำหน้าที่คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสายส่ง พร้อมทั้งตรวจสอบการเกิดโหลดเกินของสายส่งด้วย
<i>-directcut()</i>	ทำหน้าที่ในการตัดโหลด ในกรณีที่ใช้การวิเคราะห์โหลดโพลว์แบบ ดี.ซี. แล้วพบว่าสายส่งบางสายส่งมีโหลดเกิน
<i>-findA()</i>	ทำหน้าที่สร้างเมตริกซ์ $[A]$
<i>-pseudoinv</i>	ทำหน้าที่สร้างเมตริกซ์ $[A^{-1}]$
<i>-updatebusdata()</i>	ทำหน้าที่ปรับปรุงค่ากำลังผลิต, โหลด และแรงดันบัสที่แต่

ละบัส

-findincP()	ทำหน้าที่คำนวณหาเวกเตอร์ $[\Delta P]$
-findincQ()	ทำหน้าที่คำนวณหาเวกเตอร์ $[\Delta Q]$
-findincang()	ทำหน้าที่คำนวณหาเวกเตอร์ $[\Delta \delta]$
-findincmag()	ทำหน้าที่คำนวณหาเวกเตอร์ $[\Delta V]$

8. *GRLS.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บการประกาศของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในไฟล์ *GRLS.C*

9. *LOADFLOW.C* เป็นไฟล์ที่เก็บฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่ในการวิเคราะห์โหลดโพลว์ประกอบไปด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

-loadflow()	ทำหน้าที่หลักในการวิเคราะห์โหลดโพลว์
-findang()	ทำหน้าที่เปลี่ยนค่ามุมเฟสของแรงดันบัส ตามค่า $[\Delta \delta]$ ที่คำนวณได้
-findmag()	ทำหน้าที่เปลี่ยนค่าขนาดของแรงดันบัส ตามค่า $[\Delta V]$ ที่คำนวณได้
-checkP()	ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าค่า $[\Delta P]$ ที่ได้ มีค่าต่ำจนสามารถยอมรับได้หรือไม่
-checkQ()	ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าค่า $[\Delta Q]$ ที่ได้ มีค่าต่ำจนสามารถยอมรับได้หรือไม่
-findP()	ทำหน้าที่คำนวณหาค่ากำลังจริง P ที่แต่ละบัส
-findQ()	ทำหน้าที่คำนวณหาค่ากำลังรีแอกทีฟ Q ที่แต่ละบัส
-copydata()	ทำหน้าที่คัดลอกข้อมูล
-findresult()	ทำหน้าที่คำนวณค่ากำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟของแต่ละบัส หลังจากการวิเคราะห์โหลดโพลว์สิ้นสุดลง
-modelP()	ทำหน้าที่ปรับปรุงค่า $[\Delta P]$ ให้ถูกต้อง
-modelQ()	ทำหน้าที่ปรับปรุงค่า $[\Delta Q]$ ให้ถูกต้อง

-dclf() ทำหน้าที่วิเคราะห์โพลดิโพลว์แบบ ดี.ซี. ในกรณีที่การวิเคราะห์แบบ เอ.ซี. ไม่สามารถหาคำตอบได้ (Divergence)

10.*LOADFLOW.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บการประกาศของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในไฟล์ *LOADFLOW.C*

11.*CONTING.C* เป็นไฟล์ที่เก็บฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่ในการเลือกเหตุขัดข้องอย่างเป็นระบบ เพื่อจะนำมาทดสอบ ประกอบไปด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

-conting() ทำหน้าที่ในการเลือกสถานะเหตุขัดข้องเพื่อนำมาทดสอบ
-select() ทำหน้าที่เลือกหมายเลขของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งจะถูกลบสมมติให้เกิดขัดข้อง

12.*CONTING.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บการประกาศของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในไฟล์ *CONTING.C*

13.*YBUS.C* เป็นไฟล์ที่เก็บฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างเมตริกซ์ $[Y_{bus}]$, $[B']$, $[B'']$, $[B''']$ ประกอบไปด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

-initYbus() ทำหน้าที่ตั้งค่าสมาชิกของเมตริกซ์ $[Y_{bus}]$ ให้มีค่าเป็นศูนย์
-formYbus() ทำหน้าที่สร้างเมตริกซ์ $[Y_{bus}]$ ในกรณีปกติ (Base Case)
-formYbus2() ทำหน้าที่สร้างเมตริกซ์ $[Y_{bus}]$ ในกรณีเกิดการแยกตัวออกของบัส (Bus Isolation)
-findB() ทำหน้าที่สร้างเมตริกซ์ $[B']$
-findB2() ทำหน้าที่สร้างเมตริกซ์ $[B'']$
-findB3() ทำหน้าที่สร้างเมตริกซ์ $[B''']$

-findMYbus() ทำหน้าที่ตัดแปลงเมตริกซ์ [Y_{bus}] เมื่อมีสายส่งบางสายส่งเกิด
ขัดข้องหลุดออกจากระบบ

14. *YBUS.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บการประกาศของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในไฟล์ *YBUS.C*

15. *DATA.C* เป็นไฟล์ที่เก็บฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่ในการจัดการเกี่ยวกับการอ่านและ
เก็บข้อมูลต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้า ประกอบไปด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

-fromdisk() ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้าจากไฟล์ข้อมูลที่บันทึกอยู่ใน
ในดิสเกตต์

-fromkey() ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้าจากคีย์บอร์ด

-savedisk() ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลของระบบไฟฟ้าลงในดิสเกตต์

-menu() ทำหน้าที่แสดงเมนูหลักให้เลือกแสดงข้อมูล, เปลี่ยนแปลง
ข้อมูล หรือคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้

-showdata() ทำหน้าที่แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าออกทางจอภาพ

-correctdata() ทำหน้าที่แก้ไขข้อมูลต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้า

-readbus() ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของบัส

-readline() ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของสายส่ง

-readgen() ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

-readshunt() ทำหน้าที่อ่านข้อมูลขององค์ประกอบชัณฑ์

-readcommon() ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของการขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกัน

16. *DATA.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บการประกาศของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในไฟล์ *DATA.H*

17. *TOOL.C* เป็นไฟล์ที่เก็บฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่ในการทำงานทั่วไป ประกอบไปด้วย ฟังก์ชันดังต่อไปนี้

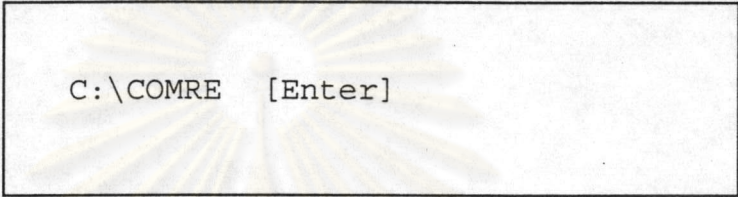
<i>-transp()</i>	ทำหน้าที่ในการหาทรานสโพสของเมตริกซ์
<i>-mul()</i>	ทำหน้าที่ในการคูณเมตริกซ์
<i>-inverse()</i>	ทำหน้าที่ในการหาอินเวอร์สของเมตริกซ์
<i>-add()</i>	ทำหน้าที่ในการบวกเมตริกซ์
<i>-inv()</i>	ทำหน้าที่ในการหาอินเวอร์สของเลขเชิงซ้อน
<i>-com()</i>	ทำหน้าที่ในการหาค่า Combination ของตัวเลข
<i>-getline()</i>	ทำหน้าที่ในการอ่านข้อความ (ใช้เมื่ออ่านชื่อของระบบไฟฟ้า)
<i>-waittogo()</i>	ทำหน้าที่ในหยุดรอการกดคีย์ใดๆ
<i>-title()</i>	ทำหน้าที่แสดงหน้าจอขณะเริ่มโปรแกรม
<i>-showrun()</i>	ทำหน้าที่แสดงหน้าจอขณะที่โปรแกรมทำงานทดสอบเหตุขัดข้องต่างๆ

18. *TOOL.H* เป็นไฟล์หัวข้อที่เก็บการประกาศของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในไฟล์ *TOOL.H*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

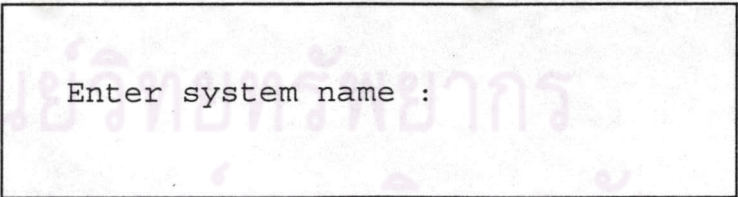
ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม *COMRE*

1. เรียกใช้งานโปรแกรมโดยพิมพ์คำว่า *COMRE* แล้วกดปุ่ม *Enter*



```
C:\COMRE [Enter]
```

2. โปรแกรมจะให้ผู้ใช้พิมพ์ชื่อของระบบไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นชื่อของไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้า



```
Enter system name :
```

3. หลังจากที่ผู้ใช้พิมพ์ชื่อของระบบไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะให้ผู้ใช้เลือกว่าจะให้อ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้าจากไฟล์ข้อมูลในแผ่นดิสก์ หรืออ่านข้อมูลทางแป้นพิมพ์ โดยเลือกหมายเลข 1 หรือ 2 ตามต้องการ



```
[1] Read data from disk
[2] Read data from keyboard

Selection :
```

4. ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกหมายเลข 1 (อ่านข้อมูลจากไฟล์ข้อมูลในแผ่นดิสก์) โปรแกรมจะอ่านข้อมูลตามชื่อของระบบไฟฟ้า หากไม่มีไฟล์ข้อมูลในแผ่นดิสก์ โปรแกรมจะให้ผู้ใช้ป้อนชื่อของระบบไฟฟ้าใหม่

```
File not exist !

Enter new system name :
```

5. ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกหมายเลข 2 (อ่านข้อมูลทางแป้นพิมพ์) โปรแกรมจะแสดงรายการให้ผู้ใช้ป้อนค่าข้อมูลตามลำดับจนครบ

6. หลังจากอ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้าครบเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงรายการเลือกให้ผู้ใช้เลือก โดยรายการเลือกจะประกอบไปด้วย

- [A] Show system data
- [B] Show bus data
- [C] Show transmission line data
- [D] Show generating unit data
- [E] Show shunt element data
- [F] Show common mode outage data
- [G] Correct system data
- [H] Correct bus data
- [I] Correct transmission line data
- [J] Correct generating unit data
- [K] Correct shunt element data
- [L] Correct common mode outage data
- [M] Calculate Reliability indices
- [N] Exit program

Selection :

7. เมื่อเลือกให้โปรแกรมคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ โปรแกรมจะทำการทดสอบ เหตุขัดข้องที่เลือกขึ้นมาทีละเหตุขัดข้อง โดยจะแสดงหมายเลขของเหตุขัดข้องที่กำลังทดสอบ, ค่าความน่าจะเป็นของเหตุขัดข้อง, ค่าความน่าจะเป็นสะสม, หมายเลขของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ขัดข้องและหมายเลขของสายส่งที่ขัดข้อง

Contingency No.	:
State probability	:
Commulative probability	:
Generating unit outage	:
Line outage	:

8. เมื่อทดสอบเหตุขัดข้องจนครบ โปรแกรมจะแสดงสรุปจำนวนเหตุขัดข้องที่ได้รับ
การทดสอบทั้งหมด

Number of contingency test :

9. โปรแกรมจะแสดงรายการเลือกให้ผู้เลือกใช้เพื่อแสดงค่าดัชนีต่างๆที่โปรแกรมทำการคำนวณได้ โดยรายการเลือกจะประกอบไปด้วย

- [0] Exit program
- [1] Show annualized bus indices
- [2] Show maximum load curtailed
- [3] Show maximum energy curtailed
- [4] Show maximum duration of load curtailment
- [5] Show average values of bus indices
- [6] Show annualized system indices

Selection :

เมื่อผู้ใช้เลือกหมายเลข 1-6 โปรแกรมก็จะแสดงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ตามที่ผู้ใช้ได้เลือกออกทางจอภาพ และจะให้เลือกว่าจะแสดงผลทางเครื่องพิมพ์หรือไม่ ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกหมายเลข 0 ก็จะเป็นการจบโปรแกรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

กระบวนการมาร์คอฟ (Markov Process)

กระบวนการมาร์คอฟ (Markov Process) เป็นกระบวนการสุ่ม (Stochastic Process) รูปแบบหนึ่ง ซึ่งค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม (Random Variable) ที่เวลา t_n จะขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรสุ่มที่เวลา t_{n-1} แต่จะไม่ขึ้นกับกระบวนการที่เกิดขึ้นก่อนหน้าเวลา t_{n-1} นั่นคือค่าความน่าจะเป็นของสถานะถัดไปในอนาคตจะขึ้นอยู่กับสถานะในปัจจุบัน แต่จะไม่ขึ้นอยู่กับสถานะในอดีต ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการมาร์คอฟ อาจจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous) หรือแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ก็ได้ ถ้าหากค่าพารามิเตอร์ต่างๆเป็นแบบไม่ต่อเนื่องจะเรียกกระบวนการแบบนี้ว่ามาร์คอฟเชน (Markov Chain)

พิจารณากระบวนการมาร์คอฟ $X(t)$ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์เวลาเป็นแบบต่อเนื่อง t กำหนดให้ $t_{n-1} = t$ และ $t_n = t+h$ จะเขียนฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขได้ดังสมการที่ A.1

$$P[X(t+h) = j | X(t) = i] = p_{ij}(t, h) \quad (\text{A.1})$$

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขนี้เรียกว่าฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ (Transition Probability) ถ้าหากว่า p_{ij} ไม่ขึ้นกับค่า t แต่จะขึ้นกับค่า h เท่านั้น จะเป็นกระบวนการมาร์คอฟแบบโฮโมจีเนียส (Homogeneous) สำหรับค่า $h = \Delta t$ จะสามารถเขียนฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะได้ดังสมการที่ A.2 และสมการที่

A.3

$$P[X(t+h) = j | X(t) = i] = p_{ij}(\Delta t) \approx q_{ij} \Delta t \quad (\text{A.2})$$

$$P[X(t+h) = i | X(t) = i] = p_{ii}(\Delta t) \approx 1 - q_i \Delta t \quad (\text{A.3})$$

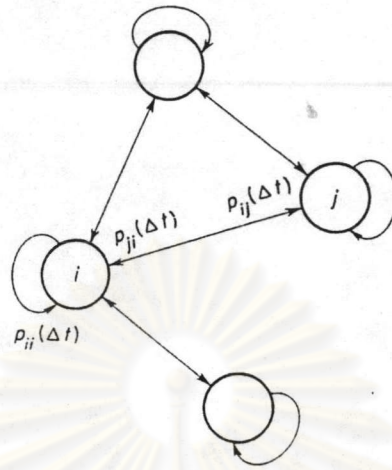
โดยที่ $p_{ii}(\Delta t)$ เป็นความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดการเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา Δt ค่า q_{ij} และ q_i เรียกว่าความหนาแน่นของการเปลี่ยนสถานะ (Transition Intensity) จากสมการที่ A.2 และสมการที่ A.3 สามารถกำหนดค่า q_{ij} และ q_i ได้จากสมการที่ A.4 และสมการที่ A.5

$$q_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}, \quad i \neq j \quad (\text{A.4})$$

$$q_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1 - p_{ii}(\Delta t)}{\Delta t} \quad (\text{A.5})$$

ในกระบวนการมาร์คอฟแบบโฮโมจีเนียส ค่าความหนาแน่นของการเปลี่ยนสถานะ จะมีค่าคงที่ กำหนดให้ปัจจุบันกระบวนการอยู่ในสถานะ i ในเวลา Δt ถัดไปอาจจะเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ i ไปยังสถานะอื่น j หรือว่ายังคงอยู่ในสถานะ i เหมือนเดิม ดังแสดงในรูปที่ A.1 ดังนั้นจะได้ว่า

$$p_{ii}(\Delta t) + \sum_{j \neq i} p_{ij}(\Delta t) = 1 \quad (\text{A.6})$$



รูปที่ A.1 การย้ายสถานะของอุปกรณ์

จากสมการที่ A.5 และสมการที่ A.6 จะได้ว่า

$$q_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t} \sum_{j \neq i} p_{ij}(\Delta t) = \sum_{j \neq i} q_{ij} \quad (\text{A.7})$$

พิจารณาความน่าจะเป็น $p_{ij}(\Delta t)$ ในรูปของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ (Transition Probability Matrix) $P(\Delta t)$ โดย

$$P(\Delta t) = [p_{ij}(\Delta t)] \quad (\text{A.8})$$

เมตริกซ์ $P(\Delta t)$ เป็นเมตริกซ์จัตุรัสและไม่มีสมาชิกใดที่มีค่าเป็นลบ ค่าของสมาชิกในแต่ละแถวบวกกันได้ 1 และกำหนดให้เมตริกซ์ความหนาแน่นของการเปลี่ยนสถานะ (Transition Intensity Matrix) A มีค่าดังสมการที่ A.9

$$A = \begin{bmatrix} -q_1 & q_{12} & q_{13} & \dots \\ q_{21} & -q_2 & q_{23} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \quad (\text{A.9})$$

ค่าสมาชิกในแต่ละแถวของเมตริกซ์ A บวกกันได้ 0 และจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างเมตริกซ์ $P(\Delta t)$ และเมตริกซ์ A ดังแสดงในสมการที่ A.10

$$A = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(\Delta t) - I}{\Delta t} \quad (\text{A.10})$$

โดยที่ I เป็นเมตริกซ์หนึ่งหน่วย (Unit Matrix)

กำหนดให้ $P[X(t) = i]$ เขียนได้เป็น $p_i(t)$ จะได้ว่า

$$p_i(t + \Delta t) = p_i(t)p_{ii}(\Delta t) + \sum_{j \neq i} p_j(t)p_{ji}(\Delta t) \quad (\text{A.11})$$

เขียนให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้ดังสมการที่ A.12

$$p(t + \Delta t) = p(t)P(\Delta t) \quad (\text{A.12})$$

จากสมการที่ A.2 , A.3 และ A.11 จะได้ว่า

$$p_i(t + \Delta t) \approx p_i(t)(1 - q_i \Delta t) + \sum_{j \neq i} p_j(t) q_{ji} \Delta t \quad (\text{A.13})$$

$$\frac{p_i(t + \Delta t) - p_i(t)}{\Delta t} \approx -p_i(t) q_i + \sum_{j \neq i} p_j(t) q_{ji} \quad (\text{A.14})$$

$$\dot{p}_i(t) = -p_i(t) q_i + \sum_{j \neq i} p_j(t) q_{ji} \quad (\text{A.15})$$

โดย $\dot{p}_i(t)$ เป็นอนุพันธ์เชิงเวลาของ $p_i(t)$ และเขียนให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้ดังสมการที่ A.16

$$\dot{p}(t) = p(t) A \quad (\text{A.16})$$

สมการที่ A.16 เป็นสมการเชิงอนุพันธ์ ซึ่งสามารถหาคำตอบได้จากสมการที่ A.17

$$p(t) = p(0) e^{At} \quad (\text{A.17})$$

โดยที่ $p(0)$ เป็นค่าสภาวะเริ่มต้น ส่วน e^{At} กำหนดได้โดยสมการที่ A.18

$$e^{At} = I + At + A^2 \frac{t^2}{2!} + \dots \quad (\text{A.18})$$

โดยปกติจะสนใจค่าความน่าจะเป็นในระยะยาว ซึ่งก็คือค่าของ $p_i(t)$ เมื่อ $t \rightarrow \infty$ กำหนดให้ $p_i(t)$ มีค่าเข้าสู่ค่าหนึ่งเมื่อ $t \rightarrow \infty$ จะได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของ $p_i(t)$ จะลดลงเมื่อ t เพิ่มขึ้น ดังนั้นสมการที่ A.16 จะลดรูปลงเป็นสมการเชิงเส้นดังสมการที่ A.19

$$0 = pA \quad (\text{A.19})$$

นอกจากนี้ จากสภาพความเป็นจริง จะได้ว่าผลรวมของความน่าจะเป็นของแต่ละสถานะมีค่าเป็น 1 เสมอ ดังนั้น

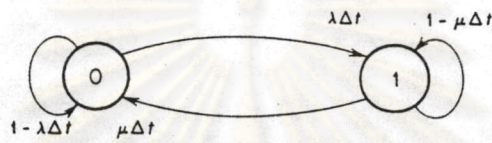
$$\sum_{i=1}^N p_i = 1 \quad (\text{A.20})$$

จากสมการที่ A.19 และ A.20 จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นในระยะยาว p_i ได้

กระบวนการมาร์คอฟแบบ 2 สถานะ

พิจารณาอุปกรณ์ซึ่งจะอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่งระหว่างสถานะทำงาน ($X=0$) หรือสถานะขัดข้อง ($X=1$) หลังจากการขัดข้องอุปกรณ์นี้จะได้รับการซ่อมแซมและจะสามารถกลับคืนสู่สถานะทำงานต่อไป รูปที่ A.2 แสดงแบบจำลอง 2 สถานะ และการเปลี่ยนสถานะไปมาระหว่างสถานะทั้งสอง กำหนดให้ช่วงเวลาที่อยู่ในสถานะทำงาน T_0 และช่วงเวลาของการ

ช่องแชม T_1 มีการกระจายเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล จะได้ฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็นแบบสะสม (Cumulative Probability Distribution Function) ของช่วงเวลาทั้งสองเขียนได้ดังสมการที่ A.21 และสมการที่ A.22



รูปที่ A.2 แสดงแบบจำลอง 2 สถานะ

$$F_{T_0} = 1 - e^{-\lambda t} \quad (\text{A.21})$$

$$F_{T_1} = 1 - e^{-\mu t} \quad (\text{A.22})$$

โดยที่ $1/\lambda$ เป็นเวลาเฉลี่ยของการทำงาน

โดยที่ $1/\mu$ เป็นเวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซม

ความน่าจะเป็นของการอยู่ในสถานะ 1 ที่เวลา $t+\Delta t$ จะขึ้นอยู่กับสถานะของอุปกรณ์
ที่เวลา t แต่จะไม่ขึ้นกับสถานะก่อนหน้าของอุปกรณ์ ซึ่งเป็นลักษณะของกระบวนการมาร์
คอฟ

จากคุณสมบัติของการกระจายแบบเอกซ์โปเนนเชียล จะได้ว่า

$$P[\text{failure in } (t, t + \Delta t) | \text{operating at } t] \approx \lambda \Delta t \quad (\text{A.23})$$

ดังนั้น

$$P[X(t + \Delta t) = 1 | X(t) = 0] = p_{01}(\Delta t) \approx \lambda \Delta t \quad (\text{A.24})$$

$$P[X(t + \Delta t) = 0 | X(t) = 1] = p_{10}(\Delta t) \approx \mu \Delta t \quad (\text{A.25})$$

และ

$$P[X(t + \Delta t) = 0 | X(t) = 0] = p_{00}(\Delta t) \approx 1 - \lambda \Delta t \quad (\text{A.26})$$

$$P[X(t + \Delta t) = 1 | X(t) = 1] = p_{11}(\Delta t) \approx 1 - \mu \Delta t \quad (\text{A.27})$$

แทนค่าลงในสมการ A.4 และ A.5 จะได้ว่า

$$q_{01} = \lambda \quad q_{10} = \mu \quad q_0 = \lambda \quad q_1 = \mu$$



ในการศึกษาหา $p_0(t)$ และ $p_1(t)$ จะเริ่มต้นด้วยการสร้างเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ $P(\Delta t)$ ได้ดังนี้

$$P(\Delta t) = \begin{matrix} & & 0 & & 1 \\ & 0 & \left[\begin{array}{cc} 1-\lambda\Delta t & \lambda\Delta t \\ \mu\Delta t & 1-\mu\Delta t \end{array} \right] & & \\ & 1 & & & \end{matrix} \quad (\text{A.28})$$

จากสมการที่ A.10 จะได้ว่า

$$A = \begin{bmatrix} -\lambda & \lambda \\ \mu & -\mu \end{bmatrix} \quad (\text{A.29})$$

จากสมการที่ A.15 จะได้ว่า

$$\dot{P}_0(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) \quad (\text{A.30})$$

$$\dot{P}_1(t) = \lambda p_0(t) - \mu p_1(t) \quad (\text{A.31})$$

โดยปกติแล้ว

$$A^n = (-1)^{n-1} (\lambda + \mu)^{n-1} A \quad (\text{A.32})$$

แทนค่าลงในสมการที่ A.18 จะได้ว่า

$$e^{At} = I + \frac{1}{\lambda + \mu} (1 - e^{-(\lambda + \mu)t}) A \quad (\text{A.33})$$

กำหนดให้สภาวะเริ่มต้น $p(0) = [1, 0]$ นั่นคือที่เวลา $t=0$ อุปกรณ์อยู่ในสถานะทำงาน จะได้ว่า $p(0)I = [1, 0]$ และ $p(0)A = [-\lambda, \lambda]$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$[p_0(t), p_1(t)] = [1, 0] + \frac{1}{\lambda + \mu} (1 - e^{-(\lambda + \mu)t}) [-\lambda, \lambda] \quad (\text{A.34})$$

หรือว่าแยกเขียนได้เป็น

$$p_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad (\text{A.35})$$

$$p_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} - \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad (\text{A.36})$$

เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นในระยะยาว จะสามารถหาค่า p_0 และ p_1 ได้จากสมการที่ A.35 และ A.36 โดยให้ $t \rightarrow \infty$ จะได้ว่า

$$p_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (\text{A.37})$$

$$p_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (\text{A.38})$$

จะเห็นได้ว่าความน่าจะเป็นในระยะยาวจะไม่ขึ้นกับสภาวะเริ่มต้น นอกจากนี้ยังจะสามารถเขียนความน่าจะเป็นในระยะยาวในรูปของเวลาเฉลี่ยของการทำงาน $M_0=1/\lambda$ และเวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซม $M_1=1/\mu$ ได้ดังสมการที่ A.39 และ A.40

$$p_0 = \frac{M_0}{M_0 + M_1} \quad (\text{A.39})$$

$$p_1 = \frac{M_1}{M_0 + M_1} \quad (\text{A.39})$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ค่าสถิติการขัดข้องของอุปกรณ์สถานีไฟฟ้าและสายส่ง (Typical Outage Statistics for Transmission Line and Station Equipment)

ข้อมูลค่าสถิติการขัดข้องของอุปกรณ์สถานีไฟฟ้าและสายส่งที่แสดงในภาคผนวกนี้ ได้จัดทำไว้สำหรับการศึกษาเรื่องความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังโดยทั่วไป ซึ่งข้อมูลค่าสถิติเหล่านี้ได้รวบรวมโดย D.J. Lawrence และ N.D. Reppen จากบริษัท Power Technologies, Inc. [23]

สายส่งเหนือศีรษะ (Overhead Transmission Lines)

- การขัดข้อง 1 วงจร (Single Circuit Outages)

kV	Transient Outage f(mi-yr)	Permanent and Temporary Outages			
		Line Related		Terminal Related	
		f(mi-yr)	r(hours)	f(term-yr)	r(hours)
66	.04	.070	3	.06	2
115-138	.01	.010	7	.10	10
230	.01	.010	7	.10	10
345	.007	.010	10	.15	10
500	.005	.010	10	.15	15
765	.005	.005	10	.15	15

- การขัดข้อง 2 วงจรแบบมีสาเหตุร่วมกัน (Common Mode 2 Circuit Outage)

kV	Same Row		Same Tower	
	f(/mi-yr)	r(hours)	f(/mi-yr)	r(hours)
66	0.001	1	0.007	1
115-138	0.001	4	0.002	4
230	0.0008	4	0.002	4
345	0.0005	5	0.001	5
500	0.0003	5	0.001	5
765	0.0003	5	---	---

สายเคเบิลใต้ดิน (Underground Cables)

	Cable(3 ϕ)	Joint(3 ϕ)	Terminal(3 ϕ)
115-345 kV	f:0.005/mi-yr	f:0.006/joint-yr	f:0.03/term-yr
	r:250 hours	r:200 hours	r:24 hours

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformers)

	f(/xfmr-yr)	r(hours)
115 kV	0.12	120
230 kV	0.12	100
345 kV	0.10	150
500 kV	0.10	280
765 kV	0.25	430

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers)

	Breaker Forced Outage		Probability of
	f(/bkr-yr)	r(hours)	Stuck Breaker
115 kV	0.020	10	0.005
230 kV	0.020	60	0.005
345 kV	0.050	60	0.005
500 kV	0.060	100	0.005
765 kV	0.100	120	0.005

คาปาซิเตอร์อนุกรม (Series Capacitors)

	Fault	Bypass
500 kV	f:0.10/bank-yr	f:2.0/bank-yr
	r:168 hours	r:36 hours

คาปาซิเตอร์ขนาน (Shunt Capacitor)

	f(/bank-year)	r(hour)
115 kV	0.20	30
230 kV	0.20	30

รีแอกเตอร์ชานาน (Shunt Reactors)

	f(/reactor-year)	r(hour)
0-100 kV	0.20	100
115-230 kV	0.20	100
345-500 kV	0.06	1000
765 kV	0.20	600

อุปกรณ์ชดเชยกำลังรีแอกทีฟแบบสถิติก (Static Var Compensator)

f: 3.0/SVC-yr

r: 15 hours

ซิงโครนัสคอนเดนเซอร์ (Synchronous Condensers)

0-100 MVAR

f: 0.7/unit-yr

r: 300 hours

ส่วนของบัส (Bus Sections)

	f(/bus-yr)	r(hour)
115-138 kV	0.04	15
230 kV	0.04	15
345 kV	0.02	24
500 kV	0.02	24
765 kV	0.02	24

ภาคผนวก ง

การใช้โปรแกรม *COMRE* คำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

ในที่นี้จะนำโปรแกรม *COMRE* มาใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) โดยจะทำการศึกษาเฉพาะระบบไฟฟ้าในเขตภาคใต้ ซึ่งประกอบไปด้วยบัสจำนวน 20 บัส สายส่งจำนวน 39 สายส่ง และมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่เป็นจำนวน 13 เครื่อง ดังรายละเอียดในตารางที่ A1 ถึงตารางที่ A3

ตารางที่ A1 ข้อมูลบัสของระบบไฟฟ้าเขตภาคใต้

Bus Number	Load P (MW)	Load Q (MVAR)	Scheduled Generation (MW)	Initial Voltage (p.u.)	Shunt Susceptance (p.u.)
1	-	-	720	1.05	-
2	-	-	210	1.05	-
3	-	-	60	1.05	-
4	33	20	-	1.00	0.15
5	27	17	-	1.00	0.35
6	43	27	-	1.00	0.15
7	100	62	-	1.00	0.47
8	70	43	-	1.00	0.38
9	24	15	-	1.00	0.35

ตารางที่ A1 ข้อมูลบัสของระบบไฟฟ้าเขตภาคใต้ (ต่อ)

Bus Number	Load P (MW)	Load Q (MVAR)	Scheduled Generation (MW)	Initial Voltage (p.u.)	Shunt Susceptance (p.u.)
10	81	50	-	1.00	0.26
11	68	42	-	1.00	-
12	88	55	-	1.00	0.88
13	42	26	-	1.00	0.34
14	20	12	-	1.00	0.23
15	13	8	-	1.00	-
16	42	26	-	1.00	0.34
17	34	21	-	1.00	0.06
18	8	5	-	1.00	-
19	43	27	-	1.00	0.46
20	44	27	-	1.00	0.23

ตารางที่ A2 ข้อมูลสายส่งของระบบไฟฟ้าเขตภาคใต้

Line No.	From Bus	To Bus	Impedance			Current Rating (p.u.)	Failure Rate (f/yr)	Repair Rate (f/yr)
			R (p.u.)	X (p.u.)	B/2 (p.u.)			
1	1	10	0.0097	0.0705	0.1537	4.29	2	876
2	1	10	0.0097	0.0705	0.1537	4.29	2	876
3	1	11	0.0076	0.0552	0.1207	4.29	2	876
4	1	11	0.0076	0.0552	0.1207	4.29	2	876

ตารางที่ A2 ข้อมูลสายส่งของระบบไฟฟ้าเขตภาคใต้ (ต่อ)

Line No.	From Bus	To Bus	Impedance			Current Rating (p.u.)	Failure Rate (f/yr)	Repair Rate (f/yr)
			R (p.u.)	X (p.u.)	B/2 (p.u.)			
5	2	11	0.0051	0.0369	0.0812	4.29	2	876
6	2	11	0.0051	0.0369	0.0812	4.29	2	876
7	2	15	0.0736	0.2070	0.0290	1.20	2	876
8	2	15	0.0736	0.2070	0.0290	1.20	2	876
9	2	15	0.0736	0.2070	0.0290	1.20	2	876
10	2	15	0.0736	0.2070	0.0290	1.20	2	876
11	3	5	0.0573	0.1160	0.0156	0.96	2	876
12	3	5	0.0573	0.1160	0.0156	0.96	2	876
13	4	5	0.0873	0.1863	0.0225	0.96	2	876
14	5	6	0.0400	0.1175	0.0150	1.20	2	876
15	5	7	0.1681	0.3594	0.0435	0.96	2	876
16	6	7	0.0961	0.2700	0.0380	1.20	2	876
17	6	7	0.0961	0.2700	0.0380	1.20	2	876
18	7	8	0.0114	0.0242	0.0029	0.96	2	876
19	7	8	0.0114	0.0242	0.0029	0.96	2	876
20	7	9	0.0081	0.0583	0.1285	4.29	2	876
21	7	9	0.0081	0.0583	0.1285	4.29	2	876
22	8	9	0.1553	0.2649	0.0288	0.82	2	876
23	9	10	0.0089	0.0647	0.1411	4.29	2	876
24	9	10	0.0089	0.0647	0.1411	4.29	2	876
25	9	13	0.1207	0.2057	0.0224	0.82	2	876



ตารางที่ A2 ข้อมูลสายส่งของระบบไฟฟ้าเขตภาคใต้ (ต่อ)

Line No.	From Bus	To Bus	Impedance			Current Rating (p.u.)	Failure Rate (f/yr)	Repair Rate (f/yr)
			R (p.u.)	X (p.u.)	B/2 (p.u.)			
26	11	12	0.2897	0.4323	0.0458	0.84	2	876
27	11	12	0.2897	0.4323	0.0458	0.84	2	876
28	11	16	0.2160	0.3762	0.0394	0.82	2	876
29	11	17	0.1766	0.4987	0.0705	1.20	2	876
30	11	18	0.1231	0.3464	0.0488	1.20	2	876
31	12	13	0.0939	0.1616	0.0172	0.82	2	876
32	13	14	0.1607	0.2770	0.0295	0.82	2	876
33	14	15	0.1849	0.3187	0.0340	0.82	2	876
34	15	16	0.0854	0.1455	0.0158	0.82	2	876
35	15	19	0.0425	0.2525	0.0350	1.20	2	876
36	15	20	0.0769	0.2180	0.0300	1.20	2	876
37	15	20	0.0769	0.2180	0.0300	1.20	2	876
38	17	18	0.0588	0.1650	0.0232	1.20	2	876
39	19	20	0.0181	0.0512	0.0070	1.20	2	876

ตารางที่ A3 ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าเขตภาคใต้

Unit Number	Bus Connect	Rating (MW)	Failure Rate (f/yr)	Repair Rate (f/yr)	MVAR max	MVAR min
1	1	70	6	194	47	-23
2	1	70	6	194	47	-23
3	1	100	6	194	69	-35
4	1	100	6	194	69	-35
5	1	100	6	194	69	-35
6	1	100	6	194	69	-35
7	1	180	10	190	140	-70
8	2	70	6	194	47	-74
9	2	70	6	194	47	-74
10	2	70	6	194	47	-74
11	3	20	3	147	15	-7
12	3	20	3	147	15	-7
13	3	20	3	147	15	-7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการใช้โปรแกรม COMRE สามารถคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ดังแสดงใน
ตารางที่ A4 และตารางที่ A5

ตารางที่ A4 แสดงค่าดัชนีบัส

Bus Indices							
Bus	Probability	Frequency	NLC	ELC (MW)	EENS (MWh)	EDLC (hrs.)	VV
4	0.0022964	2.378308	2.38	72.22	586.30	20.12	0.00
5	0.0003227	0.224533	0.22	0.59	7.84	2.83	0.00
6	0.0002818	0.199218	0.20	0.31	3.89	2.47	0.00
7	0.0002818	0.199218	0.20	0.31	3.89	2.47	0.00
8	0.0002818	0.199218	0.20	0.31	3.89	2.47	0.00
9	0.0002818	0.199218	0.20	0.31	3.89	2.47	0.00
10	0.0121550	6.857443	6.86	230.48	3488.07	106.48	0.00
11	0.0143904	9.194387	7.02	231.94	3505.71	108.41	2.18
12	0.0021484	2.195674	0.20	0.31	3.89	2.47	2.00
13	0.0021484	2.195674	0.20	0.31	3.89	2.47	2.00
14	0.0002818	0.199218	0.20	0.31	3.89	2.47	0.00
15	0.0005026	0.357072	0.36	3.10	38.14	4.40	0.00
16	0.0002818	0.199218	0.20	0.31	3.89	2.47	0.00
17	0.0043111	4.557399	0.20	0.31	3.89	2.47	4.36
18	0.0022964	2.378308	0.20	0.31	3.89	2.47	2.18
19	0.0002818	0.199218	0.20	0.31	3.89	2.47	0.00
20	0.0022964	2.378308	0.20	0.31	3.89	2.47	2.18

ตารางที่ A5 แสดงค่าดัชนีระบบ

System Indices

1. Bulk Power Interruption Index	:	0.69501 MW/MW-Yr
2. Bulk Power Energy Curtailment Index	:	9.83691 MWh/MW-Yr
3. Bulk Power Supply Average MW Curtailment Index	:	28.20053 MW/Dist.
4. Modified Bulk Power Energy Curtailment Index	:	0.00112
5. Severity Index	:	590.21436 System-Min.

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติผู้เขียน

นาย ธวัชชัย ทางรัตนสุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2513 ที่ อำเภอศรีโสภณ จังหวัดนราธิวาส สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2534 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2535 ปัจจุบันปฏิบัติงานอยู่ที่แผนกวางแผนและวิเคราะห์ระบบส่ง เขต 2 และ 3 กองวางแผนระบบส่งไฟฟ้า ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จังหวัดนนทบุรี

ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย