เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง

POWER SYSTEM STABILITY

โดย

นายสุวัฒน์ ภควาภาคภูมิ

นายนายอรรณพ จันทร์เทศ

นายอิสระชัย งามหรู

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2534

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง

(Power System Stability)

ผู้จัดทำ 1.นาย สุวัฒน์ ภควาภาคภูมิ 31.1373

2.นาย อรรณพ จันทร์เทศ 31.1403

3.นาย อิสระชัย งามหรู 31.1413

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(สมโภชน์ ประไพ)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(มณฑล สิลาจินดาไกรฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้อธิบายถึง วิธีการวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการคำนวน โดยการพิจารณา เครื่องจักรซิงโครนัสแต่ละตัวที่ถูกต่อในแต่ละบัส หลังจากเกิดการแสลัดวงจรแบบสามเฟสขึ้นที่บัสใดๆ โดยการใช้ระบบสวิชชิ่งซึ่งเป็นระบบป้องกันในการเคลียร์ฟอลท์ หลังจากนั้นทำการหาค่าเวลาวิกฤตในการเคลียร์ฟอลท์ของเครื่องจักรแต่ละตัว ซึ่ง ณ.ค่าเวลานี้ เครื่องจักรซิงโครนัสนั้นยังคงไม่เพียงแต่รักษาเสถียรภาพของระบบอยู่ได้ แต่ยังสามารถซิงโครไนซ์กับเครื่องจักรตัวอื่น ๆ ด้วย

สำหรับการหาค่าเวลาวิกฤตที่ใช้ในการเคลียร์ฟอลท์นั้นจะแยกออกเป็น 2 กรณี

1. กรณีระบบเครื่องจักรหนึ่งตัวต่อกับบัสอนันต์ หรือ ระบบสองเครื่องจักรโดยใช้หลักการพื้นที่เท่า (EQUAL AREA CRITERION)
2. กรณีระบบหลายเครื่องจักรโดยวิธีการลองผิดลองถูก โดยการพิจารณา swing curve ของเครื่องจักรไฟฟ้าแต่ละตัว หลังจากเกิดการลัดวงจรแบบสามเฟสขึ้นมา

นอกจากนี้ ยังได้นำเอาระบบโต้ตอบ (interactive) มาใช้เพื่อความสะดวกในการป้อนข้อมูลอินพุทระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This thesis describes the method for determine stability of power systems based on microcomputer treatment. By considering each synchronous machine connected to each bus. After the most violent disturbance (3-phase fault) applied to any bus . By using the switching operation to clear fault after that find the critical clearing time of each machine which not exclusively can maintain the stability of the system but synchonize to other machines as well.

For the methods to find the critical clearing time segregrate to two cases.

1. Single machine connected to infinite bus or two machines system, by using Equal Area Criterion method.
2. Multimachines system, by using trial and error method i.e. consider swing curve for each machine after 3-phase fault applied to them.

In addition to , this thesis introduces the basic interactive system applied to facilitate in the method to input data between user and computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. บทนำ	1
2. สมการแกว่งไกว (SWING EQUATION)	2
3. หลักการพื้นที่เท่า (EQUAL AREA CRITERION)	5
4. การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังในสภาวะทรานเซียนท์	12
5. วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขในการหาคำตอบจากสมการเชิงอนุพันธ์	25
6. ปัจจัยที่มีผลต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง	30
7. ผลการทดสอบ	33
8. สรุปผลและวิจารณ์	43
9. ภาคผนวก	44
หนังสืออ้างอิง	
กิตติกรรมประกาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การศึกษาเกี่ยวกับเสถียรภาพของระบบในสภาวะทรานเซียนท์นั้นให้รายละเอียดเกี่ยวข้องกับ ความสามารถของระบบไฟฟ้ากำลังในการที่จะรักษาสภาวะซิงโครนัสอยู่ได้ในช่วงระหว่างที่เกิดสิ่งรบกวนที่มีผลอย่างมากต่อระบบ (Major Disturbance) อันเป็นผลที่เกิดเนื่องมาจาก การสูญเสียในการผลิตกำลังไฟฟ้า หรือ การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า , การเปลี่ยนแปลงโหลดอย่างทันที หรือ อย่างต่อเนื่อง , การเกิดฟอลท์ขึ้นมาชั่วขณะเวลาใดเวลาหนึ่ง. โดยเฉพาะอย่างยิ่ง, จะได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงในค่าของแรงดัน , กระแส , กำลังไฟฟ้า , ความเร็ว และ แรงบิดของเครื่องจักรทั้งหมดในระบบไฟฟ้ากำลัง , ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงในค่าแรงดันของระบบ และการไหลของกำลังไฟฟ้า , ในช่วงระหว่างและทันทีที่เกิดการรบกวนระบบขึ้น. ความสำคัญของเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังนั้นเป็นปัจจัยสำคัญ ในการวางแผนระบบเพื่อให้ได้มาซึ่งความน่าเชื่อถือได้ของระบบซึ่งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์การบริการทางไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นการจำเป็นสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังที่จะต้องออกแบบให้มีสภาพมั่นคงภายใต้การรบกวนใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นต่อระบบ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

SWING EQUATION

สมการการเคลื่อนที่ของ rotor ของ synchronous machine อาศัยกฎเกณฑ์ทาง mechanic คือ

$$J\alpha = T \qquad J\alpha = T \qquad (2.1)$$

$$J\frac{d^2\theta}{dt} = T \qquad J\frac{d^2\theta}{dt^2} = T \qquad (2.2)$$

เมื่อ T = net torque หรือผลรวมพีชคณิตของแรงบิดทุกแรงที่กระทำต่อ machine คือแรงบิดที่เพลา (เนื่องจาก primover ของ generator หรือเนื่องจากโหลดของ motor, แรงบิดเนื่องจาก rotation loss (friction, windage และ core loss), และ electromagnetic torque

ให้ T_m T_m = shaft torque

T_e T_e = electromagnetic torque

ในกรณีของ synchronous generator แรงบิดทั้งสองจะมีค่าเป็นบวกส่วนกรณีของ motor จะมีค่าเป็นลบ แรงบิดสุทธิ (net torque) ที่ทำให้เกิดการเร่งขึ้นเป็นผลต่างทางพีชคณิตระหว่าง accelerating shaft torque กับ retarding electromagnetic torque

$$T_a = T_m - T_e \qquad T_a = Tm - Te \qquad (2.3)$$

โดยทั่วไปเราจะวัด angular position และ angular velocity เทียบกับ reference axis ที่หมุนไปด้วยความเร็วที่ synchronous speed ดังนั้น

$$\delta_m = \theta_m - w_{smt}t \qquad \delta w = \omega_m - w_s \qquad (2.4)$$

w_{smt} เมื่อ w_{smt} = synchronous speed, mech rad/s

δ_m δ_m = angular displacement ของ rotor, ... rad

จาก (2.4),

$$\frac{d\delta_m}{dt} = \frac{d\theta_m}{dt} - w_{sm} \qquad \frac{d\delta_m}{dt} = \frac{d\theta_m}{dt} \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{d^2\theta_m}{dt^2} = \frac{d^2\lambda_m}{dt^2} \qquad \frac{d^2\theta_m}{dt^2} = \frac{d^2\delta_m}{dt^2} \tag{2.6}$$

แทนใน (2.2)

$$J\frac{d^2\lambda_m}{dt^2} = T \qquad J\frac{d^2\delta_m}{dt^2} = T \tag{2.7}$$

$$J\frac{d^2\lambda_m}{dt^2} = T_a = T_m - T_e \qquad J\frac{d^2\delta_m}{dt^2} = T_a = T_m - T_e \tag{2.8}$$

ให้ $$w_m = \frac{d\theta_m}{dt} \qquad \omega_m = \frac{d\theta_m}{dt} \tag{2.9}$$

ดังนั้น $$Jw_m\frac{d^2\lambda_m}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \qquad J\omega_m\frac{d^2\delta_m}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \tag{2.10}$$

เมื่อ

P_m P_m = shaft power input

P_e P_e = electrical power

P_a P_a = accelerating power

$J\omega_m$ Jw_m = angular momentum = M (inertia constant)

ดังนั้น

$$M\frac{d^2\lambda}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \tag{2.11}$$

$$M\frac{d^2\delta}{dt^2} = P_a = P_m - P_e$$

H-constant

$$H = \frac{\text{stored kinetic energy in joules}}{\text{rating in volt-amperes}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H = $\frac{\text{stored kinetic energy in kilojoules}}{\text{rating in kilovolt-amperes}}$

= $\frac{\text{stored kinetic energy in megajoules}}{\text{rating in megavolt amperes}}$ (2.12)

นั่นคือ :

$$H = \frac{1/2\ J\omega_m^2}{S_{mech}} = \frac{1/2\ m\omega_m^2}{S_{mech}} \qquad (2.13)$$

$$M = \frac{2HS_{mech}}{\omega_m} \quad M = \frac{2HS_{mech}}{\omega_{sm}} \quad MJ/mech\ rad \qquad (2.14)$$

แทนใน (2.1) :

$$\frac{2H}{\omega_m}\frac{d^2\delta_m}{dt^2} = \frac{P_a}{S_{mech}} = \frac{P_m - P_e}{S_{mech}} \qquad (2.15)$$

$$\frac{2H}{\omega_s}\frac{d^2\delta}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad per\text{-}unit \qquad (2.15)$$

ถ้า δ อยู่ในหน่วย electrical radian :

$$\frac{H}{\pi f}\frac{d^2\delta}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad per\text{-}unit \qquad (2.17)$$

ถ้า δ อยู่ในหน่วย electrical degree :

$$\frac{H}{180f}\frac{d^2\delta}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad per\text{-}unit \qquad (2.18)$$

สมการที่(2.16)นี้เรียกว่า " swing equation" ซึ่งอยู่ในรูป second-order differential equation แต่สามารถทำให้อยู่ในรูป first-order differential equation ได้ดังนี้

$$\frac{2}{\omega_s}\frac{d\omega}{dt} \quad P_a = P_m - P_e \quad \frac{2H}{\omega_s}\frac{d\omega}{dt} = P_m - P_e \quad per\ unit \qquad (2.19)$$

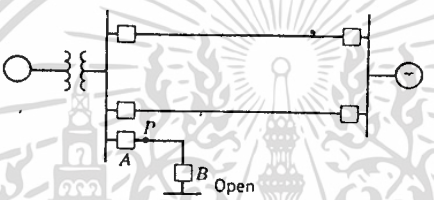
$$\frac{d\delta}{dt} \quad \omega - \omega_s \quad \frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_s \qquad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

EQUAL AREA CRITERION OF STABILITY

ใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของระบบเครื่องจักร 1 ตัว ต่อกับบัสอนันต์หรือ 2 ระบบเครื่องจักร เป็นการวิเคราะห์โดยไม่จำเป็นต้องหาคำตอบ swing equation

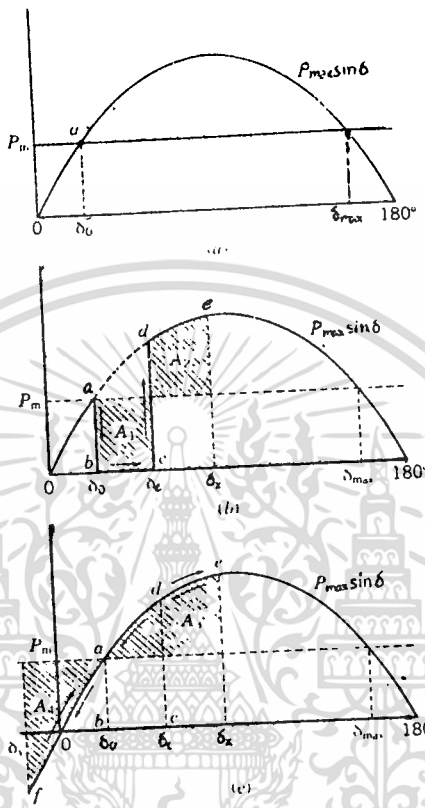


รูปที่ 3.1 one line diagram of example system

พิจารณาระบบดังรูป 3.1 ที่จุด p ที่ใกล้กับบัส เกิดกระแสลัดวงจรแบบ 3ϕ ขึ้นและถูกเคลียร์โดยเซอร์กิตเบรคเกอร์ A หลังจากช่วงเวลาที่เกิดลัดวงจรซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สั้นมากช่วงเวลาที่เกิด fault มีผลทำให้กำลังทางไฟฟ้าเอาท์พุทจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นศูนย์ลักษณะทางกายภาพของสภาวะก่อน ระหว่าง และหลังจากเกิด fault สามารถทำความเข้าใจโดยการวิเคราะห์กราฟมุมกำลังในรูป 3.2 โดยเริ่มแรกเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังทำงานที่ความเร็วซิงโครนัส เมื่อมุมกำลังเท่ากับ δ_0 และกำลังอินพุททางกล P_m เท่ากับกำลังทางไฟฟ้าเอาท์พุท P_e ดังแสดงในรูปที่จุด a ในรูป 3.2a เมื่อ fault เกิดขึ้นที่เวลา t=0 กำลังเอาท์พุททางไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ทันที ในขณะที่กำลังงานกลอินพุทคงที่ ดังรูป 3.2b ความแตกต่างของกำลังทั้ง 2 จะมีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์สะสมในมวลโรเตอร์ ทำให้โรเตอร์มีความเร็วมวลเพิ่มขึ้นด้วยกำลังเร่งที่มีค่าคงที่คือ P_m

เมื่อเรากำหนดให้เวลาที่ใช้เคลียร์ fault คือ t_c ดังนั้นในช่วงเวลา t ที่น้อยกว่า t_c ค่าความเร่งคงที่นี้ถูกกำหนดโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 power angle curve for the generator, area $A_1 = A_2, A_2 =$

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\omega_s}{2H} P_m \qquad \frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{w_s}{2H} P_m \tag{3.1}$$

เมื่อ fault เกิดขึ้น ค่าความเร็วที่เพิ่มขึ้นมาเหนือความเร็วซิงโครนัสหาได้จากกา

อินทิเกรตสมการ (3.1) จะได้

$$\frac{d\delta}{dt} = \int_0^t \frac{\omega_s}{2H} P_m dt \qquad \frac{d\delta}{dt} = \int_0^t w_s \frac{P_m}{2H} dt = \frac{w_s P_m t}{2H} \tag{3.2}$$

$$= \frac{\omega_s}{2H} P_m t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการอินทิเกรตอีกครั้งจะได้ตำแหน่งมุมโรเตอร์

$$\delta = \frac{\omega_s P_m}{4H} t^2 + \delta_0 \qquad \Delta = w_s P_m t^2 + \Delta_0 \qquad (3.3)$$

สมการที่ (3.2)และ(3.3) แสดงให้เห็นถึง ความเร็วของโรเตอร์ที่เพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้นจากความเร็วซิงโครนัสในขณะที่มุมของโรเตอร์เพิ่มจาก Δ_0 ไปยังมุมเคลียร์ Δ_c ในรูป 3.2b ช่วงที่มุม Δ วิ่งจาก b ไป c ในขณะที่ fault ถูกเคลียร์ ค่าความเร็วที่เพิ่มขึ้นมาจากความเร็วซิงโครนัสและค่ามุม ณ.ตำแหน่งเวลาเคลียร์ fault หาได้จาก

$$\left.\frac{d\delta}{dt}\right|_{t=t_c} = \frac{\omega_s P_m}{2H} t_c \qquad \left.\frac{d\Delta}{dt}\right|_{t=t_c} = \frac{w_s P_m t_c}{2H} \qquad (3.4)$$

$$\left.\delta(t)\right|_{t=t_c} = \frac{\omega_s P_m}{4H} t_c^2 + \delta_0 \qquad \left.\Delta(t)\right|_{t=t_c} = \frac{w_s P_m t_c}{4H} + \Delta_0 \qquad (3.5)$$

เมื่อ fault ถูกเคลียร์ที่ตำแหน่งมุม Δ_c กำลังไฟฟ้าเอาท์พุทจะเพิ่มขึ้นทันทีไปยังค่าที่ตำแหน่ง d ในกราฟมุมกำลัง ที่จุด d ค่ากำลังไฟฟ้าเอาท์พุทมีค่าเกินกำลังทางกลอินพุท ดังนั้นกำลังเร่งจึงเป็นลบจึงเป็นผลให้โรเตอร์ลดความเร็วลง ในช่วงระหว่างที่ P_e เคลื่อนที่จากจุด d ไปยังจุด e ในรูป 3.2c ที่จุด e ความเร็วโรเตอร์มีค่าเป็นความเร็วซิงโครนัสอีกครั้งหนึ่ง แม้ว่ามุมโรเตอร์จะมีค่าไปถึง Δ_e ก็ตาม. ที่ Δ_e นี้ $A_1 = A_2$. ที่ e , P_e เป็นลบ. power angle จึงเคลื่อนที่กลับไป s. ที่ s นี้ ความเร็วน้อยกว่า synchronous speed. จาก s - f P_m มากกว่า P_e มีผลให้ โรเตอร์เพิ่มความเร็วอีกครั้งหนึ่งจนถึงจุด f ซึ่งมีความเร็วเท่ากับ synchronous speed ที่ f $A_3 = A_4$.

การนำ equal area criterion มาพิจารณาร่วมกับ swing equation เพื่อแสดงให้เห็นว่า $A_1 = A_2$, $A_3 = A_4$.

$$\frac{2H}{\omega_s}\frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m - P_e \qquad \frac{2H}{w_s}\frac{d\Delta}{dt} = P_m - P_e \qquad (3.6)$$

ค่าความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์เมื่อเทียบกับความเร็วซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\omega_r = \frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_s \qquad w_r = \frac{d\Delta}{dt} = w - w_s \qquad (3.7)$$

differentiate (3.7) แทนใน (3.6) จะได้

$$\frac{2H}{\omega_s}\frac{d\omega_r}{dt} = P_m - P_e \qquad \frac{2H}{w_s}\frac{dw_r}{dt} = P_m - P_e \qquad (3.8)$$

คูณ(3.8)ด้วย $w_r = d\Delta/dt$ ทั้งสองข้าง $\omega_r = d\delta/dt$

$$\frac{H}{w_s}\,2w_r\frac{dw_r}{dt} = (P_m - P_e)\frac{d\Delta}{dt} \qquad \frac{H}{w_s}\,2w_r\frac{dw_r}{dt} = (P_m - P_e)\,d\Delta \qquad (3.9)$$

$$\frac{H}{w_s}\frac{d(w_r^2)}{dt} = (P_m - P_e)\frac{d\delta}{dt} \qquad \frac{H}{w_s}\,d(w_r^2) = (P_m - P_e)\,d\delta \qquad (3.10)$$

คูณ(3.10)ด้วย dt และ อินทิเกรทจะได้

$$\frac{H}{w_s}(w_{r2}^2 - w_{r1}^2) = \int_{\delta_1}^{\delta_2}(P_m - P_e)\,d\delta \qquad \frac{H}{w_s}(w_{r2}^2 - w_{r1}^2) = \int_{\Delta_1}^{\Delta_2}(P_m - P_e)\,d\Delta \qquad (3.11)$$

ที่ $\Delta_1 \Rightarrow w_r = w_{r1}$, $\Delta_2 \Rightarrow w_r = w_{r2}$ $\quad \omega_{r1} = \omega_{r2} \Rightarrow \omega_r = \omega_{r1}$

$w_{r1} = w_{r2}$ = synchronous speed $\quad \omega_{r1} = \omega_{r2}$

ดังนั้น $(w_{r1} - w_{r2}) = 0$ $\quad \omega_{r1} - \omega_{r2} = 0$

จาก (3.11)

$$\int_{\Delta_1}^{\Delta_2}(P_m - P_e)\,d\Delta = 0 \qquad \int_{\delta_1}^{\delta_2}(P_m - P_e)\,d\delta = 0 \qquad (3.12)$$

จากรูปที่(3.2b)

$$\int_{\Delta_1}^{\Delta_C}(P_m - P_e)\,d\Delta + \int_{\Delta_C}^{\Delta_2}(P_m - P_e)\,d\Delta = \qquad (3.13)$$

$$\int_{\delta_1}^{\delta_C}(P_m - P_e)\,d\delta + \int_{\delta_C}^{\delta_2}(P_m - P_e)\,d\delta$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

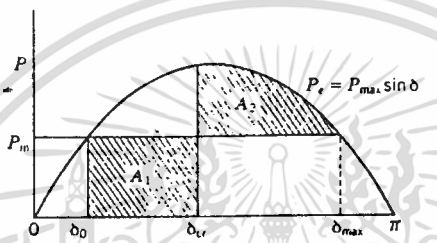
$$\int_{\delta_0}^{\delta_c}(P_m-P_e)d\delta = \int_{\delta_c}^{\delta_x}(P_e-P_m)d\delta$$

หรือ

$$\int_{\lambda_0}^{\lambda_c}(P_m-P_e)\,d\lambda = \int_{\lambda_c}^{\lambda_x}(P_e-P_m)\,d\lambda \qquad (3.14)$$

เมื่ออินทิกรัลทางซ้ายนำไปใช้คำนวณเวลาที่เกิดฟอลท์ สามอินทิกรัลทางขวามือ
เวลาช่วงเวลา postfault จนถึง มุมที่สวิงสูงสุด (λ_x) (δ_x)

สำหรับ critical clearing time & critical clearing angle
พิจารณาจากรูป (3.3) ได้ดังนี้



รูปที่ 3.3 area A1 = A2

$$A_1 = \int_{\lambda_0}^{\lambda_{cr}} P_m\,d\lambda = P_m(\lambda_{cr}-\lambda_0) \qquad (3.15)$$

$$A_2 = \int_{\lambda_{cr}}^{\lambda_{max}} (P_{max}\sin\lambda - P_m)\,d\lambda$$

$$= P_{max}(\cos\lambda_{cr}-\cos\lambda_{max}) - P_m(\lambda_{max}-\lambda_{cr}) \qquad (3.16)$$

โดยหลักการของ EQUAL AREA CRITERION

$$A_1 = A_2$$

จะได้ (3.15) = (3.16)

$$\cos\lambda_{cr} = (P_m/P_{max})(\lambda_{max}-\lambda_0) + \cos\lambda_{max}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

007748

(3.17)

จาก power-angle curve

$$\lambda_{max} = \pi - \lambda_o \quad \text{elec rad} \qquad (3.18)$$

และ

$$P_m = P_{max} \sin\lambda_o \qquad (3.19)$$

แทนค่า λ_{max} และ P_m ลงใน (3.17) จะได้

$$\lambda_{cr} = \cos^{-1}[(\pi-2\lambda_o)\sin\lambda_o - \cos\lambda_o] \qquad (3.20)$$

สำหรับ critical clearing time คำนวณได้จาก (3.5)

$$\lambda_{cr} = \frac{w_s P_m t_{cr}^2}{4H} + \lambda_o \qquad (3.21)$$

ดังนั้น

$$t_{cr} = \sqrt{4H(\lambda_{cr} - \lambda_o) / w_s P_m} \qquad (3.22)$$

ในกรณีที่ขณะที่เกิด fault ยังคงมี power ส่งผ่านไปได้นั้นในกรณีนี้จะมี power angle curve ขึ้นใน 3 ลักษณะคือ

before the fault : $P_e = P_{max}\sin\lambda$

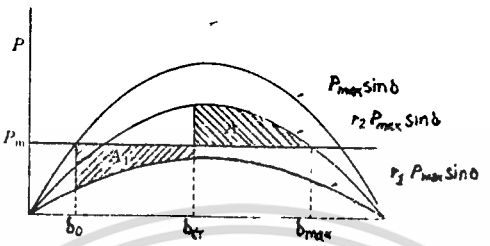
during the fault : $P_e = r_1 P_{max}\sin\lambda$

after the fault : $P_e = r_2 P_{max}\sin\lambda$

โดย r_1 และ r_2 คืออัตราส่วนระหว่าง amplitude ของ power angle curve ในขณะที่เกิด fault และหลังเกิด fault ตามลำดับต่อ amplitude ของ power angle curve ก่อนที่จะเกิด fault โดย amplitude ของ power angle curve หาจาก

$$P_{max} = \frac{E_1 E_2}{X_{12}} \qquad (3.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.4 equal eres applied to fault clearing when power is transmitted during the fault, $A_1 = A_2$

ค่า r_1 และ r_2 อาจจะแปลความหมายให้อยู่ในรูปของ reactance ที่อยู่ระหว่าง machine ขณะก่อน,ระหว่างและหลังการเกิด fault ได้ดังนี้

$$r_1 = \frac{X_{12} \text{ before fault}}{X_{12} \text{ during fault}}$$

$$r_2 = \frac{X_{12} \text{ before fault}}{X_{12} \text{ after fault}}$$

พิจารณารูปโดยการใช้หลักของ equal eres critertion จะได้ว่า

$$\int_{\delta_0}^{\delta_{cr}} (P_m - r_1 P_{max}\sin\delta)d\delta = \int_{\delta_{cr}}^{\delta_{max}} (r_2 P_{max}\sin\delta - P_m)d\delta \quad (3.24)$$

$$\delta_{max} = \pi - \delta_0$$

หาค่าของอินทิกรัลจากสมการ (3.24)จะได้

$$\cos\delta_{cr} = \frac{(P_m/P_{max})(\delta_{max} - \delta_0) + r_2\cos\delta_{max} - r_1\cos\delta_0}{r_2 - r_1} \quad (3.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังในสภาวะทรานเซียนท์

บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสในระบบไฟฟ้ากำลัง การคำนวณเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิด Round rotor generator ซึ่งถือหลักว่าแรงดัน voltage behind direct-axis transient reactance มีค่าคงที่ E' คงที่
2. ชนิด Salient-pole generator ซึ่งถือหลักว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าของ flux linkage ของ field winding (E_{fd}) แปรเปลี่ยนได้

ขั้นตอนในการคำนวณ

ในการคำนวณเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสโดยใช้โมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวคำนวณนี้ จำเป็นที่จะต้องมีรายละเอียดของระบบ เช่น system buses, transmission line, transformer, generator และส่วนอื่นๆ อีกบางส่วนที่อาจจะจำเป็น จากนั้นก็จะมีขั้นตอนต่างๆ ซึ่งพอจะสรุปเป็น flow chart ดังรูป 4.1

จาก flow chart จะเห็นว่าขั้นตอนในการคำนวณคือ การคำนวณ load flow ซึ่งผลการคำนวณจะทำให้ทราบถึง system buses voltage ซึ่งในที่นี้ใช้วิธี Newton Rapson's Method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนต่อมาคือการ modified network data โดยที่ loads และ machine ทุกตัวในระบบจะต้องถูกแทนด้วย equivalent circuit แล้วนำไปรวมใน network data ที่มีอยู่ ซึ่งการแทน load ด้วย equivalent curcuit นั้น ปกติจะแทนด้วย Static impedance to ground หรือ Static admittance to ground และสำหรับการคำนวณในโปรแกรมนี้จะใช้ bus admittance matrix ดังนั้นจึงแปลง load เป็นค่า equivalent ได้ดังนี้

$$I_{p0} = (P_{lp} - jQ_{lp})/E^*_p$$

$$I_{00} = (P_{l0} - jQ_{l0})/E^*_0 \qquad (4.1)$$

P_{lp} Q_{lp}

P_{l0} และ Q_{l0} คือค่า real and reactive power of load bus P

E^*_0 E^*_p คือค่า conjugate ของ bus voltage ที่ bus P

I_{00} I_{p0} คือค่า กระแสที่ไหลจาก bus P ไปยังกราวน์

Y_{p0}

Static admittance (Y_{00}) หาได้จาก

$$(E_0 - E_0)\,Y_{00} = I_{00} \qquad (4.2)$$

$$(E_p - E_0)\,Y_{p0} = I_{p0}$$

E_0 คือค่า voltage ที่ ground ซึ่งเท่ากับ 0

E_0 $Y_{00} = I_{00}/E_0$ $Y_{p0} = I_{p0}/E_p$

$$= (P_{l0} - jQ_{l0})/E_0\,E^*_0 \qquad (4.3)$$

$$= (P_{lp} - jQ_{lp})/E_p E^*_p$$

ส่วนการแทน machine ด้วย equivalent circuit จะแทนด้วยค่า admittance ที่หาจากค่า transient reactance ของ machine นั่นเอง

ขั้นตอนต่อมาคือ การหาค่า voltage ของตัวที่นำมาเป็น equivalent power source ของ machine ซึ่งจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ระบบ คือ แบบ Round rotor generator และ แบบ Salient pole generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของ Round rotor จะแทน generator ด้วย voltage ecurce in back of trancient reactence ซึ่งตลอดการคำนวณ โวลเตจนี้จะมีค่าคงที่ แต่ตำแหน่ง ,ซึ่งมุมจะเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ซึ่งจะเห็นได้จากสมการ

$$E = E_t + r_a I_t + jx'_d I_t \qquad (4.4$$

$$E = E_t + r_a I_t + jx'_d I_t$$

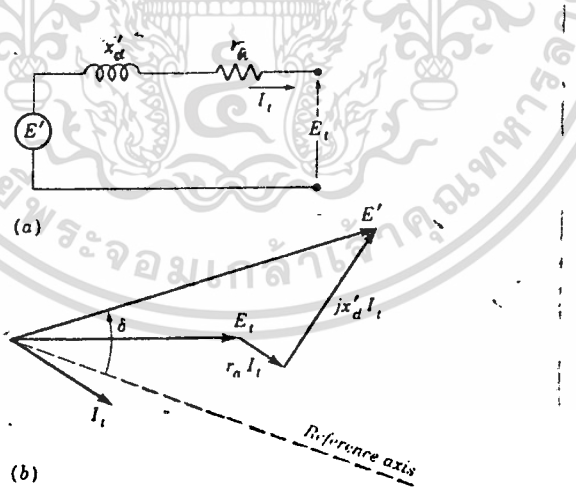
E คือ Voltage back of transient reactance

E_t คือ Terminal voltage ของ generator

I_t คือ กระแสที่ไหลผ่าน terminal ของ generator

r_a คือ ความต้านทานของขดลวดอเมเจอร์ ซึ่งสำหรับ generator ตัวใหญ่ๆ จะมีค่าเข้าใกล้ 0

x'_d คือ direct-axis transient reactance



รูปที่ 4.3 แสดงการแทน Round rotor machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

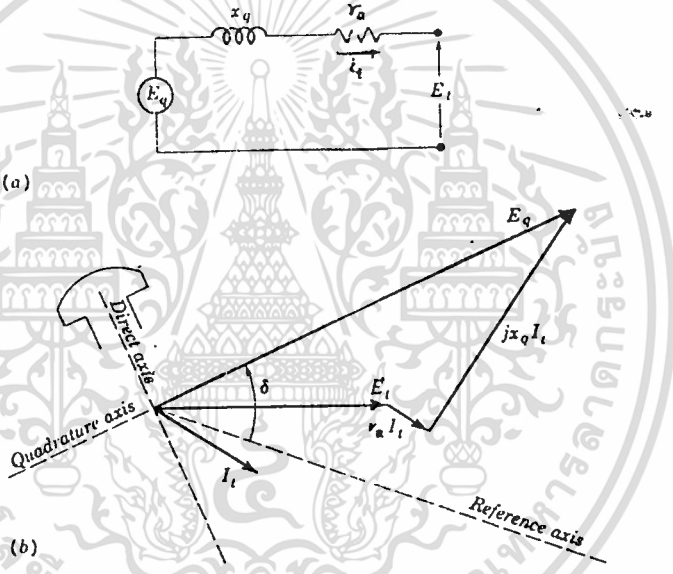
ในกรณีของ Seliant pole จะแทน generator ด้วย voltage back of quadrature-axis synchronous reactance

$$E_a = E_t + r_a I_t + jx_a I_t \quad (4.5$$

$$E_q = E_t + R_A I_t + jX_q I_t$$

E_q E_a คือ Voltage back of quadrature-axis synchronous reactance

X_q x_a คือ quadrature-axis synchronous reactance



รูปที่ 4.4 แสดงการแทน Seliant pole machine

ต่อมาคือการเริ่มคำนวณเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัว ซึ่งก็คือ คำนวณตำแหน่งเชิงมุมโรเตอร์ (λ) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั่นเอง ซึ่งจะถูกสมมุติให้เกิดความผิดปกติขึ้นในระบบ โดยความผิดปกติที่เกิดขึ้นจะเป็นเหตุทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพซึ่งก็คือ fault ชนิดต่างๆ ได้แก่

1. Three-phase fault
2. Single line to ground fault
3. Line to line fault
4. Double line to ground fault

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fault ที่เกิดขึ้นบ่อยคือ Single line to ground แต่สำหรับใน Stability calculation จะกำหนดให้เกิด Three-phase fault ขึ้นในระบบ เพราะมีความรุนแรงที่สุด ซึ่งจะทำให้ voltage ที่ bus ที่เกิด fault มีค่าเป็น 0 และนอกจากนี้ก็จะมีการ modify system data ขึ้น ถ้ามี Switching operation เกิดขึ้นในระบบ เช่น มีการ trip ของ circuit breaker จากนั้นก็จะทำการคำนวณหา system bus voltage ขึ้นอีกโดยจะใช้ Gauss Siedal method.

$$E_p^{k+1} = \sum_{q=1}^{n+m} Z_{pq} I_q \qquad p=1,2,\ldots,n \qquad (4.6)$$

p ไม่เท่ากับ f

$$E_p^{k+1} = \sum_{q=f}^{n+m} Z_{pq} I_q$$

n คือ จำนวนบัส

m คือ จำนวน busses behind the equivalent machines impedance

f คือ bus ที่เกิด fault

I_q คือ กระแสโหลด

ต่อไปจะเป็นการคำนวณค่า real power ที่ generator แต่ละตัวจ่ายออกมา ซึ่ง generator ทั้ง 2 ชนิด จะมีการคำนวณที่แตกต่างกันดังนี้

Calculation of round rotor generators

หลังจากที่แทน round rotor generators ด้วย voltage behind transient reactance แล้ว ยังมีสิ่งที่เป็นตัวกำหนดสภาพของ generator อีกคือ ในขณะที่เกิด fault ขึ้นในระบบ geserator แต่ละตัวต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าเท่าใด ซึ่งเมื่อทราบถึงกำลังไฟฟ้าที่ generator จ่ายออกมา ก็จะทำให้ทราบ rate of change in speed of rotor of generator จาก swing equation

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\pi f}{H}(P_m - P_e) \qquad (4.7)$$

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{4f}{H}(P_m - P_e)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาของ generator ชนิด round rotor โดยที่ E' มีค่าคงที่ มีขั้นตอนง่ายๆ ดังนี้

หลังจากที่คำนวณ system bus voltage ก็จะคำนวณ machine current จาก

$$I_t = (E - E_t)\, Y_t \qquad (4.8)$$

$$I_t = (E - E_t)\, Y_p$$

เมื่อ E คือ voltage behind direct axis transient reactance

E_t E_m คือ terminal voltage of machine

Y_p Y_m คือ equivalent admittance of machine

เมื่อได้ค่า machine current แล้ว นำไปหาค่า Electrical real power ของ machine จากสูตร

$$P_e - jQ_e = I_t\,(E')$$

$$P_e - jQ_e = I_t\,(E')$$

$$P_e = \text{Real}\,(I_t\, E')$$

$$P_e = \text{Real}\,(I_t\, E')$$

จากนั้นนำเอาค่า Electrical real power ไปใช้ในการแก้สมการ second order differential เมื่อหาค่าของมุม δ และความเร็วเชิงมุม w ออกมา ซึ่งวิธีการที่จะแก้สมการจะกล่าวถึงในหัวข้อ 5.4

Calculation of salient pole generators

จากสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นในการคำนวณเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด salient pole จะถือมีว่าการเปลี่ยนแปลงค่า field flux linkage เนื่องจากแทน machine ด้วย voltage back of quadrature-axis synchronous reactance (E_q) แล้วจะทำให้ทราบค่ามุม δ จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_q = e_q + jf_q$$

$$E_a = e_a + jf_a \qquad (4.9)$$

$$\angle E_a = \tan^{-1}\frac{f_a}{e_a} \qquad (4.10)$$

$$\angle E_q = \tan^{-1}\frac{f_q}{e_q}$$

ค่า sinusodial flux ที่เกิดจาก field current จะเกิดตามแกนของ direct axis และ voltage ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของ field current จะ lag ค่าของ flux ไป 90 องศา บนแกน quadrature axis ซึ่งจะกำหนดได้จาก

$$E_1 = E_t + r_a I_t + jx_d I_d + jx_a I_a \qquad (4.11)$$

$$E_1 = E_t + r_a I_t + jx_d I_d + jx_q I_q$$

E_1 คือ voltage proportional to field current

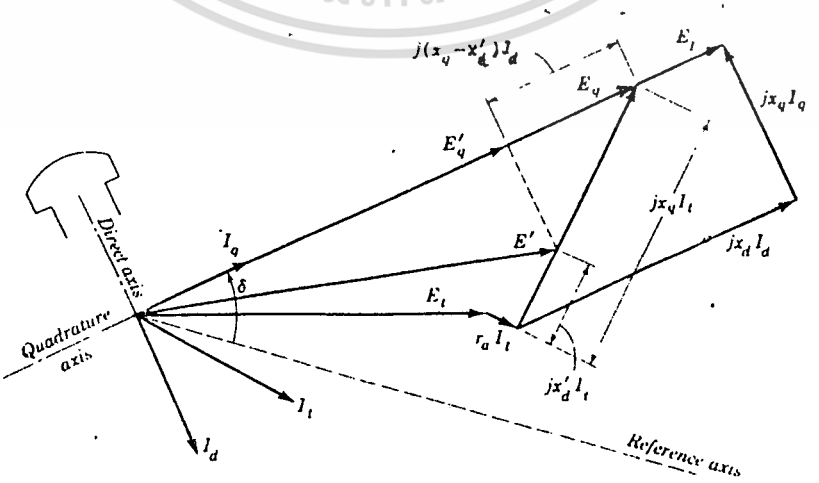
x_d คือ direct-axis synchronous reactance

x_a คือ quadrature-axis synchronous reactance

I_d คือ direct-axis component of machine terminal current

I_a คือ quadrature-axis component of machine terminal current

Phasor diagram ซึ่งแสดง voltage proportional to field current และ voltage back of transient reactance ดังรูป 4.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 Phasor diagram แสดง the quadrature component ของ voltage behind transient reactance

จาก phasor diagram จะเห็นว่า quadrature component ของ voltage behind transient reactance (E_q') คือ

$$E_q' = E_q - j(x_d - x_d') I_d \qquad (4.13)$$

E_q คือ voltage proportional to field flux linkage ซึ่งรวมผลของ field current และ armature current

Field flux linkage ไม่สามารถที่จะเปลี่ยนทันทีทันใดได้หลังจากเกิด fault แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงของ E_q ซึ่งขึ้นอยู่กับ field voltage ที่ถูกควบคุมโดย Regulator และ Exciter และยังขึ้นอยู่กับ voltage proportional to field current กับ direct-axis transient open circuit time constant

$$\frac{dE_q'}{dt} = \frac{1}{T_{do}} (E_{fd} - E_x) \qquad (4.13)$$

ค่า initial field voltage (E_{fd}) จะมีค่าเท่ากับ E_1 ถ้าไม่คิดผลของ saturation และค่า field voltage นี้จะมีค่าคงที่ เพราะว่าไม่คิดผลของ Exciter control system ขั้นต่อไปในการคำนวณคือ หาผลที่เกิดขึ้นกับ E_q' เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของ terminal voltage (E_t) ซึ่งก็คือการคำนวณ machine terminal current

$$I_t = (E_q' - E_t) \frac{1}{r_a + jx_q} \qquad (4.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นก็หา component ของ terminal current ตามแกนของ direct-axis แล้วนำไปคำนวณหา voltage behind quadrature-axis synchronous reactance

$$E_q = V_q + (x_q - x_d') I_d$$

$$E_q = E_a + (x_a - x_d') I_a \qquad (4.15)$$

ค่าของ machine air-gap power หาจาก

$$P - jQ = V_t I_a^*$$

$$P - jQ = I_a E_a^* \qquad (4.16)$$

$$P = \text{Re}\{I_a E_a^*\}$$

$$P = \text{Re}\{I_a V_q^*\}$$

ซึ่งจะนำไปแก้สมการ differential ต่อไป

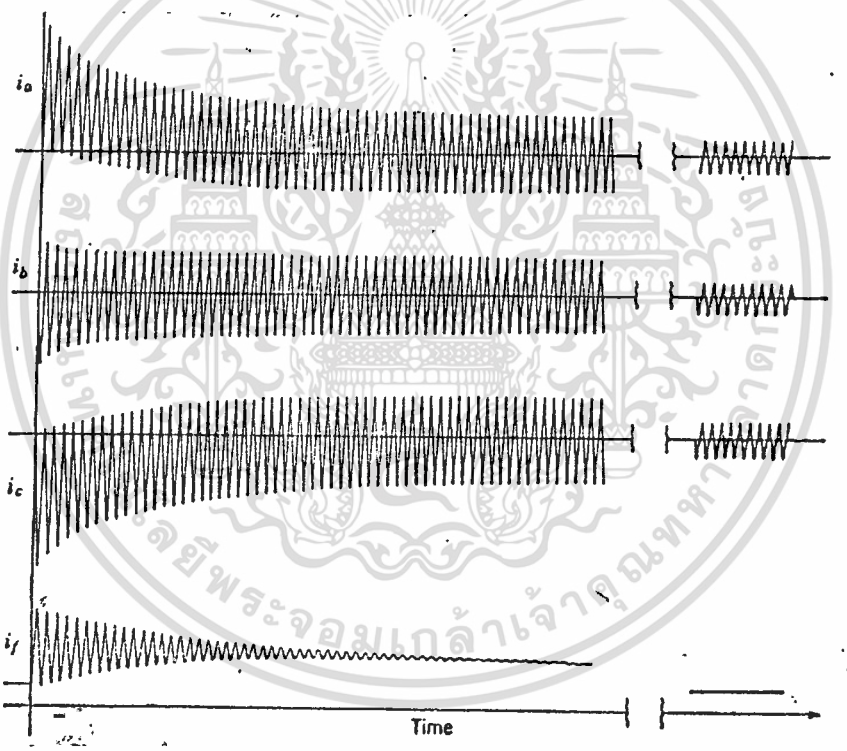
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำผลของ Subtransient Reactance มาร่วมพิจารณาในการคำนวณ

สำหรับผลของ Subtransient Reactance นั้น สามารถพิจารณาได้จากออสซิลโล แกรม ของกระแสลัดวงจรอย่างทันทีทันใดในระบบ 3 เฟส.

จากรูป (4.5) แสดงการลัดวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส , กระแส อาร์เมเจอร์ ทั้ง 3 เฟส I_a , I_b , I_c , กระแสฟิลด์ I_f.

รูป 4.6 I_a , I_b , I_c I_f



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ลักษณะของกระแสลัดวงจร</u>

<u>กระแสอาร์เมเจอร์</u> ในแต่ละเฟสประกอบด้วยส่วนสมมาตรหรือส่วนกระแสสลับและส่วนที่ไม่สมมาตรหรือส่วนกระแสตรง.

ส่วนประกอบไฟกระแสสลับนั้นมีลักษณะเหมือนกันทั้ง 3 เฟส , มีลักษณะเป็นคลื่นซายน์ที่ถูกล้อมเป็นทางเดินของส่วนประกอบไฟกระแสตรงและมีเฟสห่างกัน 120 องศา. ส่วนประกอบของไฟกระแสตรงมีค่าสูงสุดขณะเกิดลัดวงจรทันทีทันใด,และจะลดลงในที่สุดเป็นค่า I_{ss} (sustained value). ถ้านำ I_{ss} มาลบออกจากส่วนไฟกระแสสลับ , ส่วนที่เหลือจะประกอบด้วย 2 คอมโพเนนท์คือ transient component I ด้วยค่า time constant T_d' และส่วน subtransient I ซึ่งมีระยะเวลาที่สั้นมากด้วยtime constant T_d'' ดังนั้น amplitude ของ a.c. component สามารถกำหนดโดยฟังก์ชันของเวลาดังนี้

$$I_{ac} = I_{ss} + I_d' \exp(-t/T_d') + I_d'' \exp(-t/T_d'')$$

เมื่อ

$$I_{ss} = E/x_d \quad , \quad I_{ss} + I_d' = E/x_d' \quad , \quad I_{ss} + I_d' + I_d'' = E/x_d''$$

E : open circuit voltage of an unsaturated machine or voltage read from the air gap line of a saturate machine

$$I_{ac} = E\left[\frac{1}{x_d} + \left(\frac{1}{x_d'} - \frac{1}{x_d}\right)(\exp(-t/T_d')) + \left(\frac{1}{X_d''} + \frac{1}{x_d'}\right)\exp(-t/T_d'')\right]$$

เมื่อ

I_d : Offset current.

X_d' : Direct-axis transient reactance.

X_d'' : Direct-axis subtransient reactance.

T_d : Direct-axis transient short-circuit time constant.

T_d : Direct-axis subtransient time constant.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือถ้าคิดผลของ subtransient reactance ก็จะต้องนำผลของความสัมพันธ์ ข้างต้นมาพิจารณาด้วย ซึ่งแสดงในส่วนของsubroutine xcal

ส่วนประกอบไฟกระแสตรง ของกระแสอาร์เมเจอร์ทั้ง 3 เฟสนั้นมีขนาดต่างกันทั้งหมด ซึ่งจะมีค่าลดลงแบบเอ็กโปเนนเชียลด้วยค่าเวลาคงที่ที่เหมือนกันเท่ากับ T_a (Armature short circuit time constant) เมื่อส่วนประกอบของไฟกระแสตรงนั้นหาได้จาก

$$I_{dc} = \frac{\sqrt{2}\, E \cos\alpha \exp(-t/T_a)}{X''_d}$$

เมื่อ α คือ Switching angle.

ค่าประสิทธิผลของกระแสอาร์เมเจอร์ซึ่งรวมส่วนประกอบ a-c และ d-c คือ

$$I = \sqrt{I_{ac}^2 + I_{dc}^2}$$

ค่าประสิทธิผลเริ่มต้นที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ของกระแสอาร์เมเจอร์ก็คือส่วนกระแส offset ทั้งหมด, ประกอบด้วยส่วนประกอบ a-c คือ

$$I_{ac} = E/X''_d$$

เมื่อ I_{ac} = A-C offset current.

และส่วนประกอบ D-C คือ

$$I_{dc\ max} = \sqrt{2}\, X''_d$$

เมื่อ $I_{dc\ max}$ = D-C offset current.

ดังนั้น $I_{a\ max} = \sqrt{I_{ac}^2 + I_{dc\ max}^2} = \sqrt{3}\, E/X''_d$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $I_{g\ max}$: ค่าประสิทธิผลเริ่มแรกที่สูงที่สุดที่เป็นไปได้ของกระแสอาร์เมเจอร์

: Fully Offset Wave.

สำหรับรายละเอียดทั้งหมด ศึกษาได้จากหนังสือ Power System Stability vol. 3.,Synchronous machine. ผู้เขียน Edward Wilson Kimbark.

สมมุติฐานที่นำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์

1. กำลังอินพุทที่ให้แก่เครื่องจักรแต่ละตัว มีค่าคงที่ตลอดการคำนวณทั้งหมด
2. ไม่คิด Damping Power
3. เครื่องจักรแต่ละตัวถูกแทนด้วยค่า Transient Reactance ตออนุกรมกับแรงดันภายในสภาวะ Transient
4. มุมทางกลของโรเตอร์ของเครื่องจักรแต่ละตัวทับกันสนิทกับมุมทางไฟฟ้าของแรงดันภายในสภาวะ Transient
5. โหลดทั้งหมดถูกพิจารณาเหมือนเป็นอิมพีแดนซ์ต่อไปยังกราวด์ โดยกำหนดค่านี้ในสภาวะเงื่อนไขก่อนเกิดสภาวะ Transient

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

Numerical method for solving differential equations

การหาผลลัพธ์ของสมการดิฟเฟอเรนเชียลโดยวิธีทาง numerical นั้นทำได้หลายวิธีคือ

Euler's Method

The Modified Euler Method

The Runge-Kutta Method

ในการหาคำตอบของ swing equation ของวิทยานิพนธ์ นี้ใช้ Modified - Euler method ที่จะกล่าวถึงในรายละเอียดดังนี้

Modified Euler method

ก่อนที่จะศึกษาถึงวิธี modified Euler เราจะต้องเข้าใจวิธี Euler' method ก่อน คือ ถ้าเรามีสมการ first-order differential equation

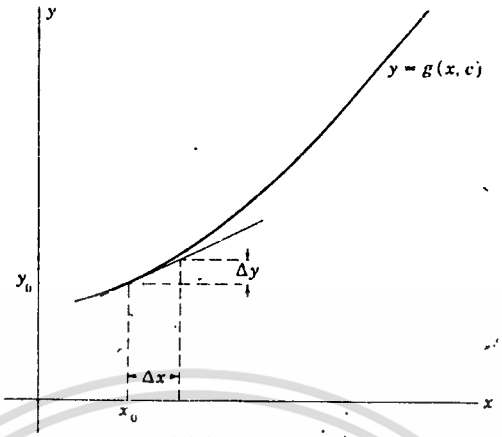
$$\frac{dy}{dx} = f(x,y) \qquad (5.1)$$

โดย x เป็นตัวแปรอิสระและ y เป็นตัวแปรตาม เราจะได้คำตอบของสมการแรกในรูป

$$y = g(x,c) \qquad (5.2)$$

โดยค่า c เป็นค่าคงที่จากการพิจารณาค่าเริ่มต้นของสมการ กราฟของสมการที่ได้แสดงดังรูป 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงฟังก์ชันของผลลัพธ์ของสมการดิฟเฟอเรนเชียล

จะเห็นว่าการฟเป็นแบบ smooth curve ซึ่งเราแบ่งเป็นส่วนย่อยๆได้คือ Δx โดยเราประมาณว
เป็นเส้นตรงเริ่มที่จุด (x_0, y_0) บน curve เราจะได้

$$\Delta y \simeq \left.\frac{dy}{dx}\right|_0 \Delta x \qquad (5.3)$$

ค่า dy/dx คือค่าความชันของ curve นี้ที่จุด (x_0, y_0) หาได้จากการแทนค่า x_0 และ y_0 ลงในสมการ (1) ค่า y ใหม่ จึงได้จากการรวมค่าของ y โดยค่า x เป็นส่วนย่อยๆที่เราเลือกเพื่อแบ่งเส้นกราฟออกเท่าๆกัน ให้ $\Delta x = h$

$$y_1 = y_0 + \Delta y$$

(5.4)

$$y_1 = y_0 + \left.\frac{dy}{dx}\right|_0 h$$

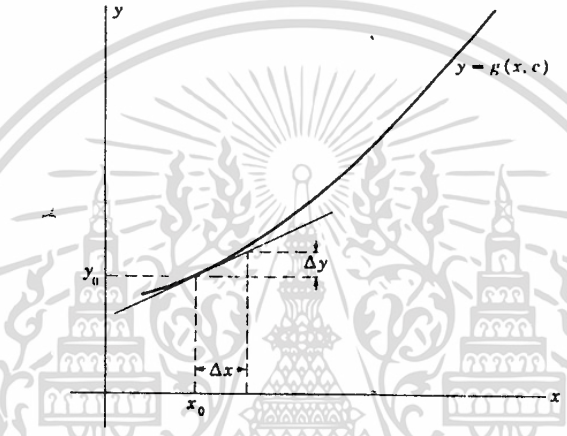
y เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นของ Δx เนื่องจากการเพิ่มค่าของ x โดยการทำซ้ำกับครั้งแรก เราจะได้

$$y_2 = y_1 + \left.\frac{dy}{dx}\right|_1 h \qquad (5.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\left.\frac{dy}{dx}\right| = f(x_1, y_1) \qquad (5.6)$$

ทำไปเรื่อยๆจนได้ค่าของ y ตามต้องการ ตัวอย่างรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าประมาณผลลัพธ์ของ differential equation by Euler Metho

วิธีนี้ค่าที่ได้จะถูกต้องเมื่อเราเลือกค่า Δx หรือ h น้อยๆ และเราไม่สามารถกำหนดความล
เอียดของคำตอบได้ เราจึงเลือกใช้วิธี modified Euler Method ซึ่งเป็นการพัฒนาม
จาก Euler's method

$$x_1 = x_0 + h \qquad (5.7)$$

$$y_1^{(0)} = y_0 + \left.\frac{dy}{dx}\right|_0 h \qquad (5.8)$$

และใช้ค่า x_1 กับ $y_1^{(0)}$ แทนลงในสมการ (5.1) เพื่อหาค่าโดยประมาณของ $\left.\frac{dy}{dx}\right|$
ในตอนปลายของช่วง

$$\left.\frac{dy}{dx}\right|_1^{(0)} = f(x_1, y_1^{(0)}) \qquad (5.9)$$

ค่าของ $y_1^{(1)}$ หาได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยของ $\left.\frac{dy}{dx}\right|$ $\left.\frac{dy}{dx}\right|_{(1)}^{(0)}$

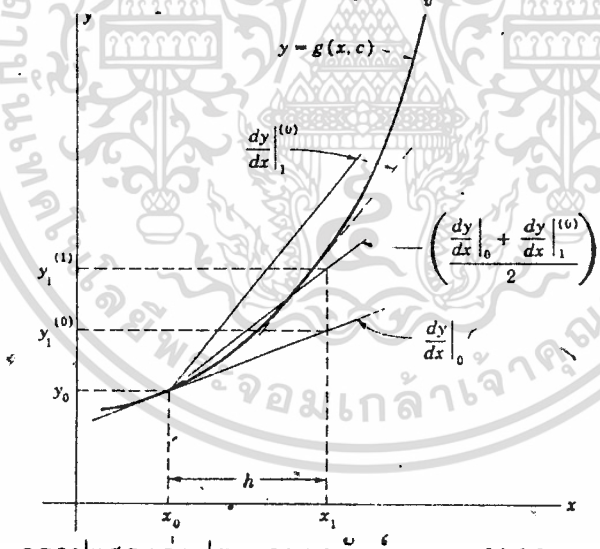
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y_1^{(1)} = y_0 + \left(\frac{dy}{dx}\bigg|_0 + \frac{dy}{dx}\bigg|_1^{(0)}\right) h \qquad (5.10)$$

ใช้ค่า x_1 และ $y_1^{(1)}$ หาค่าของ $y_1^{(2)}$ โดยวิธีเดียวกัน

$$y_1^{(2)} = y_0 + \left(\frac{dy}{dx}\bigg|_0 + \frac{dy}{dx}\bigg|_1^{(1)}\right) h \qquad (5.11)$$

หาไปเรื่อยๆจนได้ค่าแตกต่าง $y_1^{(n)} - y^{(n-1)}$ มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าค่า error เราตั้งไว้ หลังจากนั้นจึงทำการหาค่า $y_2, y_3 \ldots\ldots$ จนถึงค่า y ที่เราต้องการ โดยวิธีเดียวกัน ตัวอย่างการหาค่า y_1 ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าประมาณผลลัพธ์ของ differential equation โดย Modifie Euler Method

วิธี modified Euler method มีข้อดีคือ เราสามารถเลือกค่าความละเอียดถูกต้องของค่า y ได้โดยเซตค่า tolerance เมื่อค่า x มีค่าคงที่และมีค่าไม่น้อยพอ

หลังจากที่ทราบถึง numerical technique ในการแก้สมการ second order differential แล้ว เมื่อนำมาใช้กับกรณีของ machine equation ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึง เฉพาะ modified Euler mrthod จะได้ข้อสรุปในการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าเริ่มต้นของ internal voltage angles และ machine speeds ที่เวลา $t+\Delta t$ คือ

$$\lambda^{(o)}_{(t+\Delta t)} = \lambda^{(1)}_{(t)} + \left.\frac{d\lambda}{dt}\right|_{(t)} \Delta t \qquad (5.12)$$

$$w^{(o)}_{(t+\Delta t)} = w^{(1)}_{(t)} + \left.\frac{dw}{dt}\right|_{(t)} \Delta t \qquad (5.13)$$

โดยที่

$$\frac{d\lambda}{dt} = w_{(t)} - 2\pi f \qquad (5.14)$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{\pi f}{H}(p_m - p_e) \qquad (5.15)$$

การคำนวณค่า second estimates ของ initia, voltage, angle, machine speed

$$\lambda^{(1)}_{(t+\Delta t)} = \lambda_{(t)} + \left[\frac{\left.\frac{d\lambda}{dt}\right|_{(t)} + \left.\frac{d\lambda}{dt}\right|_{(t+\Delta t)}}{2}\right] \Delta t \qquad (5.16)$$

$$w^{(1)}_{(t+\Delta t)} = w_{(t)} + \left[\frac{\left.\frac{dw}{dt}\right|_{(t)} + \left.\frac{dw}{dt}\right|_{(t+\Delta t)}}{2}\right] \Delta t \qquad (5.17)$$

โดยที่

$$\left.\frac{d\lambda}{dt}\right|_{(t+\Delta t)} = w^{(o)}_{(t+\Delta t)} - 2\pi f \qquad (5.18)$$

$$\left.\frac{dw}{dt}\right|_{(t+\Delta t)} = \frac{\pi f}{H}\left(P_m - P_e{}^{(o)}_{(t+\Delta t)}\right) \qquad (5.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อแก้สมการหาค่ามุม λ ได้แล้วนำมาพล็อตเป็น swing curve เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไ

บทที่ 6

Factors Affecting Transient Stability

ปัจจัยที่เป็นสิ่งแสดงถึงข้อจำกัดของเสถียรภาพระบบคือ

1. การแกว่งของมุมกำลังในช่วงระหว่างและหลังสภาวะfault
2. critical clearing time

ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อข้อจำกัดทั้ง 2 ข้างบนคือ

1. transient reactance(x_d')
2. inertia constant(H)

สรุป 1. ถ้า H น้อยมุมการแกว่งในระหว่างช่วงเวลาใดๆจะใหญ่มาก

2. ถ้า x_d' มากขึ้น P_{max} จะลดลงและเมื่อพิจารณารูปข้างล่าง เมื่อ P_{max} ลดลง ซึ่ง P_m คงที่

ค่ามุมการทำงานของโรเตอร์ δ_0 ก็จะเพิ่มขึ้น δ_{max} จะลดลง ผลก็คือ ค่าP_{max}ที่ลดลงไปจะทำให้เครื่องจักรแกว่งไปจากมุมเริ่มต้นการทำงานเป็นมุมที่เล็กลงกว่ามุมเดิมก่อนที่การแกว่งจะถึงค่ามุมวิกฤต

ดังนั้น สรุปได้ว่า ค่า H ที่ต่ำการเพิ่มขึ้นของ x_d' จะทำให้ t_{cr} ลดลง และทำให้ความน่าจะเป็นในการรักษาเสถียรภาพของระบบลดลง

เทคนิคการควบคุมเสถียรภาพของระบบและการออกแบบระบบสายส่งจะมีส่วนเกี่ยวข้องในการเพิ่มเสถียรภาพทั้งหมดของระบบ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของระบบคอนโทรลและการออกแบบสายส่งประกอบด้วย

1. excitation systems ทำหน้าที่ ลดการสวิงของมุมเริ่มต้นของโรเตอร์หลังจากที่เกิด fault ขึ้นมาโดยการตรวจจับจากการลดลงของแรงดันมีลักษณะที่เกิด fault โดยใช้ automatic voltage regulator. หลักการหาระบบการกระตุ้น คือ การเพิ่มแรงดันจ่ายให้กับขดลวดของเครื่องจักร การเพิ่มขึ้นของฟลักซ์ในช่องอากาศจะสร้างผลให้เกิดแรงบิดต้านการหมุนบนตัวโรเตอร์ทำให้การเคลื่อนที่ของมันช้าลง.

2. turbine valve control ความสามารถในการปิดเทอร์ไบต์วาวล์อย่างรวดเร็วเพื่อลดความเร่งของเครื่องจักรแต่ละตัวในระหว่างระบบเกิด fault เพื่อเป็นการลดกำลังอินพุทที่ให้แก่turbine.

3. minimum system reactance การลดลงค่า reactance ระบบลงจะมีผลให้เพิ่ม r_i P_{max} เป็นการลดพื้นที่เร่งของรูป 14.11

4. single pole operation of circuit breaker การจัดระบบป้องกันในส่วนของ CB และ ระบบ relay ทำการป้องกันโดยเป็นอิสระ และ สามารถที่จะเลือกทำงานได้ตามชนิดของลักษณะและตำแหน่งที่เกิดฟอลท์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. addition transmission line โดยการเพิ่มขึ้นของจำนวนสายขนานระหว่าง2จุดใดๆ เป็นการลดค่า reactance ของสายลง ซึ่งจะเป็นอีกทางหนึ่งที่จะเพิ่มค่า P_{max} ขึ้นไปในช่วง postfault.

6. series capacitor compensation of line โดยการชดเชยค่า reactance ของสายโดยใช้ตัวเก็บประจุอนุกรมเข้าไป ซึ่งเป็นการประหยัด สำหรับการเพิ่มเสถียรภาพของระบบ ค่าความเก็บประจุจะมีผลไปเพิ่ม Postfault transient power ไปยังที่ระดับเดียวกันกับค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในสภาวะ prefault.

7. faster fault clearing angle ระบบอุปกรณ์ป้องกันทำการเคลียร์ฟอลท์ด้วยความเร็วสูงเพื่อที่จะทำให้ฟอลท์หายไปจากระบบเร็วที่สุด.

8. breaking Resister ใส่เข้าไปเพื่อลดความเร่งเชิงมุมของโรเตอร์ในขณะที่เกิดฟอลท์.

9. increased inertia โดยการเพิ่มค่า inertia เข้าไปใน flywheels ที่แยกออกมาเพื่อทำให้ความเร็วลดลงจะทำให้เราสามารถทำงานด้วยเวลาการรีโคลสลายด์ที่ยาวนานขึ้นได้อีกแต่ไม่เหมาะสมในเรื่องของราคาที่แพง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบในส่วนโปรแกรม EQUAL AREA CRITERION

1. พิจารณาหา critical clearing time ของ machine ทั้งสองตัวปรากฏว่าให้ผลของ t_{cri} ใกล้เคียงกับคอนหาโดยใช้ swing curve

2. จากผลการคำนวณจะได้ว่า Acceleration Area = Deceleration Area จึงพิสูจน์ให้เห็นว่า Equal Area Criterion เป็นจริงในทางปฏิบัติ

3. ข้อจำกัดของ Equal Area Criterion คือสามารถใช้ได้สำหรับกรณีที่ระบบเป็นแบบที่ประกอบด้วย machine 2 ตัวหรือ machine 1 ตัวกับ infinite bus เท่านั้นไม่สามารถใช้ในระบบ multimachine ได้ซึ่งต้องใช้การพิจารณาที่ swing curve แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ทำการแสดงเป็นรูป swing curve

FAULT TYPE 0 พิจารณาเกิด 3ϕ fault ที่บัส 2 ที่เวลา 0.04 วินาที clear ที่ 0.28 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise (0220002140040) และ clear ที่ 0.30 วินาที ผลคือ loss synchronise (0220002150040)

FAULT TYPE 1 พิจารณาเกิด 3ϕ fault ที่บัส 1 และบัส 2 ที่เวลา 0.04 วินาที พร้อมกัน clear บัส 1 ที่เวลา 0.32 วินาที, clear บัส 2 ที่เวลา 0.28 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise

clear บัส 1 ที่เวลา 0.4 วินาที, clear บัส 2 ที่เวลา 0.4 วินาที ผลคือ loss synchronise

clear บัส 1 ที่เวลา 0.08 วินาที, clear บัส 2 ที่เวลา 0.28 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise

clear บัส 1 ที่เวลา 0.08 วินาที, clear บัส 2 ที่เวลา 0.30 วินาที ผลคือ loss synchronise

FAULT TYPE 2 พิจารณาเกิด 3ϕ fault ที่บัส 2 เวลา 0.04 วินาที แล้วเกิดที่บัส 1 เวลา 0.10 วินาที clear fault ที่บัส 2 เวลา 0.28 วินาที

clear บัส 1 ที่เวลา 0.26 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise

clear บัส 1 ที่เวลา 0.28 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise แต่ไม่ดี

- clear บัส 1 ที่เวลา 0.30 วินาที ผลคือ loss synchronise

FAULT TYPE 3 พิจารณาเกิด 3ϕ fault ที่ปลายสายส่งที่ต่อระหว่างบัส 3 กับบัส 1

clear ที่เวลา 0.40 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise

clear ที่เวลา 0.42 วินาที ผลคือ loss synchronise

FAULT TYPE 4 - พิจารณาเกิด 3ϕ fault ที่ปลายสายส่งที่ต่อระหว่างบัส 2 และบัส 3 พร้อมกัน ขณะเดียวกันก็เกิดที่ปลายสายส่งระหว่างบัส 1 และบัส 3 ที่เวลา 0.28 วินาที

clear เส้นแรกที่ 0.28 วินาที, เส้นหลังที่ 0.36 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise

clear เส้นแรกที่ 0.28 วินาที, เส้นหลังที่ 0.38 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise

clear เส้นแรกที่ 0.32 วินาที, เส้นหลังที่ 0.40 วินาที ผลคือ loss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

synchronise

FAULT TYPE 5 - พิจารณาเกิด 3φ fault ที่ปลายสายส่งที่ต่อระหว่างบัส ... บัส ... ที่ 0.04 วินาที แล้วจึงเกิดที่ปลายสายส่งระหว่างบัส 1, บัส ...

- fault ที่สายส่งเส้นหลังเกิดที่ 0.20 วินาที
  clear ที่สายส่งเส้นแรกที่ 0.22 วินาที
  clear ที่สายส่งเส้นหลังที่ 0.30 วินาที ผลคือไม่ loss synchronise
- fault ที่สายส่งเส้นหลังเกิดที่ 0.22 วินาที
  clear ที่สายส่งเส้นแรกที่ 0.24 วินาที
  clear ที่สายส่งเส้นหลังที่ 0.30 วินาที ผลคือ loss synchronise

FAULT TYPE 0 เป็นกรณีที่ทดสอบ 3φ fault ที่เกิดที่บัส 1 แล้วจึงทำการ clear fault ที่เวลาต่างๆ มาเพื่อหา Critical Clearing Time ของ Generator ที่มี Inertia Constant ต่ำกว่า ซึ่งต่อที่บัส

การทดสอบ 1. พิจารณาให้เกิด Fault ที่บัส 1, ที่เวลา 0.4 วินาที
ทำการ clear ที่ ...34 วินาที Generator ที่ต่อบัส 2 สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้
ทำการ clear ที่ 0.36 วินาที Generator ที่ต่อบัส 2 ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้
ดังนั้น Critical Clearing Time ของ Generator นี้ อยู่ระหว่าง ...34 0.36 วินาที

2. พิจารณาให้เกิด Fault ที่บัส 2, ที่เวลา 0.4 วินาที
ทำการ clear ที่ 0.28 วินาที Generator ที่ต่อบัส 1 สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้
ทำการ clear ที่ 0.30 วินาที Generator ที่ต่อบัส 1 ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้
ดังนั้น Critical Clearing Time ของ Generator นี้ อยู่ระหว่าง .28 0.30 วินาที

1. พิจารณาให้เกิด ... ที่บัส 3, ที่เวลา 0.4 วินาที
ทำการ clear ที่ 0.44 วินาที Generator ที่ต่อบัส 2 สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ทำการ clear ที่ 0.46 วินาที Generator ที่ต่อบัส 2 ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

ฉะนั้น Critical Clearing Time ของ Generator ตัวนี้อยู่ระหว่าง 0.44 0.45 วินาที

สรุป Fault จะมีผลต่อ Generator ที่มีค่า Inertia Constant ต่ำที่สุด แม้ว่า Fault จะไม่ได้เกิดที่บัสที่มี Generator ที่ค่า Inertia Constant ต่ำที่สุดก็ตาม ผลของ Fault ที่สามารถส่งไปยัง Generator ตัวที่มีค่า Inertia Constant ต่ำสุด และค่า Critical Clearing Time ของ Generator ที่บัส 2 นี้ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับ Fault ที่เกิดขึ้นด้วยว่าเกิดที่บัสใด

FAULT TYPE 1 เป็นการทดสอบให้เกิด [illegible] Fault [illegible] หลังจากนั้นที่ [illegible] critical clearing [illegible] generator ที่มีค่า inertia constant ต่ำสุดหนึ่ง

1. ให้เกิด fault ที่บัสที่ 1 และบัสที่ 2 พร้อมกัน

กรณีที่ 1 ให้เวลา clear fault ของ generator ตัวแรกเท่ากับเวลา clear fault ของ generator ตัวหลัง

ผลการทดสอบ ให้เวลาที่เกิด fault เกิดที่ 0.04 วินาที

1. $t_{c1} = t_{c2} = 0.28$ วินาที, generator ที่ต่อที่บัส 2 สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้
2. $t_{c1} = t_{c2} = 0.30$ วินาที, generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้

ฉะนั้น critical clearing time ของ generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 มีค่าระหว่าง 0.28-0.3 วินาที

กรณีที่ 2 ให้เวลา clear fault ของ generator ตัวแรกและ generator ตัวหลังไม่เท่ากัน

ผลการทดสอบ ให้เวลาที่เกิด fault เกิดที่ 0.04 วินาที

1. t_{c1} = 0.28 วินาที, t_{c2} = 0.30 วินาที. generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้
2. t_{c1} = 0.34 วินาที, t_{c2} = 0.36 วินาที, generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. t_{c1} = 0.34 วินาที, t_{c2} = 0.00 วินาที, generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้

4. t_{c1} = 0.08 วินาที, t_{c2} = 0.30 วินาที, generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้

5. t_{c1} = 0.08 วินาที, t_{c2} = 0.30 วินาที, generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้

ข. ให้เกิด fault ที่บัสที่ 1 และบัสที่ 3 พร้อมกัน (บัสที่ 2 ไม่มี generator ต่ออยู่)

กรณีที่ 1 ให้เวลา clear fault ของ generator ตัวแรกและ generator ตัวหลังเท่ากัน

ผลการทดลอง ให้เวลาที่เกิด fault เกิดที่ 0.04 วินาที

1. $t_{c1} = t_{c2}$ = 0.32 วินาที, generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้

2. $t_{c1} = t_{c2}$ = 0.34 วินาที, generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสได้

ดังนั้น critical clearing time ของ generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 มีค่าระหว่าง 0.30-0.34 วินาที

กรณีที่ 2 ให้เวลา clear fault ของ generator ตัวแรกและ generator ตัวหลังไม่เท่ากัน

ผลการทดลอง ให้เวลาที่เกิด fault เกิดที่ 0.04 วินาที

1. t_{c1} = 0.08 วินาที, t_{c2} = 0.44 วินาที, generator ที่ต่อที่บัส 2 สามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้

2. t_{c1} = 0.08 วินาที, t_{c2} = 0.46 วินาที, generator ที่ต่อที่บัส 2 ไม่สามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้

3. t_{c1} = 0.34 วินาที, t_{c2} = 0.08 วินาที, generator ที่ต่อที่บัส 2 สามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้

4. t_{c1} = 0.36 วินาที, t_{c2} = 0.08 วินาที, generator ที่ต่อที่บัส 2 ไม่สามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้

สรุป ผลของ fault ที่เกิดขึ้นแม้ว่าจะไม่ได้เกิดขึ้นที่บัสที่ generator ตัวที่มีค่า inertia constant ต่ำกว่าก็ตาม แต่ผลของ fault ก็จะไปมีผลกับ generator ตัวนี้ ดังตัวอย่างที่แสดงไว้พบว่าแม้จะมี clear generator ที่มีค่า inertia constant สูงกว่าในช่วงเวลาที่น้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

critical clearing time ของมันก็ตาม แต่ผลของการ clear ของ generator ตัวที่มี inertia constant สูงนั้นเข้าไป ตัว generator ที่มี inertia constant ต่ำกว่า ก็จะไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้

FAULT TYPE 3 เป็นกรณีที่ทดสอบการเกิด 3φ FAULT ที่ปลายสายส่งเดียวและทำการ clear fault เพื่อหา critical clearing time ของ generator ตัวที่ 2 ซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่า ของ generator ที่ต่อที่บัส 1

ผลการทดสอบ 1. การทดสอบให้เกิด 3φ fault ที่ปลายสายส่งที่ต่อระหว่างบัสที่ 2 และบัสที่3

t_c = 0.04 วินาที, t_c = 0.44 วินาที, generator ตัวที่ต่อกับบัสที่ 2 ไม่สูญเสียสภาวะซิงโครนัส

t_c = 0.04 วินาที, t_c = 0.46 วินาที, generator ตัวที่ต่อกับบัสที่ 2 สูญเสียสภาวะซิงโครนัส

ฉะนั้น critical clearing time ของ generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.24 วินาที

2. การทดสอบให้เกิด 3φ fault ที่ปลายสายส่งที่ต่อระหว่างบัสที่ 3 และบัสที่1

t_c = 0.04 วินาที, t_c = 0.40 วินาที, generator ตัวที่ต่อกับบัสที่ 2 ไม่สูญเสียสภาวะซิงโครนัส

t_c = 0.04 วินาที, t_c = 0.42 วินาที, generator ตัวที่ต่อกับบัสที่ 2 สูญเสียสภาวะซิงโครนัส

ฉะนั้น critical clearing time ของ generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40-0.42 วินาที

4. การทดสอบให้เกิด 3φ fault ที่ปลายสายส่งที่ต่อระหว่างบัสที่ 1 และบัสที่

t_c = 0.04 วินาที, t_c = 0.30 วินาที, generator ตัวที่ต่อกับบัสที่ 2 ไม่สูญเสียสภาวะซิงโครนัส

t_c = 0.04 วินาที, t_c = 0.32 วินาที, generator ตัวที่ต่อกับบัสที่ 2 สูญเสียสภาวะซิงโครนัส

ฉะนั้น critical clearing time ของ generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.30-0.32 วินาที

5. การทดสอบให้เกิด 3φ fault ที่ปลายสายส่งที่ต่อระหว่างบัสที่ 1 และบัสที่3

t_c = 0.04 วินาที, t_c = 0.30 วินาที, generator ตัวที่ต่อกับบัสที่ 2 ไม่สูญเสียสภาวะซิงโครนัส

t_c = 0.04 วินาที, t_c = 0.32 วินาที, generator ตัวที่ต่อกับบัสที่ 2 สูญเสียสภาวะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้น critical clearing time ของ generator ที่ต่อที่บัสที่ 2 มีค่าระหว่าง 0.30-0.32 วินาที

สรุป

fault ที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อ generator ที่มีค่า inertia constant ต่ำมากกว่า ที่มี inertia constant สูง แม้ว่า fault จะไม่เกิดที่ปลายสายของสายส่งที่ต่อกับ generator ที่มีค่า inertia constant ต่ำก็ตาม แต่ว่าผลของ fault ก็สามารถที่จะส่งผลมาถึง generator ตัวนั้นได้

FAULT TYPE 4

เป็นกรณีที่ทดสอบการเกิด 3φ fault ที่ปลายสายส่ง 2 เส้นที่เวลาเดียวกันและอาจทำการ clear fault ที่เวลาเดียวกันหรือต่างกันก็ได้ โดยพิจารณาแบ่งเป็นกรณีย่อย ๆ ดังนี้

กรณีที่ 1

เวลาการ clear fault ของ generator ทั้ง 2 เกิดที่เวลาเดียวกัน เขียนได้เป็นรูปแบบ

F1 C1

F2 C2

ผลการทดสอบ

1. F1 = F2 = 0.04 วินาที , C1 = C2 = 0.29 วินาที generator ตัวแรกซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่าของ generator ตัวหลัง รักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

2. F1 = F2 = 0.04 วินาที , C1 = C2 = 0.30 วินาที generator ตัวแรกซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่าของ generator ตัวหลัง ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

กรณีที่ 2

เวลาการ clear fault ของ generator ตัวที่สองนั้น clear ก่อนหรือหลังเวลา clear ของ generator ตัวแรกที่เกิด fault ก่อน เขียนได้เป็นรูปแบบ

F1 C1 หรือ F1 C2

F2 C2 F2

ผลการทดสอบ

1. F1 F2 0.04 วินาที, C1 0.30 วินาที, C2 0.30 วินาที

2. F1 F2 0.04 วินาที, C1 0.30 วินาที, C2 0.32 วินาที

3. F1 F2 0.04 วินาที, C1 0.30 วินาที, C2 0.32 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ generator ตัวแรก ซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่าของ generator ตัวหลัง ไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้ แสดงว่า critical clearing time ของ generator ตัวแรกน้อยกว่า 0.3 วินา

2. F1 F2 = 0.04 วินาที, C1 = 0.26 วินาที, C2 = 0.2 วินาที generator ตัวแรกซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่าของ generator ตัวหลังไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

F1 F2 = 0.04 วินาที, C1 = 0.28 วินาที, C2 = 0.26 วินาที generator ตัวแรกซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่าของ generator ตัวหลัง สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

ฉะนั้น critical clearing time ของ generator ตัวแรกซึ่งมี inertia constant มีค่าระหว่าง 0.28 - 0.30 วินาที และยังต้องขึ้นอยู่กับ clearing time ของ generator ตัวหลังด้วย

3. F1 = F2 0.04 วินาที, C1 = 0.26 วินาที, C2 = 0.30 วินาที generator ตัวแรกซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่าของ generator ตัวหลังไม่สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

F1 = F2 = 0.04 วินาที, C1 = 0.26 วินาที, C2 = 0.28 วินาที สามารถรักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

ฉะนั้น critical clearing time ของ gen ตัวแรกซึ่งมี inertia constant มีค่าระหว่าง 0.26 - 0.28 วินาที และยังต้องขึ้นอยู่กับ clearing time ของ generator ตัวหลังด้วย

สรุป กรณีย่อยทั้ง 3 นั้น ค่า critical clearing time ของ generator ตัวแรกซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่านั้นจะขึ้นอยู่กับ clearing time ของ generator ตัวหลังซึ่งมี inertia constant สูงกว่าด้วย

FAULT TYPE 5 เป็นกรณีที่ทดสอบการเกิด 3φ fault ที่ปลายสายส่ง 2 เส้นที่เวลาต่างกัน และอาจทำการ clear fault ที่เวลาเดียวกันหรือต่างกันก็ได้ โดยพิจารณาแบ่งเป็นกรณีย่อยๆ ดังนี้

กรณีที่ 1 เวลาการเกิด fault ของ generator ตัวหลัง (ซึ่งมี inertia constant สูงกว่า) พร้อมกับเวลาที่ clear fault ของ generator ตัวแรก (ซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่า) ที่เกิด fault ก่อน เขียนได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ

F1 C1

F2 C2

ผลการทดสอบ

1.F1 0.04 วินาที, C1 = F2 0.22 วินาที, C2 = 0.03 วินาที generator ตัวแรกซึ่งเกิด fault ขึ้นมากอน รักษาสภาวะซิงโครนัสได้

2.F1 = 0.04 วินาที, C1 F2 = 0.24 วินาที, C2 0.03 วินาที generator ตัวแรกซึ่งเกิด fault ขึ้นมาก่อน จะเสียสภาวะซิงโครนัสไป ฉะนั้น critical clearing time ของ generator ตัวแรกในกรณีเกิด fault กรณีนี้ มีค่าระหว่าง 0.22 - .24 วินาที

กรณีที่ 2 เวลา clear fault ของ generator ตัวแรก (ซึ่งมี inertia constant สูงกว่า)และ generator ตัวที่สอง (ซึ่งมี inertia constant ต่ำกว่า)อยู่ที่เวลาเดียวกันเขียนได้เป็นรูปแบบ

F1 C1

F2 C2

ผลการทดสอบ

1.F1 = 0.04 วินาที, F2 = 0.2 วินาที, C1 = C2 = 0.26 วินาที generator ตัวแรกซึ่งเกิด fault ขึ้นมากอน รักษาสภาวะซิงโครนัสได้

2.F1 0.04 วินาที, F2 0.2 วินาที, C1 = C2 = 0.26 วินาที generator ตัวแรกซึ่งเกิด fault ขึ้นมาก่อน จะเสียสภาวะซิงโครนัสไป ฉะนั้น critical clearing time ของ generator ตัวแรกในกรณีเกิด fault กรณีนี้ มีค่าระหว่าง 0.24 - 0.26 วินาที

กรณีที่ 3 ช่วงเวลา F2 นั้นทับซ้อนกับ F1 กับ C1 เขียนได้เป็นรูปแบบ

F1 C1

F2 C2

ผลการทดสอบ

1.F1 = 0.04 วินาที, F2 = 0.2 วินาที, C1 0.26 วินาที, C2 = 0.3 วินาที generator ตัวแรกซึ่งเกิด fault ขึ้นมากอน รักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

2.F1 = 0.04 วินาที, F2 0.22 วินาที, C1 = 0.24 วินาที, C2 = 0.3 วินาที generator ตัวแรกซึ่งเกิด fault ขึ้นมากอน จะเสียสภาวะซิงโครนัสไป

ฉะนั้น critical clearing time ของ gen ตัวแรกในกรณีเกิด fault

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีนี้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.24 - 0.28 วินาที

กรณีที่ 4 เวลาการเกิด fault ของ generator ตัวหลังเกิดขึ้นหลังจากทำการ lear generator ตัวแรกไปแล้วเขียนได้รูปแบบดั นี้

F1 C1

F2 C2

ผลการทดสอบ

1.F1 = 0.02 วินาที,C1 = 0.28 วินาที,F2 = 0.36 วินาที,C2 = 0.5 วินาที generator ตัวแรกซึ่งเกิด fault ขึ้นมาก่อน จะเสียสภาวะซิงโครนัสไป

2.F1 = 0.02 วินาที,C1 = 0.3 วินาที, F2 = 0.36 วินาที,C2 = 0.5 วินาที generator ตัวแรกซึ่งเกิด fault ขึ้นมาก่อน รักษาสภาวะซิงโครนัสไว้ได้

ฉะนั้น critical clearing time ของ gen ตัวแรกในกรณีเกิด fault กรณีนี้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.28 - 0.3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบหา critical clearing time โดยวิธี trial and error คือทำการพิจารณา swing curve โดย simulate fault ให้เกิดขึ้นแล้วจึงเลื่อนเวลา clear จนกว่า machine จะ loss synchronism และหาโดยใช้วิธีของ equal area criterion นั้นค่า critical clearing time ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันพอยอมรับได้

ส่วนการปรับปรุงในส่วนโปรแกรมนั้นควรมีการปรับปรุงต่อไปดังนี้

1. ลดช่วง เวลาการ step ของ swing curve ให้ลดลงเพื่อให้ accuracy ของ critical clearing time ดีขึ้น

2. ปรับปรุงการคำนวณในส่วน load flow โดยใช้เทคนิคทางคอมพิวเตอร์ให้มากขึ้น เพื่อการคำนวณที่เร็วและการประหยัดหน่วยความจำ

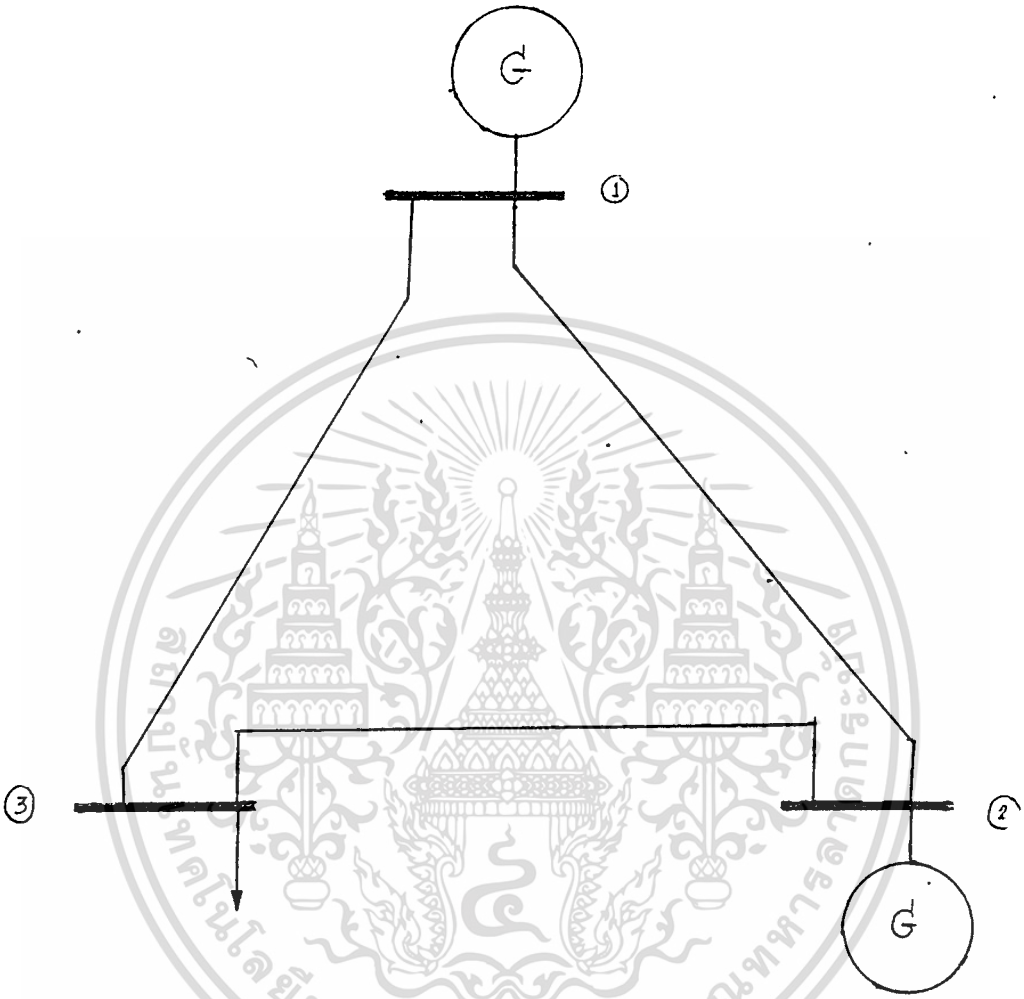
3. ปรับปรุงในส่วน interactive ระหว่าง user และ computer ให้ดียิ่งขึ้นเพื่อให้สะดวก สวยงามเหมาะแก่การใช้งานมากขึ้น

4. ปรับปรุงเงื่อนไขของ fault ให้มีความเป็น general มากขึ้น เช่น พิจารณาให้เกิด three phase fault พร้อมกันหมดทุก bus ก็ได้, ไม่พร้อมกันก็ได้ไม่จำกัดว่ากี่ bus และเวลาในการ clear, reclose ก็ไม่จำเป็นต้องพร้อมกันก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Sample System for testing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NUMBER OF BUSES	3
NUMBER OF LINES	3
NUMBER OF GENERATORS	2
NUMBER OF TRANSFORMERS	0
VOLTAGE TOLERANCE	.00001
SYSTEM BASE	100.00 MVA
SLACK BUS NUMBER	1
FREQUENCY	50.0
ACCELERATE FACTOR	1.00000

B U S - D A T A

BUS	TYPE	VOLTS	GENERATION MW	GENERATION MVAR	LOAD MW	LOAD MVAR	MIN MVAR	MAX MVAR	SHUNT SUSCEPTANCE
1	1	1.040	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	0	1.000	100.00	70.00	50.00	20.00	.00	.00	.00
3	0	1.000	.00	.00	250.00	150.00	.00	.00	.00

L I N E - D A T A

LINE	BUS	BUS	LENGTH	RESISTANCE	REACTANCE	SUSCEPTANCE
1	1	2	1.00000	.04000	.16000	.30000
2	1	3	1.00000	.02000	.08000	.14000
3	2	3	1.00000	.03000	.10000	.08000

LOAD-FLOW SOLUTION BY USING NEWTON RAPHSONS METHOD
SOLUTION CONVERGED IN 1 ITERATIONS

BUS-DATA

BUS	VOLTS	ANGLE	GENERATION MW	GENERATION MVAR	LOAD MW	LOAD MVAR	CAP/REAC MVAR
1	1.0400	.0000	201.546	52.410	.000	.000	.00
2	1.0368	-2.9618	100.000	70.000	50.000	20.000	.00
3	.9514	-6.9113	.000	.000	250.000	150.000	.00

LINE AND TRANSFORMER DATA

LINE	SB	EB	MW	MVAR	TAP
1	1	2	32.4529	-21.4494	
1	2	1	-31.9559	-3.0503	
2	1	3	169.2325	73.4101	
2	3	1	-162.7121	-61.6406	
3	2	3	86.5746	53.6729	
3	3	2	-85.5320	-56.4414	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MACHINE DATA

GENERATOR NUMBER 1

THIS GENERATOR IS ROUND ROTOR TYPE

INERTIA CONSTANT	160.0000 P.U.
DIRECT AXIS REACTANCE	.1000 P.U.
QUADRATURE AXIS REACTANCE	.1000 P.U.
DIRECT AXIS TRANSIENT REACTANCE	.1000 P.U.
QUARDRATURE AXIS TRANSIENT REACTANCE	1.0000 P.U.
DIRECT AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE	.0000 P.U.
QUARDRATURE AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE	.0000 P.U.
DIRECT AXIS TRANSIENT OPEN CIRCUIT TIME CONSTANT	1.0000 SEC
DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT TRANSIENT TIME CONSTANT	.0000 SEC
DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT TIME CONSTANT	.0000 SEC

MACHINE DATA

GENERATOR NUMBER 2

THIS GENERATOR IS ROUND ROTOR TYPE

INERTIA CONSTANT	3.0000 P.U.
DIRECT AXIS REACTANCE	.1000 P.U.
QUADRATURE AXIS REACTANCE	.1000 P.U.
DIRECT AXIS TRANSIENT REACTANCE	.3000 P.U.
QUARDRATURE AXIS TRANSIENT REACTANCE	1.0000 P.U.
DIRECT AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE	.0000 P.U.
QUARDRATURE AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE	.0000 P.U.
DIRECT AXIS TRANSIENT OPEN CIRCUIT TIME CONSTANT	1.0000 SEC
DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT TRANSIENT TIME CONSTANT	.0000 SEC
DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT TIME CONSTANT	.0000 SEC

STABILITY CALCULATION SOLUTION

LOAD FLOW USING NEWTON RAPHSON METHOD
STABILITY USING MODIFY EULER METHOD

WRITTEN BY :

SUWAT PAKAWAPAKPOOM
ANNOP JUNDTED
ISSARACHAI NGAMROO

ADVISOR :

MR. SOMPOTSH PRAPAI
MR. MONTHON LELAJANDAGAILERK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILS OF OPERATION

TIME(SEC)	OPERATION
.040	FAULT ON : AT BUS 2
.100	FAULT ON : AT BUS 1
.280	FAULT OFF : AT FAULT BUS 2
.300	FAULT OFF : AT FAULT BUS 1
.800	END OF CASE : AT BUS 2
.800	END OF CASE : AT BUS 1

CYC	TIME	MC	ANG(RAD)	ANG(DEG)	SPEED	POWER	ACCL.T	VOLT
0	.000							
		1	.17593	10.07980	1.00000	2.01586	.00000	1.04000
		2	.17941	10.27950	1.00000	1.00000	.00000	1.03681
1	.020							
		1	.17593	10.07980	1.00000	2.01586	.00000	1.04000
		2	.17941	10.27950	1.00000	1.00000	.00000	1.03681
2	.040							
		1	.17593	10.07980	1.00000	2.01586	.00000	1.04000
		2	.17941	10.27950	1.00000	1.00000	.00000	1.03681
2	.040**********		FAULT OCCUR AT BUS 2					**********
2	.040							
		1	.17593	10.07976	1.00000	2.01586	.00000	1.04000
		2	.18988	10.87950	1.00733	.00000	1.00000	.00000
3	.060							
		1	.17593	10.07977	1.00000	2.01586	.00001	1.04000
		2	.22130	12.67951	1.00667	.00000	1.00000	.00000
4	.080							
		1	.17592	10.07976	1.00000	2.01586	.00001	1.04000
		2	.27366	15.67953	1.01300	.00000	1.00000	.00000
5	.100**********		FAULT OCCUR AT BUS 1					**********
5	.100							
		1	.17592	10.11242	1.00013	.00000	2.01586	.00000
		2	.34636	19.67957	1.01333	.00000	1.00000	.00000
6	.120							
		1	.17751	10.17041	1.00025	.00000	2.01586	.00000
		2	.44121	25.27957	1.01667	.00000	1.00000	.00000
7	.140							
		1	.17949	10.28384	1.00038	.00000	2.01586	.00000
		2	.55641	31.87970	1.02000	.00000	1.00000	.00000
8	.160							
		1	.18226	10.44256	1.00050	.00000	2.01586	.00000
		2	.69254	39.67979	1.02333	.00000	1.00000	.00000
9	.180							
		1	.18582	10.64686	1.00063	.00000	2.01586	.00000
		2	.84962	48.67989	1.02667	.00000	1.00000	.00000
10	.200							
		1	.19017	10.89610	1.00076	.00000	2.01586	.00000
		2	1.02765	58.88001	1.03000	.00000	1.00000	.00000
11	.220							
		1	.19532	11.19030	1.00088	.00000	2.01586	.00000
		2	1.22562	70.28015	1.03333	.00000	1.00000	.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

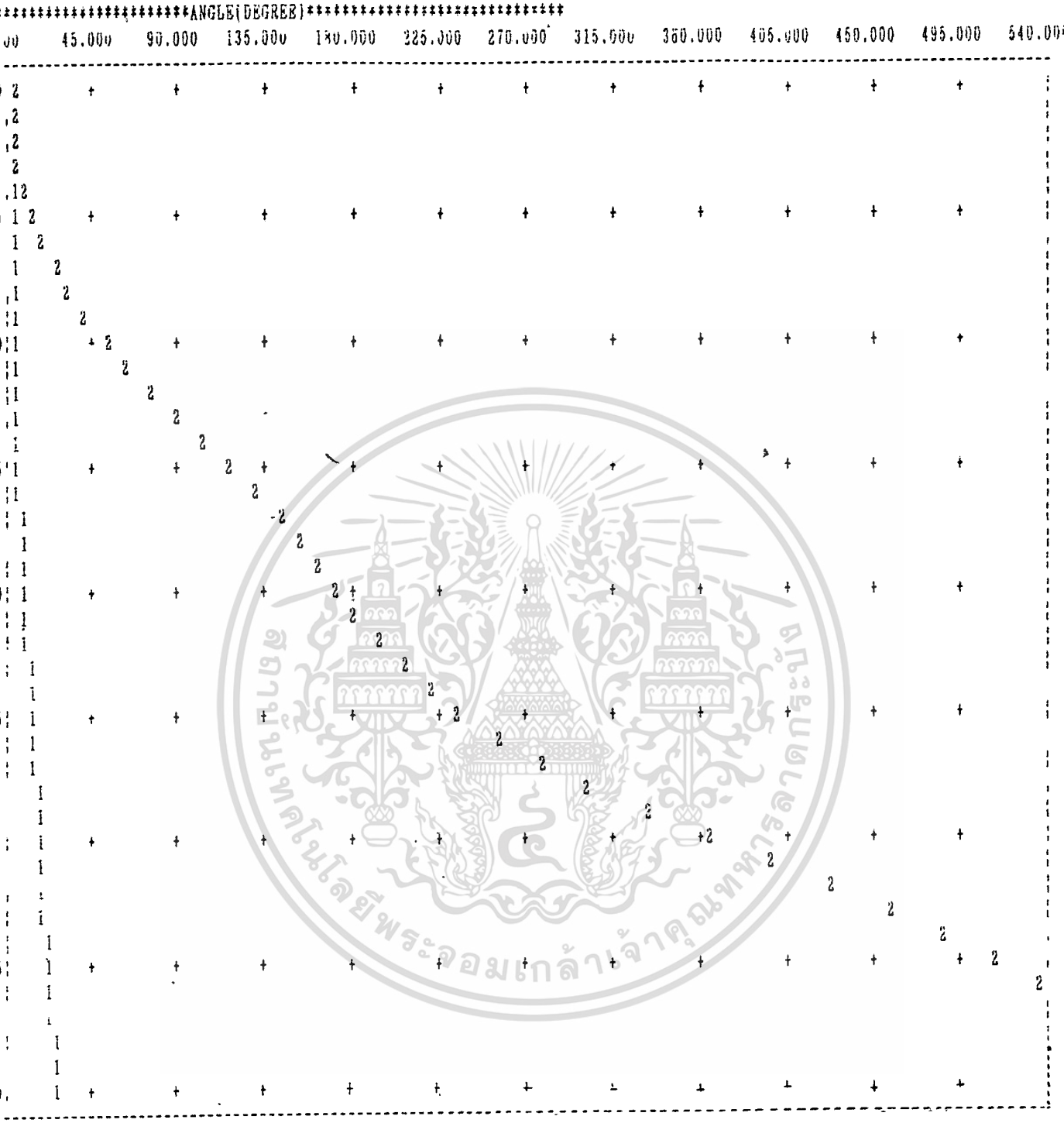
```
12   .240
          1   .20125   11.53106   1.00101   .00000  2.01586  .00000
         -2  1.44653   82.88029   1.03667   .00000  1.00000  .00000
13   .260
          1   .20798   11.91658   1.00113   .00000  2.01586  .00000
          2  1.68739   96.68046   1.04000   .00000  1.00000  .00000
14   .280**********************FAULT CLEAR AT BUS  2**********************
14   .280
          1   .21550   12.34746   1.00126   .00000  2.01586  .00000
          2  1.94604  111.49990   1.04233   .30118   .69882  .28006
15   .300**********************FAULT CLEAR AT BUS  1**********************
15   .300
          1   .22401   12.83497   1.00145  -.98392  2.99086  .75563
          2  2.19507  125.76860   1.03694  2.49268 -1.46799  .59577
16   .320
          1   .23369   13.38919   1.00163  -.83043  2.83219  .71017
          2  2.41355  138.28630   1.03260  2.16014 -1.13467  .50923
17   .340
          1   .24446   14.00679   1.00180  -.61350  2.61471  .67266
          2  2.60835  149.44780   1.02941  1.80538  -.78350  .42974
18   .360
          1   .25627   14.68302   1.00196  -.35738  2.36162  .64233
          2  2.78676  159.66990   1.02738  1.44475  -.42931  .35652
19   .380
          1   .26899   15.41223   1.00209  -.07121  2.08110  .61826
          2  2.95619  169.37750   1.02655  1.08056  -.07326  .28831
20   .400
          1   .28254   16.18803   1.00222   .24669  1.77082  .59992
          2  3.12413  178.99970   1.02691   .70689   .29124  .22472
21   .420
          1   .29677   17.00357   1.00232   .60548  1.42137  .58756
          2  3.29827  188.97690   1.02852   .31388   .67447  .16956
22   .440
          1   .31155   17.85074   1.00239  1.01852  1.01912  .58263
          2  3.48668  199.77230   1.03145  -.10822  1.08670  .14012
23   .460
          1   .32673   18.72046   1.00244  1.49935   .54987  .58811
          2  3.69804  211.88200   1.03582  -.56383  1.53340  .16675
24   .480
          1   .34212   19.60214   1.00246  2.05404   .00591  .60849
          2  3.94165  225.83990   1.04172 -1.04317  2.00695  .24801
25   .500
          1   .35751   20.48361   1.00244  2.66663  -.60043  .64876
          2  4.22725  242.20380   1.04919 -1.50800  2.47291  .36417
26   .520
          1   .37265   21.35154   1.00238  3.27658 -1.21540  .71198
          2  4.56418  261.50850   1.05806 -1.87278  2.85015  .50436
27   .540
          1   .38734   22.19283   1.00229  3.74738 -1.70499  .79567
          2  4.95960  284.16420   1.06780 -1.98327  2.93670  .65866
28   .560
          1   .40138   22.99761   1.00218  3.87642 -1.86597  .88863
          2  5.41550  310.29140   1.07735 -1.69348  2.72843  .81093
29   .580
          1   .41475   23.76347   1.00208  3.46191 -1.47959  .97121
          2  5.92592  339.53020   1.08509  -.86750  1.91814  .93701
30   .600
          1   .42760   24.49544   1.00201  2.47070  -.48526 1.02039
          2  6.47405  370.93610   1.08939   .37457   .65908 1.01002
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31	.620						
	1	.44029	25.22648	1.00203	1.15456	.86153	1.02059
	2	7.03562	403.11170	1.08937	1.67064	-.67086	1.01168
32	.640						
	1	.45330	25.97229	1.00212	-.05712	2.09686	.97161
	2	7.53518	434.59890	1.08556	2.59699	-1.61184	.94154
33	.660						
	1	.46710	26.76259	1.00227	-.82131	2.85570	.88764
	2	8.10427	464.34050	1.07967	2.92360	-1.92392	.81537
34	.680						
	1	.48195	27.61394	1.00246	-1.02974	3.04278	.78895
	2	8.58610	491.94730	1.07370	2.67796	-1.65683	.65470
35	.700						
	1	.49756	28.53106	1.00264	-.75169	2.75082	.69463
	2	9.03529	517.68400	1.06928	2.02321	-.99555	.47743
36	.720						
	1	.51501	29.50814	1.00279	-.11113	2.11490	.62114
	2	9.46178	542.29210	1.06743	1.12954	-.11464	.29716
37	.740						
	1	.53287	30.53147	1.00289	.78110	1.24324	.58432
	2	9.89236	566.79080	1.06867	.13073	.86054	.15148
38	.760						
	1	.55121	31.58135	1.00294	1.82295	.22669	.59820
	2	10.33789	592.31750	1.07314	-.84964	1.82059	.21032
39	.780						
	1	.56963	32.63746	1.00292	2.86895	-.80629	.66665
	2	10.82067	619.97880	1.08053	-1.64283	2.61264	.40734
40	.800						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

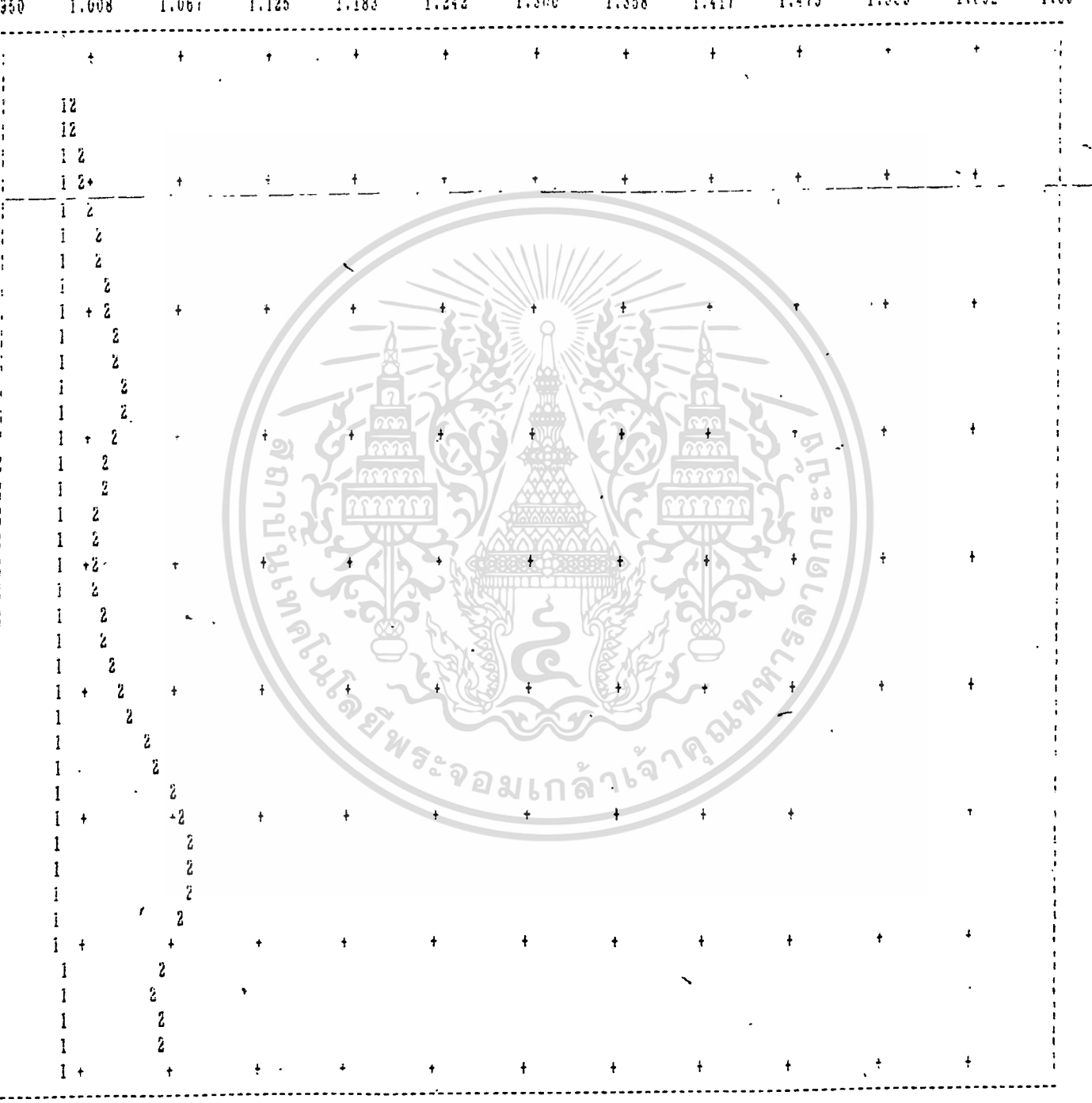
SWING CURVE FOR MULTI-MACHINE SYSTEM
X-AXIS : REPRESENT DEVIATION OF ANGLE IN DEGREE
Y-AXIS : REPRESENT EACH CYCLE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GRAPH SHOW THE RATIO OF ACTUAL TO RATED SPEED OF MACHINE

X-AXIS : REPRESENT THE RATIO OF ACTUAL TO RATED SPEED
Y-AXIS : REPRESENT EACH CYCLE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILS OF OPERATION

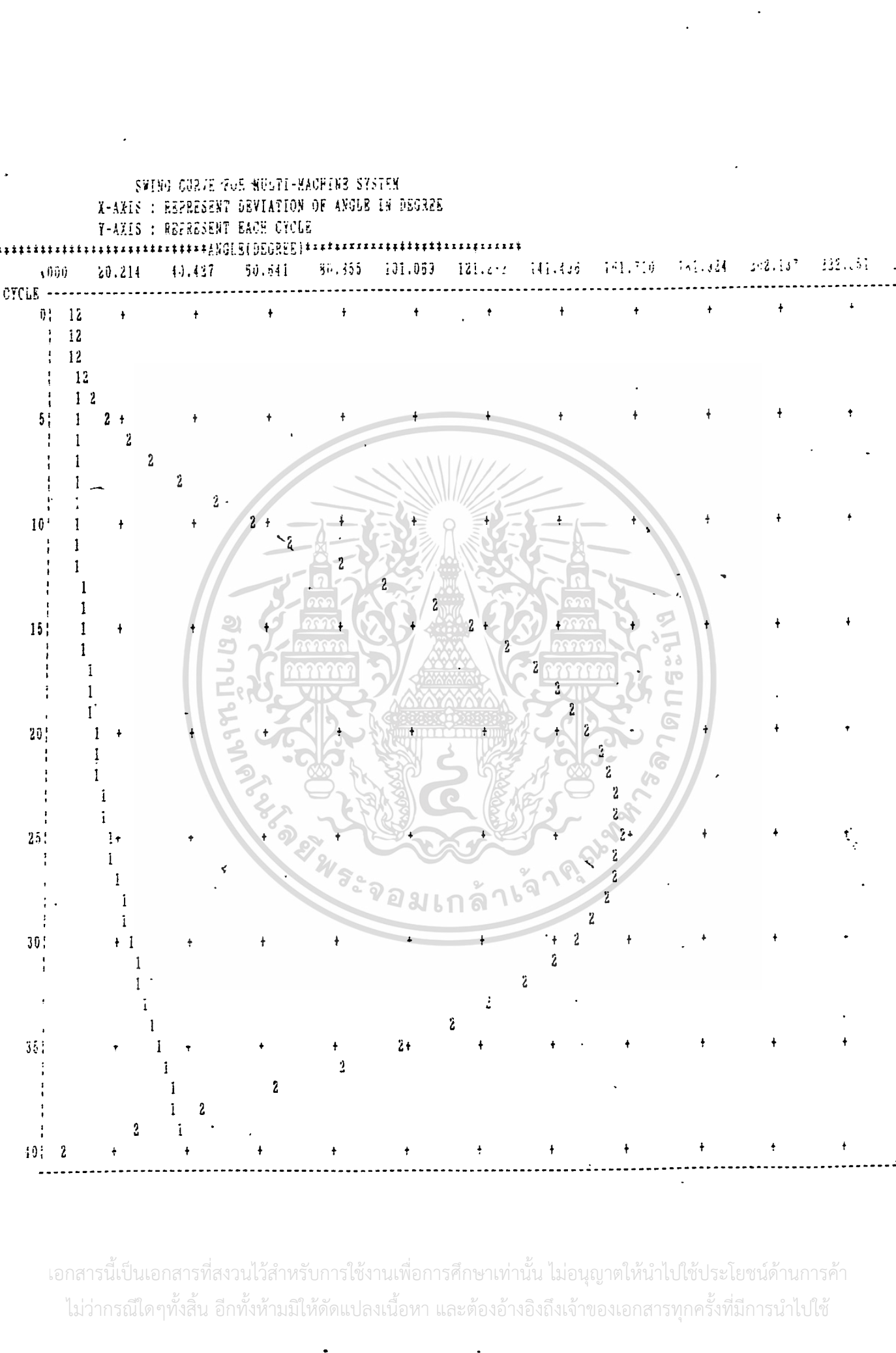
TIME(SEC)	OPERATION
.040	FAULT ON : AT BUS 2
.100	FAULT ON : AT BUS 1
.280	FAULT OFF : AT FAULT BUS 2
.280	FAULT OFF : AT FAULT BUS 1
.660	END OF CASE : AT BUS 2
.660	END OF CASE : AT BUS 1

CYC	TIME	MC	ANG(RAD)	ANG(DEG)	SPEED	POWER	ACCE.T	VOLT
0	.000							
		1	.17593	10.07980	1.00000	2.01586	.00000	1.04000
		2	.17941	10.27950	1.00000	1.00000	.00000	1.03681
1	.020							
		1	.17593	10.07980	1.00000	2.01586	.00000	1.04000
		2	.17941	10.27950	1.00000	1.00000	.00000	1.03681
2	.040							
		1	.17593	10.07980	1.00000	2.01586	.00000	1.04000
		2	.17941	10.27950	1.00000	1.00000	.00000	1.03681
2	.040********** FAULT OCCUR AT BUS 2 **********							
2	.040							
		1	.17593	10.07979	1.00000	2.01585	.00000	1.04000
		2	.13988	10.87950	1.00333	.00000	1.00000	.00000
3	.060							
		1	.17593	10.07977	1.00000	2.01585	.00001	1.04000
		2	.22130	12.67951	1.00667	.00000	1.00000	.00000
4	.080							
		1	.17592	10.07976	1.00000	2.01585	.00001	1.04000
		2	.27366	15.67953	1.01000	.00000	1.00000	.00000
5	.100********** FAULT OCCUR AT BUS 1 **********							
5	.100							
		1	.17632	10.10342	1.00013	.00000	2.01586	.00000
		2	.34596	19.87957	1.01333	.00000	1.00000	.00000
6	.120							
		1	.17751	10.17044	1.00025	.00000	2.01586	.00000
		2	.44101	25.27957	1.01667	.00000	1.00000	.00000
7	.140							
		1	.17949	10.28382	1.00038	.00000	2.01586	.00000
		2	.55041	31.87970	1.02000	.00000	1.00000	.00000
8	.160							
		1	.18225	10.44256	1.00050	.00000	2.01585	.00000
		2	.69354	39.87979	1.02333	.00000	1.00000	.00000
9	.180							
		1	.18582	10.64665	1.00063	.00000	2.01586	.00000
		2	.84302	48.87989	1.02667	.00000	1.00000	.00000
10	.200							
		1	.19017	10.89610	1.00076	.00000	2.01586	.00000
		2	1.02765	58.88001	1.03000	.00000	1.00000	.00000
11	.220							
		1	.19532	11.19060	1.00088	.00000	2.01585	.00000
		2	1.22662	70.28015	1.03333	.00000	1.00000	.00000
12	.240							
		1	.20125	11.53106	1.00101	.00000	2.01586	.00000
		2	1.44653	82.88029	1.03667	.00000	1.00000	.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 14   .280**********************FAULT CLEAR AT BUS  2 AND  1**************
 14   .280**********************FAULT CLEAR AT BUS  1**********************
 14   .280
          1   .21570   12.35848   1.00132 -1.02709  3.04576  .81473
          2  1.31945  109.97630   1.03387  2.78816 -1.77171  .69847
 15   .300
          1   .22459   12.86821   1.00151 -1.01546  3.02564  .77360
          2  2.11470  121.16360   1.02829  2.59856 -1.57605  .62793
 16   .320
          1   .23467   13.44570   1.00170  -.94305  2.94809  .73990
          2  2.27704  130.46460   1.02539  2.38838 -1.36366  .56675
 17   .340
          1   .24591   14.08939   1.00188  -.84485  2.84749  .71356
          2  2.41075  138.12600   1.01918  2.18671 -1.16233  .51561
 18   .360
          1   .25826   14.79713   1.00205  -.74296  2.74501  .69307
          2  2.51999  144.38500   1.01560  2.00872  -.98603  .47416
 19   .380
          1   .27169   15.56668   1.00222  -.65005  2.65251  .67797
          2  2.60842  149.45160   1.01355  1.86089  -.84040  .44160
 20   .400
          1   .28616   16.39599   1.00239  -.57276  2.57606  .66790
          2  2.67905  153.50020   1.00994  1.74495  -.72660  .41702
 21   .420
          1   .30165   17.28337   1.00254  -.51418  2.51839  .65982
          2  2.73436  156.66750   1.00766  1.66037  -.64384  .39955
 22   .440
          1   .31813   18.22753   1.00270  -.47555  2.48052  .65593
          2  2.77600  159.05340   1.00560  1.60590  -.59072  .38848
 23   .460
          1   .33558   19.22760   1.00286  -.45722  2.46270  .65296
          2  2.80512  160.72180   1.00367  1.58049  -.56604  .38364
 24   .480
          1   .35401   20.28320   1.00301  -.45929  2.46495  .66316
          2  2.82224  161.70270   1.00178  1.58626  -.56915  .38982
 25   .500
          1   .37340   21.39435   1.00316  -.48174  2.48729  .66576
          2  2.82730  161.99220   .99983  1.61457  -.59017  .39063
 26   .520
          1   .39377   22.55159   1.00332  -.52450  2.52967  .66043
          2  2.81963  161.55230   .99773  1.67508  -.63967  .40256
 27   .540
          1   .41514   23.76566   1.00348  -.58709  2.59174  .66560
          2  2.79733  160.31380   .99538  1.76605  -.74956  .42144
 28   .560
          1   .43753   25.05655   1.00365  -.66802  2.67218  .64709
          2  2.76043  158.18360   .99263  1.88863  -.87057  .44751
 29   .580
          1   .46097   26.41144   1.00382  -.76360  2.76754  .63641
          2  2.71457  154.86050   .98952  2.04318 -1.02338  .46137
 30   .600
          1   .48549   27.81665   1.00399  -.86618  2.87097  .71834
          2  2.62707  150.52030   .98581  2.22710 -1.20539  .52544
 31   .620
          1   .51114   29.28643   1.00417  -.96132  2.96853  .74695
          2  2.52420  144.62610   .98145  2.43247 -1.41120  .57675
 32   .640
          1   .53796   30.82285   1.00436 -1.02442  3.03661  .78157
          2  2.39174  137.03550   .97659  2.64157 -1.62242  .64206
 33   .660
          1   .56596   32.42722   1.00455 -1.01730  3.03784  .82441
```

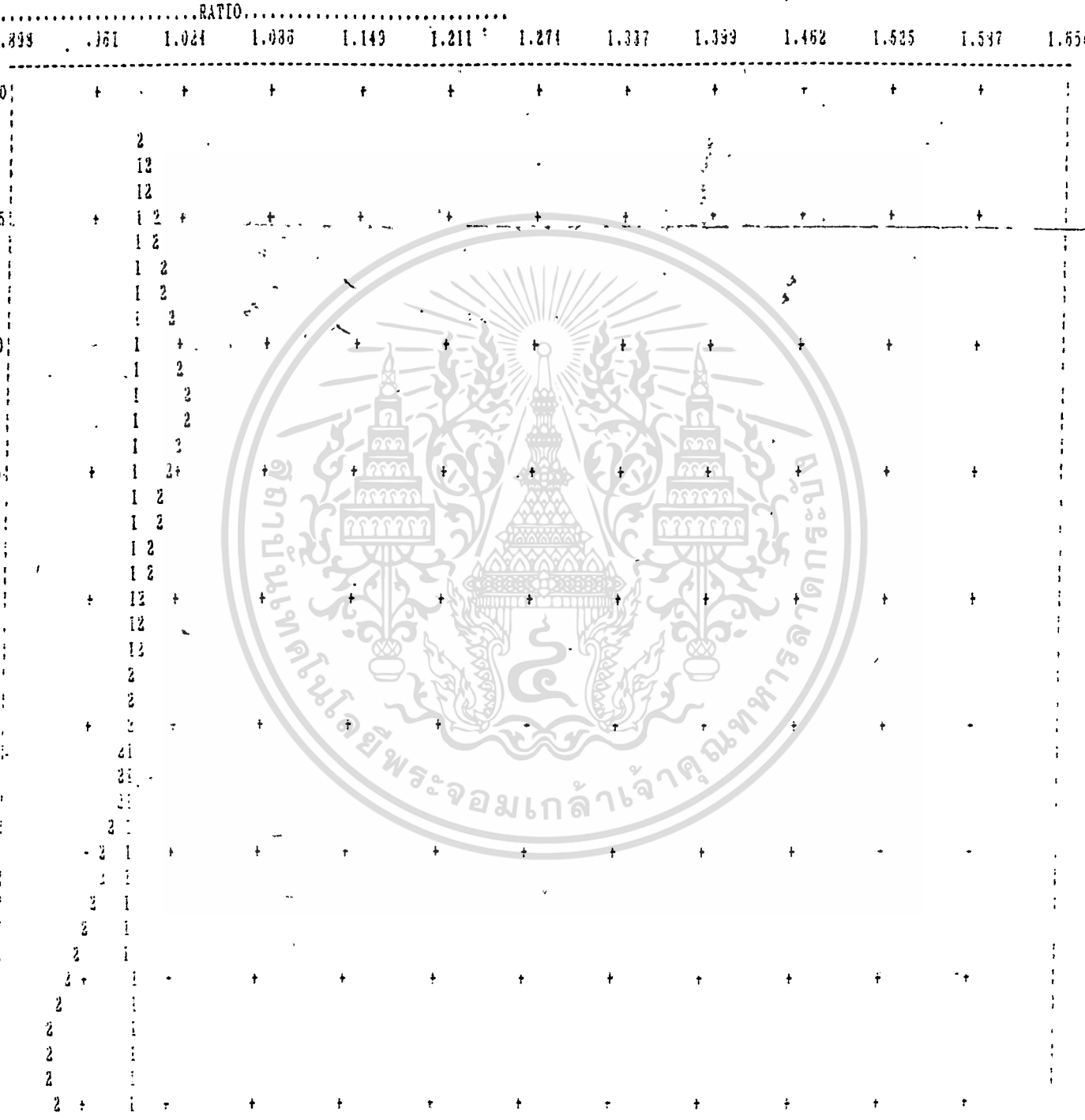
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GRAPH SHOW THE RATIO OF ACTUAL TO RATED SPEED OF MACHINE

X-AXIS : REPRESENT THE RATIO OF ACTUAL TO RATED SPEED
Y-AXIS : REPRESENT EACH CYCLE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLEASE ENTER INPUT DATA FOLLOW THE COMPUTER ASK YOU
NUMBER OF GENERATOR : FORMAT (I3) XXX
2
MACHINE NUMBER 1
INERTIA CONSTANT (P.U.) : FORMAT F7.3, XXXXXXX
160.000
OPERATING ANGLE (RADIAN) FORMAT F8.5, XXXXXXXX
.17593
MACHINE NUMBER 2
INERTIA CONSTANT P.U. : FORMAT F7.3, XXX.XXX
3.000
OPERATING ANGLE (RADIAN) FORMAT F8.5) XXXXXXXX
.17941

MACHINE NUMBER 1

INERTIA CONSTANT		160.00000	P.U
OPERATING ANGLE	(RADIAN)	.17593	
OPERATING ANGLE	(DEGREE)	10.08085	
CRITICAL CLEARING ANGLE	(RADIAN)	2.09012	
CRITICAL CLEARING ANGLE	(DEGREE)	119.75510	
CRITICAL CLEARING TIME		1.9473	SEC
MAXIMUM ELECTRIC POWER		5.71585	P.U.
MAXIMUM ANGLE OF AREA2	(RADIAN)	2.96566	
MAXIMUM ANGLE OF AREA2	(DEGREE)	169.92000	
ACCELERATE AREA (AREA1)		1.91419	
DECELERATE AREA (AREA2)		1.91419	

MACHINE NUMBER 2

INERTIA CONSTANT		3.00000	P.U
OPERATING ANGLE	(RADIAN)	.17941	
OPERATING ANGLE	(DEGREE)	10.27944	
CRITICAL CLEARING ANGLE	(RADIAN)	2.07987	
CRITICAL CLEARING ANGLE	(DEGREE)	119.16760	
CRITICAL CLEARING TIME		.26943	SEC
MAXIMUM ELECTRIC POWER		5.60384	P.U.
MAXIMUM ANGLE OF AREA2	(RADIAN)	2.96218	
MAXIMUM ANGLE OF AREA2	(DEGREE)	169.72060	
ACCELERATE AREA (AREA1)		1.90046	
DECELERATE AREA (AREA2)		1.90046	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

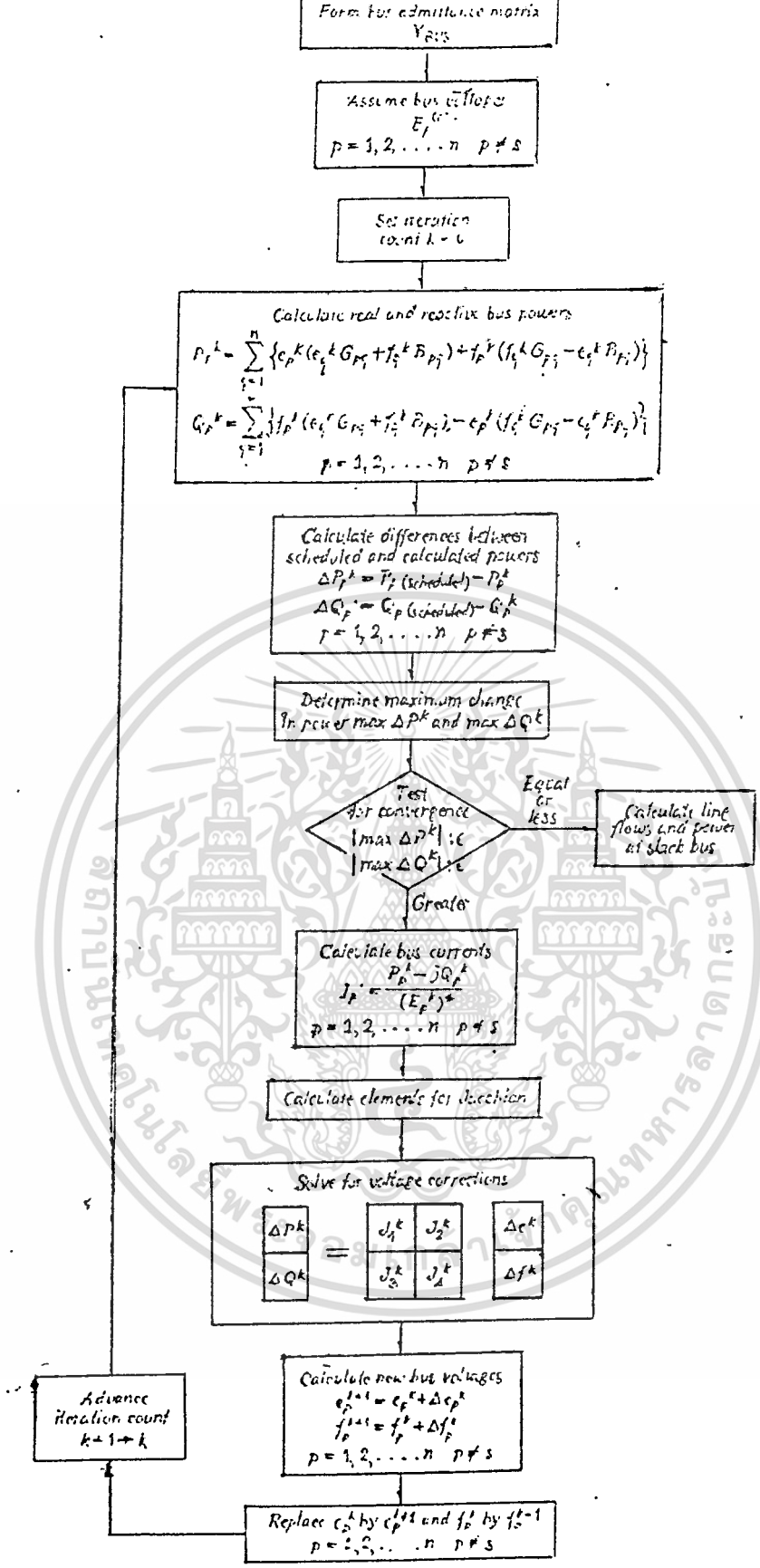
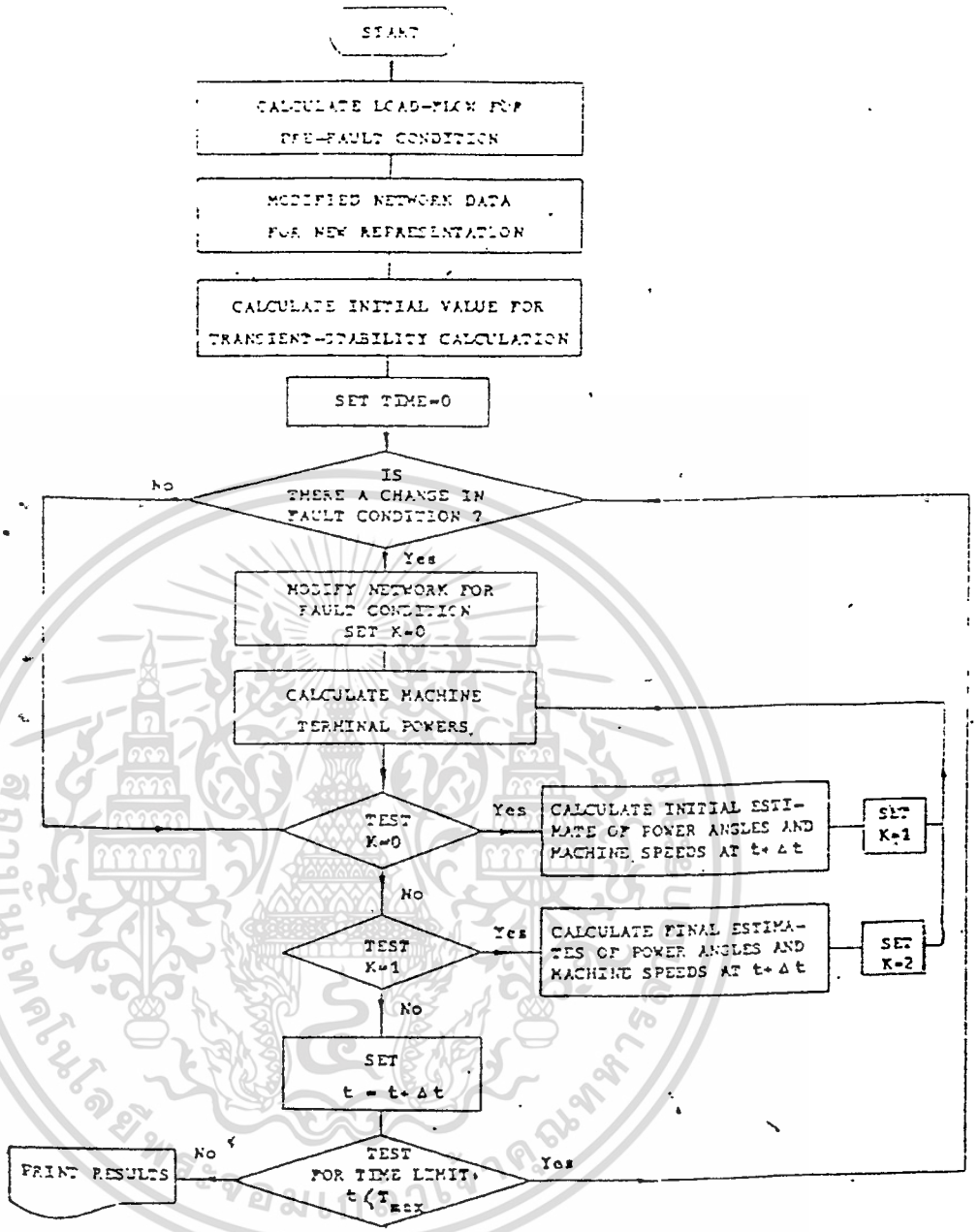


Fig. 11 Load flow solution by the Newton-Raphson method using Y_{BUS}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 Transient calculation using the modified Euler method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************
C                    PROGRAM INPUT DATA
C*************************************************************
C******PURPOSE
C       TO RECIEVE INPUT DATA FROM USER TO STORE IN FILE 'DATA' IN
C     DISK DRIVE A.
C*****COMMENT
C       PLEASE ENTER INPUT DATA FOLLOW THE COMPUTER ASK YOU.
C       EXAMPLE      NUMBER OF BUS              :   FORMAT(I3)
C       ENTER        005   MEANS   5 BUSES
C       EXAMPLE      SYSTEM FREQUENCY           :   FORMAT(F4.1)
C       ENTER        0500  MEANS   50.0 Hz
C       ETC.
C*****INPUT DATA CONSISTS OF 6 PORTIONS
C       1. HEAD DATA COMPOSES OF 10 DATA
C            NUMBER OF BUSES                    :   FORMAT  3
C            NUMBER OF LINES                    :   FORMAT  4
C            NUMBER OF GENERATORS               :   FORMAT  3
C            NUMBER OF TRANSFORMERS             :   FORMAT  2
C            VOLTAGE TOLERANCE                  :   FORMAT F .
C            SYSTEM BASE(MVA)                   :   FORMAT F .5
C            SLACK BUS NUMBER                   :   FORMAT  3
C            SYSTEM FREQUENCY                   :   FORMAT(F4.1)
C            ACCELERATE FACTOR                  :   FORMAT F .
C            BASE OF REACTANCE                  :   FORMAT( 1
C       2. BUS DATA COMPOSES OF 3 DATA
C            BUS TYPE                           :   FORMAT  1
C            BUS VOLTAGE(P.U.)                  :   FORMAT(F5.3)
C            REAL POWER GENERATION(P.U.)        :   FORMAT(F  .2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C              REACTIVE POWER GENERATION(P.U.)   :   FORMAT(F7.2)    C
C              LOAD REAL POWER(P.U.)             :   FORMAT(F7.2)    C
C              LOAD REACTIVE POWER(P.U.)         :   FORMAT(F7.2)    C
C              MINIMUM REACTIVE POWER(P.U.)      :   FORMAT(F7.2)    C
C              MAXIMUM REACTIVE POWER(P.U.)      :   FORMAT(F7.2)    C
C              SHUNT SUSCEPTANCE                 :   FORMAT(F7.2)    C
C       3. LINE DATA COMPOSES OF 7 DATA                               C
C              LINE NUMBER                       :   FORMAT(I3)      C
C              SENDING BUS                       :   FORMAT(I3)      C
C              ENDING BUS                        :   FORMAT(I3)      C
C              LENGTH OF LINE                    :   FORMAT(F7.5)    C
C              LINE RESISTANCE                   :   FORMAT(F7.5)    C
C              LINE REACTANCE                    :   FORMAT(F7.5)    C
C              LINE CHARGING                     :   FORMAT(F7.5)    C
C       4. TRANSFORMER DATA CONSISTS OF 2 TYPES                       C
C              TYPE OF TRANSFORMER TO KEEP IN "TD" VARIABLE           C
C                TD = 0 : FIXED TAP TRANSFORMER                       C
C                TD = 1 : PHASE SHIFT TRANFORMER                      C
C              TRANSFORMER TYPE                  :   FORMAT(I3)      C
C         4.1 DATA OF FIXED TAP TRANSFORMER NUMBER COMPOSES OF 7 DATA C
C              TRANSFORMER NUMBER                :   FORMAT(I3)      C
C              SENDING BUS                       :   FORMAT(I3)      C
C              ENDING BUS                        :   FORMAT(I3)      C
C              TRANSFORMER RESISTANCE            :   FORMAT(F7.5)    C
C              TRANSFORMER REACTANCE             :   FORMAT(F7.5)    C
C              TRANSFORMER TAP SETTING           :   FORMAT(F7.5)    C
C              TRANSFORMER TAP SIDE              :   FORMAT(I1)      C
C         4.2 DATA OF PHASE SHIFT TRANSFORMER NUMBER COMPOSES OF 5 DATA
C              TRANSFORMER NUMBER                :   FORMAT(I3)      C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C              SENDING BUS                                  :   FORMAT I3)
C              ENDING BUS                                   :   FORMAT(I3)
C              PHASE SHIFT SETTING    A+jB )                :   FORMAT( F .4)
C              TRANSFORMER IMPEDANCE ( R+jX )               :   FORMAT( F .4)
C       5. MACHINE DATA COMPOSES OF 12 DATA
C              CONNECTED BUS                                :   FORMAT( I )
C              ROTOR TYPE                                   :   FORMAT( I )
C              INERTIA CONSTANT                             :   FORMAT(F8.4
C              DIRECT AXIS REACTANCE                        :   FORMAT(F7.4)
C              QUARDRATURE AXIS REACTANCE                   :   FORMAT(F7.4)
C              DIRECT AXIS TRANSIENT REACTANCE              :   FORMAT(F7.4
C              QUARDRATURE AXIS TRANSIENT REACTANCE
C                                                           :   FORMAT(F .4)
C              DIRECT AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE
C                                                           :   FORMAT(F7.4)
C              QUARDRATURE AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE
C                                                           :   FORMAT(F7.4)
C              DIRECT AXIS TRANSIENT OPEN CIRCUIT TIME CONSTANT
C                                                           :   FORMAT(F7.4)
C              DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT TRANSIENT TIME CONSTANT
C                                                           :   FORMAT(F7.4)
C              DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT TIME CONSTANT
C                                                           :   FORMAT F7.4)
C       6. FAULT TYPE
C              FAULT TYPE                                   :   FORMAT(I2
C          COMMENT FOR FAULT TYPE
C       •THERE ARE SIX SITUATIONS ACCORDING TO THE VARIABLE " FTYPE ".
C          FTYPE                    SITUATION OF FAULT
C               0      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C          3      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMIANL OF      C
C                   THE TRANSMISSION LINE JUXTAPOSE TO ANY ONE BUS.    C
C          1      : THREE PHASE FAULT OCCURED AT ANY TWO BUSES -       C
C                   CONCOMITANTLY.                                     C
C          4      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF      C
C                   THE TRANSMISSION LINE ADJACENT TO ANY TWO -        C
C                   BUSES SIMULTANEOUSLY.                              C
C          2      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS          C
C                   SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER ONE BUS    C
C          5      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF      C
C                   THE TRANSMISSION LINE CONTIGUOUS TO ANY ONE BUS    C
C                   SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER OF THE     C
C                   TERMINAL OF TRANSMISSION LINE PROXIMATE TO ANY     C
C                   ONE BUS.                                           C
C        -FOR FAULT TYPE 0,3                                          C
C         REMARK                                                      C
C         IF (FTYPE.EQ.0) THEN ((FB2.EQ.0).AND.(RCYC.EQ.0))           C
C         WHEN   FB2  :  SECOND FAULT BUS NUMBER                      C
C                RCYC :  RECLOSE LINE CYCLE                           C
C              FIRST FAULT BUS NUMBER          :    FORMAT(I2)       C
C              SECOND FAULT BUS NUMBER         :    FORMAT(I2)       C
C         FOR FTYPE = 0 ,SECOND FAULT BUS = 0')                       C
C              FAULT CYCLE                     :    FORMAT(I2)       C
C              CLEAR FAULT CYCLE               :    FORMAT(I2)       C
C              RECLOSE LINE CYCLE              :    FORMAT(I2)       C
C              LAST CYCLE                      :    FORMAT(I2)       C
C                                                                     C
C        -FOR FAULT TYPE 1,2                                          C
C              FIRST FAULT BUS NUMBER          :    FORMAT(I2)       C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C              SECOND FAULT BUS NUMBER          :    FORMAT(I2)      C
C              FIRST FAULT CYCLE                :    FORMAT(I2)      C
C              SECOND FAULT CYCLE               :    FORMAT(I2)      C
C              FIRST CLEAR FAULT CYCLE          :    FORMAT(I2)      C
C              SECOND CLEAR FAULT CYCLE         :    FORMAT(I )      C
C              FIRST LAST CYCLE                 :    FORMAT(I )      C
C              SECOND LAST CYCLE                :    FORMAT(I2)      C
C                                                                     C
C        -FOR FAULT TYPE 4,5                                          C
C              FIRST FAULT BUS NUMBER           :    FORMA  I )      C
C              SECOND FAULT BUS NUMBER          :    FORMAT(I )      C
C              THIRD FAULT BUS NUMBER           :    FORMAT I )      C
C              FORTH FAULT BUS NUMBER           :    FORMAT(I2)      C
C              FIRST FAULT CYCLE                :    FORMAT(I2)      C
C              SECOND FAULT CYCLE               :    FORMAT(I2)      C
C              FIRST CLEAR FAULT CYCLE          :    FORMAT(I2)      C
C              SECOND CLEAR FAULT CYCLE         :    FORMAT(I2)      C
C              FIRST RECLOSE LINE CYCLE         :    FORMAT(I2)      C
C              SECOND RECLOSE LINE CYCLE        :    FORMAT(I )      C
C              FIRST LAST CYCLE                 :    FORMAT(I2)      C
C              SECOND LAST CYCLE                :    FORMAT(I2)      C
C*************************************************************************

      COMPLEX TAPC,ZT
      INTEGER SLACKB,CX,TYPE(100),SB(100),EB(100),TD,STB(100),ETB(100),
     *TCODE(100),CNB(100),RTT(100),FB1,FB2,FB3,FB4,FCYC1,FCYC2,CYC1,
     *CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,LCYC1,LCYC2,ETYPE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      REAL SV,PG,QG,PL,QL,QMIN,QMAX,SHTB,TAP,H,XD,XQ,XXD,XXQ,XXXD,XXXQ
     *TDO,TTD,TTTD
      DIMENSION SV(100),PG(100),QG(100),PL(100),QL(100),QMIN(100),
     *QMAX(100),SHTB(100),TAP(100),TAPC(100),H(100),XD(100),XQ(100),
     *XXD(100),XXQ(100),XXXD(100),XXXQ(100),TDO(100),TTD(100),TTTD(100
      OPEN(5,FILE='A:DATA')
      WRITE(*,1900)
 1900 FORMAT(5X,'PLEASE ENTER INPUT DATA FOLLOW THE COMPUTER ASK YOU')

C*****************************READ HEAD DATA*******************************
      WRITE(*,1901)
 1901 FORMAT(5X,'NUMBER OF BUSES                 :    FORMAT(I3)      '
      WRITE(*,1903)
 1903 FORMAT(5X,'NUMBER OF LINES                 :    FORMAT(I3)      '
      WRITE(*,1904)
 1904 FORMAT(5X,'NUMBER OF GENERATORS            :    FORMAT(I3)      '
      WRITE(*,1905)
 1905 FORMAT(5X,'NUMBER OF TRANSFORMERS          :    FORMAT(I3)      '
      WRITE(*,1906)
 1906 FORMAT(5X,'VOLTAGE TOLERANCE               :    FORMAT(F7.5)    '
      WRITE(*,1908)
 1908 FORMAT(5X,'SYSTEM BASE(MVA)                :    FORMAT(F10.5)   '
      WRITE(*,1910)
 1910 FORMAT(5X,'SLACK BUS NUMBER                :    FORMAT(I3)      '
      WRITE(*,1911)
 1911 FORMAT(5X,'SYSTEM FREQUENCY                :    FORMAT(F4.1)    '
      WRITE(*,1913)
 1913 FORMAT(5X,'ACCELERATE FACTOR               :    FORMAT(F7.5)    '
      WRITE(*,1915)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 1915 FORMAT(5X,'CASE OF REACTANCE                    :    FORMAT(I3)      '
      READ(*,1902)  NB,NL,NG,NT,VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF,CX
      WRITE(5,1902) NB,NL,NG,NT,VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF,CX
 1902 FORMAT(4I3,F7.5,F10.5,I3,F4.1,F7.5,I3)

C*************************READ BUS DATA*******************************
      DO 1916 I = 1,NB
      WRITE(*,191 )
 1917 FORMAT( 5X,'DATA OF BUS NUMBER',I3

      WRITE(*,1918)
 1918 FORMAT(5X,'BUS TYPE                             :    FORMAT I1       '
      WRITE(*,1920)
 1920 FORMAT(5X,'BUS VOLTAGE(P.U.)                    :    FORMAT F5.3)    '
      WRITE(*,1922)
 1922 FORMAT(5X,'REAL POWER GENERATION(P.U.)          :    FORMAT(F7.2)    '
      WRITE(*,1924)
 1924 FORMAT(5X,'REACTIVE POWER GENERATION(P.U.)      :    FORMAT F7.2)    '
      WRITE(*,1925)
 1925 FORMAT(5X,'LOAD REAL POWER(P.U.)                :    FORMAT(F7.2)    '
      WRITE(*,1926)
 1926 FORMAT(5X,'LOAD REACTIVE POWER(P.U.)            :    FORMAT(F7.2)    '
      WRITE(*,1927)
 1927 FORMAT(5X,'MINIMUM REACTIVE POWER(P.U.)         :    FORMAT(F7.2)    '
      WRITE(*,1928)
 1928 FORMAT(5X,'MAXIMUM REACTIVE POWER(P.U.)         :    FORMAT(F7.2)    '
      WRITE(*,1929)
 1929 FORMAT(5X,'SHUNT SUSCEPTANCE                    :    FORMAT(F7.2)    '
      READ(*,1919)  TYPE(I),SV(I),PG(I),QG(I),PL(I),QL(I ,QMIN I ,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*********************CHECK NUMBER OF TRANSFORMERS**********************C
      IF (NT.EQ.0) GO TO 1958

C*********************CHECK TYPE OF TRANSFORMERS************************C
      WRITE(*,1888)
 1888 FORMAT(/5X,'THERE ARE TRANSFORMERS',
     *       /5X,'PLEASE ENTER TYPE OF TRANSFORMER TO STORE IN "TD" ',
     *       /5X,'     TD = 0 : FIXED TAP TRANSFORMER',
     *       /5X,'     TD = 1 : PHASE SHIFT TRANFORMER               ')

      WRITE(*,1889)
 1889 FORMAT(5X,'TRANSFORMER TYPE                :      FORMAT(I3)    ')
      READ(*,1902)  TD
      WRITE(5,1902) TD
      IF (TD.EQ.1) GO TO 1950

C************************READ FIXED TAP TRASFORMERS DATA***************C
      DO 1940 I = 1,NT
      WRITE(*,1941) I
 1941 FORMAT(5X,'DATA OF FIXED TAP TRANSFORMER NUMBER',I3)
      WRITE(*,1942)
 1942 FORMAT(5X,'TRANSFORMER NUMBER              :     FORMAT(I3)      ')
      WRITE(*,1943)
 1943 FORMAT(5X,'SENDING BUS                     :     FORMAT(I3)      ')
      WRITE(*,1944)
 1944 FORMAT(5X,'ENDING BUS                      :     FORMAT(I3)      ')
      WRITE(*,1945)
 1945 FORMAT(5X,'TRANSFORMER RESISTANCE          :     FORMAT(F7.5)    ')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*********************CHECK NUMBER OF TRANSFORMERS**********************
      IF (NT.EQ.0) GO TO 1958

C*********************CHECK TYPE OF TRANSFORMERS************************
      WRITE(*,1888)
 1888 FORMAT(/5X,'THERE ARE TRANSFORMERS',
     *       /5X,'PLEASE ENTER TYPE OF TRANSFORMER TO STORE IN "TD" ',
     *       /5X,'     TD = 0 : FIXED TAP TRANSFORMER',
     *       /5X,'     TD = 1 : PHASE SHIFT TRANFORMER                ')

      WRITE(*,1889)
 1889 FORMAT(5X,'TRANSFORMER TYPE                 :      FORMAT(I3)    '
      READ(*,1902)  TD
      WRITE(5,1902) TD
      IF (TD.EQ.1) GO TO 1950

C************************READ FIXED TAP TRASFORMERS DATA***************
      DO 1940 I = 1,NT
      WRITE(*,1941) I
 1941 FORMAT(5X,'DATA OF FIXED TAP TRANSFORMER NUMBER',I3)
      WRITE(*,1942)
 1942 FORMAT(5X,'TRANSFORMER NUMBER               :     FORMAT(I3)      '
      WRITE(*,1943)
 1943 FORMAT(5X,'SENDING BUS                      :     FORMAT(I3)      '
      WRITE(*,1944)
 1944 FORMAT(5X,'ENDING BUS                       :     FORMAT(I3)      '
      WRITE(*,1945)
 1945 FORMAT(5X,'TRANSFORMER RESISTANCE           :     FORMAT(F7.5)    '
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(5,6666) NO,STB(I),ETB(I),TAPC(I),ZT
 6666 FORMAT(3I3,4F7.4)
 1951 CONTINUE
 1958 CONTINUE

C*****************************READ MACHINE DATA************************C
      DO 1959 I = 1,NG
      WRITE(*,1960) I
 1960 FORMAT(5X,'DATA OF MACHINE NUMBER',I3)

      WRITE(*,1961)
 1961 FORMAT(5X,'CONNECTED BUS                    :    FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1963)
 1963 FORMAT(5X,'ROTOR TYPE                       :    FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1964)
 1964 FORMAT(5X,'INERTIA CONSTANT                 :    FORMAT(F8.4)    ')
      WRITE(*,1966)
 1966 FORMAT(5X,'DIRECT AXIS REACTANCE            :    FORMAT(F7.4)    ')
      WRITE(*,1967)
 1967 FORMAT(5X,'QUARDRATURE AXIS REACTANCE       :    FORMAT(F7.4)    ')
      WRITE(*,1968)
 1968 FORMAT(5X,'DIRECT AXIS TRANSIENT REACTANCE  :    FORMAT(F7.4)    ')
      WRITE(*,1969)
 1969 FORMAT(5X,'QUARDRATURE AXIS TRANSIENT REACTANCE',/,
     *       5X,'                                 :    FORMAT(F7.4)    ')
      WRITE(*,1970)
 1970 FORMAT(5X,'DIRECT AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE',/,
     *       5X,'                                 :    FORMAT(F7.4)    ')
      WRITE(*,1971)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 1971 FORMAT(5X,'QUARDRATURE AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE',/,
     *       5X,'                                    :    FORMAT(F7.4)    ')
      WRITE(*,1972)
 1972 FORMAT(5X,'DIRECT AXIS TRANSIENT OPEN CIRCUIT TIME CONSTANT',/,
     *       5X,'                                    :    FORMAT(F7.4)    ')
      WRITE(*,1973)
 1973 FORMAT(5X,'DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT TRANSIENT TIME CONSTANT',/,
     *       5X,'                                    :    FORMAT(F7.4)    ')
      WRITE(*,1974)
 1974 FORMAT(5X,'DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT TIME CONSTANT',
     *      /,5X,'                                  :    FORMAT(F7.4)    ')
      READ(*,5555)  CNB(I),RTT(I),H(I),XD(I),XQ(I),XXD(I),XXQ(I),
     *XXXD(I),XXXQ(I),TDO(I),TTD(I),TTTD(I)
      WRITE(5,5555) CNB(I),RTT(I),H(I),XD(I),XQ(I),XXD(I),XXQ(I),
     *XXXD(I),XXXQ(I),TDO(I),TTD(I),TTTD(I)
 5555 FORMAT(2I2,F8.4,9F7.4)
 1959 CONTINUE

C*****COMMENT FOR FAULT TYPE*************************************************C
C       THERE ARE SIX SITUATIONS ACCORDING TO THE VARIABLE " FTYPE ".        C
C          FTYPE                  SITUATION OF FAULT                         C
C            0       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS.            C
C            3       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMIANL OF         C
C                      THE TRANSMISSION LINE JUXTAPOSE TO ANY ONE BUS.       C
C            1       : THREE PHASE FAULT OCCURED AT ANY TWO BUSES -          C
C                      CONCOMITANTLY.                                        C
C            4       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF         C
C                      THE TRANSMISSION LINE ADJACENT TO ANY TWO -           C
C                      BUSES SIMULTANEOUSLY.                                 C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C            2       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS          C
C                      SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER ONE BUS     C
C            5       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF       C
C                      THE TRANSMISSION LINE CONTIGUOUS TO ANY ONE BUS     C
C                      SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER OF THE      C
C                      TERMINAL OF TRANSMISSION LINE PROXIMATE TO ANY      C
C                      ONE BUS.                                            C
C*************************************************************************C
      WRITE(*,1882)
 1882 FORMAT(/5X,'COMMENT FOR FAULT TYPE')
      WRITE(*,9977)
 9977 FORMAT(2X,
     *'THERE ARE SIX SITUATIONS ACCORDING TO THE VARIABLE " FTYPE ".')
      WRITE(*,2002)
 2002 FORMAT(2X,
     *' -  0       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS.        ')
      WRITE(*,2003)
 2003 FORMAT(2X,
     *' -  3       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMIANL OF - ')
      WRITE(*,2004)
 2004 FORMAT(2X,
     *'              THE TRANSMISSION LINE JUXTAPOSE TO ANY ONE BUS. ')
      WRITE(*,2005)
 2005 FORMAT(2X,
     *' -  1       : THREE PHASE FAULT OCCURED AT ANY TWO BUSES -     ')
      WRITE(*,2006)
 2006 FORMAT(2X,
     *'              CONCOMITANTLY.                                   ')
      WRITE(*,2007)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2007 FORMAT(2X,
     *' -  4       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF    ')
      WRITE(*,2008)
2008 FORMAT(2X,
     *'             THE TRANSMISSION LINE ADJACENT TO ANY TWO -      ')
      WRITE(*,2009)
2009 FORMAT(2X,
     *'             BUSES SIMULTANEOUSLY.                            ')
      WRITE(*,2010)
2010 FORMAT(2X,
     *' -  2       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS        ')
      WRITE(*,2011)
2011 FORMAT(2X,
     *'             SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER ONE BUS  ')
      WRITE(*,2012)
2012 FORMAT(2X,
     *' -  5       : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF    ')
      WRITE(*,2013)
2013 FORMAT(2X,
     *'             THE TRANSMISSION LINE CONTIGUOUS TO ANY ONE BUS  ')
      WRITE(*,2014)
2014 FORMAT(2X,
     *'             SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER OF THE   ')
      WRITE(*,2015)
2015 FORMAT(2X,
     *'             TERMINAL OF TRANSMISSION LINE PROXIMATE TO ANY   ')
      WRITE(*,2016)
2016 FORMAT(2X,
     *'             ONE BUS.                                         ')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****************************READ FAULT TYPE*****************************C
      WRITE(*,7)
    7 FORMAT(/5X,'PLEASE ENTER FAULT TYPE        :    FORMAT(I2)      ')
      READ(*,1976)   FTYPE
 1976 FORMAT(I2)
      WRITE(5,1976)  FTYPE

      IF (FTYPE.EQ.0) GO TO 8880
      IF (FTYPE.EQ.1) GO TO 8881
      IF (FTYPE.EQ.2) GO TO 8882
      IF (FTYPE.EQ.3) GO TO 8883
      IF (FTYPE.EQ.4) GO TO 8884
      IF (FTYPE.EQ.5) GO TO 8885
C*****FTYPE 0*************************************************************C
 8880 WRITE(*,8886)
 8886 FORMAT(/16X,' THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS.')
      GO TO 1977
C*****FTYPE 1*************************************************************C
 8881 WRITE(*,8887)
 8887 FORMAT(/16X,' THREE PHASE FAULT OCCURED AT ANY TWO BUSES       ')
      WRITE(*,2017)
 2017 FORMAT(5X,
     *'              CONCOMITANTLY.                                  ')
      GO TO 1986
C*****FTYPE 2*************************************************************C
 8882 WRITE(*,88)
   88 FORMAT(/16X,' THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS         ')
      WRITE(*,2018)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 2018 FORMAT(5X,
     *'              SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER ONE BUS    ')
      GO TO 1986
C*****FTYPE 3*************************************************************C
 8883 WRITE(*,8889)
 8889 FORMAT(/16X,' THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMIANL OF     ')
      WRITE(*,2019)
 2019 FORMAT(5X,
     *'              THE TRANSMISSION LINE JUXTAPOSE TO ANY ONE BUS.    ')
      GO TO 1977
C*****FTYPE 4*************************************************************C
 8884 WRITE(*,8890)
 8890 FORMAT(/16X,' THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF     ')
      WRITE(*,2020)
 2020 FORMAT(5X,
     *'              THE TRANSMISSION LINE ADJACENT TO ANY TWO -        ')
      WRITE(*,2021)
 2021 FORMAT(5X,
     *'              BUSES SIMULTANEOUSLY.                              ')
      GO TO 2222
C*****FTYPE 5*************************************************************C
 8885 WRITE(*,8891)
 8891 FORMAT(/16X,' THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF     ')
      WRITE(*,2022)
 2022 FORMAT(5X,
     *'              THE TRANSMISSION LINE CONTIGUOUS TO ANY ONE BUS    ')
      WRITE(*,2023)
 2023 FORMAT(5X,
     *'              SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER OF THE -   ')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,2024)
 2024 FORMAT(5X,
     *'             TERMINAL OF TRANSMISSION LINE PROXIMATE TO ANY -   ')
      WRITE(*,2025)
 2025 FORMAT(5X,
     *'             ONE BUS.                                           ')
       GO TO 2222
 1977 CONTINUE

C*********************READ DATA FOR FAULT TYPE = 0,3*********************C
C*****FOR FAULT TYPE 0,3*************************************************C
C      REMARK                                                            C
C         IF (FTYPE.EQ.0) THEN ((FB2.EQ.0).AND.(RCYC.EQ.0))              C
C         WHEN  FB2  :  SECOND FAULT BUS NUMBER                          C
C               RCYC :  RECLOSE LINE CYCLE                               C
C*************************************************************************C
      WRITE(*,1979)
 1979 FORMAT(5X,'FIRST FAULT BUS NUMBER          :    FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1981)
 1981 FORMAT(5X,'SECOND FAULT BUS NUMBER         :    FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,2000)
 2000 FORMAT(5X,'FOR FTYPE = 0 ,SECOND FAULT BUS = 0')
      WRITE(*,1982)
 1982 FORMAT(5X,'FAULT CYCLE                     :    FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1983)
 1983 FORMAT(5X,'CLEAR FAULT CYCLE               :    FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1984)
 1984 FORMAT(5X,'RECLOSE LINE CYCLE              :    FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1985)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 1985 FORMAT(5X,'LAST CYCLE                    :     FORMAT(I2)      ')
      READ(*,1980)   FB1,FB2,FCYC1,CCYC1,RCCYC1,LCYC1
      WRITE(5,1980)  FB1,FB2,FCYC1,FCYC1,RCCYC1,LCYC1
 1980 FORMAT(6I2)
      GO TO 2001
 1986 CONTINUE

C*********************READ DATA FOR FAULT TYPE = 1,2*******************C
      WRITE(*,1988)
 1988 FORMAT(5X,'FIRST FAULT BUS NUMBER         :     FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1989)
 1989 FORMAT(5X,'SECOND FAULT BUS NUMBER        :     FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1990)
 1990 FORMAT(5X,'FIRST FAULT CYCLE              :     FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1991)
 1991 FORMAT(5X,'SECOND FAULT CYCLE             :     FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1992)
 1992 FORMAT(5X,'FIRST CLEAR FAULT CYCLE        :     FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,1993)
 1993 FORMAT(5X,'SECOND CLEAR FAULT CYCLE       :     FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,9009)
 9009 FORMAT(5X,'FIRST LAST CYCLE               :     FORMAT(I2)      ')
      WRITE(*,9010)
 9010 FORMAT(5X,'SECOND LAST CYCLE              :     FORMAT(I2)      ')
      READ(*,98)    FB1,FB2,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2
      WRITE(5,98)   FB1,FB2,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2
   98 FORMAT(8I2)

 2222 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*********************READ DATA FOR FAULT TYPE = 4,5*********************
      WRITE(*,19)
19    FORMAT(5X,'FIRST FAULT BUS NUMBER              :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,18)
18    FORMAT(5X,'SECOND FAULT BUS NUMBER             :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,9000)
9000  FORMAT(5X,'THIRD FAULT BUS NUMBER              :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,9001)
9001  FORMAT(5X,'FORTH FAULT BUS NUMBER              :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,10)
10    FORMAT(5X,'FIRST FAULT CYCLE                   :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,11)
11    FORMAT(5X,'SECOND FAULT CYCLE                  :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,12)
12    FORMAT(5X,'FIRST CLEAR FAULT CYCLE             :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,13)
13    FORMAT(5X,'SECOND CLEAR FAULT CYCLE            :     FORMAT(I2)
      WRIRE(*,9007)
9007  FORMAT(5X,'FIRST RECLOSE LINE CYCLE            :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,9008)
9008  FORMAT(5X,'SECOND RECLOSE LINE CYCLE           :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,90)
90    FORMAT(5X,'FIRST LAST CYCLE                    :     FORMAT(I2)
      WRITE(*,91)
91    FORMAT(5X,'SECOND LAST CYCLE                   :     FORMAT(I2)
      READ(*,1111)  FB1,FB2,FB3,FB4,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,
     *RCCYC2,LCYC1,LCYC2
      WRITE(5,1111) FB1,FB2,FB3,FB4,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     *RCCYC2,LCYC1,LCYC2
1111 FORMAT(12I2)
2001 CONTINUE
     CLOSE(5)
     STOP
     END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************
C                              MAIN PROGRAM
C*************************************************************************
C  PURPOSE
C          MAIN PROGRAM USED TO CALL TWO SUBROUTINES
C          1. LOADFLOW  PROGRAM.
C          2. STABILITY PROGRAM.
C
C  DECLARED COMMON VARIABLES
C       V       :  BUS VOLTAGE
C       PG      :  REAL POWER GENERATION
C       QG      :  REACTIVE POWER GENERATION
C       PL      :  REAL LOAD POWER
C       QL      :  REACTIVE LOAD POWER
C       Y       :  ADMITTANCE MATRIX
C       XD      :  DIRECT AXIS REACTANCE
C       XQ      :  QUADRATURE AXIS REACTANCE
C       XXD     :  DIRECT AXIS TRANSIENT REACTANCE
C       XXQ     :  QUADRATURE AXIS TRANSIENT REACTANCE
C       XXXD    :  DIRECT AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE
C       XXXQ    :  QUADRATURE AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE
C       TDO     :  DIRECT AXIS TRANSIENT OPEN CIRCUIT TIME CONSTANT
C       TTD     :  DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT TRANSIENT TIME CONSTANT
C       TTTD    :  DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT TIME CONSTANT
C       VG      :  GENERATOR VOLTAGE
C       PWR     :  REAL POWER
C       ANGDEG  :  POWER ANGLE IN DEGREE
C       OMA     :  GENERATOR SPEED
C       YL      :  MODIFIED LINE ADMITTANCE MATRIX
C       NB      :  NUMBER OF BUSES
C       NG      :  NUMBER OF GENERATOR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C       NL      :  NUMBER OF LINES
C       NT      :  NUMBER OF TRANSFORMER
C       CX      :  CASE OF REACTANCE
C       VTOL    :  TOLERANCE VOLTAGE
C       SBASE   :  SYSTEM BASE
C       SLACKB  :  SLACK BUS NUMBER
C       FRE     :  FREQUENCY
C       ACCEF   :  ACCELERATE FACTOR
C       TYPE    :  TYPE OF BUS
C
C  REMARK
C     1. CX
C          = 0 : INCLUDED EFFECT OF TRANSIENT REACTANCE AND REACTANCE
C              : IN TWO AXIS ONLY.
C          = 1 : NOT ONLY INCLUDED EFFECT OF TRANSIENT REACTANCE AND
C              : REACTANCE IN TWO AXIS BUT SUBTRANSIENT REACTANCE
C              : AS WELL.
C     2. TYPE
C          = 0 : LOAD BUS
C          = 1 : GENERATOR BUS
C*************************************************************************
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR2/PG(20),QG(20),PL(20),QL(20)
      COMMON/VAR3/Y(20,20)
      COMMON/VAR4/XD(20),XXD(20),XXXD(20)
      COMMON/VAR5/XQ(20),XXQ(20),XXXQ(20)
      COMMON/VAR6/TD0(20),TTD(20),TTTD(20)
      COMMON/VAR7/VG(20)
      COMMON/VAR8/PWR(100,20)
      COMMON/VAR9/ANGDEG(10,20)
      COMMON/VAR10/OMA(100,20)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      COMMON/VAR11/YL(20,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMMON/VAR13/VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
      COMMON/VAR14/TYPE(20)
      COMPLEX Y,V,VG,YL
      INTEGER SLACKB,CASE,TYPE,CX
      CALL LOADFLOW
      CALL STABILITY
      STOP
      END
C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE LOADFLOW                            C
C*************************************************************************C
C                                                                         C
C  PURPOSE                                                                C
C       1. LOAD FLOW PROGRAM BY NEWTON - RAPHSON METHOD.                  C
C       2. LOAD FLOW SOLUTION USED TO BE INITIAL DATA FOR STABILITY -     C
C          PROGRAM.                                                       C
C*************************************************************************C
      SUBROUTINE LOADFLOW
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR2/PG(20),QG(20),PL(20),QL(20)
      COMMON/VAR3/Y(20,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMMON/VAR13/VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
      COMMON/VAR14/TYPE(20)
      COMPLEX Y,CHTY,SERY,YT,ZT,TAPC,V,S,CURT,AMIS,PQBUS,SFLOW,CT,SUM,
     *RFLOW
      INTEGER SLACKB,TYPE,SB,EB,TD,STB,ETB,TCODE,CX
      REAL SV,QMIN,QMAX,CHTB,TAP,CP,CQ,DP,DQ,ANG,BB,EMAG,DELTAE,E,F,G,
     *B,J1,J2,J3,J4,J5,J6,A,A1,D,INV,AINV,C,DELE,DELF,ENEW,FNEW,MAA,
     *MBB,MAXMIS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DIMENSION  SV(20),QMIN(20),QMAX(20),SHTB 20),SHTY(20),
     *SERY(2)),CB(20),EB(20),,TB(10),ETB(10),TAP(1  ,YT 10),TCODE(20)
     *TAPC 10),S 20),CURT(20),CP 20  ,20(20 ,2F  20),P0 2   ,ANG(20),
     *BP(20),EMAG(20),DELTAE 20),F(20),F(20),G  0, 0  ,B(20,20 ,
     *J1(20,20),J2(20,20),J3(20,20),J4(20,20),J5 2 ,20),J6(2 ,20),
     *A(20,20  ,A1 20,20),D(20,20),INV(20,2  ,A NV(2 ,2  ,P 20  ,
     *DELE(20  ,DELF(20),ENEW(20),FNEW(2 )
C*********************READ DATA INPUT*************************
      OPEN(5,FILE='A:DATA'
C*****READ HEAD DATA*****************************************
      READ(5,10) NB,NL,NG,NT,VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF,CX
   10 FORMAT(4I ),F7.5,F10.5,I ,F4.1,F7.5,I2)
C*****READ BUS DATA******************************************
      DO 12 I=1,NB
      READ(5,11) I,TYPE(I),SV(I),PG(I  ,QG(I  ,PL(I),QL(I  ,QMIN  ),QMAX(I
     *,SHTB(I
   11 FORMAT(I1,F5.3,7F7.2)
   12 CONTINUE
C*****WRITE HEAD DATA*****************************************
      WRITE (*,13) NB,NL,NG,NT,VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
   13 FORMAT(T10,'NUMBER OF BUSES',T40,I3,/T10,'NUMBER OF LINES',T40,
     *I3,/T10,'NUMBER OF GENERATORS',T40,I3,/T10,
     *'NUMBER OF TRANSFORMERS',T40,I3,/T10,'VOLTAGE TOLERANCE',T41,
     *F7.5,/T10,'SYSTEM BASE',T42,F6.2,T50,'MVA',/T10,
     *'SLACK BUS NUMBER',T40,I3,/T10,'FREQUENCY',T42,F4.1,/T10,
     *'ACCELERATE FACTOR',T42,F7.5/
C*****WRITE BUS DATA******************************************
      WRITE(*,14)
   14 FORMAT(//T21,'B U S   D A T A',//T23,'GENERATION',T42,'LOAD',T5
     *'MIN',T62,'MAX',T72,'SHUNT',/T3,'BUS',T8,'TYPE',T14,
     *'VOLTS',T23,'MW',T30,'MVAR',T39,'MW',T46,'MVAR',T54,'MVAR',T62,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     *'MVAR',T69,'SUSCEPTANCE'/)
      DO 16 I    1,NB
      WRITE(*,15  I,TYPE(I), V  I),PG(I  ,QG(I),PL  I),QL(I  ,QMIN(I),
     *QMAX(I),SHTB(I
   15 FORMAT T4,I2,T10,I1,T14,F5.3,T21,F7.2,T29,F7.2,T35,F7.2,T44,F7.2,
     *T52,F7.2,T60,F7.2,T68,F7.2)
   16 CONTINUE
C*****CLEAR BUS ADMITTANCE MATRIX*****
      DO 20 I = 1,NB
      DO 20 J    1,NB
      Y I,J)    CMPLX(0.0,0.0)
   20 CONTINUE
C*****CLEAR SHUNT AND SERIES ADMITTANCE*****
      DO 21      1,NL
      SHTY(I)   CMPLX(0.0,0.0
      ERY(I)    CMPLX(0.0,0.0
   21 CONTINUE
C*****READ AND WRITE LINE DATA*****
      WRITE(*,17)
   17 FORMAT(/ T31,'L I N E   D A T A',//T5,'LINE',T12,'BUS',T19,'BUS',
     *T24,'LENGTH',T34,'RESISTANCE',T47,'REACTANCE',T59,'SUSCEPTANCE'/)
      DO 18 I    1,NL
      READ(5,19) LINE,SB(I),EB(I),EL,R,X,BC
   18 FORMAT(3I3,4F7.5)
C*****
C                    FORM ADMITTANCE MATRIX
C*****
C*****FORM ADMITTANCE MATRIX FROM LINE DATA*****
      SHTY(I)   EL*CMPLX(0.0,BC)
      ERY(I)    1 /(EL*CMPLX(R,X))
      I   SB(I
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      M = EB(I)
      Y(L,L) = Y(L,L)+SERY(I)+(SHTY(I)/2.0
      Y(M,M) = Y(M,M)+SERY(I)+(SHTY(I)/2.0
      Y(L,M) = Y(L,M) SERY(I)
      Y(M,L) = Y(M,L) SERY(I)
      WRITE(6,22) LINE,EB(I),EB(I),FL,R,X,R
   22 FORMAT(T5,I3,T12,I3,T18,I3,T24,F7.5,T30,F7.5,T48,F7.5,  1,F7.5)
   23 CONTINUE
C*****ADD SHUNT SUSCEPTANCE TO ADMITTANCE MATRIX*****C
      DO 24 I  1,NB
      Y(I, I)  Y(I, I)+CMPLX(0.0,TH(B(I)
   24 CONTINUE
C*****CHECK NUMBER OF TRANSFORMER*****C
      IF (NT.EQ.0) GO TO 44
C*****IF THERE ARE TRANSFORMERS THEN CHECK TYPE OF TRANSFORMERS*******C
      READ(5,37) TD
   37 FORMAT(I3
C*****TD : TRANSFORMER TYPE*****C
C       0 : FIXED TAP TRANSFORMERS
C       1 : TAP CHANGING TRANSFORMERS
      IF (TD.EQ.1) GO TO 38
C*****READ AND WRITE DATA OF TAP FIXED TRANSFORMERS*****C
      WRITE(6,29
   29 FORMAT( /T29,'TRANSFORMER - DATA',//T7,'NO',T1 ,'BUS',T2 ,'BUS',
     *T27,'RESISTANCE',T41,'REACTANCE',T54,'TAP',T63,'CODE'
      R = 0.0
      X = 0.0
      DO 30 I  1,NT
      READ(5,31  NO,ETB(I),ETB(  ,R,X,TAP(I),TCODE(I
   31 FORMAT 2I3,2F7.5,F5.3,I1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****FORM ADDMITTANCE FROM FIXED TAP TRANSFORMER*********************C
      YT(I) = 1.0/CMPLX(R,X)
      IF (TCODE(I).EQ.1) GO TO 50
      L = STB(I)
      M = ETB(I)
      GO TO 33
   50 L = ETB(I)
      M = STB(I)
   33 Y(L,L) = Y(L,L)+YT(I)/(TAP(I)**2)
      Y(M,M) = Y(M,M)+YT(I)
      Y(L,M) = Y(L,M)-YT(I)/TAP(I)
      Y(M,L) = Y(L,M)
      LINE   = NL+NO
      WRITE(*,34) NO,STB(I),ETB(I),R,X,TAP(I),TCODE(I)
   34 FORMAT(T5,I3,T13,I3,T20,I3,T29,F7.5,T42,F7.5,T53,F5.3,T65,I1)
   30 CONTINUE
      GO TO 14
C*****READ AND WRITE DATA OF PHASE SHIFT TRANSFORMERS*****************C
   38 WRITE(*,39)
   39 FORMAT(//T29,'TRANSFORMER - DATA',//T3,'NO',T6,'PRI',T10,'SEC',
     *T17,'IMPEDANCE',T29,'ADMITTANCE',T43,'TAP CHANGING',
     *T57,'PHASE SHIFTING'/)
      DO 40 I = 1,NT
      READ(5,41) NO,STB(I),ETB(I),TAPC(I),ZT
   41 FORMAT(3I3,4F7.4)
      YT(I) = 1.0/ZT
      AMP   = REAL(TAPC(I))
      PHASE = AIMAG(TAPC(I))
      WRITE(*,43) NO,STB(I),ETB(I),ZT,YT(I),AMP,PHASE
   43 FORMAT(T2,I3,T6,I3,T10,I3,T15,F5.4,F6.4,T29,F5.3,T34,F6.4,
     *T42,F6.4,T49,F6.4,T61,F6.4)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****FORM ADMITTANCE MATRIX FROM PHASE SHIFT TRANSFORMERS**********
      DTR      =  57.29577951
      PHASE    =  PHASE/DTR
      AZ       =  AMP*COS(PHASE)
      BZ       =  AMP*SIN(PHASE)
      TAP(I    =  CMPLX(AZ,BZ)
      I   =  ITB(I)
      M   =  JTB(I)
      Y(L,I    =  Y(L,I)+YT(I)/(TAP(I)*CONJG(TAP(I)))
      Y(M,M    =  Y(M,M)+YT(I)
      Y(L,M)   =  Y(L,M) YT(I)/CONJG(TAP(I))
      Y(M,L)   =  Y(M,L) YT(I)/TAP(I)
      LINE     = NL+NO
   40 CONTINUE
   44 CONTINUE
C*****CALCULATE REAL AND REACTIVE POWER PER UNIT**********************
      DO 34 I    1,NB
      PG(I) = PG(I)/SBASE
      QG(I) = QG(I)/SBASE
      PL(I) = PL(I)/SBASE
      QL(I) = QL(I)/SBASE
      S(I   = CMPLX(PG(I) PL(I),QG(I) QL(I))
   34 CONTINUE
C*****COUNT NUMBER OF GENERATOR BUS*************************************
      MB   =  0
      DO 37      ,NB
      IF (TYPE(I).EQ.1) MB    MB+1
   37 CONTINUE
C*****ICOD CONDITION*****************************************************
      IF  MB.NE.0) THEN
       ICOD = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ELSE
      ICOD    )
      END IF
C*****CLEAR P(I) Q AND E  F BUS VOLTAGE*****************************C
      DO 78 I = 1,NB
      ANG(I    = 0.00
   78 CONTINUE
C*****                                                              C
      ICOUNT = 0
C*****CALCULATE BUS VOLTAGE*****************************************C
      DO 79 I = 1,NB
      PX   = SV(I)*COS(ANG(I))
      PY   = SV(I)*SIN(ANG(I))
      V(I)     =  CMPLX(PX,PY)
   79 CONTINUE
   80 CONTINUE
C*****CALCULATE REAL AND REACTIVE POWER*****************************C
      DO 74 I =  2,NB
      CP(I)    =  0.0
      CQ(I)    =  0.0
      E(I)     =  REAL(V(I))
      F(I)     =  AIMAG(V(I))
      DO 75 J =  1,NB
      E(J)     =  REAL(V(J))
      G(I,J)   =  REAL(Y(I,J))
      F(J)     =  AIMAG(V(J))
      B(I,J)   =  -AIMAG(Y(I,J))
      P        =   E(I)*((E(J)*G(I,J))+(F(J)*B(I,J)))
     *           + F(I)*((F(J)*G(I,J)) -(E(J)*B(I,J)))
      CP(I)    =  CP(I)+P
      Q        =   F(I)*((E(J)*G(I,J))+(F(J)*B(I,J)))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C   IF BOTH                                                              C
C         ABSOLUTE MAXIMUM DIFFERENCE REAL POWER FOR THIS ITERATION)     C
C       AND                                                              C
C         ABSOLUTE(MAXIMUM DIFFERENCE REACTIVE POWER FOR THIS ITERATION) C
C       LESS EQUAL 0.0001                                                C
C   THEN  CALCULATE LINE FLOWS AND POWER AT SLACK BUS                    C
C   ELSE  CALCULATE BUS CURRENTS                                         C
C*************************************************************************
      DO 105 I = 2,NB
         IF (DP(I).GT.0.0001) GO TO 102
      IF (ICOD.EQ.0)  GO TO 103
      IF  I.GT.MB  GO TO 103
      IF (DELTAS( ).GT.0.0001  GO TO 102
      GO TO 105
  103 IF (DQ(I).GT.0.0001) GO TO 102
  105 CONTINUE
  106 CONTINUE
      GO TO 111
C****CALCULATE BUS CURRENTS*************************************************
  102 DO 104 I = 2,NB
      CURT(I)  =  CMPLX(CP(I),-CQ(I)) CONJG(V(I))
  104 CONTINUE
C*****FORM ELEMENTS FOR JACOBIAN MATRIX*************************************
      DO 166 I = 2,NB
      E(I) = REAL(V(I))
      F(I) = AIMAG(V(I))
  166 CONTINUE
      DO 167 I = 1,NB
      DO 167 J = 1,NB
      G(I,J)   =  REAL(Y(I,J))
      B(I,J)   =  AIMAG(Y(I,J))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  168 CONTINUE
  167 CONTINUE
C*****FORM JACOBIAN MATRIX 1,2**********************************************C
      DO 16    I    2,NP
      DO 162   J    2,NP
      J1(I,J)       0.0
      J2(I,J)       0.0
  162 CONTINUE
      DO 163   I    2,NB
      J1(I,I)    =  J1(I,I)+(E(I)*G(I,I))
     *                      -(F(I)*B(I,I))+REAL(CURT(I))
      J2(I,I)    =  J2(I,I)+(E(I)*B(I,I))
     *                      +(F(I)*G(I,I    AIMAG(CURT    )
      DO 163  J = 2,NB
      IF (I.NE.J) THEN
      J1(I,J)      J1(I,J)+(E(I)*G(I,J)) (F(I)*B(I,J)
      J2(I,J     = J2(I,J)-(E(I)*B(I,J))+(F(I)*G(I,J)
      END IF
  163 CONTINUE
      IF (ICOD.EQ.0) M = 2
      IF (ICOD.EQ.0) GO TO 170
C*****FORM JACOBIAN MATRIX 3,4**********************************************C
      DO 172 I = 2,MB
      DO 172 J = 2,NB
      J3(I,J)  = 0.0
      J4(I,J)  = 0.0
  172 CONTINUE
      DO 171 I = 2,MB
      J3(I,I)  = J3(I,I)+2*E(I)
      J4(I,I)     J4(I,I)+2*F(I)
      DO 171 J    2,NB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     *            - E(I)*((F(J)*G(I,J))-(E(J)*B(I,J)))
          CQ(I)    =   CQ(I)+Q
   75 CONTINUE
   74 CONTINUE
C** CALCULATE DIFFFRENCES BETWEEN SCHEDULED AND CALCULATED REAL POWER
          DO 32 I = 2,NP
          DP(I)    = REAL(S(I)) CP(I
          BB(I) = DP(I
   32 CONTINUE
          J = NB+1
          IF (ICOD.EQ.0) M = 2
          IF (ICOD.EQ.3) GO TO 100
C*****FOR VOLTAGE CONTROL BUS**********************************************C
          DO 101 I   =  2,MB
          EMAG(I)      (E(I))**2 + (F(I))**2
          DELTAE(I) =  V(I)**2 - EMAG(I)
          BB(J)      =  DELTAE(I)
          J = J+1
  101 CONTINUE
          M = MB+1
  100 CONTINUE
C*CALCULATE DIFFERENCES BETWEEN SCHEDULED AND CALCULATED REACTIVE POWER
          DO 137 I = M,NB
          DQ(I) = AIMAG(S(I))-CQ(I)
          BB(J) = DQ(I)
          J = J+1
  137 CONTINUE
C*************************************************************************C
C*****DETERMINE MAXIMUM CHANGE IN POWER MAX DELTA REAL POWER AND          C
C      REACTIVE POWER FOR THIS ITERATION.                                 C
C*****TEST FOR CONVERGENCE*************************************************C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF (I.NE.J) THEN
      J3(I,J) = 0.0
      J4(I,J) = 0.0
      END IF
  171 CONTINUE
  170 CONTINUE
C*****FORM JACOBIAN MATRIX 5,6**********C
      DO 175 I   M,NB
      DO 175 J = 2,NB
      J5(I,J)  = 0.0
      J6(I,J)  = 0.0
  175 CONTINUE
      DO 176 I = M,NB
      J5(I,I)  = J5(I,I)-(E(I)*B(I,I))+(F(I)*G(I,I))-AIMAG(CURT(I))
      J6(I,I)  = J6(I,I)-(E(I)*G(I,I))-(F(I)*B(I,I))+REAL(CURT(I))
      DO 176 J = 2,NB
      IF (I.NE.J) THEN
      J5(I,J)  = J5(I,J)+(F(I)*G(I,J))-(E(I)*B(I,J))
      J6(I,J)  J6(I,J)-(F(I)*B(I,J))-(E(I)*G(I,J))
      END IF
  176 CONTINUE
C*****FORM ALL SUBJACOBIAN TO FORM ALL JACOBIAN MATIX**********C
      DO 3030 I = 2,NB
      DO 3030 J = 2,NB
      A(I,J)   0.0
 3030 CONTINUE
      DO 182 I = 2,NB
      DO 182 J = 2,NB
      A(I,J)   = J1(I,J)
  182 CONTINUE
      DO 183 I   2,NB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      J = 2
      N = 2*NB 1
      L = NB+1
      DO 184 K = L,N
      A(I,K)    = J3(I,J)
      IF (I.GT.NB) GO TO 185
      J = J+1
  184 CONTINUE
  185 CONTINUE
  183 CONTINUE
      IA    NB+1
      I   = 2
       F (I.EQ.0) GO TO 191
  193 CONTINUE
      DO 190 J = 2,NB
      A(IA,J)   = J3(I,J)
  190 CONTINUE
      I = I+1
      IF (I.GT.MB) GO TO 192
      IA = IA+1
      GO TO 193
  192 IA = IA+1
  191 CONTINUE
      DO 194 J = 2,NB
      A(IA,J)   = J5(I,J)
  194 CONTINUE
      I = I+1
      IF (I.GT.NB) GO TO 195
      IA = IA+1
      GO TO 191
  195 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IA   = NB+1
      I = 2
       F(ICOP.EQ.0) GO TO 19
  197 CONTINUE
      L = NB+1
      DO 198 J = 2,NB
      A(IA,L)   = J4(I,J)
      L = L+1
  198 CONTINUE
      I = I+1
      IF(I.GT.MB) GO TO 199
      IA = IA+1
      GO TO 197
  199 CONTINUE
      IA = IA+1
  196 CONTINUE
      L = NB+1
      DO 200 J   2,NB
      A(IA,L   = J6(I,J)
      L = L 1
  200 CONTINUE
      I = I+1
      IF (I.GT.NB) GO TO 201
      IA   IA+1
      GO TO 196
  201 CONTINUE
      N = 2*NB-1
      DO 3040 I = 2,N
      A1(I-1,J 1) = 0.0
 3040 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DO 204 I = 2,N
      DO 205 J = 2,N
      A1(I-1,J-1) = A(I,J)
      CONTINUE
  204 CONTINUE
      N = N-1
C*****CALCULATE INVERSE JACOBIAN MATRIX*****C
      EPS = 0.000 0001
      DO 20       I,N
      D       = 1,N
      IF (I-J) 302,303,302
   03 D(I,J)    1.0
      GO TO 3 1
  302 D(I,J)    0.0
   1  CONTINUE
  300 CONTINUE
      DEL    1.0
      DO 304 K = 1,N
      IF (K-N) 305,306,306
  305 IMAX = K
      AMAX = ABS(A1(K,K))
      KP1  = K+1
      DO 307 I = KP1,N
      IF (AMAX ABS(A1(I,K))) 308,307,307
  308 IMAX = I
      AMAX = ABS(A1(I,K))
  307 CONTINUE
      IF (IMAX-K) 309,306,309
  309 DO 310 J = 1,N
      ATMP   A1(IMAX,J)
      A1(IMAX,J) = A1(K,J)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      A1(K,J) = ATMP
      BTMP = D(IMAX,J)
      D(IMAX,J) = D(K,J)
  310 D(K,J) = BTMP
      DEL =  DEL
  306 CONTINUE
      IF  ABS(A1(K,K)) EPS) 31 ,311,312
  312 DEL = A1(K,K)*DEL
      DIV = A1(K,K)
      DO 313 J = 1,N
      A1(K,J) = A1(K,J)/DIV
  313 D(K,J) = D(K,J)/DIV
      DO 314 I = 1,N
      AMULT = A1( I,K)
      IF (I-K) 315,314,315
  315 DO 316  J    1,N
      A1(I,J) = A1(I,J)-AMULT*A1(K,J)
  316 D(I,J) = D(I,J)-AMULT*D(K,J)
  314 CONTINUE
  304 CONTINUE
    3 1 CONTINUE
      DO 351 I = 1,N
      DO 352 J = 1,N
      INV(I,J) = D(I,J)
  352 CONTINUE
  351 CONTINUE
      DO 353 I = 1,N
      DO 354 J = 1,N
      AINV(I+1,J+1) = INV(I,J)
  354 CONTINUE
  353 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      N = N+1
      DO 355 I = 2,N
      C(I) = 0
      DO 355 J = 2,N
      C(I) = C(I)+A'NV(I,J)*BP(J)
  355 CONTINUE
      I = 2
      DO 364 J = 2,N
      DELE(I) = C(J)
      I = I+1
      IF (I.GT.NB) GO TO 365
  364 CONTINUE
  365 CONTINUE
      I = 2
      DO 366 J = NB+1,N
      DELF(I) = C(J)
      I = I+1
      IF (I.GT.NB) GO TO 367
  366 CONTINUE
  367 CONTINUE
C*****CALCULATE NEW BUS VOLTAGE AND REPLACE OLD BUS VOLTAGE**********C
      DO 368 I = 2,NB
      E(I) = REAL(V(I))
      F(I) = AIMAG(V(I))
      ENEW(I) = E(I)+DELE(I)
      FNEW(I) = F(I)+DELF(I)
      V(I) = CMPLX(ENEW(I),FNEW(I))
  368 CONTINUE
C*****CALCULATE NEW BUS VOLTAGE ANGLE**********C
      DO 369 I = 1,NB
      ANG(I) = ATAN(AIMAG(V(I))/REAL(V(I)))*57.29577951
  369 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****ADVANCE ITERATION COUNT*****************************************C
      ICOUNT  = ICOUNT+1
      IF (ICOUNT.GE.20) GO TO 8888
      GO TO 80
C*****PRINT RESULT AND CALCULATE LINE FLOWS AND POWER AT SLACK BUS****C
  111 WRITE(*,370) ICOUNT
  370 FORMAT(//T11,'LOAD-FLOW SOLUTION BY USING NEWTON RAPHSONS METHOD'
     *,/T11,'SOLUTION CONVERGED IN',2X,I3,2X,'ITERATIONS')
      WRITE(*,371)
  371 FORMAT(///,T34,'BUS-DATA',//,T33,'GENERATION',T54,'LOAD',T64,
     *'CAP/REAC',/,T5,'BUS',T12,'VOLTS',T22,'ANGLE',T32,'MW',T41,'MVAR'
     *,T51,'MW',T58,'MVAR',T66,'MVAR',/)
      SUM = CMPLX(0.0,0.0)
      DO 3080 I = 1,NB
      SUM = SUM+Y(1,I)*V(I)
 3080 CONTINUE
      DO 372 I = 1,NB
      PG(1)   = REAL(SUM*CONJG(V(1)))
      QG(1)   = -AIMAG(SUM*CONJG(V(1)))
      VMAG    = CABS(V(I))
      QCB     = SHTB(I)*VMAG**2
      IF (I.EQ.1) GO TO 3090
      PG(I)   = REAL(S(I))+PL(I)
      QG(I)   = AIMAG(S(I))+QL(I)-QCB
 3090 CONTINUE
      PGEN    = PG(I)*SBASE
      QGEN    = QG(I)*SBASE
      PLOAD   = PL(I)*SBASE
      QLOAD   = QL(I)*SBASE
      QCB       QCB*SBASE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,373) I,VMAG,ANG(I),PGEN,QGEN,PLOAD,QLOAD,QCB
  373 FORMAT(T6,I2,T11,F6.4,T21,F7.4,T29,F7.3,T39,F7.3,T50,F6.3,T58,
     *F6.3,T67,F3.2)
  372 CONTINUE
      WRITE(*,3060)
 3060 FORMAT(//T25,'LINE AND TRANSFORMER DATA',/T12,'LINE',T19,'SB',
     *T24,'EB',T35,'MW',T50,'MVAR',T65,'TAP',/T11,57('-'))
C*****CALCULATE LINE FLOW*************************************************C
      DO 3070 I = 1,NL
      L = SB(I)
      M = EB(I)
      SFLOW = CONJG(V(L))*(V(L)-V(M))*SERY(I)+
     *        V(L)*CONJG(V(L))*(SHTY(I)/2.0)
      RFLOW = CONJG(V(M))*(V(M)-V(L))*SERY(I)+
     *        V(M)*CONJG(V(M))*(SHTY(I)/2.0)
      SFLOW = CONJG(SFLOW*SBASE)
      RFLOW = CONJG(RFLOW*SBASE)
      WRITE(*,377) I,L,M,SFLOW
      WRITE(*,377) I,M,L,RFLOW
 3070 CONTINUE
      IF (NT.EQ.0) GO TO 391
      DO 4000 I = 1,NT
      MAB = 1.0/TAP(I)
      MAA = (1.0/TAP(I)-1.0)/TAP(I)
      MBB = (1.0-1.0/TAP(I))
      L = SB(I)
      M = EB(I)
      SFLOW = CONJG(V(L))*(V(L)-V(M))*YT(I)*MAB+
     *        V(L)*(CMPLX(MAA,0.0)*YT(I)/2.0)
      RFLOW = CONJG(V(M))*(V(M)-V(L))*YT(I)*MAB+
     *        V(M)*(CMPLX(MBB,0.0)*YT(I)/2.0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,377) I,L,M,SFLOW
      WRITE(*,377) I,M,L,PFLOW
4000 CONTINUE
 377 FORMAT(T14,I2,T19,I2,T24,I2,T31,F10.4,T48,F9.4,T66,F5.3)
 391 WRITE(*,4010)
4010 FORMAT(T11,57('-'))
8888 RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************C
C                        SUBROUTINE STABILITY                             C
C*************************************************************************C
C  PURPOSE                                                                C
C    1.TO CALCULATE THE VALUES OF                                         C
C        -  POWER ANGLE                                                   C
C        -  RATIO OF ACTUAL SPEED TO RATED SPEED                          C
C        -  PER UNIT BUS VOLTAGE                                          C
C        -  PER UNIT BUS POWER                                            C
C        -  PER UNIT ACCELERATE TORQUE                                    C
C        -  PER UNIT ACCELERATION OF MACHINES                             C
C        AFTER 6 SITUATIONS ACCORDING TO THE VARIABLE " FTYPE "           C
C        -  0      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS.           C
C        -  3      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMIANL OF        C
C                    THE TRANSMISSION LINE JUXTAPOSE TO ANY ONE BUS.      C
C        -  1      : THREE PHASE FAULT OCCURED AT ANY TWO BUSES -         C
C                    CONCOMITANTLY.                                       C
C        -  4      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF        C
C                    THE TRANSMISSION LINE ADJACENT TO ANY TWO -          C
C                    BUSES SIMULTANEOUSLY.                                C
C        -  2      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS            C
C                    SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER ONE BUS      C
C        -  5      : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF        C
C                    THE TRANSMISSION LINE CONTIGUOUS TO ANY ONE BUS      C
C                    SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER OF THE       C
C                    TERMINAL OF TRANSMISSION LINE PROXIMATE TO ANY       C
C                    ONE BUS.                                             C
C*****REMARK                                                              C
C     BASE SYSTEM = 100 MVA.                                              C
C    2. THIS SUBROUTINE CONSISTS OF                                       C
C         -  SUBROUTINE SALIENT                                           C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C          -  SUBROUTINE ROUND                                          C
C          -  SUBROUTINE TRO3                                           C
C          -  SUBROUTINE TR1                                            C
C          -  SUBROUTINE TR2                                            C
C          -  SUBROUTINE TR4                                            C
C          -  SUBROUTINE TR5                                            C
C          -  SUBROUTINE PLOT                                           C
C*************************************************************************C
      SUBROUTINE STABILITY
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR2/PG(20),QG(20),PL(20),QL(20)
      COMMON/VAR3/Y(20,20)
      COMMON/VAR4/XD(20),XXD(20),XXXD(20)
      COMMON/VAR5/XQ(20),XXQ(20),XXXQ(20)
      COMMON/VAR6/TDO(20),TTD(20),TTTD(20)
      COMMON/VAR7/VG(20)
      COMMON/VAR8/PWR(100,20)
      COMMON/VAR9/ANGDEG(100,20)
      COMMON/VAR10/OMA(100,20)
      COMMON/VAR11/YL(20,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMMON/VAR13/VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
      COMMON/VAR14/TYPE(20)
      COMPLEX Y,V,VG,YL,CURR,YG
      INTEGER TYPE,GNB(20),RTT(20),STEP,CYC,FTYPE,FCYC,CCYC,RCCYC,LCYC,
     *FBUS1,FBUS2,FBUS3,FBUS4,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,
     *LCYC1,LCYC2,SLACKB,CX
      REAL AVT(20),H(20)
C************************DECLARE VARIABLES*******************************C
C     Y        :   ADMITTANCE MATRIX                                     C
C     V        :   PER UNIT BUS VOLTAGE                                  C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C      VG       :   PER UNIT GENERATOR VOLTAGE                              C
C      YL       :   MODIFIED ADMITTANCE MATRIX                              C
C      CURR     :   PER UNIT BUS CURRENT                                    C
C      YG       :   GENERATOR ADMITTANCE                                    C
C      TYPE     :   BUS TYPE                                                C
C      CNB      :   CONNECTED BUS OF GENERATOR                              C
C      RTT      :   ROTOR TYPE                                              C
C                       0   :  ROUND ROTOR                                 C
C                       1   :  SALIENT ROTOR                               C
C      STEP     :   STEP OF OPERATION                                       C
C      FTYPE    :   FAULT TYPE                                              C
C      CYC      :   TIME CYCLE                                              C
C      FCYC     :   FAULT CYCLE                                             C
       CCYC     :   FAULT CLEARING CYCLE                                    C
       RCCYC    :   LINE RECLOSING CYCLE                                    C
C       CYC     :   LAST CONSIDERATION CYCLE                                C
C      FBUS?    :   FAULT BUS NUMBER 1,2,3,4                                C
C      FCYC1    :   FIRST FAULT CYCLE                                       C
       FCYC2    :   SECOND FAULT CYCLE                                      C
C      CCYC1    :   FIRST FAULT CLEARING CYCLE                              C
C      CCYC2    :   SECOND FAULT CLEARING CYCLE                             C
C      RCCYC1   :   FIRST LINE RECLOSING CYCLE                              C
C      RCCYC2   :   SECOND LINE RECLOSING CYCLE                             C
C      LCYC1    :   LAST CONSIDERATION CYCLE FOR FIRST FAULT                C
C      LCYC2    :   LAST CONSIDERATION CYCLE FOR SECOND FAULT               C
C      AVT      :   PER UNIT MACHINE SPEED                                  C
C      H        :   PER UNIT INERTIA CONSTANT                               C
C*****REMARK                                                               C
C      SYSTEM BASE = 100 MVA.                                              C
C*************************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****READ MACHINE DATA*************************************************C
      DO 550 I = 1,NG
      READ(5,509) CNB(I),RTT(I),H(I),XD(I),XQ(I),XXD(I),XXQ(I),XXXD(I)
     *,XXXQ(I),TDO(I),TTD(I),TTTD(I)
  509 FORMAT(2I2,F8.4,10F7.4)
C*****CHECK ROTOR TYPE TO WRITE DATA OF EACH MACHINES*******************C
C     RTT(I)  :  ROTOR TYPE OF MACHINE NUMBER I                         C
C       0     :  ROUND ROTOR                                            C
C       1     :  SALIENT ROTOR                                          C
C*************************************************************************C
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 545
C*****WRITE DATA OF SALIENT POLE ROTOR MACHINE**************************C
      WRITE(*,522) I
  522 FORMAT(//T32,'MACHINE DATA',//T3,'GENERATOR NUMBER',I2,//,T5,
     *'THIS GENERATOR IS SALIENT POLE ROTOR TYPE')
      GO TO 555
C*****WRITE DATA OF ROUND ROTOR MACHINE*********************************C
  545 WRITE(*,524) I
  524 FORMAT(//T32,'MACHINE DATA',//T3,' GENERATOR NUMBER',I2,//,T5,
     *'THIS GENERATOR IS ROUND ROTOR TYPE')
C*****WRITE DATA OF EACH TYPE OF MACHINE********************************C
  555 WRITE(*,526) H(I),XD(I),XQ(I),XXD(I),XXQ(I),XXXD(I),XXXQ(I),
     *TDO(I),TTD(I),TTTD(I)
  526 FORMAT(/T7,'INERTIA CONSTANT ',T60,F8.4,' P.U.',
     */T7,'DIRECT AXIS REACTANCE ',T60,F7.4,' P.U.',
     */T7,'QUADRATURE AXIS REACTANCE',T60,F7.4,' P.U.',
     */T7,'DIRECT AXIS TRANSIENT REACTANCE',T60,F7.4,' P.U.',
     */T7,'QUARDRATURE AXIS TRANSIENT REACTANCE',T60,F7.4,' P.U.',
     */T7,'DIRECT AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE',T60,F7.4,' P.U.',
     */T7,'QUARDRATURE AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE',T60,F7.4,' P.U.',
     */T7,'DIRECT AXIS TRANSIENT OPEN CIRCUIT TIME CONSTANT',T60,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     *F7.4,' SEC',
     */T7,'DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT TRANSIENT TIME CONSTANT',T60,
     *F7.4,' SEC',
     */T7,'DIRECT AXIS SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT TIME CONSTANT',T60,
     *F7.4,' SEC'/)
  550 CONTINUE
C*****WRITE NUMBER OF BUSES,LINES,MACHINES*************************************C
   40 WRITE(*,552) NB,NL,NG
  552 FORMAT(// T24,'STABILITY CALCULATION SOLUTION',
     *//,T21,'LOAD FLOW USING NEWTON RAPHSON METHOD',
     */T21,'STABILITY USING MODIFY EULER METHOD',//,T7,'WRITTEN BY :'
     *,/T20,'SIWAT        PAKAWAPAKPOOM',/T20,'ANNOP          JUNDTED',
     *T20,'ISSARACHAI   NGAMROO',//T7,'ADVISOR :',/T20
     *,'MR. SOMPOTSH PRAPAI',/T20,'MR. MONTHON  LELAJINDAGAILERK',
     *//T5,'DETAILS OF SYSTEM',/,T11,'NUMBER OF BUSE ',T36,I5,/T11,
     *'NUMBER OF LINES',T36,I5,/T11,'NUMBER OF GENERATORS',T36,I5)
C*****WRITE TYPE OF MACHINE****************************************************C
      DO 580 I = 1,NG
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 800
      WRITE(*,556) I,CNB(I)
  556 FORMAT(T11,'MACHINE NUMBER',I2,' IS CONNECTED AT BUS ',I2,
     *,' AND IS SALIENT POLE MACHINE')
      GO TO 580
  800 WRITE(*,558) I,CNB(I)
  558 FORMAT(T11,'MACHINE NUMBER',I2,' IS CONNECTED AT BUS ',I2,
     *,' AND IS ROUND ROTOR MACHINE')
  580 CONTINUE
C*****MODIFIED ADMITTANCE MATRIX***********************************************C
C     FOR REPRESENTATION OF LOAD                                              C
C          THE STATIC ADMITTANCE OR ADMITTANCE TO GROUND Y(I), USED TO         C
C     REPRESENT THE LOAD AT BUS I.                                            C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C          THE EQUIVALENT ADMITTANCE TO GROUND REPRESENTING THE LOAD ATC
C      BUS P IS                                                          C
C                YpO  =  (PL(p) - jQL(p))/(ABS(V(p)))                   C
C          TO INCLUDE YpO TO Y-MATRIX                                    C
C*****************************************************************C
      DO 560 I = 1,NB
      IF ((TYPE(I).EQ.1).AND.(PG(I).EQ.0.0)) QL(I) = QL(I)-QG(I)
      IF ((PL(I).EQ.0.0).AND.(PG(I).EQ.0.0)) GO TO 560
      Y(I,I) = Y(I,I)+CMPLX(PL(I),-QL(I))/CABS(V(I))
  560 CONTINUE
C*****INCLUDE GENERATOR ADMITTANCE TO Y-MATRIX AND                       C
C      FORM NEW BUS TO REPRESENT THE MACHINES*************************C
      DO 500 I = 1,NG
      K = CNB(I)
      J = NB+I
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 508
      YG = CMPLX(1.0,0.0)/CMPLX(0.0,XQ(I))
      GO TO 711
  508 YG = CMPLX(1.0,0.0)/CMPLX(0.0,XXD(I))
  711 Y(K,K) = Y(K,K)+YG
      Y(J,J) = YG
      Y(J,K) = -YG
      Y(K,J) = Y(J,K)
  500 CONTINUE
C*****NGB : NUMBER OF GENERATORS AND BUSES*****************************C
      NGB = NG+NB
C*****CLEAR LINE PARAMETER MATRIX YLpq*********************************C
      DO 1377 I = 1,NGB
      DO 1377 J = 1,NGB
      YL(I,J)   = CMPLX(0.0,0.0)
 1377 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****FORM LINE PARAMETER MATRIX YLpq*********************************C
C                YLpq  =  Ypq/Ypp                  p,q   :  BUSp,BUSq      C
C*************************************************** ***********C
      DO 656 I = 1,NGB
      DO 655 J = 1,NGB
      YL(I,J)      Y(I,J)/Y(I,I)
  655 CONTINUE
  656 CONTINUE
C*****STEP OF OPERATION OF BOTH SUB-SALIENT AND SUB-ROUND*****************C
      STEP   0
C******TO CALCULATE THE MACHINE CURRENTS PRIOR TO THE DISTURBANCE*** ***C
      DO 1055 I = 1,NG
      J     = CNE(I)
      CURR = CMPLX(PG(J),-QG(J) /CONJG V(J))
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 735
      CALL SALIENT(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
      GO TO 1055
  735 CALL ROUND(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
 1055 CONTINUE
C*****STEP OF OPERATION OF BOTH SUB-SALIENT AND SUB-ROUND***************C
      STEP = 1
C******READ FAULT TYPE*************************************************C
      READ(5,511) FTYPE
  511 FORMAT(I2)
      IF ((FTYPE.EQ.0).OR.(FTYPE.EQ.3)) GO TO 512
      IF ((FTYPE.EQ.1).OR.(FTYPE.EQ.2)) GO TO 513
      IF ((FTYPE.EQ.4).OR.(FTYPE.EQ.5)) GO TO 514
      WRITE  ,51)
   51 FORMAT(1I ,' FAULT TYPE ERROR')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****FOR FTYPE = 0 OR 3*************************************************C
C     -READ FAULT DATA                                                    C
C     -CHANGE CYCLE TO TIME(SEC)                                          C
C*****************************************************************C
  512 READ(5,516) FBUS1,FBUS2,FCYC,CCYC,RCCYC,LCYC
  516 FORMAT(6I2)
      IF ((FTYPE.EQ.0).AND.(FBUS2.NE.0)) GO TO 630
      TFCYC  =  FLOAT(FCYC)/FREQ
      TCCYC  =  FLOAT(CCYC)/FREQ
      TRCCYC    FLOAT(RCCYC)/FREQ
      TLCYC  =  FLOAT(LCYC)/FREQ
      GO TO 517
  630 WRITE(*,528)
  528 FORMAT(///,20('*'),'    INPUT ERROR     ',20('*'))
      STOP
C*****FOR FTYPE = 1 OR 2*************************************************C
C     READ FAULT DATA                                                     C
C    -CHANGE CYCLE TO TIME(SEC)                                           C
C*****************************************************************C
  513 READ(5,518) FBUS1,FBUS2,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2
  518 FORMAT(8I2)
      FCYC = FCYC1
      LCYC = LCYC1
      GO TO 52
C*****FOR FTYPE = 4 OR 5*************************************************C
C     -READ FAULT DATA                                                    C
C     -CHANGE CYCLE TO TIME(SEC)                                          C
C*****************************************************************C
  514 READ(5,519) FBUS1,FBUS2,FBUS3,FBUS4,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,
     *RCCYC1,RCCYC2,LCYC1,LCYC2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  519 FORMAT(12I2)
      FCYC = FCYC1
      LCYC = LCYC1
      TRCCYC1 =  FLOAT(RCCYC1)/FREQ
      TRCCYC2 =  FLOAT(RCCYC2)/FREQ
   52 TFCYC1  =  FLOAT(FCYC1)/FREQ
      TFCYC2     FLOAT(FCYC2)/FREQ
      TCCYC1     FLOAT(CCYC1 /FREQ
      TCCYC2  =  FLOAT(CCYC2)/FREQ
      T CYC1  =  FLOAT(LCYC1)/FREQ
      TLCYC2  =  FLOAT(LCYC2)/FREQ
  517 CONTINUE
      WRITE(*,532)
  532 FORMAT(' ',T7,'DETAILS OF OPERATION',//,T5,'TIME SE  ',T3',
     *'OPERATION')
C*****WRITE OUTPUT PRINTING FOR EACH FAULT TYPE*****
      IF (FTYPE.EQ.0) GO TO 20
      IF (FTYPE.EQ.1) GO TO 21
      IF (FTYPE.EQ.2) GO TO 22
      IF (FTYPE.EQ.3) GO TO 23
       F (FTYPE.EQ.4) GO TO 24
      IF (FTYPE.EQ.5) GO TO 24
   2) WRITE(*,26) TFCYC,FBUS1,TCCYC,TLCYC
   26 FORMAT(/T8,F5.3,T27,'FAULT ON  : AT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'FAULT OFF : AT FAULT BUS',
     *       /T8,F5.3,T27,'END OF CASE'/
      GO TO 533
   21 TFCYC = TFCYC1
      LCYC  = LCYC1
      FCYC  = FCYC1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,527) TFCYC,FBUS1,FBUS2,TCCYC1,FBUS1,TCCYC2,FBUS2,TLCYC1,
     *FBUS1,TLCYC2,FBUS2
  527 FORMAT(/T8,F5.3,T27,'FAULT ON     : AT BUS  ',I2,' AND ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'FAULT OFF    : AT FAULT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'FAULT OFF    : AT FAULT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'END OF CASE : AT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'END OF CASE : AT BUS ',I2/)
      GO TO 533
   22 FCYC = FCYC1
      LCYC = LCYC1
      WRITE(*,28) TFCYC1,FBUS1,TFCYC2,FBUS2,TCCYC1,FBUS1,TCCYC2,FBUS2,
     *TLCYC1,FBUS1,TLCYC2,FBUS2
   28 FORMAT(/T8,F5.3,T27,'FAULT ON     : AT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'FAULT ON     : AT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'FAULT OFF    : AT FAULT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'FAULT OFF    : AT FAULT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'END OF CASE : AT BUS ',I2,
     *       /T8,F5.3,T27,'END OF CASE : AT BUS ',I2/)
      GO TO 533
   23 FCYC = FCYC1
      LCYC = LCYC1
      WRITE(*,529) TFCYC,FBUS1,FBUS2,TCCYC,FBUS1,FBUS2,TRCCYC,TLCYC
  529 FORMAT(/T6,F5.3,T20,
     *'FAULT ON  : ON TRANSMISSION LINE ADJACENT TO BUS ',I2,' AND ',I4
     *      ,/T6,F5.3,T20,
     *'FAULT OFF : LINE IS TRIPPED BY CIRCUIT BREAKER BETWEEN BUS ',I2,
     *' AND ',I2,
     *       /T6,F5.3,T20,': LINE IS RECLOSED ',
     *       /T6,F5.3,T20,': END OF OPERATION'/)
      GO TO 533
   24 FCYC = FCYC1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,530) TFCYC1,FBUS1,FBUS2,TFCYC2,FBUS3,FBUS4,TCCYC1,FBUS1,
     *FBUS2,TCCYC2,FBUS3,FBUS4,TRCYC1,FBUS1,FBUS2,TRCYC2,FBUS3,FBUS4
  5 0 FORMAT(/T6,F5.3,T20,
     *'FAULT ON  : ON TRANSMISSION LINE ADJACENT TO BUS ',I2,' AND ',I2
     *      , T6,F5.3,T20,
     *'FAULT ON  : ON TRANSMISSION LINE ADJACENT TO BUS ',I2,' AND ',I2
     *      ,/T6,F5.3,T20,
     *'FAULT OFF : LINE IS TRIPPED BETWEEN BUS ',I2,' AND ',I2,
     *      /T6,F5.3,T20,
     *'FAULT OFF : LINE IS TRIPPED BETWEEN BUS ',I2,' AND ',I2,
     *      /T6,F5.3,T20,
     *': LINE IS RECLOSED ON LINE BETWEEN BUS ',I2,' AND ',I2,
     *      /T6,F5.3,T20,
     *': LINE IS RECLOSED ON LINE BETWEEN BUS ',I2,' AND ',I2,
     *      /T6,F5.3,T20,': END OF OPERATION'/)
      FCYC   FCYC1
  573 CONTINUE
C*****WRITE OUTPUT DATA*************************************************C
  702 WRITE(*,588)
  529 FORMAT(/72('-'),/T3,'CYC',T8,'TIME',T15,'MC',T19,'ANG(RAD ',T29
     *,'ANG(DEG)',T40,'SPEED',T49,'POWER',T58,'ACCE.T',T67,'VOLT',
     */,72('-'))
      PI = 3.141592654
      TORQUE = 0.0
      OMEGA  = 1.0
      CYC = 0
  585 TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
      WRITE(*,552) CYC,TIME
  552 FORMAT(T4,I2,T8,F4.3)
      DO 570 I = 1,NG
      ANT I)   2.*PI*FREQ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      OMA(CYC+1,I) = AVT(I)
      ANGRAD = ATAN2(AIMAG(VG(I)),REAL(VG(I)))
      ANGDEG(CYC+1,I) = 180*ANGRAD/PI
      J = CNB(I)
      ABSV = CABS(V(J))
      PWR(CYC+1,I) = PG(J)
      WRITE(*,542) I,ANGRAD,ANGDEG(CYC+1,I),OMEGA,PWR(CYC+1,I),TORQUE,
     *ABSV
  542 FORMAT(T16,I1,T18,F8.5,T27,F10.5,T39,F8.5,T48,F8.5,T57,F8.5,
     *T66,F7.5)
  570 CONTINUE
      IF (CYC.EQ.FCYC) GO TO 660
      CYC = CYC+1
      GO TO 635
  660 CONTINUE
C*****CALL SUBROUTINE FOR EACH FAULT TYPE TO CALCULATE OUTPUT DATA****C
      IF ((FTYPE.EQ.0).OR.(FTYPE.EQ.3)) GO TO 661
      IF (FTYPE.EQ.1) GO TO 662
      IF (FTYPE.EQ.2) GO TO 663
      IF (FTYPE.EQ.4) GO TO 664
      IF (FTYPE.EQ.5) GO TO 665
  661 CALL TR03(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC,CCYC,RCCYC,
     *LCYC,CNB)
      GO TO 666
  662 CALL TR1(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,
     *CCYC2,LCYC1,LCYC2,CNB)
      GO TO 666
  663 CALL TR2(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,
     *CCYC2,LCYC1,LCYC2,CNB)
      GO TO 666
  664 CALL TR4(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,FBUS3,FBUS4,CYC,FCYC1,
     *FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,LCYC1,LCYC2,CNB)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      GO TO 666
  665 CALL TRF(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,FBUS3,FBUS4,CYC,FCYC1,
     *FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,LCYC1,LCYC2,CNB)
  666 CONTINUE
C*****CALL SUBROUTINE PLOT TO PLOT TWO CURVES**************************C
C       1. SWING CURVE.                                                 C
C       2. CURVE BETWEEN THE RATIO OF ACTUAL TO RATED SPEED OF MACHINE. C
C*************************************************************************C
      WRITE(*,546)
  545 FORMAT(T21,'SWING CURVE FOR MULTI MACHINE SYSTEM',/
     *  ,T16,'X-AXIS : REPRESENT DEVIATION OF ANGLE IN DEGREE ',
     *  ,T16,'Y-AXIS : REPRESENT EACH CYCLE ',/,30('*'),
     *  'ANGLE(DEGREE ',30('*'))
      LCYC = LCYC1
      CALL PLOT(LCYC, 360.0,360.0,1,PI,FREQ)
      WRITE(*,548)
  548 FORMAT(T21,
     *'GRAPH SHOW THE RATIO OF ACTUAL TO RATED SPEED OF MACHINE', /,T16
     *,'X AXIS : REPRESENT THE RATIO OF ACTUAL TO RATED SPEED', ,T16,
     *'Y-AXIS : REPRESENT EACH CYCLE',//,30('.'),'RATIO',30('.'))
      LCYC = LCYC1
      CALL PLOT(LCYC,-1.0,1.5,2,PI,FREQ)
      RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE TR03                                C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE   (FOR VARIABLE " FTYPE = 0 OR 3 ")                         C
C      FTYPE = 0  : THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS.            C
C      FTYPE = 3  : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF THE-    C
C                   TRANSMISSION LINE JUXTAPOSE TO ANY ONE BUS.           C
C        TO CALCULATE THE VALUE OF                                        C
C        - POWER ANGLE                                                    C
C        - RATIO OF ACTUAL SPEED TO RATED SPEED                           C
C        - REAL POWER GENERATION                                          C
C        - MACHINE TERMINAL VOLTAGE                                       C
C        - ACCELERATION TORQUE                                            C
C        - ACCELERATION OF MACHINE                                        C
C          AFTER THE TYPE OF FAULT ACCORDING TO THE VARIABLE " FTYPE "    C
C*************************************************************************C
      SUBROUTINE TR03(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC,CCYC,
     *RCCYC,LCYC,CNB)
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR2/PG(20),QG(20),PL(20),QL(20)
      COMMON/VAR7/VG(20)
      COMMON/VAR8/PWR(100,20)
      COMMON/VAR9/ANGDEG(100,20)
      COMMON/VAR10/OMA(100,20)
      COMMON/VAR11/YL(20,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMMON/VAR13/VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
      COMMON/VAR14/TYPE(20)
      COMPLEX  V,VG,YL,CURR,VM,SUM,DV(20)
      INTEGER FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC,CCYC,RCCYC,LCYC,
     *        CNB(20),RTT(20),SLACKB,CX
      REAL H(20),AVT(20),DAVT(20),AVTT(20),DAVTT(20),DT(20),DDT(20),
     *     DTT(20),DDTT(20),MAXDEL,VMAG(10)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****DECLARE VARIABLES*************************************************C
C     V        :  MACHINE TERMINAL VOLTAGE                               C
C     VG       :  VOLTAGE BACK OF TRANSIENT REATANCE                     C
C     YL       :  MODIFIED ADMITTANCE MATRIX                             C
C     CURR     :  MACHINE TERMINAL CURRENT                               C
C     VM       :  DUMMY VARIABLE REPRESENTS MACHINE TERMINAL VOLTAGE     C
C     SUM      :  DUMMY VARIABLE FOR GAUSS-SIEDAL METHOD                 C
C     DV       :  DUMMY VARIABLE MEANS " DIFFERENT VOLTAGE "             C
C     FTYPE    :  FAULT TYPE                                             C
C     FBUS1    : -FOR FTYPE = 0                                          C
C     FBUS2        ANY BUS WHICH THREE PHASES FAULT OCCURED AND THE      C
C                  VALUE OF FBUS2 = 0                                    C
C                 -FOR FTYPE = 3                                         C
C                  FBUS1,FBUS2 ARE THE SENDING AND ENDING BUS -          C
C                  OF THE TRANSMISSION LINE RESPECTIVELY                 C
C     CNB      :  CONNECTED BUS OF MACHINE                               C
C     RTT      :  ROTOR TYPE                                             C
C                 0  :  ROUND ROTOR                                      C
C                 1  :  SALIENT ROTOR                                    C
C     SLACKB   :  SLACK BUS NUMBER                                       C
C     CYC      :  TIME CYCLE                                             C
C     FCYC     :  FAULT CYCLE                                            C
C     CCYC     :  CLEAR CYCLE                                            C
C     RCCYC    :  RECLOSE CYCLE                                          C
C     LCYC     :  LAST CYCLE                                             C
C     H        :  PER UNIT INERTIA CONSTANT                              C
C     AVT      :  MACHINE SPEED AT TIME t                                C
C     AVTT     :  MACHINE SPEED AT TIME t+DELTA(t)                       C
C     DAVT     :  DERIVATIVE OF MACHINE SPEED BY TIME AT TIME t          C
C     DAVTT    :  DERIVATIVE OF MACHINE SPEED BY TIME AT TIME t+DELTA(t)
C     DT       :  POWER ANGLE AT TIME t                                  C
C     DTT      :  POWER ANGLE AT TIME t+DELTA(t)                         C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C     DDT      :  DERIVATIVE OF POWER ANGLE BY TIME AT TIME t              C
C     DDTT     :  DERIVATIVE OF POWER ANGLE BY TIME AT TIME t+DELTA(t)     C
C     MAXDEL   :  MAXIMUM MISMATCH IN GAUSS-SIEDAL METHOD .               C
C     VMAG     :  MAGNITUDE OF VOLTAGE                                    C
C*************************************************************************C

      PI = 3.1415912654
      MAXITER = 400
      ICOUNT = 0

      DO 905 I = 1,NG
      DT(I)    = ATAN2(AIMAG(VG(I)),REAL(VG(I)))
      AVT(I)   = 2*PI*FREQ
      VMAG(I)  = CABS(VG(I))
  905 CONTINUE
  910 N = 0

      TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
      IF (FTYPE.EQ.3) GO TO 1109
      IF ((CYC.EQ.FCYC).OR.(CYC.EQ.CCYC))  GO TO 917
      GO TO 985
 1109 IF ((CYC.EQ.FCYC).OR.(CYC.EQ.CCYC).OR.(CYC.EQ.RCCYC)) GO TO 917
      GO TO 985
  917 CALL DCL03(CYC,FCYC,CCYC,RCCYC,FTYPE,FBUS1,FBUS2,FREQ)
  920 ITERA = 0
  935 MAXDEL = 0.0
      DO 950 I = 1,NB
      IF (CYC.GE.CCYC) GO TO 925
      M = FBUS1
      V(M) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF (I.EQ.M) GO TO 950
  925 SUM = CMPLX(0.0,0.0)
      VM = V(I)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DO 930 J = 1,NB
      IF (J.EQ.I) GO TO 930
      SUM = SUM+YL(I,J)*V(J)
  930 CONTINUE
      DO 945 J = 1,NG
      K = NB+J
      SUM = SUM+YL(I,K)*VG(J)
  945 CONTINUE
      V(I) = -SUM
      DV(I) = V(I)-VM
      V(I) = VM+DV(I)*CMPLX(ACCEF,0.0)
      DELV = CABS(V(I)-VM)
      IF (DELV.GT.MAXDEL) MAXDEL = DELV
  950 CONTINUE
      ERR = 0.000001
      ITERA = ITERA+1
      IF (ITERA.GE.MAXITER) GO TO 955
      IF (MAXDEL.LE.ERR) GO TO 960
      GO TO 935
  955 WRITE(*,1910)
 1910 FORMAT(5X,'SOLUTION NOT CONVERGED IN 400 ITERATION')
      STOP
  960 DO 980 I = 1,NG
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 970
      CALL SALIENT(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
      GO TO 980
  970 CALL ROUND(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
  980 CONTINUE
      IF (N.EQ.0) GO TO 1030
      IF (N.EQ.1) GO TO 1040
      GO TO 1080
  985 DO 986 I = 1,NG
      DDT(I)  = AVTT(I)-(2.*PI*FREQ)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DAVT(I) = DAVTT(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
  986 CONTINUE
      GO TO 987
 1030 DO 1060 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      DDT(I)  = AVT(I)-(2.0*PI*FREQ)
      DAVT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
 1060 CONTINUE
  987 DO 1200 L = 1,NG
      A = VMAG(L)*COS(DTT(L))
      B = VMAG(L)*SIN(DTT(L))
      VG(L) = CMPLX(A,B)
 1200 CONTINUE
      N = 1
      GO TO 920
 1040 DO 1070 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      DAVTT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
      AVTT(I)  = AVT(I)+(DAVT(I)+DAVTT(I))/2./FREQ
      DDTT(I)  = AVTT(I)-(2.0*PI*FREQ)
      DTT(I)   = DT(I)+(DDT(I)+DDTT(I))/2./FREQ
      DT(I)    = DTT(I)
      AVT(I)   = AVTT(I)
 1070 CONTINUE
      DO 1205 L = 1,NG
      A = VMAG(L)*COS(DT(L))
      B = VMAG(L)*SIN(DT(L))
      VG(L) = CMPLX(A,B)
 1205 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      N = 2
      GO TO 920
 1080 WRITE(*,1090) CYC,TIME
 1090 FORMAT(T4,I2,T8,F5.3)
      DO 1100 I = 1,NG
      J = GNB(I)
      ANGDEG(CYC+1,I) = DTT(I)*180/PI
      OMA(CYC+1,I)    = AVTT(I)/2./PI/FREQ
      ABSV = CABS(V(J))
      TA   = H(I)*DAVTT(I)/PI/FREQ
      WRITE(*,1120) I,DTT(I),ANGDEG(CYC+1,I),OMA(CYC+1,I),PWR(CYC+1,I)
     *              ,TA,ABSV
 1120 FORMAT(T16,I1,T19,F8.5,T27,F10.5,T39,F8.5,T48,F8.5,T57,F8.5
     *,T66,F7.5)
 1100 CONTINUE
      CYC = CYC+1
      ICOUNT = ICOUNT+1
      IF (CYC.GT.LCYC) GO TO 1150
      GO TO 910
 1150 RETURN
      END

C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE DCLO3                               C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE   (FOR VARIABLE " FTYPE = 0 OR 3 ")                         C
C         TO EXPRESS THE CRITICAL EVENTS WHICH EFFECT TO THE STABILITY-C
C      OF THE SYSTEM.                                                     C
C      1. FAULT CYCLE.                                                    C
C      2. CLEAR CYCLE.                                                    C
C      3. LINE RECLOSE CYCLE.                                             C
C*************************************************************************C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SUBROUTINE DCL03(CYC,FCYC,CCYC,RCCYC,FTYPE,FBUS1,FBUS2,FREQ)
      COMMON/VAR3/Y(20,20)
      COMPLEX Y,AA
      INTEGER CYC,FCYC,CCYC,RCCYC,FTYPE,FBUS1,FBUS2
      TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
      IF (FTYPE.EQ.0) GO TO 1100
      IF (CYC.GT.FCYC) GO TO 1005
      WRITE(*,2010) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2
 2010 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,4('*'),'FAULT OCCURED ADJACENT TO BUS',
     *I2,' ON THE LINE TO BUS',I2,4('*'))
      GO TO 1999
 1005 IF (CYC-CCYC) 1999,1010,1015
 1010 WRITE(*,2020) CYC,TIME
 2020 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,23('*'),'LINE IS TRIPPED',22('*'))
 1015 IF (CYC.GE.RCCYC) GO TO 1020
      L = FBUS1
      M = FBUS2
      Y(L,L) = Y(L,L)+Y(L,M)
      Y(M,M) = Y(M,M)+Y(M,L)
      AA = Y(L,M)
      Y(L,M) = CMPLX(0.0,0.0)
      Y(M,L) = CMPLX(0.0,0.0)
      GO TO 1999
 1020 IF (CYC.GT.RCCYC) GO TO 1025
      WRITE(*,2030) CYC,TIME
 2030 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,22('*'),'LINE IS RECLOSED',22('*'))
 1025 Y(L,M) = AA
      Y(M,L) = AA
      Y(L,L) = Y(L,L)-AA
      Y(M,M) = Y(M,M)-AA
      GO TO 1999
 1100 IF (CYC.GT.FCYC) GO TO 1110
      WRITE(*,2040) CYC,TIME,FBUS1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2040 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,20('*'),'FAULT OCCURE AT BUS',I2,19('*'))
1110 IF (CYC-CCYC) 1999,1030,1999
1030 WRITE(*,2050) CYC,TIME
2050 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,24('*'),'FAULT CLEARED',23('*'))
1999 RETURN
     END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE TR1                                 C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE   (FOR VARIBLE " FTYPE = 1 ")                               C
C       FTYPE = 1   :  THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY TWO BUSES-       C
C                      CONCOMITANTLY.                                     C
C*************************************************************************C
      SUBROUTINE TR1(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC1,FCYC2,
     *CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2,CNB)
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR2/PG(20),QG(20),PL(20),QL(20)
      COMMON/VAR7/VG(20)
      COMMON/VAR8/PWR(100,20)
      COMMON/VAR9/ANGDEG(100,20)
      COMMON/VAR10/OMA(100,20)
      COMMON/VAR11/YL(20,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMMON/VAR13/VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
      COMMON/VAR14/TYPE(20)
      COMPLEX  V,VG,YL,CURR,VM,SUM,DV(20)
      INTEGER FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC,CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2,
     *LCYC,CNB(20),RTT(20),SLACKB,FCYC1,FCYC2,CX
      REAL H(20),AVT(20),DAVT(20),AVTT(20),DAVTT(20),DT(20),DDT(20),
     *     DTT(20),DDTT(20),MAXDEL,VMAG(10)
      LCYC = LCYC1
      FCYC = FCYC1
      PI = 3.1415912654
      MAX TER = 400
      ICOUNT = 0
      DO 905 I = 1,NG
      DT(I)    = ATAN2(AIMAG(VG(I)),REAL(VG(I)))
      AVT(I)   = 2*PI*FREQ
      VMAG(I)  = CABS(VG(I))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
905 CONTINUE
910 N = 0

    TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
    IF ((CYC.EQ.FCYC1).OR.(CYC.EQ.CCYC1).OR.(CYC.EQ.CCYC2)) GO TO 917
    GO TO 985
917 CALL DCL1(CYC,FCYC1,CCYC1,CCYC2,FBUS1,FBUS2,FREQ)
920 ITERA = 0
935 MAXDEL = 0.0

    DO 950 I = 1,NB
    IF (CCYC1.EQ.CCYC2) GO TO 40
    IF (CCYC1.GT.CCYC2) GO TO 70
    IF (CCYC1.LT.CCYC2) GO TO 90
 40 CCYC = CCYC1
    IF (CYC.GE.CCYC) GO TO 925
    V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF ((I.EQ.FBUS1).OR.(I.EQ.FBUS2)) GO TO 950
    GO TO 925

 70 CONTINUE
    IF (CYC.GE.CCYC1) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.CCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC1)) GO TO 100
    V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 110
100 V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 120
110 IF ((I.EQ.FBUS1).OR.(I.EQ.FBUS2)) GO TO 950
    GO TO 925
120 IF (I.EQ.FBUS1) GO TO 950
    GO TO 925
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 90 CONTINUE
    IF (CYC.GE.CCYC2) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.CCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC2)) GO TO 16
    V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 17
 16 V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 18
 17 IF ((I.EQ.FBUS1).OR.(I.EQ.FBUS2)) GO TO 950
    GO TO  925
 18 IF (I.EQ.FBUS2) GO TO 950

925 SUM = CMPLX(0.0,0.0)
    VM = V(I)
    DO 930 J = 1,NB
    IF (J.EQ.I) GO TO 930
    SUM = SUM+YL(I,J)*V(J)
930 CONTINUE
    DO 945 J = 1,NG
    K = NB+J
    SUM = SUM+YL(I,K)*VG(J)
945 CONTINUE
    V(I) = -SUM
    DV(I) = V(I)-VM
    V(I) = VM+DV(I)*CMPLX(ACCEF,0.0)
    DELV = CABS(V(I)-VM)
    IF (DELV.GT.MAXDEL) MAXDEL = DELV
950 CONTINUE
    ERR = 0.000001
    ITERA = ITERA+1
    IF (ITERA.GE.MAXITER) GO TO 955
    IF (MAXDEL.LE.ERR) GO TO 960
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      GO TO 935
  955 WRITE(*,1910)
 1910 FORMAT(5X,'SOLUTION NOT CONVERGED IN 400 ITERATION')
      STOP

  960 CONTINUE
      DO 980 I = 1,NG
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 970
      CALL SALIENT(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
      GO TO 980
  970 CALL ROUND(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
  980 CONTINUE
      IF (N.EQ.0) GO TO 1030
      IF (N.EQ.1) GO TO 1040
      GO TO 1080
  985 DO 986 I = 1,NG
      DDT(I)  = AVTT(I)-(2.*PI*FREQ)
      DAVT(I) = DAVTT(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
  986 CONTINUE
      GO TO 987
 1030 DO 1060 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      DDT(I)  = AVT(I)-(2.0*PI*FREQ)
      DAVT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
 1060 CONTINUE
  987 DO 1200 L = 1,NG
      A = VMAG(L)*COS(DTT(L))
      B = VMAG(L)*SIN(DTT(L))
      VG(L) = CMPLX(A,B)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1200 CONTINUE
     N = 1
     GO TO 920
1040 DO 1070 I = 1,NG
     J = CNB(I)
     DAVTT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
     AVTT(I)  = AVT(I)+(DAVT(I)+DAVTT(I))/2./FREQ
     DDTT(I)  = AVTT(I)-(2.0*PI*FREQ)
     DTT(I)   = DT(I)+(DDT(I)+DDTT(I))/2./FREQ
     DT(I)    = DTT(I)
     AVT(I)   = AVTT(I)
1070 CONTINUE
     DO 1205 L = 1,NG
     A = VMAG(L)*COS(DT(L))
     B = VMAG(L)*SIN(DT(L))
     VG(L) = CMPLX(A,B)
1205 CONTINUE
     N = 2
     GO TO 920
1080 WRITE(*,1090) CYC,TIME
1090 FORMAT(T4,I2,T8,F5.3)
     DO 1100 I = 1,NG
     J = CNB(I)
     ANGDEG(CYC+1,I) = DTT(I)*180/PI
     OMA(CYC+1,I)    = AVTT(I)/2./PI/FREQ
     ABSV = CABS(V(J))
     TA   = H(I)*DAVTT(I)/PI/FREQ
     WRITE(*,1120) I,DTT(I),ANGDEG(CYC+1,I),OMA(CYC+1,I),PWR(CYC+1,I)
    *              ,TA,ABSV
1120 FORMAT(T15,I1,T18,F8.5,T27,F10.5,T39,F8.5,T48,F8.5,T57,F8.5
    *,T66,F7.5)
1100 CONTINUE
     CYC = CYC+1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ICOUNT = ICOUNT+1
      IF (CYC.GT.LCYC) GO TO 1150
      GO TO 910
 1150 RETURN
      END

C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE DCL1                                C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE   (FOR VARIBLE " FTYPE = 1 ")                               C
C       TO EXPRESS THE CRITICAL EFFECT TO THE STABILITY OF THE SYSTEM      C
C*************************************************************************C

      SUBROUTINE DCL1(CYC,FCYC1,CCYC1,CCYC2,FBUS1,FBUS2,FREQ)
      INTEGER CYC,FCYC,FCYC1,CCYC1,CCYC2,FBUS1,FBUS2
      FCYC = FCYC1
      TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
      IF (CYC.EQ.FCYC1) GO TO 80
      GO TO 10
   80 WRITE(*,20) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2
   20 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,20('*'),'FAULT OCCUR AT BUS ',I2,' AND',I2,
     *14('*'))
      GO TO 100
   10 IF (CCYC1.NE.CCYC2) GO TO 50
      WRITE(*,60) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2
   60 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,20('*'),'FAULT CLEAR AT BUS ',I2,' AND ',
     *I2,14('*'))
      GO TO 100
   50 IF (CYC.EQ.CCYC2) GO TO 30
      WRITE(*,40) CYC,TIME,FBUS1
   40 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,20('*'),'FAULT CLEAR AT BUS ',I2,18('*'))
      GO TO 100
   30 WRITE(*,40) CYC,TIME,FBUS2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE TR2                                 C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE   (FOR VARIABLE " FTYPE = 2 ")                              C
C       FTYPE = 2  :  THREE PHASES FAULT OCCURED AT ANY ONE BUS -        C
C                     SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER ONE BUS.   C
C*************************************************************************C
      SUBROUTINE TR2(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC1,FCYC2,
     *CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2,CNB)
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR2/PG(20),QG(20),PL(20),QL(20)
      COMMON/VAR7/VG(20)
      COMMON/VAR8/PWR(100,20)
      COMMON/VAR9/ANGDEG(100,20
      COMMON/VAR10/OMA(100,20)
      COMMON/VAR11/YL(20,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMMON/VAR13/VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
      COMMON/VAR14/TYPE(20)
      COMPLEX  V,VG,YL,CURR,VM,SUM,DV(20)
      INTEGER FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC,CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2,
     *LCYC,CNB(20),RTT(20),SLACKB,CX,FCYC1,FCYC2
      REAL H(20),AVT(20),DAVT(20),AVTT(20),DAVTT(20),DT(20),DDT(20),
     *     DTT(20),DDTT(20),MAXDEL,VMAG(10)
      LCYC = LCYC1
      FCYC = FCYC1
      PI = 3.1415912654
      MAXITER = 5000
      ICOUNT = 0
      DO 905 I = 1,NG
      DT(I)    = ATAN2(AIMAG(VG(I)),REAL(VG(I)))
      AVT(I)   = 2*PI*FREQ
      VMAG(I)  = CABS(VG(I))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
905 CONTINUE
910 N = 0

    TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
    IF ((CYC.EQ.FCYC).OR.(CYC.EQ.FCYC2).OR.(CYC.EQ.CCYC1).OR.
   *(CYC.EQ.CCYC2)) GO TO 917
    GO TO 985
917 CALL DCL2(CYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,FBUS1,FBUS2,FREQ)
920 ITERA = 0
935 MAXDEL = 0.0

    DO 950 I = 1,NB
    IF (FCYC2.LT.CCYC1) GO TO 10
    IF (FCYC2.EQ.CCYC1) GO TO 20
    IF (FCYC2.GT.CCYC1) GO TO 30

 10 IF (CCYC2.LT.CCYC1) GO TO 40
    IF (CCYC2.GT.CCYC1) GO TO 50
    IF (CCYC2.EQ.CCYC1) GO TO 60

 40 IF (CYC.GE.CCYC1) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.CCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC1)) GO TO 919
    IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 700
919 V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF (I.EQ.FBUS1) GO TO 950
    GO TO 925

 50 IF (CYC.GE.CCYC2) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.CCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC2)) GO TO 922
    IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      GO TO 700
  922 V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF (I.EQ.FBUS2) GO TO 950
      GO TO 925

   60 IF (CYC.GE.CCYC1) GO TO 925
      IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      GO TO 700

   27 IF (CYC.GE.CCYC2) GO TO 925
      IF ((CYC.GE.CCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC2)) GO TO 928
      IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      GO TO 700
  928 V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF (I.EQ.FBUS2) GO TO 950
      GO TO 925

   30 IF (CYC.GE.CCYC2) GO TO 925
      IF ((CYC.GE.CCYC1).AND.(CYC.LT.FCYC2)) GO TO 925
      IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)

  700 IF ((I.EQ.FBUS1).OR.(I.EQ.FBUS2)) GO TO 950
  925 SUM = CMPLX(0.0,0.0)
      VM = V(I)
      DO 930 J = 1,NB
      IF (J.EQ.I) GO TO 930
      SUM = SUM+YL(I,J)*V(J)
  937 CONTINUE
      DO 945 J = 1,NG
      K = NB+J
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SUM = SUM+YL(I,K)*VG(J)
  945 CONTINUE
      V(I) = -SUM
      DV(I) = V(I)-VM
      V(I) = VM+DV(I)*CMPLX(ACCEF,0.0)
      DELV = CABS(V(I)-VM)
      IF (DELV.GT.MAXDEL) MAXDEL = DELV
  950 CONTINUE
      ERR = 0.000001
       ITERA = ITERA+1
      IF (ITERA.GE.MAXITER) GO TO 955
      IF (MAXDEL.LE.ERR) GO TO 960
      GO TO 935
  955 WRITE(*,1910)
 1910 FORMAT(5X,'SOLUTION NOT CONVERGED IN 5000 ITERATION')
      STOP

  960 CONTINUE
      DO 980 I = 1,NG
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 970
      CALL SALIENT(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
      GO TO 980
  970 CALL ROUND(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
  980 CONTINUE
      IF (N.EQ.0) GO TO 1030
      IF (N.EQ.1) GO TO 1040
      GO TO 1080
  985 DO 986 I = 1,NG
      DDT(I)  = AVTT(I)-(2.*PI*FREQ)
      DAVT(I) = DAVTT(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
  986 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      GO TO 987
1030  DO 1060 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      DDT(I)  = AVT(I)-(2.0*PI*FREQ)
      DAVT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
1060  CONTINUE
 987  DO 1200 L = 1,NG
      A = VMAG(L)*COS(DTT(L))
      B = VMAG(L)*SIN(DTT(L))
      VG(L) = CMPLX(A,B)
1200  CONTINUE
      N = 1
      GO TO 920
1040  DO 1070 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      DAVTT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
      AVTT(I)  = AVT(I)+(DAVT(I)+DAVTT(I))/2./FREQ
      DDTT(I)  = AVTT(I)-(2.0*PI*FREQ)
      DTT(I)   = DT(I)+(DDT(I)+DDTT(I))/2./FREQ
      DT(I)    = DTT(I)
      AVT(I)   = AVTT(I)
1070  CONTINUE
      DO 1205 L = 1,NG
      A = VMAG(L)*COS(DT(L))
      B = VMAG(L)*SIN(DT(L))
      VG(L) = CMPLX(A,B)
1205  CONTINUE
      N = 2
      GO TO 920
1080  WRITE(*,1090) CYC,TIME
1090  FORMAT(T4,I2,T8,F5.3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DO 1100 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      ANGDEG(CYC+1,I) = DTT(I)*180/PI
      OMA(CYC+1,I)    = AVTT(I)/2./PI/FREQ
      ABSV = CABS(V(J))
      TA   = H(I)*DAVTT(I)/PI/FREQ
      WRITE(*,1120) I,DTT(I),ANGDEG(CYC+1,I),OMA(CYC+1,I),PWR(CYC+1,I)
     *             ,TA,ABSV
 1120 FORMAT(T16,I1,T18,F8.5,T27,F10.5,T39,F8.5,T48,F8.5,T57,F8.5
     *,T66,F7.5)
 1100 CONTINUE
      CYC = CYC+1
      ICOUNT = ICOUNT+1
      IF (CYC.GT.LCYC) GO TO 1150
      GO TO 910
 1150 RETURN
      END

C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE DCL2                                C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE  (FOR VARIABLE " FTYPE = 2 ")                               C
C       TO EXPRESS THE CRITICAL EFFECT TO THE STABILITY OF THE SYSTEM     C
C*************************************************************************C

      SUBROUTINE DCL2(CYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,FBUS1,FBUS2,FREQ)
      INTEGER CYC,FCYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,FBUS1,FBUS2
      TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
      IF (FCYC2.LT.CCYC1) GO TO 10
      IF (FCYC2.EQ.CCYC1) GO TO 20
      IF (FCYC2.GT.CCYC1) GO TO 10
      STOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 10 IF (CCYC1.EQ.CCYC2) GO TO 40
    IF (CYC.EQ.FCYC1)   GO TO 50
    IF (CYC.EQ.FCYC2)   GO TO 60
    IF (CYC.EQ.CCYC1)   GO TO 70
    IF (CYC.EQ.CCYC2)   GO TO 80
    STOP

 50 WRITE(*,90) CYC,TIME,FBUS1
    GO TO 100
 60 WRITE(*,90) CYC,TIME,FBUS2
    GO TO 100
 90 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,20('*'),'FAULT OCCUR AT BUS ',I2,20('*'))

 70 WRITE(*,110) CYC,TIME,FBUS1
    GO TO 100
 80 WRITE(*,110) CYC,TIME,FBUS2
    GO TO 100
110 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,20('*'),'FAULT CLEAR AT BUS ',I2,20('*'))

 40  IF (CYC.EQ.FCYC1) GO TO 120
     IF (CYC.EQ.FCYC2) GO TO 130
    IF (CYC.EQ.CCYC1) GO TO 140
    STOP

120 WRITE(*,90)  CYC,TIME,FBUS1
    GO TO 100
130 WRITE(*,90)  CYC,TIME,FBUS2
    GO TO 100
140 WRITE(*,150) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2
150 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,20('*'),'FAULT CLEAR AT BUS ',I2,' AND ',
   *I2,14('*'))

 20 IF (CYC.EQ.FCYC1) GO TO 160
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF (CYC.EQ.FCYC2) GO TO 170
      IF (CYC.EQ.CCYC2) GO TO 180
      STOP

160   WRITE(*,90)  CYC,TIME,FBUS1
      GO TO 100
170   WRITE(*,90)  CYC,TIME,FBUS2
      WRITE(*,110) CYC,TIME,FBUS1
      GO TO 100
180   WRITE(*,110) CYC,TIME,FBUS2
100   RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****C
C                          SUBROUTINE TR4                              C
C*****C
C*****PURPOSE   (FOR VARIABLE " FTYPE = 4 ")                           C
C       FTYPE = 4 : THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF THE  C
C                   TRANSMISSION LINE ADJACENT TO ANY TWO BUSES -      C
C                   SIMULTANEOUSLY.                                    C
C*****C
      SUBROUTINE TR4(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,FBUS3,FBUS4,CYC,
     *FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,LCYC1,LCYC2,CNB)
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR2/PG(20),QG(20),PL(20),QL(20)
      COMMON/VAR7/VG(20)
      COMMON/VAR8/PWR(100,20)
      COMMON/VAR9/ANGDEG(100,20)
      COMMON/VAR10/OMA(100,20)
      COMMON/VAR11/YL(20,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMMON/VAR13/VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
      COMMON/VAR14/TYPE(20)
      COMPLEX  V,VG,YL,CURR,VM,SUM,DV(20)
      INTEGER FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC,CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2,
     *LCYC,CNB(20),RTT(20),SLACKB,CX,FCYC1,FCYC2,RCCYC1,RCCYC2,
     *FBUS3,FBUS4
      REAL H(20),AVT(20),DAVT(20),AVTT(20),DAVTT(20),DT(20),DDT(20),
     *     DTT(20),DDTT(20),MAXDEL,VMAG(10)
      LCYC = LCYC1
      FCYC = FCYC1
      PI = 3.1415912654
      MAXITER = 400
      ICOUNT = 0
      DO 905 I = 1,NG
      DT(I)     = ATAN2(AIMAG(VG(I)),REAL(VG(I)))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      AVT(I)    = 2*PI*FREQ
      VMAG(I)   = CABS(VG(I))
  905 CONTINUE
  910 N = 0

      TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
      IF ((CYC.EQ.FCYC1).OR.(CYC.EQ.FCYC2).OR.(CYC.EQ.CCYC1).OR.
     *(CYC.EQ.CCYC2).OR.(CYC.EQ.RCCYC1).OR.(CYC.EQ.RCCYC2)) GO TO 917
      GO TO 985
  917 CALL DCL4(CYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,FBUS1,FBUS2,
     *FBUS3,FBUS4,FREQ)
  920 ITERA = 0
  935 MAXDEL = 0.0

      DO 950 I = 1,NB
      IF (CCYC1.EQ.CCYC2) GO TO 40
      IF (CCYC1.GT.CCYC2) GO TO 70
      IF (CCYC1.LT.CCYC2) GO TO 90
   40 CCYC = CCYC1
      IF (CYC.GE.CCYC) GO TO 925
      V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
      V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF ((I.EQ.FBUS1).OR.(I.EQ.FBUS2)) GO TO 950
      GO TO 925

   70 CONTINUE
      IF (CYC.GE.CCYC1) GO TO 925
      IF ((CYC.GE.CCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC1)) GO TO 100
      V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
      V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      GO TO 110
  100 V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
      GO TO 120
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
110 IF ((I.EQ.FBUS1).OR.(I.EQ.FBUS2)) GO TO 950
    GO TO 925
120 IF (I.EQ.FBUS1) GO TO 950
    GO TO 925

 90 CONTINUE
    IF (CYC.GE.CCYC2) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.CCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC2)) GO TO 16
    V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 17
 16 V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 18
 17 IF ((I.EQ.FBUS1).OR.(I.EQ.FBUS2)) GO TO 950
    GO TO  925
 18 IF (I.EQ.FBUS2) GO TO 950

925 SUM = CMPLX(0.0,0.0)
    VM = V(I)
    DO 930 J = 1,NB
    IF (J.EQ.I) GO TO 930
    SUM = SUM+YL(I,J)*V(J)
930 CONTINUE
    DO 945 J = 1,NG
    K = NB+J
    SUM = SUM+YL(I,K)*VG(J)
945 CONTINUE
    V(I) = -SUM
    DV(I) = V(I)-VM
    V(I) = VM+DV(I)*CMPLX(ACCEF,0.0)
    DELV = CABS(V(I)-VM)
    IF (DELV.GT.MAXDEL) MAXDEL = DELV
950 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ERR = 0.000001
      ITERA = ITERA+1
      IF (ITERA.GE.MAXITER) GO TO 955
      IF (MAXDEL.LE.ERR) GO TO 960
      GO TO 935
  955 WRITE(*,1910)
 1910 FORMAT(5X,'SOLUTION NOT CONVERGED IN 400 ITERATION')
      STOP

  960 CONTINUE
      DO 980 I = 1,NG
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 970
      CALL SALIENT(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
      GO TO 980
  970 CALL ROUND(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
  980 CONTINUE
      IF (N.EQ.0) GO TO 1030
      IF (N.EQ.1) GO TO 1040
      GO TO 1080
  985 DO 986 I = 1,NG
      DDT(I)  = AVTT(I)-(2.*PI*FREQ)
      DAVT(I) = DAVTT(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
  986 CONTINUE
      GO TO 987
 1030 DO 1060 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      DDT(I)  = AVT(I)-(2.0*PI*FREQ)
      DAVT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
 1060 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 987 DO 1200 L = 1,NG
     A = VMAG(L)*COS(DTT(L))
     B = VMAG(L)*SIN(DTT(L))
     VG(L) = CMPLX(A,B)
1200 CONTINUE
     N = 1
     GO TO 920
1040 DO 1070 I = 1,NG
     J = CNB(I)
     DAVTT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
     AVTT(I)  = AVT(I)+(DAVT(I)+DAVTT(I))/2./FREQ
     DDTT(I)  = AVTT(I)-(2.0*PI*FREQ)
     DTT(I)   = DT(I)+(DDT(I)+DDTT(I))/2./FREQ
     DT(I)    = DTT(I)
     AVT(I)   = AVTT(I)
1070 CONTINUE
     DO 1205 L = 1,NG
     A = VMAG(L)*COS(DT(L))
     B = VMAG(L)*SIN(DT(L))
     VG(L) = CMPLX(A,B)
1205 CONTINUE
     N = 2
     GO TO 920
1080 WRITE(*,1090) CYC,TIME
1090 FORMAT(T4,I2,T8,F5.3)
     DO 1100 I = 1,NG
     J = CNB(I)
     ANGDEG(CYC+1,I) = DTT(I)*180/PI
     OMA(CYC+1,I)    = AVTT(I)/2./PI/FREQ
     ABSV = CABS(V(J))
     TA   = H(I)*DAVTT(I)/PI/FREQ
     WRITE(*,1120) I,DTT(I),ANGDEG(CYC+1,I),OMA(CYC+1,I),PWR(CYC+1,I)
    *              ,TA,ABSV
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1120 FORMAT(T16,I1,T18,F8.5,T27,F10.5,T39,F8.5,T48,F8.5,T57,F8.5
     *,T66,F7.5)
1100 CONTINUE
     CYC = CYC+1
     ICOUNT = ICOUNT+1
     IF (CYC.GT.LCYC) GO TO 1150
     GO TO 810
1150 RETURN
     END

C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE DCL4                                C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE   (FOR VARIABLE " FTYPE = 4 OR 5 ")                         C
C       TO EXPRESS THE CRITICAL EFFECT TO THE STABILITY OF THE SYSTEM.C
C*************************************************************************C
     SUBROUTINE DCL4(CYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,FBUS1,
    *FBUS2,FBUS3,FBUS4,FREQ)
     COMMON/VAR3/Y(20,20)
     COMPLEX Y,AA,BB
     INTEGER CYC,FCYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,FBUS1,
    *FBUS2,FBUS3,FBUS4

     FCYC = FCYC1
     TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
     IF (CYC.GT.FCYC1) GO TO 100
     IF (FCYC1.EQ.FCYC2) GO TO 101
     WRITE(*,200) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2
     GO TO 999

 101 WRITE(*,200) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2
     WRITE(*,200) CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
 200 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,3('*'),'FAULT OCCURED ADJACENT TO BUS ',I2,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     *        ' ON THE LINE TO BUS ',I2,3('*'))
      GO TO 999

  100 IF ((CYC.EQ.CCYC1).AND.(CCYC1.EQ.FCYC2)) GO TO 510
      IF ((CYC.EQ.CCYC1).AND.(CCYC1.EQ.CCYC2)) GO TO 520
      IF ((CYC.EQ.CCYC1).AND.(CCYC1.EQ.RCCYC2)) GO TO 530
      IF ((CYC.EQ.RCCYC1).AND.(RCCYC1.EQ.FCYC2)) GO TO 540
      IF ((CYC.EQ.RCCYC1).AND.(RCCYC1.EQ.CCYC2)) GO TO 560
      IF ((CYC.EQ.RCCYC1).AND.(RCCYC1.EQ.RCCYC2)) GO TO 550
      IF (CYC.EQ.FCYC2) GO TO 610
      IF (CYC.EQ.CCYC1) GO TO 570
      IF (CYC.EQ.CCYC2) GO TO 580
      IF (CYC.EQ.RCCYC1) GO TO 590
      IF (CYC.EQ.RCCYC2) GO TO 600

      STOP
  510 WRITE(*,511) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2,CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
  511 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS TRIPPED BETWEEN BUS ',I2,
     *        ' AND ',I2,12('*'),/,
     *       T4,I2,T9,F4.3,3('*'),'FAULT OCCURED ADJACENT TO BUS ',I2,
     *        ' ON THE LINE TO BUS ',I2,3('*'))
      CALL MD1(AA,FBUS1,FBUS2)
      GO TO 999

  520 WRITE(*,10) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2,CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
   10 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS TRIPPED BETWEEN BUS ',I2,
     *        ' AND ',I2,12('*'),/,
     *       T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS TRIPPED BETWEEN BUS ',I2,
     *        ' AND ',I2,12('*'))
      CALL MD1(AA,FBUS1,FBUS2)
      CALL MD2(BB,FBUS3,FBUS4)
      GO TO 999
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
530 WRITE(*,310) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2,CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
310 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS TRIPPED BETWEEN BUS ',I2,
   *        ' AND ',I2,12('*'),/,
   *        T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS RECLOSED BETWEEN BUS ',I2,
   *        'AND ',I2,11('*'))
    CALL MD1(AA,FBUS1,FBUS2)
    CALL MD4(BB,FBUS3,FBUS4)
    GO TO 999

540 WRITE(*,541) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2,CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
541 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS RECLOSED BETWEEN BUS ',I2,
   *        'AND ',I2,11('*'),/,
   *        T4,I2,T9,F4.3,3('*'),'FAULT OCCURED ADJACENT TO BUS ',I2,
   *        'ON THE LINE TO BUS ',I2,3('*'))
    CALL MD3(AA,FBUS1,FBUS2)
    GO TO 999

570 WRITE(*,20) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2
 20 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS TRIPPED BETWEEN BUS ',I2,
   *' AND ',I2,12('*'))
    CALL MD1(AA,FBUS1,FBUS2)
    GO TO 999

580 WRITE(*,20) CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
    CALL MD2(BB,FBUS3,FBUS4)
    GO TO 999

550 WRITE(*,30) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2,CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
 30 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS RECLOSED BETWEEN BUS ',I2,
   *        ' AND ',I2,11('*'),/,
   *        T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS RECLOSED BETWEEN BUS ',I2,
   *        ' AND ',I2,11('*'))
    CALL MD3(AA,FBUS1,FBUS2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL MD4(BB,FBUS3,FBUS4)
      GO TO 999

560 WRITE(*,410) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2,CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
410 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS RECLOSED BETWEEN BUS ',I2,
     *       ' AND ',I2,11('*'),/,
     *       T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS TRIPPED BETWEEN BUS ',I2,
     *    -  ' AND ',I2,12('*'))
      CALL MD3(AA,FBUS1,FBUS2)
      CALL MD2(BB,FBUS3,FBUS4)
      GO TO 999

590 WRITE(*,40) CYC,TIME,FBUS1,FBUS2
 40 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,11('*'),'LINE IS RECLOSED BETWEEN BUS ',I2,
     *       ' AND ',I2,11('*'))
      CALL MD3(AA,FBUS1,FBUS2)
      GO TO 999

600 WRITE(*,40) CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
      CALL MD4(BB,FBUS3,FBUS4)
      GO TO 999

610 WRITE(*,611) CYC,TIME,FBUS3,FBUS4
611 FORMAT(T4,I2,T9,F4.3,3('*'),'FAULT OCCURED ADJACENT TO BUS ',I2,
     *       ' ON THE LINE TO BUS ',I2,3('*'))
999 RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*******************************************************************C
C                          SUBROUTINE TR5                           C
C*******************************************************************C
C*****PURPOSE   (FOR VARIABLE " FTYPE = 5 ")                        C
C      FTYPE = 5 ; THREE PHASES FAULT OCCURED AT THE TERMINAL OF THE C
C                  TRANSMISSION LINE CONTIGUOUS TO ANY ONE BUS      C
C                  SUBSEQUENT RECURED AT ONCE AT ANY OTHER OF THE -  C
C                  TERMINAL OF TRANSMISSION LINE PROXIMATE TO ANY ONE C
C                  BUS.                                             C
C*******************************************************************C
      SUBROUTINE TR5(H,RTT,ERR,FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,FBUS3,FBUS4,CYC,
     *FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,LCYC1,LCYC2,CNB)
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR2/PG(20),QG(20),PL(20),QL(20)
      COMMON/VAR7/VG(20)
      COMMON/VAR8/PWR(100,20)
      COMMON/VAR9/ANGDEG(100,20)
      COMMON/VAR10/OMA(100,20)
      COMMON/VAR11/YL(20,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMMON/VAR13/VTOL,SBASE,SLACKB,FREQ,ACCEF
      COMMON/VAR14/TYPE(20)
      COMPLEX  V,VG,YL,CURR,VM,SUM,DV(20)
      INTEGER FTYPE,FBUS1,FBUS2,STEP,CYC,FCYC,CCYC1,CCYC2,LCYC1,LCYC2,
     *LCYC,CNB(20),RTT(20),SLACKB,CX,FCYC1,FCYC2,RCCYC1,RCCYC2
      REAL H(20),AVT(20),DAVT(20),AVTT(20),DAVTT(20),DT(20),DDT(20),
     *     DTT(20),DDTT(20),MAXDEL,VMAG(10)
      LCYC = LCYC1
      FCYC = FCYC1
      PI = 3.1415912654
      MAXITER = 5000
      ICOUNT = 0
      DO 905 I = 1,NG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DT(I)     = ATAN2(AIMAG(VG(I)),REAL(VG(I)))
      AVT(I)    = 2*PI*FREQ
      VMAG(I)   = CABS(VG(I))
  905 CONTINUE
  910 N = 0

      TIME = FLOAT(CYC)/FREQ
      IF ((CYC.EQ.FCYC1).OR.(CYC.EQ.FCYC2).OR.(CYC.EQ.CCYC1).OR.
     *(CYC.EQ.CCYC2).OR.(CYC.EQ.RCCYC1).OR.(CYC.EQ.RCCYC2)) GO TO 917
      GO TO 985
  917 CALL DCL4(CYC,FCYC1,FCYC2,CCYC1,CCYC2,RCCYC1,RCCYC2,FBUS1,FBUS2,
     *FBUS3,FBUS4,FREQ)
  920 ITERA = 0
  935 MAXDEL = 0.0

      DO 950 I = 1,NB
      IF (FCYC2.LT.CCYC1) GO TO 10
      IF (FCYC2.EQ.CCYC1) GO TO 20
      IF (FCYC2.GT.CCYC1) GO TO 30

   10 IF (CCYC2.LT.CCYC1) GO TO 40
      IF (CCYC2.GT.CCYC1) GO TO 50
      IF (CCYC2.EQ.CCYC1) GO TO 60

   40 IF (CYC.GE.CCYC1) GO TO 925
      IF ((CYC.GE.CCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC1)) GO TO 919
      IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      GO TO 700
  919 V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
      IF (I.EQ.FBUS1) GO TO 950
      GO TO 925
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 50 IF (CYC.GE.CCYC2) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.CCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC2)) GO TO 922
    IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 700
922 V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF (I.EQ.FBUS2) GO TO 950
    GO TO 925

 60 IF (CYC.GE.CCYC1) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 700

 20 IF (CYC.GE.CCYC2) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.CCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC2)) GO TO 923
    IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    GO TO 700
923 V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF (I.EQ.FBUS2) GO TO 950
    GO TO 925

 30 IF (CYC.GE.CCYC2) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.CCYC1).AND.(CYC.LT.FCYC2)) GO TO 925
    IF ((CYC.GE.FCYC2).AND.(CYC.LT.CCYC2)) V(FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
    IF ((CYC.GE.FCYC1).AND.(CYC.LT.CCYC1)) V(FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)

700 IF ((I.EQ.FBUS1).OR.(I.EQ.FBUS2)) GO TO 950
925 SUM = CMPLX(0.0,0.0)
    VM = V(I)
    DO 930 J = 1,NB
    IF (J.EQ.I) GO TO 930
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SUM = SUM+YL(I,J)*V(J)
  930 CONTINUE
      DO 945 J = 1,NG
      K = NB+J
      SUM = SUM+YL(I,K)*VG(J)
  945 CONTINUE
      V(I) = -SUM
      DV(I) = V(I)-VM
      V(I) = VM+DV(I)*CMPLX(ACCEF,0.0)
      DELV = CABS(V(I)-VM)
      IF (DELV.GT.MAXDEL) MAXDEL = DELV
  950 CONTINUE
      ERR = 0.000001
      ITERA = ITERA+1
      IF (ITERA.GE.MAXITER) GO TO 955
      IF (MAXDEL.LE.ERR) GO TO 960
      GO TO 935
  955 WRITE(*,1910)
 1910 FORMAT(5X,'SOLUTION NOT CONVERGED IN 5000 ITERATION')
      STOP

  960 CONTINUE
      DO 980 I = 1,NG
      IF (RTT(I).EQ.0) GO TO 970
      CALL SALIENT(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
      GO TO 980
  970 CALL ROUND(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
  980 CONTINUE
      IF (N.EQ.0) GO TO 1030
      IF (N.EQ.1) GO TO 1040
      GO TO 1080
  985 DO 986 I = 1,NG
      DDT(I)  = AVTT(I)-(2.*PI*FREQ)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DAVT(I) = DAVTT(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
  986 CONTINUE
      GO TO 987
 1030 DO 1060 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      DDT(I)  = AVT(I)-(2.0*PI*FREQ)
      DAVT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
      DTT(I)  = DT(I)+DDT(I)/FREQ
      AVTT(I) = AVT(I)+DAVT(I)/FREQ
 1060 CONTINUE
  987 DO 1200 L = 1,NG
      A = VMAG(L)*COS(DTT(L))
      B = VMAG(L)*SIN(DTT(L))
      VG(L) = CMPLX(A,B)
 1200 CONTINUE
      N = 1
      GO TO 920
 1040 DO 1070 I = 1,NG
      J = CNB(I)
      DAVTT(I) = PI*FREQ*(PG(J)-PWR(CYC+1,I))/H(I)
      AVTT(I)  = AVT(I)+(DAVT(I)+DAVTT(I))/2./FREQ
      DDTT(I)  = AVTT(I)-(2.0*PI*FREQ)
      DTT(I)   = DT(I)+(DDT(I)+DDTT(I))/2./FREQ
      DT(I)    = DTT(I)
      AVT(I)   = AVTT(I)
 1070 CONTINUE
      DO 1205 L = 1,NG
      A = VMAG(L)*COS(DT(L))
      B = VMAG(L)*SIN(DT(L))
      VG(L) = CMPLX(A,B)
 1205 CONTINUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****************************************************************C
      SUBROUTINE MD1(AA,FBUS1,FBUS2)
      COMMON/VAR3/ Y(20,20)
      COMPLEX Y,AA
      INTEGER FBUS1,FBUS2
      Y(FBUS1,FBUS1) = Y(FBUS1,FBUS1) + Y(FBUS1,FBUS2)
      Y(FBUS2,FBUS2) = Y(FBUS2,FBUS2) + Y(FBUS2,FBUS1)
      AA = Y(FBUS1,FBUS2)
      Y(FBUS1,FBUS2) = CMPLX(0.0,0.0)
      Y(FBUS2,FBUS1) = CMPLX(0.0,0.0)
      RETURN
      END

C*****************************************************************C
C                        SUBROUTINE MD2                           C
C*****************************************************************C
      SUBROUTINE MD2(BB,FBUS3,FBUS4)
      COMMON/VAR3/ Y(20,20)
      COMPLEX Y,BB
      INTEGER FBUS3,FBUS4
      Y(FBUS3,FBUS3) = Y(FBUS3,FBUS3) + Y(FBUS3,FBUS4)
      Y(FBUS4,FBUS4) = Y(FBUS4,FBUS4) + Y(FBUS4,FBUS3)
      BB = Y(FBUS3,FBUS4)
      Y(FBUS3,FBUS4) = CMPLX(0.0,0.0)
      Y(FBUS4,FBUS3) = CMPLX(0.0,0.0)
      RETURN
      END

C*****************************************************************C
C                        SUBROUTINE MD3                           C
C*****************************************************************C
      SUBROUTINE MD3(AA,FBUS1,FBUS2)
      COMMON/VAR3/ Y(20,20)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      COMPLEX Y,AA
      INTEGER FBUS1,FBUS2
      Y(FBUS1,FBUS2) = AA
      Y(FBUS2,FBUS1) = AA
      Y(FBUS1,FBUS1) = Y(FBUS1,FBUS1)   AA
      Y(FBUS2,FBUS2) = Y(FBUS2,FBUS2) - AA
      RETURN
      END

C*****************************************************************C
C                        SUBROUTINE MD4                         C
C*****************************************************************C
      SUBROUTINE MD4(BB,FBUS3,FBUS4)
      COMMON/VAR3/ Y(20,20)
      COMPLEX Y,BB
      INTEGER FBUS3,FBUS4
      Y(FBUS3,FBUS4) = BB
      Y(FBUS4,FBUS3) = BB
      Y(FBUS3,FBUS3) = Y(FBUS3,FBUS3) - BB
      Y(FBUS4,FBUS4) = Y(FBUS4,FBUS4) - BB
      RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************C
C                          SUBROUTINE ROUND                               C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE                                                             C
C         TO CALCULATE MACHINE CURRENTS FOR ROUND ROTOR TYPE FOR EACH     C
C      STEP AND MAYBE INCLUDE THE EFFECT OF SUBTRANS ENT REACTANCE        C
       ACCORDING TO THE VALUE OF INPUT DATA IN VAR ABLE " CX "            C
C*****DETAIL                                                             C
C         FOR ROUND ROTOR MACHINE ,NEGLECTS THE EFFECT OF SAL ENCY AND    C
C      ASSUMES CONSTANT FLUX LINKAGES AND A SMALL CHANGE  N SPEED.       C
C*************************************************************************C
       SUBROUTINE ROUND(STEP,CYC,I,CNB,CURR,FREQ,ICOUNT)
       COMMON/VAR1/V(20)
        COMMON/VAR4/XD(20),XXD(20),XXXD(20)
       COMMON/VAR5/TDO(20),TTD(20),TTTD(20)
       COMMON/VAR7/VG(20)
       COMMON/VAR9/PWR(100,20)
       COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
       COMPLEX CURR,V,VG,DEL
       INTEGER STEP,CYC,CNB(20),CX

*****DECLARE VARIBLES*************************************************C
C      CURR     :     MACHINE CURRENTS                                  C
C      V        :     MACHINE TERMINAL VOLTAGE                          C
C      VG       :     VOLTAGE BACK OF TRANS.ENT REACTANCE               C
C*****REMARK                                                             C
C        OTHER VARIBLES RELY ON THE OPERATION.                           C
C*************************************************************************C
       J = CNB(I)
       IF (STEP.EQ.1)  GO TO 410
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****FOR STEP = 0**********************************************************C
      VG(I)   = V(J)+CURR*CMPLX(0.0,XXD(I))
      GO TO 999

C*****FOR STEP = 1**********************************************************C
  40  TIME = FLOAT(ICOUNT)/FREQ

C*****CHECK THE VALUE OF VARIABLE " CX "********************************C
      IF (CX.EQ.0) GO TO 500
      XG = XCAL(TIME,XD(I),XXD(I),XXXD(I),TTD(I),TTTD(I))
      GO TO 600
  50  XG = XXD(I)
  60  DEL  = (VG(I)-V(J))
      CURR = DEL/CMPLX(0.0,XG)
      WR(CYC 1,I) =  REAL(CURR*CONJG(VG(I)))
  99  RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************C
C                        SUBROUTINE SALIENT                               C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE                                                             C
C       TO CALCULATE MACHINE CURRENTS FOR SALIENT POLE MACHINE FOR        C
C     EACH STEP AND MAYBE INCLUDE THE EFFECT OF SUBTRANSIENT REACTANCEC
C     ACCORDING TO THE VALUE OF INPUT DATA IN VARIABLE " CX "           C
C*****DETAIL                                                            C
C       FOR SALIENT POLE MACHINE ,THE EFFECTS OF SALIENCY AND CHANGES C
C     IN FIELD LINKAGES ARE TAKEN INTO ACCOUNT A VOLTAGE BACK OF        C
C     Q ADRATURE-AXIS SYNCHRONOUS REACTANCE IS USED TO REPRESENT THE  C
C     MACHINE.                                                          C
C*************************************************************************C

      SUBROUTINE SALIENT(STEP,CYC, ,CNB,CURR,FREQ, COUNT)
      COMMON/VAR1/V(20)
      COMMON/VAR4/XD(20),XXD(20 ,XXXD(20)
      COMMON/VAR5/XQ(20),XXQ(20),XXXQ(20)
      COMMON/VAR6/TDO(20),TTD(20),TTTD(20)
      COMMON/VAR7/VG(20)
      COMMON/VAR8/PWR(100,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      COMPLEX CURR,DEL,AA,BB,VG,V,EQ,EFD(20),QCURR,DCURR,EI,EDIFF,
     *DTEQ1,ADD,EQ1(20),S,UEQ,UJEQ
       INTEGER STEP,CYC,CNB(20),CX

C*****DECLARE VARIBLES*************************************************C
C      CURR    :  MACHINE CURRENTS                                      C
C      EQ      :  VOLTAGE BACK OF QUADRATURE-AXIS SYNCHRONOUS REACTANCE C
C      EFD     :  VOLTAGE PROPORTIONAL TO FIELD CURRENT                 C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DCURR  :  DIRECT-AXIS COMPONENT OF MACHINE TERMINAL CURRENT      C
      QCURR  :  QUADRATURE-AXIS COMPONENT OF MACHINE TERMINAL CURRENT C
      EQ1    :  VOLTAGE PROPORTIONAL TO FIELD FLUX LINKAGE            C
*****REMARK OTHER VARIBLES RELY ON THE OPERATION**********************C
      J  = CNB(I)
      IF (STEP.EQ.1) GO TO 810

*****FOR STEP = 0*****************************************************C
      EQ = V(J)+CURR*CMPLX(0.0,XQ(I))
      ANGEQ = ATAN2(AIMAG(EQ),REAL(EQ))
      ANGCURR = ATAN2(AIMAG(CURR),REAL(CURR))
      ANGIQ   = ANGEQ-ANGCURR
      ABSCURR = CABS(CURR)
      A  = ABSCURR*SIN(ANGIQ)
      B  = ABSCURR*COS(ANGIQ)
      ABSEQ = CABS(EQ)
      UEQ   = EQ/CMPLX(ABSEQ,0.0)
      UJEQ  = (-(CMPLX(0.0,1)))*UEQ
      DCURR = UJEQ*CMPLX(A,0.0)
      QCURR = UEQ*CMPLX(B,0.0)
      EFD(I) = V(J)+(DCURR*CMPLX(0.0,XD(I)))+(QCURR*CMPLX(0.0,XQ(I)))
      XX     = XQ(I)-XXD(I)
      EQ1(I) = EQ-DCURR*CMPLX(0.0,XX)
      VG(I)  = EQ
      GO TO 999

C*****FOR STEP = 1*****************************************************C
  810 TIME = FLOAT(ICOUNT)/FREQ

C*****CHECK THE VALUE OF " CX "****************************************C
```

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      EQ      = EQ1(I)+DCURR+CMPLX(0.0,XX)
      VG(I) =  EQ
      PWR(CYC+1,I) = REAL(CURR*CONJG(EQ))
  999 RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************C
C                          FUNCTION XCAL                                  C
C*************************************************************************C
C*****PURPOSE   (FROM THE VALUE OF VARIABLE " CX = 1 ")                   C
C       TO CALCULATE THE VALUE OF SYNCHRONOUS REACTANCE WHICH INCLUDE    C
C     THE EFFECT OF SUBTRANSIENT REACTANCE.                              C
C*************************************************************************C
      FUNCTION XCAL(T,X,XI,XII,TI,TII)
C*****DECLARE VARIABLE*****************************************************C
C     T    :  TIME (SECOND)                                              C
C     X    :  DIRECT-AXIS REACTANCE                                      C
C     XI   :  DIRECT-AXIS TRANSIENT REACTANCE                            C
C     XII  :  DIRECT-AXIS SUBTRANSIENT REACTANCE                         C
C     TI   :  DIRECT-AXIS SHORT CIRCUIT TRANSIENT TIME CONSTANT          C
C     TII  :  DIRECT-AXIS SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT TIME CONSTANT       C
C*************************************************************************C
      XCAL = 1.0/(1.0/X+(1.0/XI-1.0/X)*EXP(-T/TI)
     *      +(1.0/XII-1.0/XI)*EXP(-T/TII))
      RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************
C                          SUBROUTINE PLOT
C*************************************************************************
C*****PURPOSE
C        TO BRING DATA OUTPUT FROM ANY SUBROUTINE TRO 1 2 3 4 5
C      AND PLOT TWO CURVED FROM DATA OUTPUT
C          1. SWING CURVE
C          2. CURVE OF RATIO OF ACTUAL SPEED TO RATED SPEED AND TIME
C*************************************************************************
      SUBROUTINE PLOT(LCYC,RMIN,RMAX,TPLOT,PI,FREQ)
      COMMON/VAR9/ANGDEG(100,20)
      COMMON/VAR10/OMA(100,20)
      COMMON/VAR12/NB,NG,NL,NT,CX
      CHARACTER COL(121)*1,A(10)*1
      DIMENSION S(20),VALUE(120,20)
      INTEGER LCYC,TPLOT,WIDE1,WIDE2,TAPX,TAPY,CX
      REAL MULTI,MULTI1
      DATA A/'1','2','3','4','5','6','7','8','9','0'/
      CONST = 2.0*PI*FREQ
      WIDE1 = 121
      WIDE2 = 120
      TAPX  = 10
      TAPY  = 5
      IF (TPLOT.EQ.1) GO TO 710
720 VMIN  = 1.0
      VMAX  = 1.0
      MULTI = 1.1
      MULTI1= 0.05
      DO 750 I = 1,LCYC+1
      DO 750 J = 1,NG
      VALUE(I,J) = OMA(I,J)
750 CONTINUE
    GO TO 740
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 710 VMIN  = 0.0
     VMAX  = 0.0
     MULTI = 1.5
     MULTI1= 1.5
     DO 760 I = 1,LCYC+2
     DO 760 J = 1,NG
     VALUE(I,J) = ANGDEG(I,J)
 750 CONTINUE
 740 DO 770 I = 1,LCYC+1
     DO 770 J = 1,NG
     IF (VALUE(I,J).LT.VMIN) VMIN = VALUE(I,J)
     IF (VALUE(I,J).GT.VMAX) VMAX = VALUE(I,J)
     IF (VALUE(I,J).LT.RMIN) VMIN = RMIN
     IF (VALUE(I,J).GT.RMAX) VMAX = RMAX
 770 CONTINUE
     VMAX   = VMAX*MULTI
     VMIN   = VMIN*MULTI1
     RANGE  = VMAX-VMIN
     SCALEX = RANGE/12.0
     S(1)   = VMIN
     DO 780 I= 2,13
     S(I)   = VMIN+SCALEX*FLOAT(I-1)
 780 CONTINUE
     WRITE(*,1710) (S(I),I=1,13)
1710 FORMAT(T2,13F10.3)
     WRITE(*,1720)
1720 FORMAT(T3,'CYCLE',T9,121('-'))
     FACTOR = FLOAT(WIDE2)/RANGE
     COL(1) = '|'
     LCOUNT = 0
     DO 790 I = 1,LCYC+1
     DO 800 J = 2,WIDE2
     COL(J) = ' '
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  800 CONTINUE
      DO 810 J = 1,NG
      VALUE(I,J) = (VALUE(I,J)-VMIN)*FACTOR
      INDEX = IFIX(VALUE(I,J))
      IF (INDEX.LE.1) INDEX = 2
      COL(INDEX) = A(J)
  810 CONTINUE
      COL(121) = ' '
      LCM = (LCOUNT)*TAPY+1
       F (I.NE.LCM) GO TO 820
      DO 830 J = 1,WIDE1-TAPX,TAPX
      COL(J) = '+'
  830 CONTINUE
      COL(1) = ' '
      LCOUNT = LCOUNT+1
      WRITE(*,1730) I-1,(COL(K),K=1,WIDE1)
      GO TO 790
  820 WRITE(*,1740) (COL(K),K=1,WIDE1)
  790 CONTINUE
      DO 910 I = 1,WIDE1
      COL(I) = '-'
  910 CONTINUE
      WRITE(*,1740) (COL(K),K=1,WIDE1)
 1730 FORMAT(T3,I6,T9,121A1)
 1740 FORMAT(T9,121A1)
      RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*************************************************************************C
C                    PROGRAM EQUAL AREA CRITERION                         C
C*************************************************************************C
C     PURPOSE                                                             C
C        TO CALCULATE THE SIGNIFICANT VALUES OF EQUAL AREA CRITERION,     C
C     FOR EACH MACHINE AFTER THREE PHASE FAULT OCCURED AT THE BUS -       C
C     WHERE IT IS CONNECTED.                                              C
C        1. OPERATING ANGLE.                                              C
C        2. CRITICAL CLEARING ANGLE.                                      C
C        3. CRITICAL CLEATING TIME.                                       C
C        4. MAXIMUM ANGLE OF DECELERATE AREA AT CRITICAL CLEARING ANGLE   C
C        5. ACCELERATE AREA (AREA 1)                                      C
C        6. DECELERATE AREA (AREA 2)                                      C
C        AFTER WE GET THE RESULT THEN WE WILL BOTH CONSIDER AND -         C
C     COMPARE SOME VALUES TO THE RESULT FROM STABILITY PROGRAM.           C
C        1. DID THE CRITICAL CLEARING TIME FROM STABILITY PROGRAM         C
C           EQUAL TO FROM EQUAL AREA CRITERION PROGRAM ?                  C
C        2. ACCELERATE AREA = DECELERATE AREA ?                           C
C        3. ETC.                                                          C
C     REMARK                                                              C
C       -CRITICAL CLEARING TIME FROM STABILITY PROGRAM FOUND FROM -       C
C     THE TRIAL AND ERROR METHOD.                                         C
C       -CRITICAL CLARING TIME FROM EQUAL AREA CRITERION PROGRAM -        C
C     FOUND FROM USING EQUAL AREA CRITERION.                              C
C       -MECHANICAL POWER = 1.0 P.U. (CONSTANT)                           C
C                                                                         C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C      DECLARE VARIABLE                                                  C
C      H          :   INERTIA CONSTANT (P.U.                             C
C      PI         :   PI VALUE                                           C
C      AR         :   MACHINE OPERATING ANGLE (POWER ANGLE  ,RADIAN      C
C      AD         :   MACHINE OPERATING ANGLE (POWER ANGLE) ,DEGREE      C
C      DA         :   DUMMY VARIABLE                                     C
C      CAR        :   CRITICAL CLEARING ANGLE ,RADIAN                    C
       CAD        :   CRITICAL CLEARING ANGLE , EGREE
       MAXANG     :   MAXIMUM ANGLE OF AREA AT CRITICAL CLEARING ANGLE
                      ,RADIAN
       MAXDEG     :   MAXIMUM ANGLE OF AREA AT CRITICAL CLEARING ANGLE
                      , EGREE                                            C
C      PMAX       :   MAXIMUM ELECTRIC POWER                             C
       ACCAREA    :   ACCELERATE AREA                                    C
       DECAREA    :   DECELERATE AREA                                    C
C                                                                         C
C*************************************************************************C
      REAL  H,PI,AR,AD,DA,CAR,CAD,CRT,MAXANG,MAXDEG,PMAX,ACCAREA,
     *      DECAREA
      DIMENSION H(20),AR(20),AD(20),DA(20),CAR(20),CAD(20),CRT 20),
     *          MAXANG(20),MAXDEG(20),PMAX 20 ,ACCAREA(20),DECAREA(20)
C*****READ DATA FROM USER TO STORE IN FILE 'CRIDATA'*******************C
C            INPUT DATA                                  FORMAT   VARIABLE C
C  1. NUMBER OF GENERATORS.                               I3        NG     C
C  2. INERTIA CONSTANT (PER UNIT SYSTEM BASE MVA).        F7.3      H(I)   C
C  3  OPERATING ANGLR (RADIAN)                            F8.5      AR(I)  C
C*************************************************************************C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      OPEN(5,FILE='A:CRIDATA')
      WRITE(*,500)
  500 FORMAT(5X,'PLEASE ENTER INPUT DATA FOLLOW THE COMPUTER ASK YOU')
C*****READ NUMBER OF GENERATORS FROM USER**********************************C
      WRITE(*,210)
  210 FORMAT(5X,'NUMBER OF GENERATORS        :      FORMAT  :      ')
      READ(*,220) NG
      WRITE(5,220) NG
  220 FORMAT(I3)
C*****READ INERTIA CONSTANT AND OPERATING ANGLE FROM USER**************************C
      DO 400 I = 1,NG
      WRITE *,230) I
  230 FORMAT(5X,'MACHINE NUMBER ',I3)
      WRITE(*,240)
  240 FORMAT(5X,'INERTIA CONSTANT (P.U.)    :      FORMAT(F7.3)     ')
      READ(*,250)  H(I)
      WRITE(5,250) H(I)
  250 FORMAT(F7.3)
      WRITE(*,280)
  280 FORMAT(5X,'OPERATING ANGLE (RADIAN)    :      FORMAT(F8.5)     ')
      READ(*,290)  AR(I)
      WRITE(5,290) AR(I)
  290 FORMAT(F8.5)
  400 CONTINUE
      CLOSE(5)
      OPEN(5,FILE='A:CRIDATA')
      PI = 3.141592654
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C*****READ INPUT DATA FROM FILE 'CRIDATA'*************************************C
      READ(5,10) NG
   10 FORMAT(I3)
      DO 100 I = 1,NG
      READ(5,20) H(I),AR(I)
   20 FORMAT(F7.  ,F8.5)
  100 CONTINUE
*****CALCULATE THE OUTPUT VALUES FOR EACH MACHINE ***********************C
      DO 200 I = 1,NG
      AD(I)        =  180*AR(I)/PI
      DA(I)        =  ((PI-2*AR(I))*SIN(AR(I)))-COS(AR(
      CAR(I)       =  ACOS(DA(I))
      CAD(I)       =  180*CAR(I)/PI
      CRT(I)       =  SQRT(4*H(I)*(CAR(I)-AR(I))/314.16)
      ACCAREA(I)   =  1.0*(CAR(I)-AR(I))
      MAXANG(I)    =  PI-AR(I)
      MAXDEG(I)    =  180*MAXANG(I)/PI
      PMAX(I)      =  1.0/SIN(AR(I))
      DECAREA(I)   =  PMAX(I)*(COS(CAR(I))-COS(MAXANG(I)))
     *                1.0*(MAXANG(I)-CAR(I))
C*****WRITE OUTPUT DATA*****************************************************C
      WRITE(*,30) I,H(I),AR(I),AD(I),CAR(I),CAD(I),CRT(I),PMAX(I),
     *            MAXANG(I),MAXDEG(I),ACCAREA(I),DECAREA(I)
   30 FORMAT(/10X,' MACHINE NUMBER ',I3,
     *       /15X,' INERTIA CONSTANT                    ',F10.5,' P.U. ',
     *       /15X,' OPERATING ANGLE          (RADIAN) ',F10.5,
     *       /15X,' OPERATING ANGLE          (DEGREE) ',F10.5,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     *        /15X,' CRITICAL CLEARING ANGLE  (RADIAN) ',F10.5,
     *        /15X,' CRITICAL CLEARING ANGLE  (DEGREE) ',F10.5,
     *        /15X,' CRITICAL CLEARING TIME            ',F10.5,' SEC ',
     *        /15X,' MAXIMUM ELECTRIC POWER            ',F10.5,' P.U. ',
     *        /15X,' MAXIMUM ANGLE OF AREA?   (RADIAN) ',F10.5,
     *        /15X,' MAXIMUM ANGLE OF AREA2   (DEGREE) ',F10.5,
     *        /15X,' ACCELERATE AREA (AREA1)           ',F10.5,
     *          5X,' DECELERATE AREA (AREA2)           ',F10.5)
 200 CONTINUE
     STOP
     END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REFERENCE

1. G.W.Stagg and El-Abaid ; " Computer Method in Power System Analysis " , Newyork , Mc.Graw-Hill , 1968.
2. Stevenson W.D.,Jr. ; " Elements of Power System Analysis ", 4th ed. , Newyork , Mc.Grew-hill ,1955.
3. Kimbark ; " Power System Stability vol 1,3 " , John Wiley and-Sons ,edition 1972.
4. Olle.I.Elgard ; " Electric Energy System Theory ", Mc Graw-Hill reprinted 1981.
5. Sarma, " Synchronous Machines ", Gordon and Breach, Science-Publishers,Inc,1979.
6. B.M.Weedy, " Electric Power Systems ", john Wiley and Sons, edition 1972.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

กลุ่มผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ สมโภชน์ ประไพ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ปัญหา จนกระทั่ง ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี.

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ มณฑล ลีลาจินดาไกรเลิศ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ปัญหา จนกระทั่ง ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี.

ขอขอบคุณ คุณ มานะชัย เหลืองจารุธร รุ่นพี่ ภาควิชาไฟฟ้า รุ่น 26. ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ปัญหา ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ จนกระทั่ง ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี.

ขอขอบคุณ เพื่อนฯ ห้อง K ภาคไฟฟ้า และ ภาคอื่นฯ ที่คอยให้กำลังใจ คำปรึกษา คำปลอบใจ สนุกสนานร่วมกัน จนผู้จัดทำรู้สึกผ่อนคลายจากความเครียด จากการทำปริญญานิพนธ์นี้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINKNET-A STRUCTURE FOR COMPUTER REPERSENTATION OF NETWORK

สมโภชน์ ประไพ B.E.ng
ชำนาญ ภูริปะญญวานิช M.E. (CANT)

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโลโนยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การพัฒนาNETWORK เพื่อใช้ในการป้อนข้อมูลให้กับ COMPUTER สามารถพัฒนาได้ ๓ ลักษณะ คือ MODE, BRANCH & TOPOLOGICAL PROPERTIES แต่การพัฒนาจะเน้นหนักไปทางด้าน NETWORK TOPOLOGY เพื่อช่วยในการลดCOMPUTER MEMORYและสะดวกต่อการวิเคราะห์ NETWORK เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ NETWORK ขึ้น คุณสมบัติของ NETWORK TOPOLOGY ได้ถูกนำมาใช้ในการ FORM LINKNET STRUCTURE เพื่อสะดวกในการป้อนข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง

Abstract

In the development of any algorithm which deals with a network, the programmer must decide on how the network information should be store in computer memory. The decision is particularly important for the analysis of the large sparse networks which occur in power system studies. Often, it will largely determine the computer memory requirements and it may also significantly affect the processing efficiency of the algorithm. Node, branch and topological properties are used in development,but a wide variety of network used topological linknet structure development.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(๑) บทนำ

ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ๆ นั้นมีจำนวนข้อมูลของระบบเป็นจำนวนม การนำข้อมูลเหล่านี้เข้าไปเก็บในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ จะเปลืองจำนวนหน่วยความจำ ในอดีตที่ผ่านมาการนำข้อมูลเข้าไปในระบบหน่วยความจำเราจะใช้ Node admittance matrix โดยย้อนเข้าไปในลักษณะของ Double entry line table ต่อมาได้มีการพัฒนา network เสียใหม่โดยใช้คุณสมบัติ Network Topology ช่วยในการจัดรูป Network data และลด storage ของ computer memoryลง

(๒) Linknet Structrre

จากคุณสมบัติของ Network topology สามารถกำหนด number ของ branch end (Branch End Number) และคำนวณ number ของ branch จะเห็นว่า

$$\text{Branch End Number} = f(\text{Branch Number}) \quad (1)$$

และ $$\text{Branch End Number} = g(\text{Branch Nuber}) \quad (2)$$

∴ จากความสัมพันธ์ของ (๑) และ (๒) จะได้ว่า

$$\text{END} = 2 * \text{Branch}-1 \quad (3)$$

และ $$\text{END} = 2 * \text{Branch} \quad (4)$$

เมื่อ END = Branch end number

Branch = Branch Number

จากสมการ (๓) สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้ว่า

$$\text{Branch} = h(\text{END}) = (\text{END}+1)/2 \quad (5)$$

Specified number on Network

List (Node) = The first branch end on the list from node.

Next(End) = The next branch end on the list after end.

Far(End) The node at the far or opposite end of the branch

(๓) Step for computer process

Step 1. for branches connected to any node

Initialize end = List (node)

Thenset branch = h(end)

and end = Next(end) until Next(end)=0

Step 2 for nodes connected to any given node

Initialize end = List(node A)

Thenset node B = Far (end)

And end = Next(end) until next(end)=0

Step 3 Required to obtain the nodes at the end of 'A' given branch

End A = f(branch)

End B = g(branch)

Node A = Far(end B)

Node B = Far(end B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXAMPLE

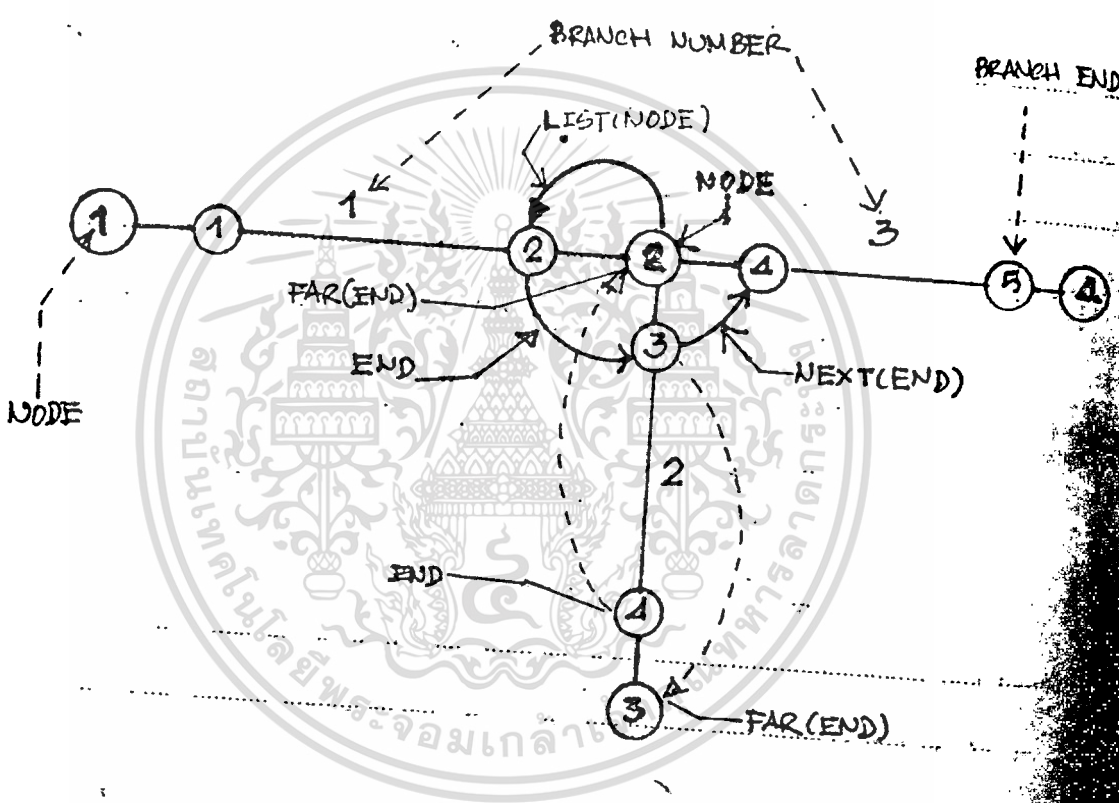
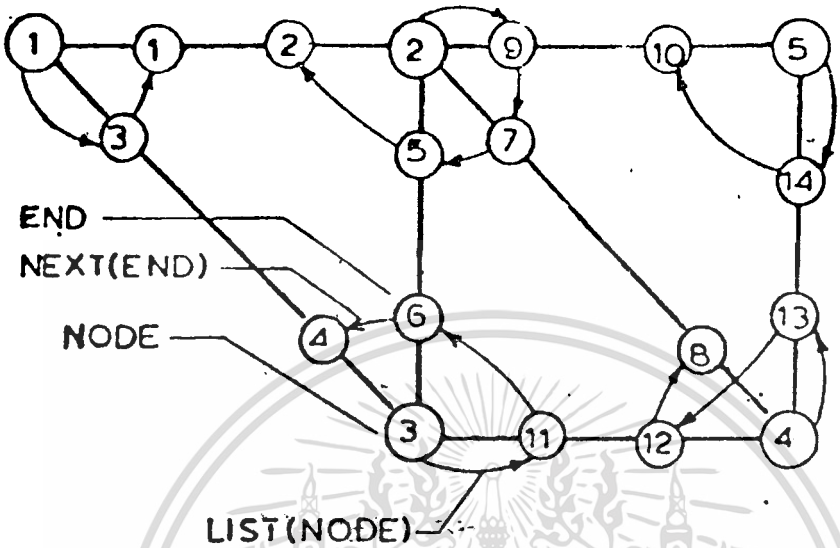


Figure 1 Show Simple Network and Link-List NO.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์

2.4



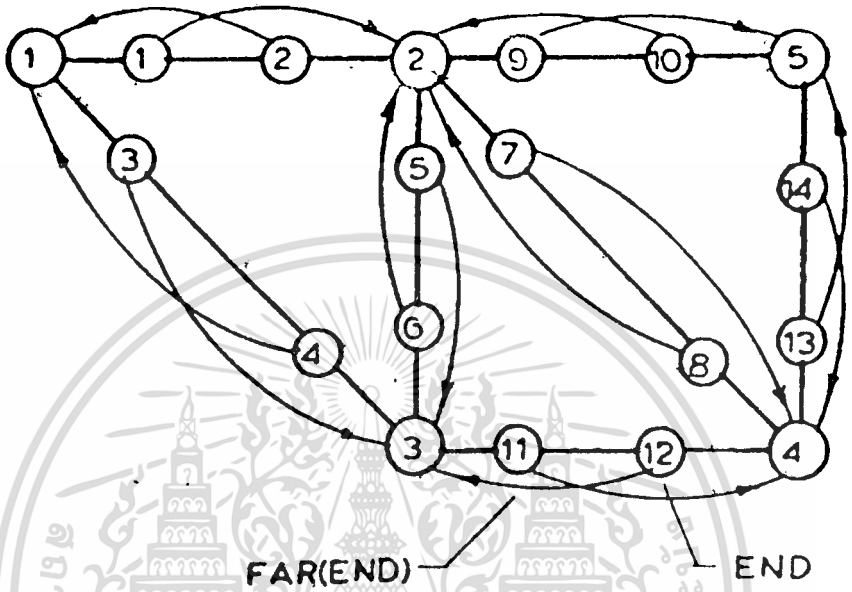
NODE	LIST(NODE)
1	3
2	9
3	11
4	13
5	14

END	NEXT(END)
1	0
2	0
3	1
4	0
5	2
6	4
7	5
8	0
9	7
10	0
11	6
12	8
13	12
14	10

arrows indicate the linked-list of branch ends connected to node 2

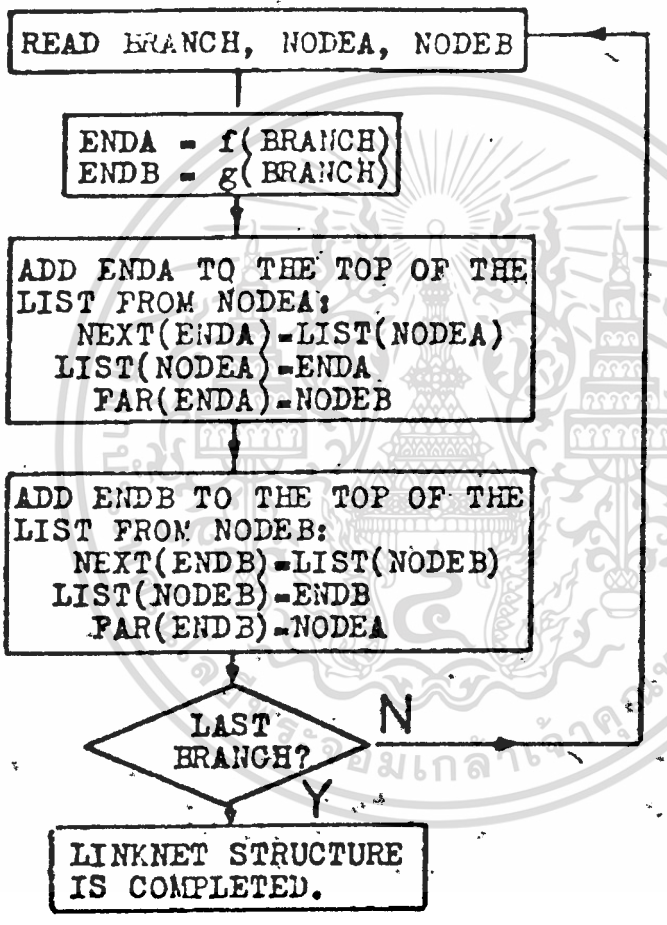
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6



END	FAR(END)
1	2
2	1
3	3
4	1
5	3
6	2
7	4
8	2
9	5
10	2
11	4
12	3
13	5
14	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(๔) CONCLUSIONS

Linknet structure ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยในการ form network data ให้ computer จากลักษณะของ Linknet structureสามารถใช้ได้กับ network ได้ทุกรูปแบบ นอกจากยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ fault calculation เมื่อ network มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเกิด fault ขึ้น

ประโยชน์

๑. ช่วยลด computer memory ให้น้อยลง

๒. Branch & Node ใน network สามารถที่จะต่อกันได้ง่าย

๓. มีความคล่องตัวในการวิเคราะห์ในขณะที่ network เปลี่ยนรูปแบบ

๔. โครงสร้างง่ายต่อการเขียน computer program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการ

การวิเคราะห์ความผิดปกติในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยวิธีแยกส่วน Y-Bus

Power System Fault Analysis by Piecewise Y-Bus Method.

ไพโรจน์ ศาสวัตกลูน*
สมโภชน์ ประไพ**

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า
วิทยาเขต เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้แสดงถึงวิธีการในการวิเคราะห์ความผิดปกติในระบบไฟฟ้ากำลังที่เกิดขึ้น โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็นสองช่วง คือ การวิเคราะห์สภาวะปกติในระบบโดยวิธี Primary-Secondary - Adjustment Load-flow และการศึกษาความผิดปกติ (fault) ที่ตามมาโดยวิธี Piecewise Y-Bus Method โดยการคำนวนจะกระทำบนแกนของ phase coordination แตกต่างกับวิธีการเดิมที่ใช้ Symmetrical coordination ผลที่ได้จะแสดงค่าของกระแสและศักดา ณ ตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติเป็นค่าของ Symmetrical value ค่าที่ได้จะช่วยให้เราทราบถึงความรุนแรง - และพฤติกรรมของความผิดปกติชนิดต่างๆในระบบ เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นในการพิจารณาตัดสินใจหาทาง-ป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังจากความเสียหายนั้นๆ

Abstract

This paper describes the method for handling general kind of fault that occures in power system network. The methods are composed of, firstly studying of normal load-flow solution of system by Primary-Secondary adjust ment and secondly we perform Piecewise Y-Bus method to calculate the fault-solution consequently. Basically use of phase-coordition at fault nodes is to be developed here, and fault current with fault voltage are shown on the symmetrical axis. The effective computer treatment can help us to make decision on protection system from unexpected event.

* นักศึกษา ** อาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1. บทนำ

ในการศึกษาวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังนั้น ที่น่าสนใจจุดหนึ่ง คือ วิธีการที่จะทำนายความเป็นไปของระบบเมื่อมีสภาวะผิดปกติเกิดขึ้น การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาเสียนแบบและวิเคราะห์หาค่ากระแสและศักดาไฟฟ้าที่จุดต่างๆในระบบอันเกิดจากความผิดปกติ (fault) เป็นจุดสนใจที่จะกล่าวถึงในบทความนี้ โดยที่ความต้องการในอันที่จะแสดงค่าความผิดปกติครอบคลุม fault ชนิดต่างๆให้ได้ทุกลักษณะ (โดยเฉพาะปัญหาความยุ่งยากของ Unbalance Fault conditions) วิธีการคำนวนวิเคราะห์ได้ใช้ค่าของระบบเปลี่ยนลงบนแกนเฟส (Phase coordinate) ณ จุดที่เกิด fault เป็นหลักเพื่อให้สอดคล้องความสัมพันธ์ทาง network ของระบบ และสอดคล้องกับลักษณะโปรแกรมที่ต้องการความถูกต้องและรวดเร็ว เรียกว่าลักษณะ " Piecewise Y-Bus Method "

เริ่มแรกเราศึกษาระบบไฟฟ้ากำลังในสภาวะปกติขึ้นมาก่อน -โดยการใช้ Primary - Secondary Adjusment load-flow(appendix I)(ลักษณะของProposed Method)ทำการคำนวน voltage และ power ที่ bus ต่างๆ ขณะเดียวกันจะใช้สิ้นที่ตัวแปรจำนวนหนึ่งเก็บความสัมพันธ์ของ network ในระบบไว้ เนื่องจากการวิเคราะห์ใช้สมการพื้นฐานของ Y-Bus matrix เป็นองค์ประกอบ การเก็บข้อมูลของ network ซึ่งช่วยให้เราสามารถใช้คุณสมบัติ sparsity (2) ของ network ได้เต็มที่ โดยเฉพาะกับการหาค่า equivalent admittance ของจุดที่ fault ในระบบ เป็นวิธี Triangulation-Reduction ของ Y-Bus matrix ใน positive,negative และ zero sequence ซึ่งจะกล่าวต่อไป

จุดสำคัญที่จะใช้เป็นวิธีการหาคำตอบของ fault คือ การรวบรวม equivalent admittance ทั้ง 3 sequences นำมาเปลี่ยนเป็นค่าบนแกนเฟส(phase basis) โดยใช้ sequence (3,4) -to-phase transformation ผลอันนี้จะนำมาประกอบกับข้อมูล fault แต่ละแบบเพื่อคำนวนหาค่ากระแสและศักดาไฟฟ้าออกมาตามลำดับ แต่ละขั้นตอนในการคำนวนดังกล่าวยังได้ใช้คุณสมบัติทั่วไปของ network ของระบบไฟฟ้ากำลังช่วยในการลดความยุ่งยากในการคำนวนสมการต่างๆไปด้วย (2) (เช่น การพิจารณาใช้ R/X ratio ของ transmission data) โดยไม่ทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาดไปมากนัก

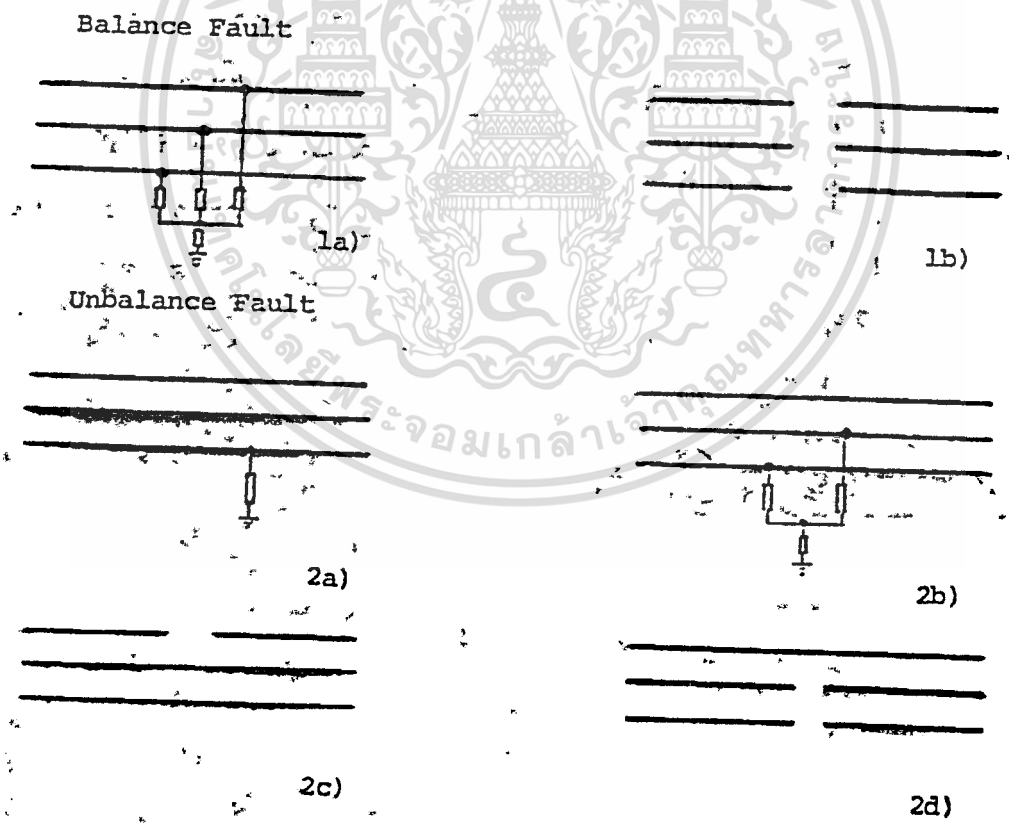
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Symmetrical Method and Fault Analysis

ในระบบไฟฟ้ากำลัง ลักษณะของ fault สามารถแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ คือ

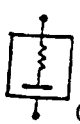
a) การศึกษา Balance Fault b) การเกิด Unbalance Fault

โดยที่ unbalance fault นั้นมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลง phase-sequence - components ในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งทำให้เมื่อพิจารณาระบบ 3 phase system นั้น การเกิด unbalance fault แบบต่างๆ(รูปที่ 1) จะทำให้มีการ connection sequence network - ในหลายๆรูปแบบไม่ว่าจะเป็นกรณี short circuit phase หรือ phase line open ที่จุดใดใน network การconnection ของ sequence network นี้ประพฤติตัวตาม constrain ของ - เงื่อนไข fault แต่ละแบบ และเราสามารถวิเคราะห์โดยหลักการ"Generalized Fault Diagram" (2,6) ซึ่งใช้ Ideal Phase-shifting transformer เป็นองค์ประกอบสำคัญ(รูปที่ 2)

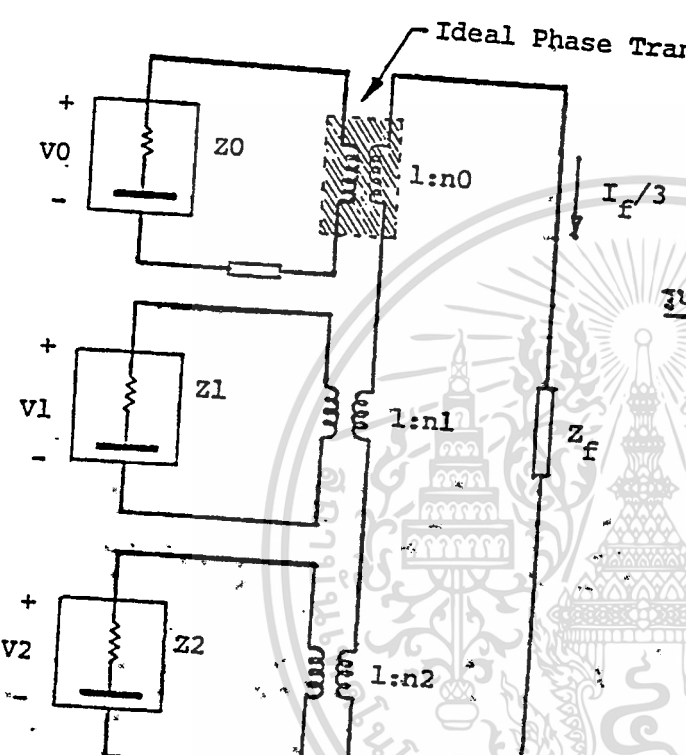


รูปที่ 1 แสดงลักษณะการ fault ประเภทต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- (Equivalent Network Diagram)



SLG - Fault Condition (sample)

รูปที่ 2 "Generalized Fault Diagram"

ตัวอย่างการเกิด SLG-Fault. Connection ของ sequence หลัง secondary ของ transformer เป็นไป - โดย constrain จาก fault, ในกรณีนี้ $I_0=I_1=I_2$; และ before fault voltage $E_f= -E_1$, $E_0=E_2=0$ (ไม่มี source ของ 2 sequences นี้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่ากระแสและศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับแต่ละ sequence จะกระทำโดยการ superposition prefault voltage source กับจุดที่ fault ใน network และพิจารณาเงื่อนไขของ fault ในการ interconnection ระหว่าง sequence network ซึ่งค่า sequence network admittance หรือ impedance จะเป็นค่า equivalent value ที่ได้จาก Kron's reduction theory กับ network เป็นค่าที่มองจาก fault node วิธีการ Triangulation-reduction เป็นเรื่องสำคัญในการเข้าสู่วิธีการหา solutions ที่จะกล่าวถึง การนำ Y-Bus matrix เข้ามาศึกษา

3. การพัฒนาวิธี Triangulation-Reduction.

การใช้ Y-Bus matrix ในการ triangulation-reduction คือการอาศัย Norton's equivalent scheme ในการพิจารณาหาค่านั่นเอง โดยที่ Y-Bus matrix เป็นลักษณะ sparse matrix ดังนั้นการ improve วิธี triangulate จึงสามารถกระทำได้โดยการordering step ควบคู่ไปกับลักษณะของ network ในสภาพจริง อธิบายได้ คือ

ผลการ triangulation matrix (1,2)

$$[Y] = \begin{bmatrix} Y_{pp} & Y_{pq} & Y_{pk} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ Y_{qp} & Y_{qq} & Y_{qk} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ Y_{kp} & Y_{kq} & Y_{kk} \end{bmatrix}$$

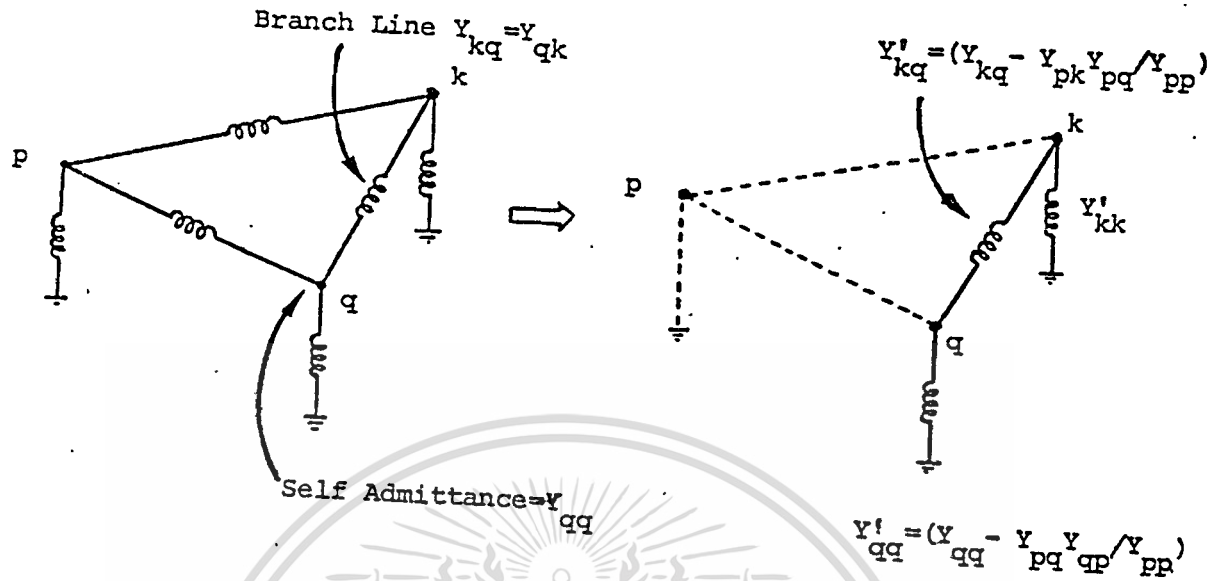
p = node subscript of eliminated node

a) ผลต่อ self admittance ของ node q จะทำให้มีค่า Y_{qq} เปลี่ยนเป็นค่า Y'_{qq} โดยที่

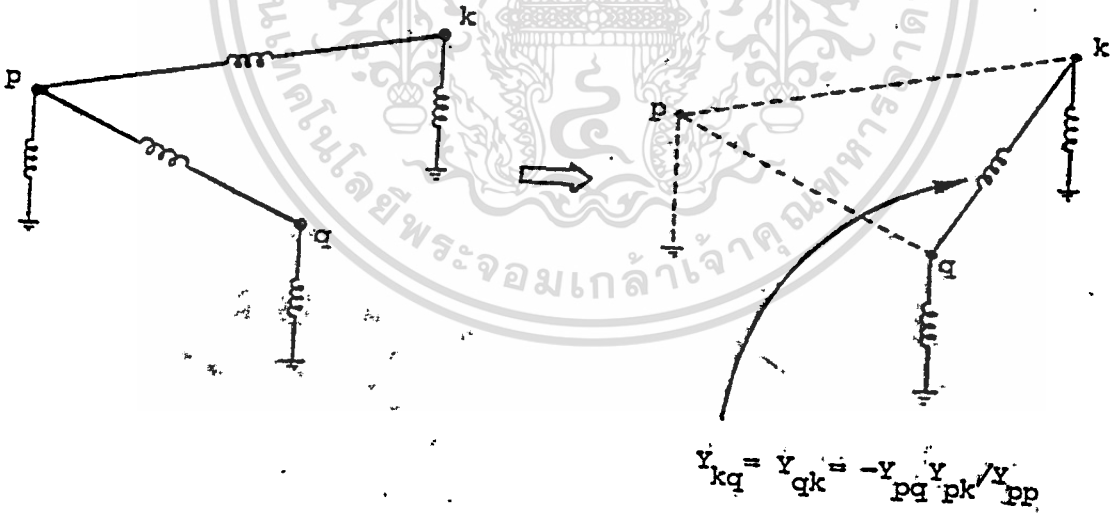
$$Y'_{qq} = (Y_{qq} - Y_{pq}Y_{qp}/Y_{pp}) \qquad (1)$$

b) ผลต่อ mutual admittance ระหว่าง node q และ node k เมื่อ $Y_{qk} = Y_{kq} \neq 0$ จะทำให้ mutual Y_{qk} เปลี่ยนแปลงไปเป็น $Y'_{qk} = Y'_{kq}$ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 3a) Change of network after reduction, $Y_{kq}=Y_{qk}\neq 0$



รูปที่ 3b) Change when $Y_{qk}=Y_{kq}=0$

รูปที่ 3: Network changed by reduction of P-node.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$Y'_{kq} = Y'_{qk} = (Y_{qk} - Y_{pk}Y_{pq}/Y_{pp}) \quad (2)$$

c) ในกรณีที่ q และ k ไม่มี mutual value ($Y_{qk} = Y_{kq} = 0$) ผลของการ reduction node p จะก่อให้เกิดค่า Y'_{qk} ขึ้น

$$Y'_{qk} = -(Y_{pk}Y_{pq}/Y_{pp}) \quad (3)$$

เนื่องจากในระบบไฟฟ้ากำลังนั้น element ที่เป็น mutual ของ Y-Bus matrix คือ ค่า branch admittance ของ line ระหว่าง buses เราจึงสามารถเปรียบเทียบผลของการ reduction เป็นการ chang ตัวของ network ในแต่ละ step ดังรูปที่ 3

ดังนั้นการ ordering triangulation โดยวิธีการ reduce node ที่มี branch ต่ออยู่น้อยที่สุดใน network จะช่วยในการใช้คุณสมบัติ sparse matrix operation ที่กล่าวได้ และการเลือก node จะกระทำทุกครั้งเมื่อ network เปลี่ยนไปจากรูปเดิมเป็นหลัก

4. Piecewise Phase-Coordination

การคำนวน fault current และ voltage ที่ใช้นี้ กระทำโดยการ partition-connection ระหว่าง subnetwork ของ fault impedance และ subnetwork ของ equivalent balance network. Phase-admittance equivalent ของ balance subnetwork จะได้โดยการใช้ symmetrical transformation matrix [T] กับ $[Y_{012}]$ matrix จากการ reduction เพื่อกลับเข้าสู่ phase-coordinate reference [3] [4] โดย

$$[Y_{ph}] = \text{phase admittance} = T[Y_{012}]T^* \quad (4)$$

T^* - conjugate matrix ของ T (symmetrical transformation)

ลักษณะ subnetwork partition-connection จะเป็นรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณา connection จะกระทำโดยการใช้ constrain matrix method ซึ่งได้จากการ inspection ลักษณะของ fault boundary condition (เมื่อเราให้ u เป็น - upper subscript สำหรับ unbalance) การพิจารณาความสัมพันธ์ของกระแสและศักดาไฟฟ้า- ของ primitive circuit แสดงได้ คือ

$$A[e_{ph}] = A[e_{abc}] = A[Z_{abc}][I^{u}_{abc}] \qquad (5)$$

A - Connection Constrain matrix(ซึ่ง element เป็นค่า 0,1,-1 ที่- ตำแหน่งต่างๆ)

$A[e_{ph}]$ - ค่า unbalance phase voltage $[e^{u}_{ph}]$

และเมื่อพิจารณา constrain matrix A ในลักษณะของ invariant power แล้ว $[I^{u}_{abc}]$ จะมีค่าเป็น

$$[I^{u}_{abc}] = A^{T}[I'_{abc}] \qquad (6)$$

(subscript prime for unnormal phase current to find)

จะทำให้เกิด unbalance phase impedance matrix $[Z^{u}_{abc}] = A[Z_{abc}]A^{T}$- ซึ่งเราจะสามารถหา unnormal current flow $[I'_{abc}]$ ได้โดย

$$[I'_{abc}] = [[Z^{u}_{abc}] + [Z_{F}]]^{-1} \cdot [e^{u}_{abc}] \qquad (7)$$

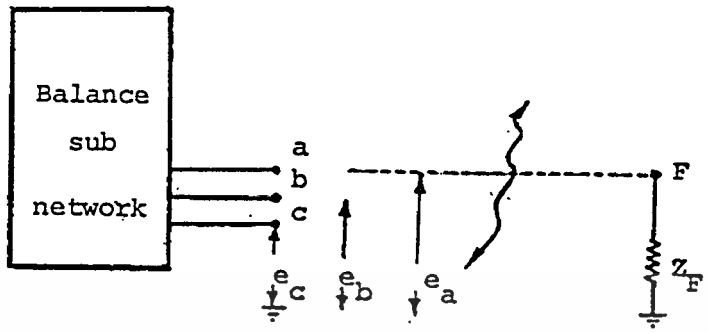
:เมื่อ Z_F เป็น fault matrix ที่ form ได้โดยตรงเช่นเดียวกันกับ A-matrix

ซึ่งจะสามารถหาคำตอบสุดท้ายของ phase voltage ที่ bus ที่เกิด fault จาก - diagram equivalent cct.ในรูปที่ 4

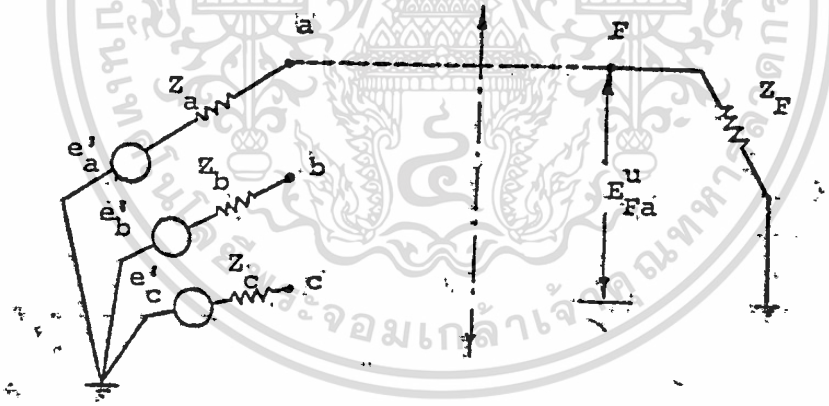
$$[E^{u}_{F\,ph}] = [e_{ph}] - [Z_{abc}] \cdot [I'_{abc}] \qquad (8)$$

ค่าของ $E^{u}_{F\,ph}$ จะนำมา transform เป็น sequence solution ของ fault

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4a) Ports Connection of Subnetworks, $e_{a,b,c,}$ - Prefault Phase Voltage (Example of SLG-fault Condition)



รูปที่ 4b) Equivalent Circuit Viewpoint $[Z_{abc}] = [Y_{ph}]$

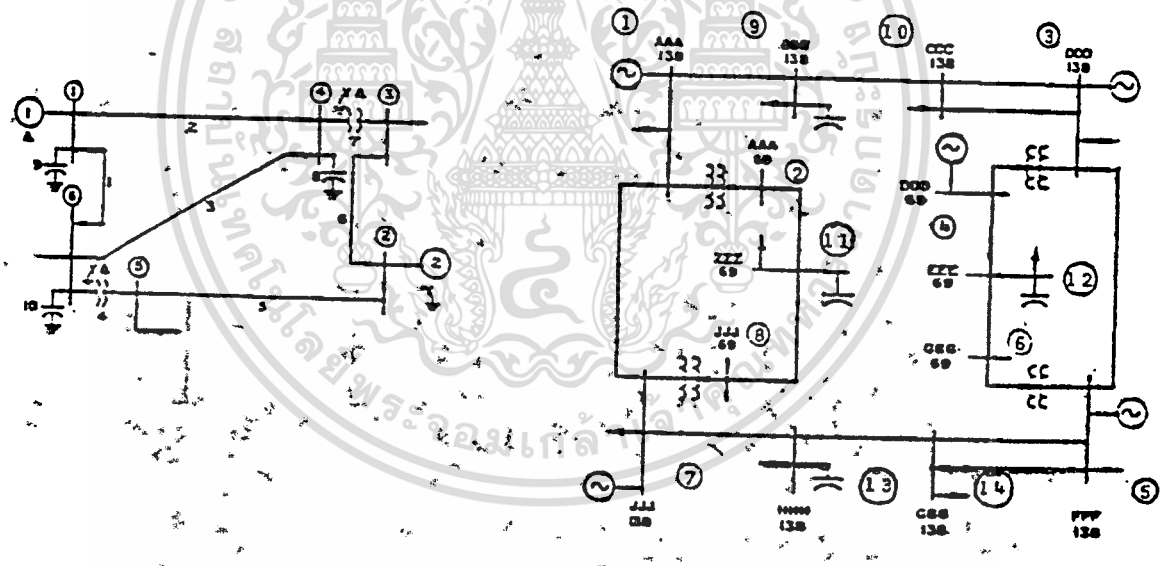
(subscript u for unbalance node voltage to find)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้องการ และโดยลักษณะของ constrain matrix เป็นการ operation ที่สามารถแยกบางส่วนของ matrix รวมที่มี node พัวพันกับชนิดของ fault(piecewise separation) ออกมาใช้ในการ calculate โดยตรง จึงทำให้เรามีลักษณะวิธีการคำนวนได้ง่ายขึ้นในกรณี fault bus มากกว่า 1 bus ในการเกิด fault แต่ละรูปแบบ แตกต่างจากการใช้ sequence interconnection โดยตรงปกติ

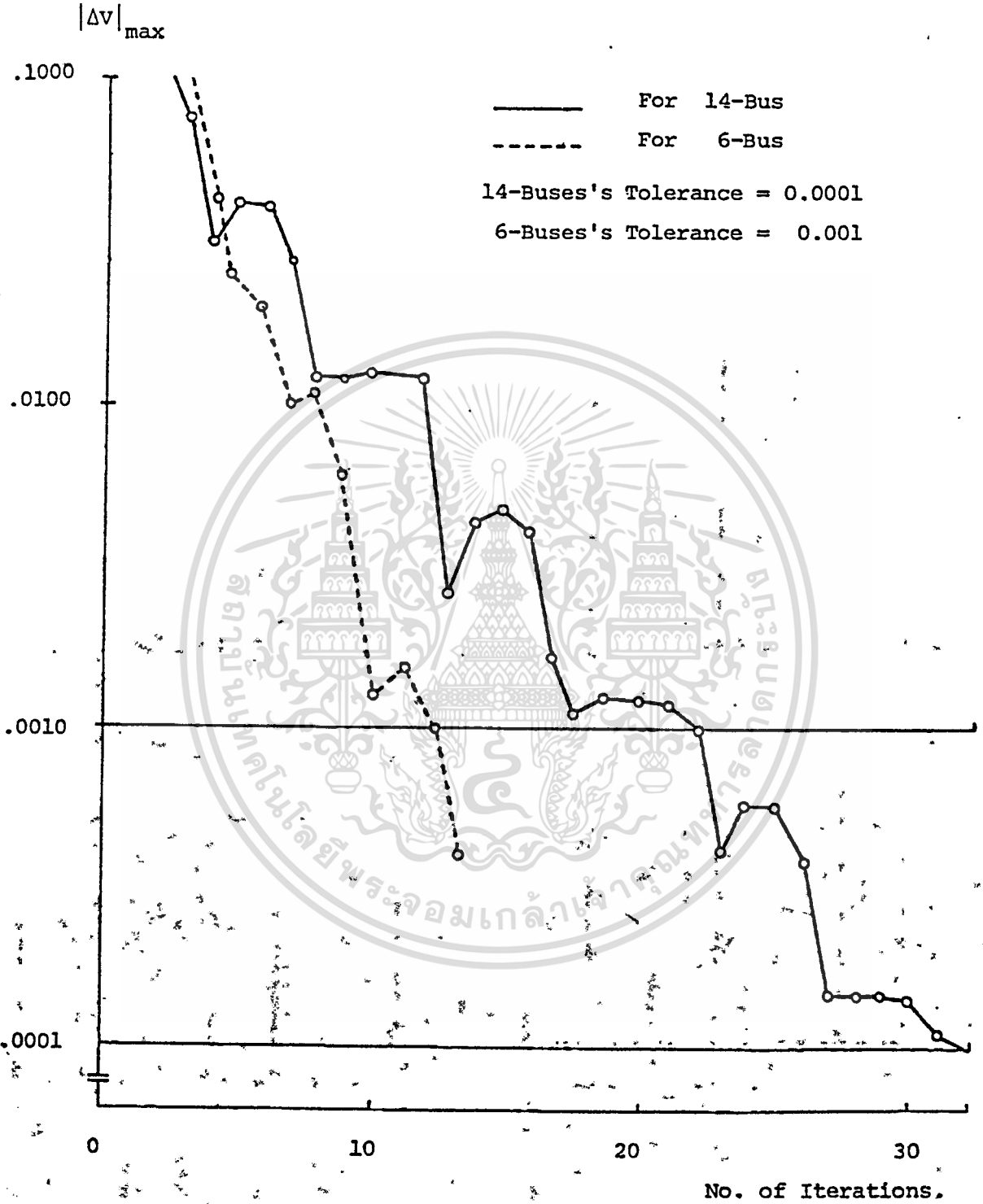
5. Example Case Study

ตัวอย่างที่นำมาประกอบเป็น system ของ Anderson's ซึ่งประกอบด้วยลักษณะการ fault แบบ unbalance conditions ของsystem 6 และ 14 buses ตามลำดับ โดยได้แสดงค่าเปรียบเทียบในกรณี fault เพียงเดียว และกรณีอื่นบางส่วนที่น่าสนใจ



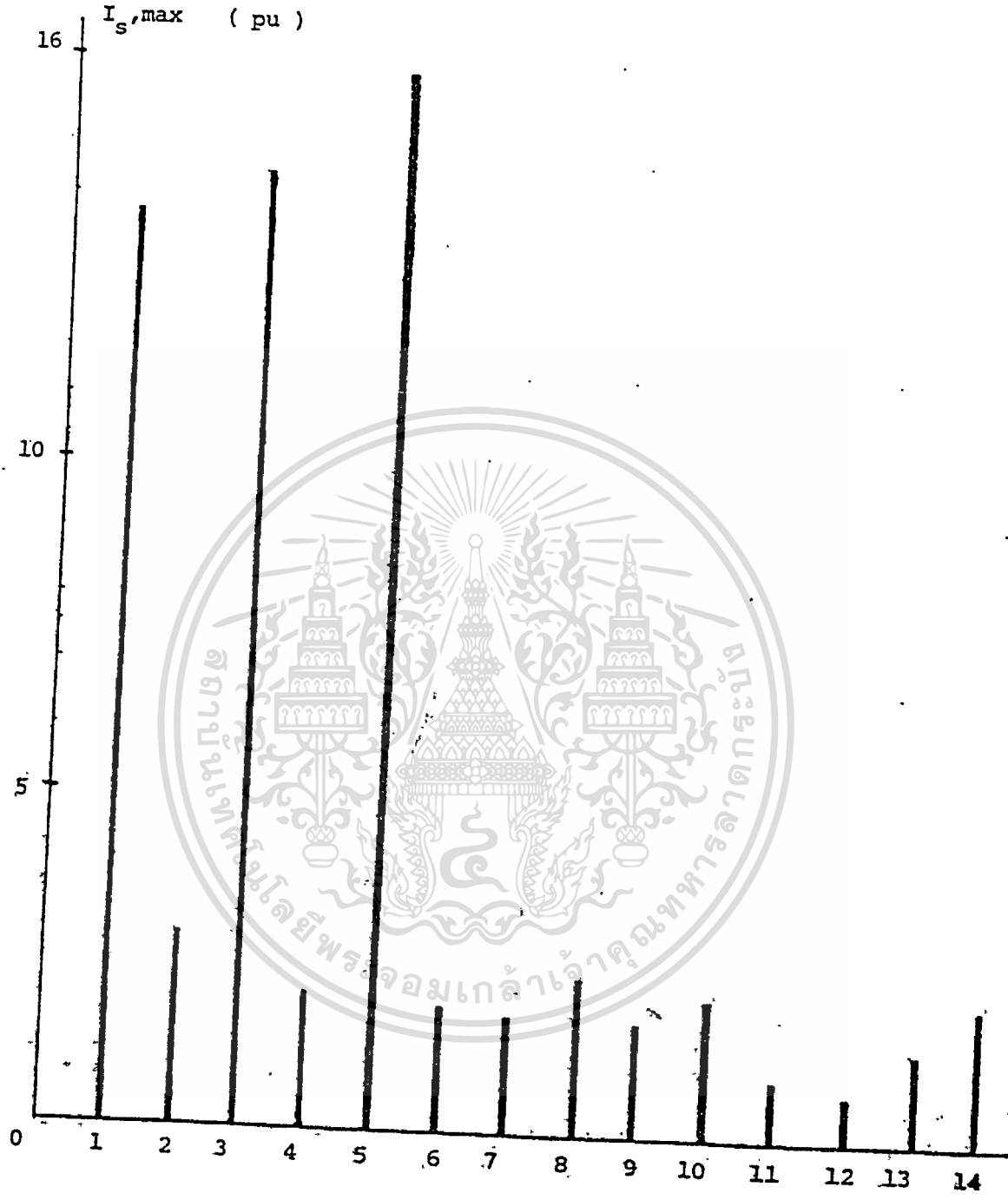
รูปที่ 5 Configure of Sample System 6-14 buses from Anderson's.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



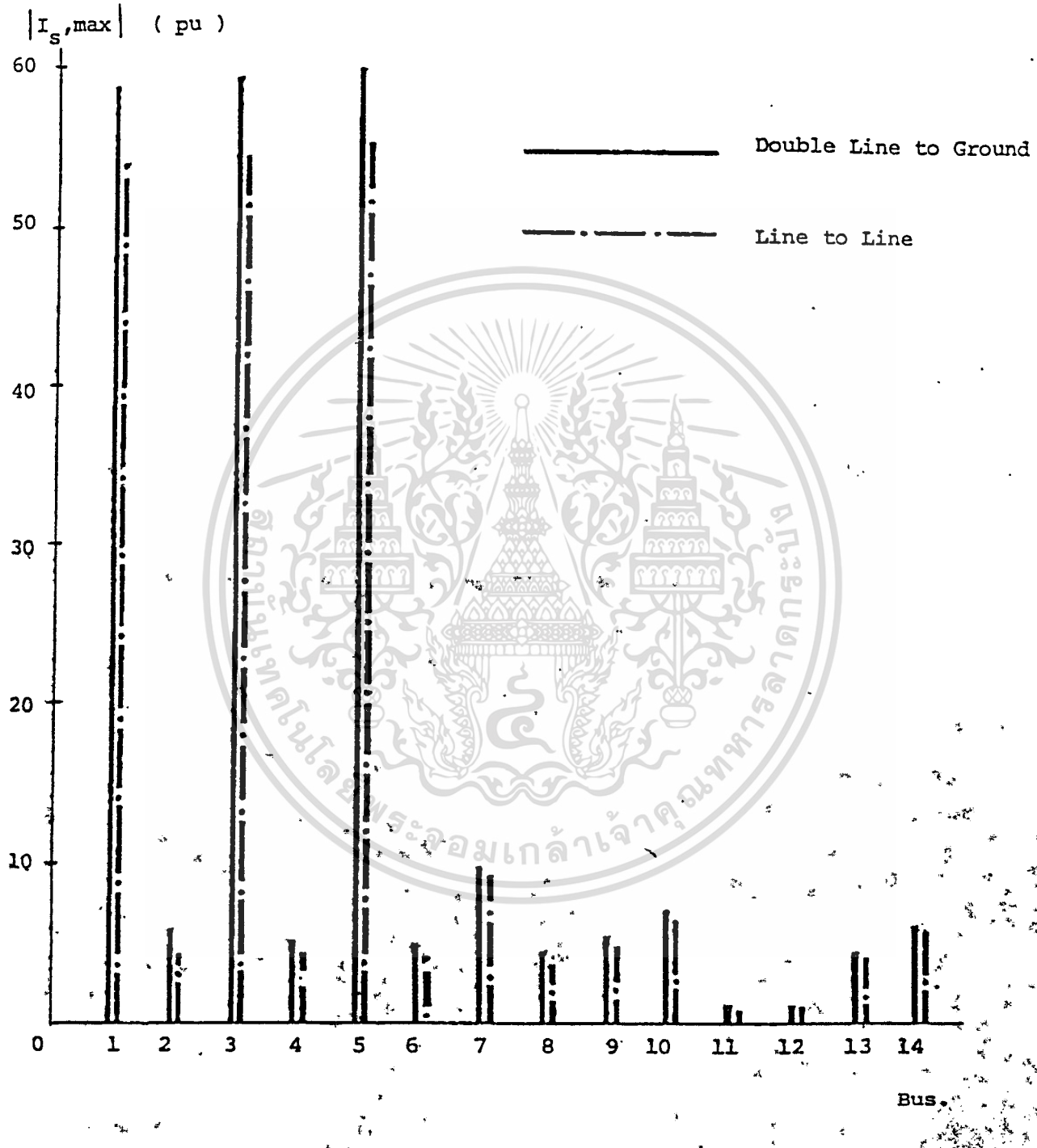
รูปที่ 6. Convergence Characteristics of 6 and 14 Buses of Anderson's Sample System.(Primary & Secondary Adjustment Method.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 Comparison Diagram of SLG-Fault in 14-buses System.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 Comparison of Maximum Fault Sequence Current(in 14 buses)

Case Study of Double Line to Ground and Line to Line Fault.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE MAXIMUM MISMATCH IS 0.000784 ON BUS 2

THE SLACK BUS GENERATION IS 0.47605 0.21752

SYSTEM TOTAL

LOAD MW	LOAD MVAR	GENERATION MW	GENERATION MVAR	LOSSES MW	LOSSES MVAR	MISMATCH MW	MISMATCH MVAR	SHUNT MVAR
0.675	0.180	0.726	0.310	0.051	0.131	0.000	-0.001	0.000

THE MAXIMUM MISMATCH IS 0.000326 ON BUS 5

THE SLACK BUS GENERATION IS 0.62907 1.12176

SYSTEM TOTAL

LOAD MW	LOAD MVAR	GENERATION MW	GENERATION MVAR	LOSSES MW	LOSSES MVAR	MISMATCH MW	MISMATCH MVAR	SHUNT MVAR
6.500	3.400	6.629	2.770	0.130	-0.072	-0.001	0.000	0.558

Solution : 6 and 14 Buses's System Tatal of Load-flow Calculation Respectively.

Solution :

14 Buses's Computer - Solution of SLG,DLG, and LL Fault at Bus 5.

BUS - DATA

BUS	NAME	VOLTS	DEGREES	AMPS	DEGREES
5	FFF 138	0.724	-171.240	15.932	-81.364
		0.872	8.512	15.920	-81.364
		0.148	-171.240	15.929	-81.364
5	FFF 138	0.463	8.512	10.130	98.388
		0.463	8.512	60.041	-81.364
		0.463	8.512	49.368	98.388
5	FFF 138	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.510	8.512	54.952	-81.364
		0.510	8.512	54.958	98.388

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

System Bus	Time for Load-Flow	Average Time for Reduction *
14	2.407	0.062
6	0.414	0.032

Table : Time Used in Performing Calculation. (sec.)

* - Time for Reduction Per Bus.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. บทสรุป

การศึกษา fault โดยวิธีพื้นฐาน ของ Piecewise Phase Coordinate ในบทความฉบับนี้นั้น จุดประสงค์สำคัญก็เพื่อที่จะแสดงการคำนวนและวิเคราะห์ fault ในอีกแบบหนึ่งที่แตกต่างออกไปจากลักษณะการวิเคราะห์โดย Symmetrical Components ซึ่งในการคำนวนจะเปิดโอกาสในการใช้ความได้เปรียบพื้นฐานของ Y-Bus matrix ในการช่วยลด calculation time ลงได้ส่วนหนึ่ง ตัวอย่างผลของ load-flow และ fault solutions ที่แสดงในบทความนั้น นอกจากการคำนวนจะใช้คุณสมบัติของ balance and non-coupling ของ sequence แล้วยังได้ทำการพิจารณาตัดค่า resistance เพื่อลด data ต่างๆ ทำให้ solutions ของ fault มี phase angle ของ current ผิดไปบ้าง

เมื่อได้พิจารณาอีกส่วนหนึ่งในการ form up line-data โดยความคิดที่ไม่ได้นำเอา zero-sequence coupling เข้ามาเกี่ยวข้องนั้น ในกรณีที่ต้องการทราบผลดังกล่าวด้วยก็อาจทำได้โดย Delta Bus-Current method[1,3] เป็นการหาโดย Iterative เพิ่มเข้าในการพิจารณาที่เป็นวิธีหนึ่งที่จะกระทำได้ นอกจากนี้ผลดีที่จะให้ข้อคิดในการศึกษา fault ลงไปสู่ Distribution System จะสามารถเป็นแนวทางที่เห็นได้ง่ายขึ้น โดยการขยายของ Elementary Phase-Matrix Charactors เช่น ลักษณะ Generator, reactor, Transformer(Δ-Y, Δ-Δ, Y-Y)[4] เข้าไปใน Y-Bus matrix

ดังนั้นการวิเคราะห์ fault ซึ่งกล่าวมานี้ อาจจะให้แนวโน้มของหนทางในการคำนวน ซึ่งต่อไปเราจะสามารถนำมาประกอบพิจารณารวมข้อดีและข้อเสียของ coordinates ต่างๆ ในการพัฒนาการวิเคราะห์ให้ดีขึ้นไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPENDIX I

Primary-Secondary Adjustment Load-Flow.

การพิจารณาผลของ bus-current mismatch ในแต่ละ iteration จะกระทำโดยที่ (1,5)
เมื่อ bus-current mismatch bus p พิจารณา system eqn.

$$\Delta I_p^k = \left(\frac{S_p^k}{E_p^k}\right)^* - \sum_{q=1}^{n} Y_{pq} \cdot E_q^k \qquad \text{(A1)}$$

k - iteration no. และ S,E เป็น bus complex power and voltage

เมื่อพิจารณา bus-current equation

$$\begin{bmatrix} \Delta I_p \\ \cdots\cdots \\ \Delta I_q = 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{pp} & \vdots & Y_{pq} \\ \cdots\cdots & \vdots & \cdots\cdots \\ Y_{qp} & \vdots & Y_{qq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta E_p \\ \cdots\cdots \\ \Delta E_q \end{bmatrix} \qquad \text{(A2)}$$

q - subscript for system buses connected to p-bus

Primary adjust delta bus-voltage ของ p-bus ทำได้โดย

$$\Delta E_p^k = \left(Y_{pp} - \frac{Y_{pq} Y_{qp}}{Y_{qq}}\right) \Delta I_p^k \qquad \text{(A3)}$$

Secondary adjust delta bus-voltage ของ q-bus ซึ่ง

$$\Delta E_q^k = -\frac{Y_{qp}}{Y_{qq}} \cdot \Delta E_p^k \qquad \text{(A4)}$$

ผลของ delta bus-voltage ที่เกิดจาก current mismatch จะถูกใช้ในการ - adjustment bus-voltage ใน system เสมอในทุกๆ iterations จนได้ค่า tolerance - range และ voltage-controlled bus ใน system จะพิจารณาว่าไม่มีผลจากการ chang - เหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนได้ถือโอกาสในที่นี้ ขอขอบคุณต่อทางศูนย์วิจัยคอมพิวเตอร์ฯ ลาดกระบัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยจนแล้วเสร็จ

หนังสืออ้างอิง

1. G.W. Stagg and El-Abaid, "Computer Method in Power System Analysis", Newyork, McGraw-Hill, 1968.

2. P.M. Anderson,"Analysis of Faulted Power Systems", The IOWA State University Press/AMES, 1973.

3. J.M. Undrill and T.E. Kostyniak,"Advance Power System Fault Analysis Method", IEEE trans, Vol.PAS.-94, No.6,Novenber/December, 1975.

4. L. Roy and N.D. Rao, "Exact Calculation of Simultaneous Faults Involving Open Conductors and Line-to-Ground Short Circuits on Inherentlly Unbalanced Power Systems", IEEE trans, Vol.PAS.-101, no. 8, August, 1982.

5. Stevenson, W.D., "Elements of Power System Analysis", 2nd.ed., McGraw-Hill., Newyork, 1962.

6. Z.X. Han, "Generalize Method of Analysis of Simultaneous Fault in-Electrical Power System", IEEE trans., Vol.PAS.-101, no.10 October, 1982.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความผิดปกติในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยวิธี Bus-Impedance matrix

Fault Analysis of Power System by Z-Bus Method

ประณต บุญไชยอภิสิทธ์* คณะวิศวกรรมศาสตร์
สพร่าง วิสุทธิพานิช * สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า
สมโภชน์ ประไพ ** วิทยาเขต เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงถึงการวิเคราะห์ความผิดปกติของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยมุ่งศึกษาความผิดปกติแบบไม่สมดุลย์ Unbalance Fault ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง อาศัยหลักการของ Symmetrical Component มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาถึงผลของ Fault ในแต่ละจุดของระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งจากพฤติกรรมต่างๆที่ได้เราจะนำไปใช้ประโยชน์ในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

ในการศึกษาถึงพฤติกรรมของความผิดปกติแบบต่างๆได้กระทำโดยใช้วิธี Gauss-Seidel method สำหรับคำนวนค่า load-flow ในสภาวะปกติ และใช้ Z-Bus method ประกอบในการหาค่าคำตอบของความผิดปกตินั้นๆตามลำดับ

Abstract

This paper describes the method for analysis power system fault with the aim purpose on unbalance condition. Which makes use of symmetrical component principle during calculation procedure. The effects of fault at each point will be used to make initial information in field of Power System protection scheme.

The effective computer program in used here, is arranged with firstly studying normal lpad-flow of system by Gauss-Seidel method and secondly using Z-Bus to calculate the fault output solutions respectively.

* นักศึกษา ** อาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

การศึกษาความผิดปกติในระบบไฟฟ้ากำลังในสมัยแรกๆ อุปกรณ์ที่ใช้ คือ DC. Calculation Board ซึ่งได้พัฒนาขึ้นมาเป็น A.C. Network Analyzer ซึ่งยังใช้อยู่ในปัจจุบัน Digital - Computer เริ่มเข้ามามีบทบาท ในปี 1940 และทวีความสำคัญขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไม่ต้องคำนึงถึงผลทาง physical ในการคำนวนใช้แต่สมการ ข้อดีและข้อได้เปรียบอื่นๆก็คือ Flexibility, ขนาดของระบบไฟฟ้ากำลัง, ความรวดเร็ว, ความถูกต้อง

การวิเคราะห์ความผิดปกติแบ่งตามลักษณะของข้อมูล และสมการได้เป็นสองแบบใหญ่ๆ คือ

1. Computer Solution Methods Using The Impedance Matrix.

2. Computer Solutions Method Using The Admittance Matrix.

ข้อดี, ข้อเสียและข้อได้เปรียบ, ข้อเสียเปรียบของวิธีการแต่ละแบบจะไม่กล่าวถึงในบทความนี้ เพราะว่า วิธีการในแต่ละแบบที่กล่าวข้างต้นนั้นได้พัฒนาไปอยู่เรื่อยๆ แต่จุดประสงค์ของบทความนี้ต้องการศึกษาถึงการเกิด Unbalance Fault ในสภาวะ Steady State โดยศึกษาถึงเงื่อนไขใน การเกิด fault แบบต่างๆ และพฤติกรรมที่เกิดขึ้น

2. ทฤษฎี

ในลักษณะของ unsymmetrical fault วิธีที่ใช้วิเคราะห์ คือ Symmetrical Component โดย network จะถูกแสดงใน 0-1-2 co-ordinate เมื่อให้ T เป็น phase-to-sequence transformation matrix

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad ; a = 1/120^0$$

$$[V_p] = T [V_s] \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$[I_p] = T[I_s] \quad (2)$$

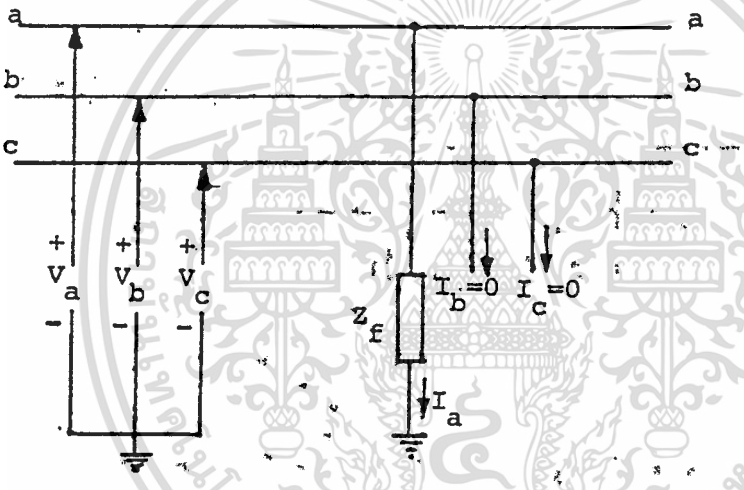
$$[Z_s] = T^{-1}[Z_p]T \quad (3)$$

โดย P : Phase Co-ordinate

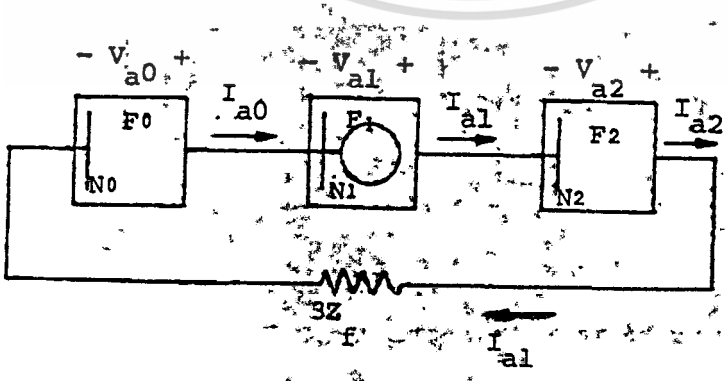
S : Sequence Co-ordinate

Case Study

2.1 The Single Line-to-Ground (SLG) Fault



รูปที่ 1.1 Diagram of A SLG Fault at F



รูปที่ 1.2 Sequence Network Connection for A SLG Fault.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Boundary Condition

$$I_b = I_c = 0 \tag{4}$$

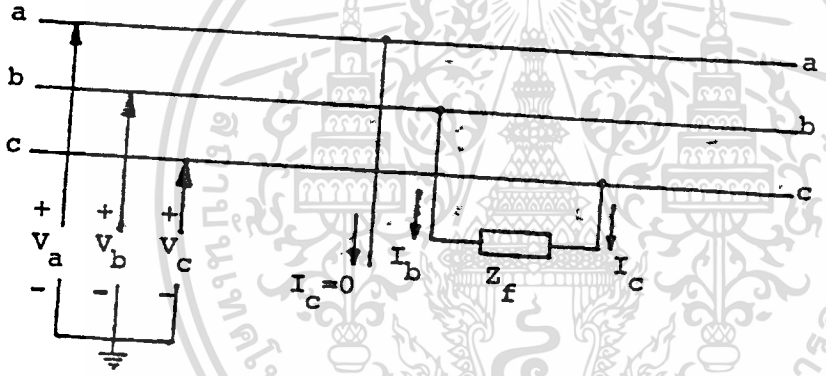
$$V_a = Z_f I_a \tag{5}$$

Sequence Current

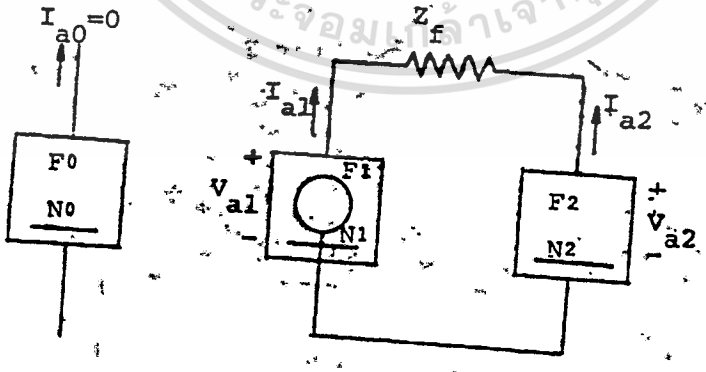
$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{hV_f}{Z_0+Z_1+Z_2+3Z_f} \tag{6}$$

$$Z_T = Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f$$

.2 The Double Line Fault (DLF)



รูปที่ 1.3 Diagram of DLF at F



รูปที่ 1.4 Sequence Network Connection for DLF Fault.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Boundary Condition

$$I_a = 0 \quad (7)$$

$$I_b = -I_c \quad (8)$$

$$V_b - V_c = I_b Z_f \quad (9)$$

Sequence Current

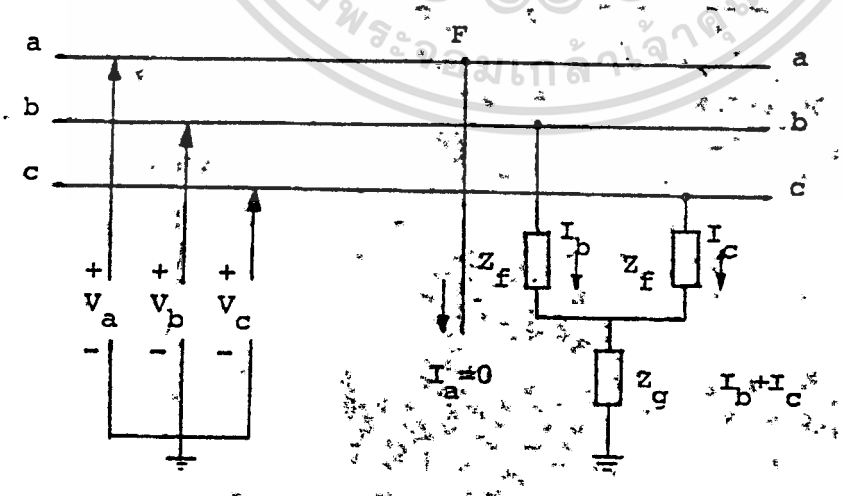
$$I_{a0} = 0 \quad (10)$$

$$I_{a1} = \frac{hV_f}{Z_1+Z_2+Z_3} \quad (11)$$

$$I_{a2} = -I_{a1} \quad (12)$$

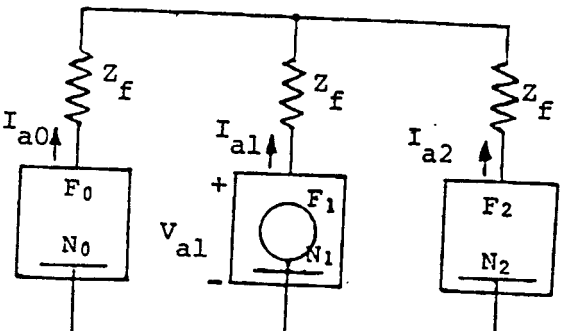
$$Z_T = Z_1+Z_2+Z_f$$

2.3 The Double Line-to-Ground (DLG) Fault.



รูป 1.5 Diagram of A DLG Fault at F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.6 Sequence Network Connection for A DLG Fault.

Boundary Condition

$$I_a = 0 \tag{13}$$

$$V_b = (Z_f + Z_g)I_b + Z_g I_c \tag{14}$$

$$V_c = (Z_f + Z_g)I_c + Z_g I_b \tag{15}$$

Sequence Current

$$I_{a1} = \frac{hV_f}{Z_1+Z_f+\dfrac{(Z_2+Z_f)(Z_0+Z_f+3Z_g)}{Z_0+Z_2+2Z_f+3Z_g}} \tag{16}$$

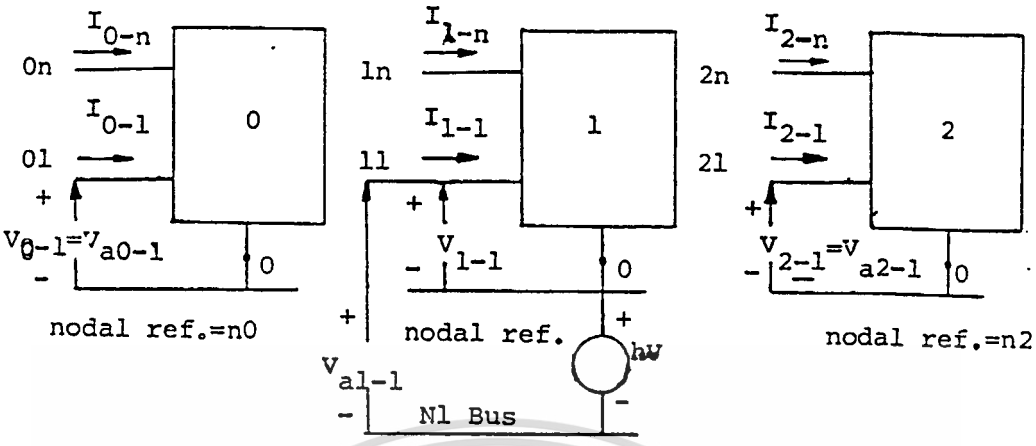
$$I_{a0} = \frac{Z_2+Z_f}{Z_2+Z_0+2Z_f+3Z_g} \cdot I_{a1} \tag{17}$$

$$I_{a2} = \frac{Z_0+Z_f+3Z_g}{Z_2+Z_0+2Z_f+3Z_g} \cdot I_{a1} \tag{18}$$

$$Z_T = Z_1 + Z_f + \frac{(Z_2+Z_f)(Z_0+Z_f+3Z_g)}{Z_0+Z_2+2Z_f+3Z_g}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Impedance Matrix in Shunt Fault Computations.



รูปที่ 1.7 Sequence Quantities Defined for Nodal Equation

รูปที่ 1.7 คือ positive, negative, and zero sequence network ซึ่งมี reference คือ node 0 เรากำหนดให้ current ไหลเข้า network ที่ node 1,2,....n และ voltage drop จากแต่ละ node เทียบกับ reference เราจะได้สมการ คือ

$$[V_{a0-i}] = -[Z_{0-ij}][I_{0-i}] \tag{19}$$

$$[V_{a1-i}] = h[V_f] - [Z_{1-ij}][I_{1-i}] \tag{20}$$

$$[V_{a2-i}] = -[Z_{2-ij}][I_{2-i}] \tag{21}$$

โดย subscript คือ sequence node สำหรับ Z-Bus (open circuit driving point and transfer impedance) นั้นหาได้หลายวิธี ในที่นี้หาโดย Impedance Matrix Algorithm (1)

สำหรับ current ที่ไหลระหว่าง node ij หาได้จากสมการ

$$I_{s-ij} = \frac{V_i - V_j}{Z_{ij}} = \frac{(Z_{s-jk} - Z_{s-ik})(I_{s-k})}{Z_{ij}} \tag{22}$$

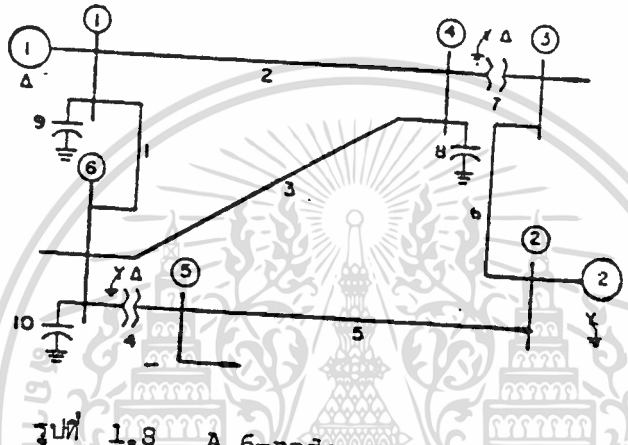
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย k : node fault

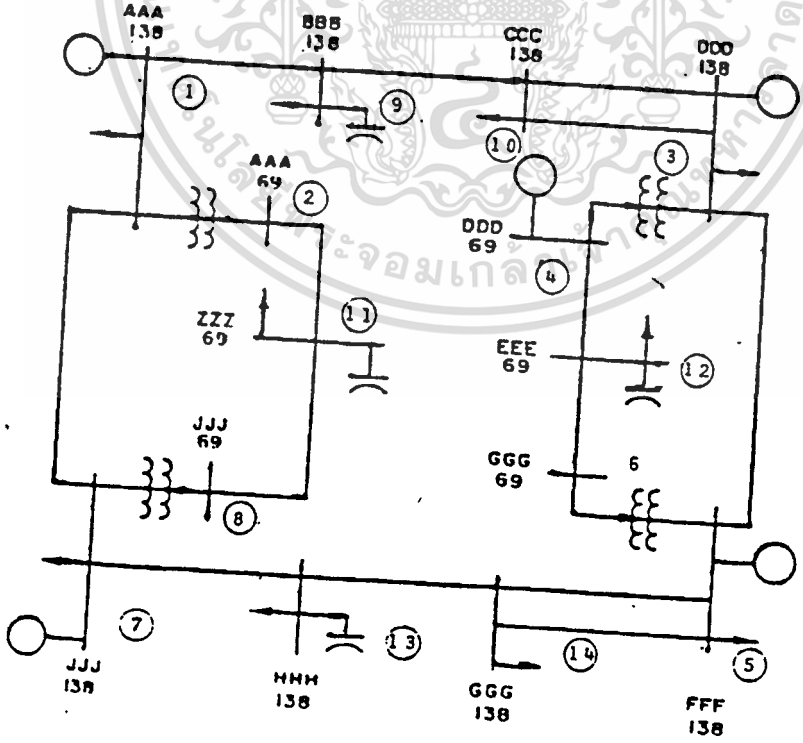
z_{ij} : primitive impedance element between node i and j

4. ผลการวิเคราะห์

ขนาดของ fault voltage , fault current ที่แต่ละ bus และขนาดของ current ที่ inject เข้าสู่ fault point จะถูกคำนวณออกมา

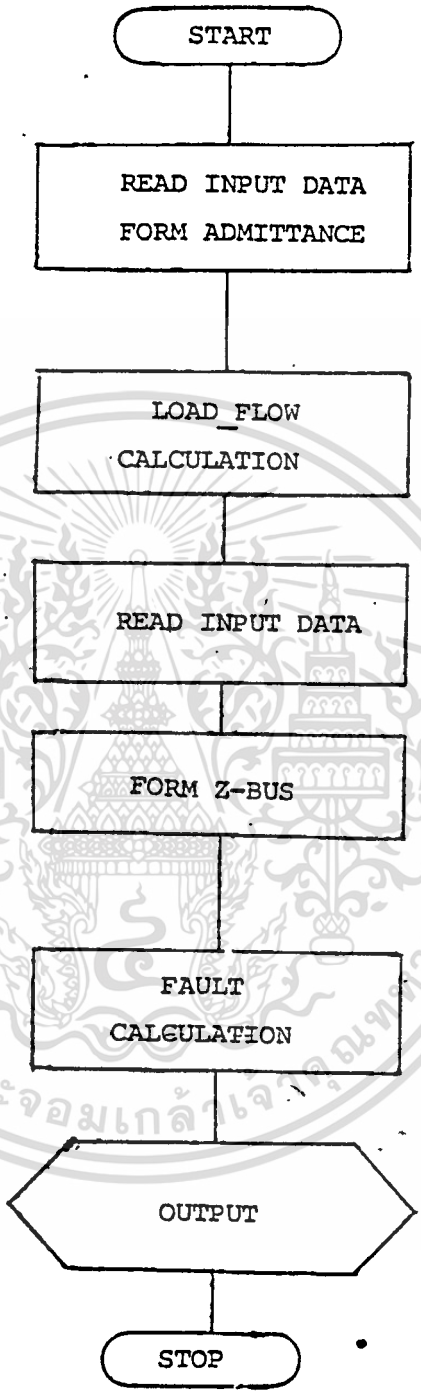


รูปที่ 1.8 A 6-nodes network



รูปที่ 1.9 A 14-nodes network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.10 แสดง Flow-Chart ของการคำนวน

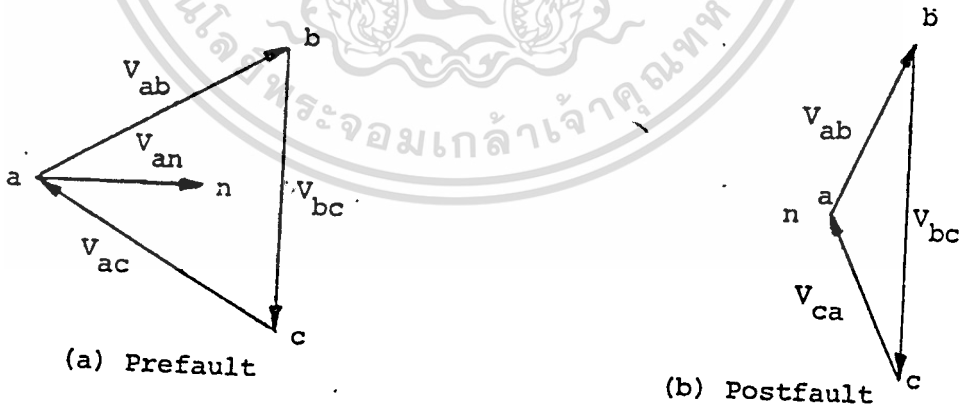
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเวลาในการคำนวนความผิดปกติ (Fault Calculation)

Number of System Bus	Time for Z - Bus*	Time for SLG*	Time for DLF*	Time for DLG*
3	0.608	0.874	0.686	0.738
6	1.481	1.472	1.217	1.336
14	8.495	3.797	3.249	3.286

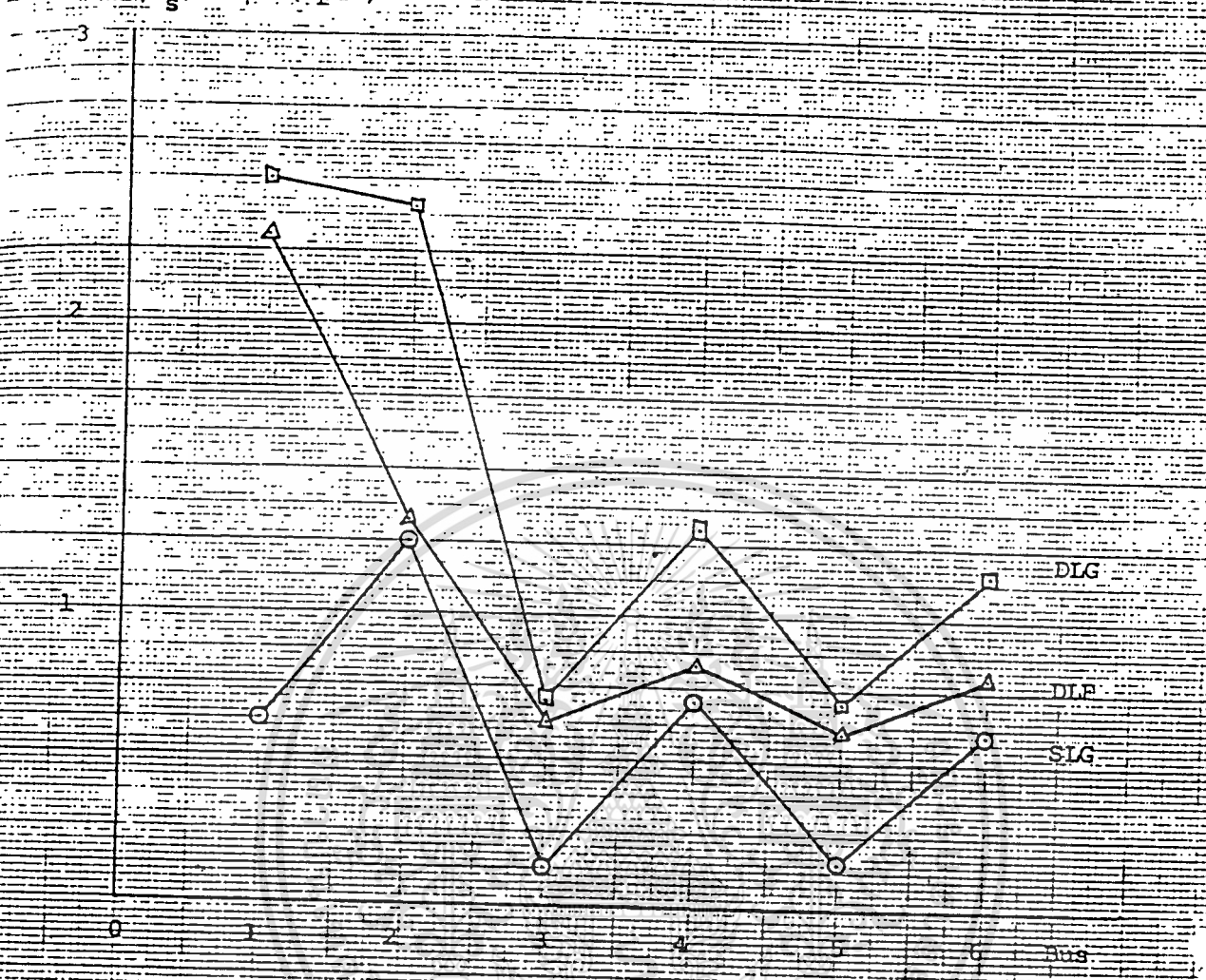
* second

ในบทความนี้ผู้เขียนได้แสดง fault solution (1) โดยเปรียบเทียบกับ solution Anderson และได้แสดง solution ของ DLF และ DLG ของ system ดังกล่าว จาก solution จะเห็นว่า fault current และ fault voltage ประกอบด้วย sequence components เมื่อแทนค่าลงใน (1), (2) จะเห็นว่า phase current และ phase voltage ไม่สมดุลย์ ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วย phasor diagram ข้างล่าง



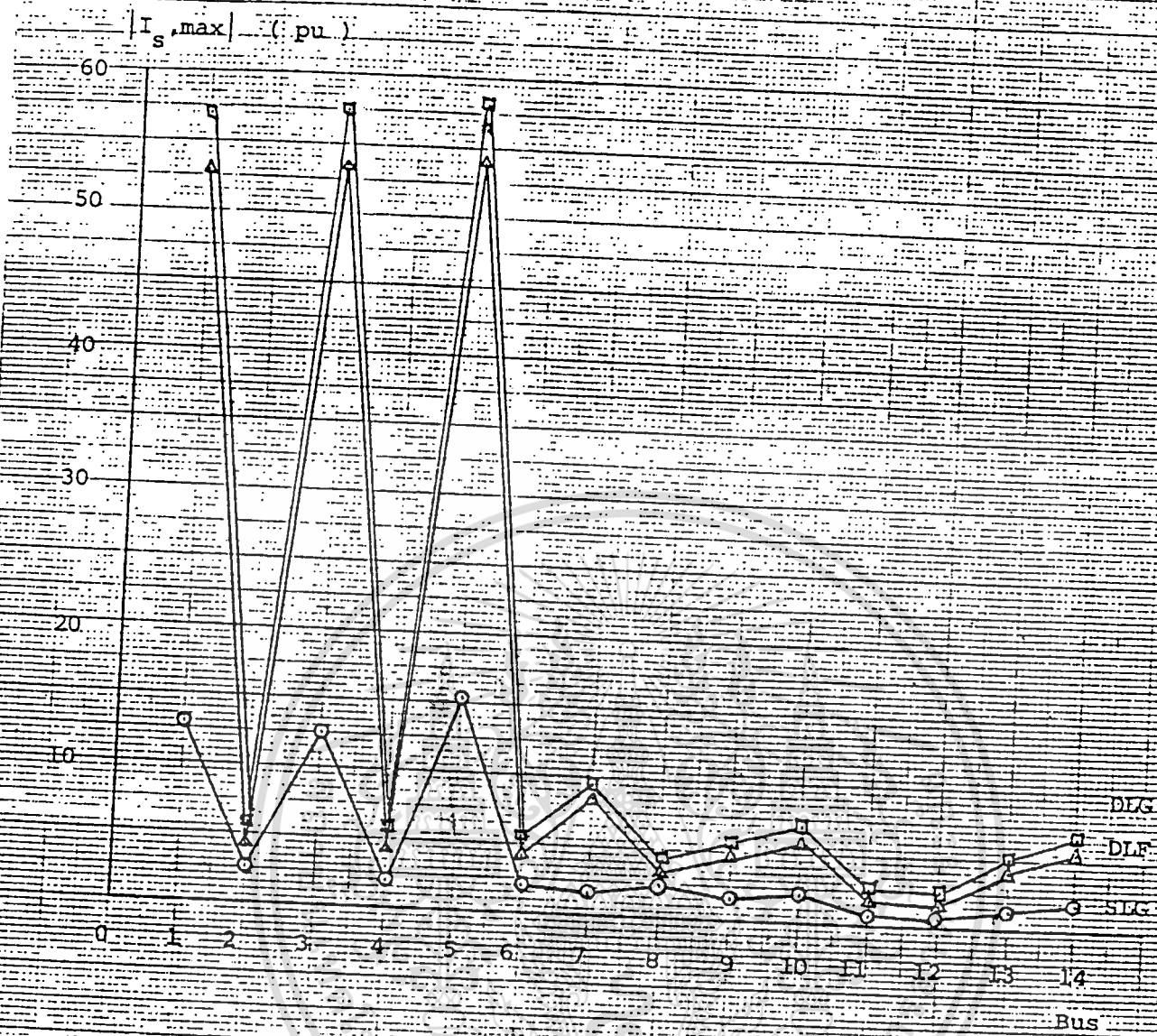
รูปที่ 1.11 Phasor Diagram of The Line Voltage befor and after The Fault.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 Maximum Fault Sequence Current ของรูปที่ 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Maximum-Fault-Sequence-Current ของรูปที่ 1.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUS	NAME	BUS-DATA VOLTS	D-L-G DEGREES	AMPS	DEGREES		BUS NO.	LINE-DATA VOLTS	D-L-G DEGREES	AMPS	DEGREES	
1	AAA138			0.000	0.0	T						
		0.4613	-0.1	8.202	91.6	0						
		0.4613	-0.1	57.052	-89.0	1						
		0.4613	-0.1	48.851	90.9	2						
							0_ 0					
								0.0000	0.0	0.000	0.0	T
								1.0000	0.0	7.744	90.6	0
								0.0000	0.0	53.872	-90.0	1
										46.128	89.9	2
							7_ 0					
										0.000	0.0	T
								0.0000	0.0	0.126	114.6	0
								0.8354	-2.3	1.777	-76.5	1
								0.1443	11.2	1.654	102.7	2
							9_ 0					
										0.000	-82.9	T
								0.0000	0.0	0.159	108.3	0
								0.7248	-0.1	1.249	-71.3	1
								0.2357	0.3	1.091	108.2	2
							2_ 0					
										0.000	-90.0	T
								0.0000	0.0	0.291	118.0	0
								0.4924	1.9	0.291	-62.0	1
								0.4351	-1.9	0.000	0.0	2
2	AAA69											
		0.3282	0.6	0.000	-82.9	T						
		0.3282	0.6	5.877	91.8	0						
		0.3282	0.6	5.625	-87.3	1						
				2.749	93.7	2						
							1_ 0					
										0.000	-87.7	T
								0.0000	0.0	5.181	89.7	0
								0.9499	0.0	5.181	-90.3	1
								0.0245	0.9	0.000	0.0	2
							11_ 0					
										0.000	-71.6	T
								0.0000	0.0	0.241	127.7	0
								0.6172	-2.2	0.530	-55.7	1
								0.1876	4.6	0.290	121.5	2
3	DDD138											
		0.4665	-0.1	0.000	91.2	T						
		0.4665	-0.1	7.616	92.4	0						
		0.4665	-0.1	57.388	-88.6	1						
				49.774	91.2	2						
							0_ 0					
										0.000	91.9	T
								0.0000	0.0	7.107	91.1	0
								1.0000	0.0	53.553	-89.9	1
								0.0000	0.0	46.447	89.9	2
							5_ 0					
										0.000	0.0	T
								0.0000	0.0	0.233	113.9	0
								0.9740	-0.5	2.416	-72.4	1
								0.0239	19.2	2.184	106.9	2
							10_ 0					
										0.000	-51.3	T
								0.0000	0.0	0.089	110.0	0
								0.5954	-0.1	0.621	-71.8	1
								0.3509	0.0	0.532	108.0	2
							10_ 1					
										0.000	-51.3	T
								0.0000	0.0	0.089	110.0	0
								0.5954	-0.1	0.621	-71.8	1
								0.3509	0.0	0.532	108.0	2
							4_ 0					
										0.000	-26.6	T
								0.0000	0.0	0.396	122.0	0
								0.5054	2.8	0.396	-58.0	1
								0.4300	-3.0	0.000	0.0	2
4	DDD69											
		0.4115	-0.1	0.000	-84.1	T						
		0.4115	-0.1	1.491	94.0	0						
		0.4115	-0.1	4.954	-86.5	1						
				3.464	93.2	2						
							3_ 0					
										0.000	-89.6	T
								0.0000	0.0	4.548	90.2	0
								0.9572	0.0	4.548	-89.8	1
								0.0299	-1.0	0.000	0.0	2

Sample Solution of Double Line to Ground Fault (14-Buses)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่า factors ซึ่งมีผลต่อความรุนแรงของ fault ได้แก่

1. Source Condition
2. Power System Configuration
3. Neutral Earthing
4. Natural and Type of Fault.

5. สรุป

ในอดีตเราสนใจแต่ Normal Load-Flow และ Three Phase Fault โดยเฉพาะ-Three Phase Fault ซึ่งเป็น fault ที่อาจจะเรียกได้ว่ารุนแรงที่สุด ซึ่งทำให้อุปกรณ์ในระบบป้อ-กันมีราคาแพง แต่จากประสบการณ์ จะเห็นว่าโอกาสที่จะเกิด Three Phase Fault มีน้อย เพร-ฉะนั้นสิ่งที่ควรจะพิจารณาในเงื่อนไขของการเกิด fault แต่ละอย่างก็คือโอกาส (probability) ที่จะเกิด fault เพราะว่าถ้าเราทราบถึงความน่าจะเป็นที่จะเกิด fault แต่ละอย่าง เราก็สามารถเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะสามารถนำมาพิจารณาในการ-เลือก characteristics ของ circuit breaker, fuse operation และ relay co-ordination ของ system

นอกเหนือจากบทความนี้แล้ว การศึกษา fault ยังครอบคลุมไปถึง change in symmetry, simultaneous fault , การศึกษา fault ในแง่ของ time domain ซึ่งเป็นการศึกษา fault ในช่วง transient อนึ่งวิธีการในการศึกษาได้พัฒนาไปอย่างมาก โดยใช้ computer technique ต่างๆที่พัฒนาขึ้นมา เช่น Sparsity, Optimal Ordered Triangulate Factorization etc. - ทั้งนี้เพื่อให้วิธีการรวดเร็ว, มีความเชื่อถือสูง, ประหยัด memory และมีความถูกต้องสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ อาจารย์ สมโภชน์ ประไพ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการแก้ปัญหาใน Power System

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ศูนย์วิจัยคอมพิวเตอร์ฯ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้บริการจากศูนย์วิจัยฯ จนกระทั่งงานสำเร็จ

หนังสืออ้างอิง

1. Anderson, P.M."Analysis of Faulted Power Systems", The IOWA State University Press/ AMIS, 1973.
2. Stevenson, W.D., Jr. "Elements of Power System Analysis", 3rd ed, McGraw-Hill.
3. Stagg, Glenn W. and El-Abiad, Ahmed H.,"Computer Methods in Power System Analysis.", McGraw-Hill, Newyork, 1968.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUS	NAME	BUS-DATA VOLTS	D-L-F DEGREES	AMPS	DEGREES		LINE-DATA BUS NO.	VOLTS	D-L-F DEGREES	AMPS	DEGREES	
1	AAA138			0.000	0.0	T						
		0.0000	0.0	0.000	0.0	0						
		0.5000	0.0	52.952	-89.1	1						
		0.5000	0.0	52.952	90.9	2						
							0					
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								1.0000	0.0	50.000	-90.0	1
								0.0000	0.0	50.000	90.0	2
							7	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.3471	-2.1	1.649	-76.5	1
								0.1564	11.2	1.649	103.5	2
							9	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.7446	-0.1	1.160	-71.8	1
								0.2554	0.3	1.160	108.2	2
							2	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.5289	1.6	0.270	-62.1	1
								0.4716	-1.8	0.270	117.9	2
2	AAA69			0.000	0.0	T						
		0.0000	0.0	0.000	0.0	0						
		0.5000	0.0	4.187	-87.0	1						
		0.5000	0.0	4.187	-93.0	2						
							1	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.9627	0.0	3.356	-90.0	1
								0.0373	0.3	3.356	90.0	2
							11	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.7151	-1.6	0.395	-55.4	1
								0.2858	3.9	0.395	124.6	2
3	DDD138			0.000	0.0	T						
		0.0000	0.0	0.000	0.0	0						
		0.5000	0.0	53.581	-88.7	1						
		0.5000	0.0	53.581	91.3	2						
							0					
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								1.0000	0.0	50.000	-90.0	1
								0.0000	0.0	50.000	90.0	2
							5	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.9759	-0.5	2.256	-72.5	1
								0.0257	19.3	2.256	107.5	2
							10	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.6223	-0.1	0.580	-71.8	1
								0.3777	0.1	0.580	108.2	2
							10	1				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.6223	-0.1	0.580	-71.8	1
								0.3777	0.1	0.580	108.2	2
							4	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.5382	2.5	0.370	-58.1	1
								0.4629	-2.9	0.370	121.9	2
4	DDD69			0.000	0.0	T						
		0.0000	0.0	0.000	0.0	0						
		0.5000	0.0	4.209	-86.6	1						
		0.5000	0.0	4.209	93.4	2						
							3	0				
								0.0000	0.0	0.000	0.0	0
								0.7636	0.0	3.364	-89.9	1
								0.0364	-0.8	3.364	90.1	2

Sample Solutions of Line to Line Fault. (14-Buses)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUS	NAME	BUS-DATA S-L-G VOLTS	DEGREES	AMPS	DEGREES		LINE-DATA S-L-G BUS NO.	VOLTS	DEGREES	AMPS	DEGREES	
1	AAA138			39.933	-88.5	T						
		0.7486	179.8	13.311	-88.5	0						
		0.3743	-0.1	13.311	-88.5	1						
		0.1257	-179.5	13.311	-88.5	2						
							0_ 0					
								0.0000	0.0	37.613	-89.4	T
								1.0000	0.0	12.476	-89.2	0
								0.0000	0.0	12.569	-89.5	1
										12.569	-89.5	2
							7_ 0					
								0.5176	179.8	1.177	-76.7	T
								0.9615	-0.5	0.348	-78.3	0
								0.0393	-168.3	0.415	-76.0	1
										0.415	-76.0	2
							9_ 0					
								0.4410	-179.2	1.081	-74.8	T
								0.7358	-0.1	0.501	-79.3	0
								0.0642	-179.2	0.291	-71.1	1
										0.291	-71.1	2
							2_ 0					
								0.0000	0.0	0.136	-61.6	T
								0.3815	0.2	0.000	0.0	0
								0.1185	178.7	0.068	-61.6	1
										0.068	-61.6	2
2	AAA69											
		0.3233	-178.7	8.501	-87.6	T						
		0.6616	0.3	2.334	-87.6	0						
		0.3384	179.4	2.334	-87.6	1						
				2.334	-87.6	2						
							0_ 0					
								0.0000	0.0	2.694	-88.7	T
								0.0000	0.0	2.694	-88.7	0
								0.0000	0.0	0.000	0.0	1
										0.000	0.0	2
							1_ 0					
								0.0000	0.0	5.220	-90.6	T
								0.9748	0.0	0.000	0.0	0
								0.0252	179.7	2.610	-90.6	1
										2.610	-90.6	2
							11_ 0					
								0.2325	177.1	0.684	-58.2	T
								0.3070	-0.8	0.151	-65.8	0
								0.1934	-176.7	0.267	-56.0	1
										0.267	-56.0	2
3	DDD138											
		0.7657	179.7	37.665	-87.8	T						
		0.3829	-0.1	12.555	-87.3	0						
		0.1172	-179.1	12.555	-87.3	1						
				12.555	-87.3	2						
							0_ 0					
								0.0000	0.0	34.370	-89.2	T
								1.0000	0.0	10.938	-89.5	0
								0.0000	0.0	11.716	-89.1	1
										11.716	-89.1	2
							5_ 0					
								0.0564	-166.8	2.196	-73.6	T
								0.9943	-0.1	1.140	-75.5	0
								0.0060	-159.8	0.529	-71.8	1
										0.529	-71.8	2
							10_ 0					
								0.5314	179.0	0.527	-74.9	T
								0.9115	-0.1	0.257	-79.1	0
								0.0885	-179.0	0.136	-70.9	1
										0.136	-70.9	2
							10_ 1					
								0.5314	179.0	0.599	-73.9	T
								0.9115	-0.1	0.328	-76.4	0
								0.0885	-179.0	0.136	-70.9	1
										0.136	-70.9	2
							4_ 0					
								0.0000	0.0	0.173	-57.2	T
								0.3914	0.2	0.000	0.0	0
								0.1085	178.0	0.087	-57.2	1
										0.087	-57.2	2
4	DDD69											
		0.5375	179.6	5.341	-86.2	T						
		0.7687	-0.1	1.947	-86.2	0						
				1.947	-86.2	1						

Sample Solution of Single Line to Ground Fault. (14-Buses)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROBLEM FROM IEM ASSEMBLER LDF
REPORT OF FAULT CALCULATIONS

BUS	NAME	3-PHASE AMPS	DEGREES	S-L-G VOLTS	DEGREES	S-L-G AMPS	DEGREES
1	AAA138	105.903	-89.1			39.931	-88.5T
				0.8743	-0.1	13.310	-88.5P
				0.1257	-179.5	13.310	-88.5N
				0.7486	179.8	13.310	-88.5Z
2	AA869	9.373	-87.0			8.501	-87.6T
				0.6616	0.3	2.834	-87.6P
				0.3384	179.4	2.834	-87.6N
				0.3233	-178.7	2.834	-87.6Z
3	DD0138	107.162	-88.7			37.664	-87.8T
				0.8829	-0.1	12.555	-87.8P
				0.1172	-179.1	12.555	-87.8N
				0.7657	179.7	12.555	-87.8Z

BUS NO.	VOLTS	DEGREES	AMPS	DEGREES	VOLTS	DEGREES	AMPS	DEGREES
0- 0	1.0000	0.0	100.000	-90.0			37.612	-89.4T
					1.0000	0.0	12.568	-89.5P
					0.0	0.0	12.568	-89.5N
					0.0	0.0	12.476	-89.2Z
2- 0	0.0649	27.9	0.541	-62.1			0.136	-61.6T
					0.8815	0.2	0.068	-61.6P
					0.1185	178.7	0.068	-61.6N
					0.0	0.0	0.0	0.0Z
7- 0	0.6958	-5.0	3.299	-76.5			1.177	-76.7T
					0.9615	-0.5	0.415	-76.0P
					0.0393	-168.3	0.415	-76.0N
					0.5176	179.8	0.348	-78.3Z
9- 0	0.4892	-0.3	2.319	-71.8			1.081	-74.8T
					0.9358	-0.1	0.291	-71.3P
					0.0642	-179.2	0.291	-71.3N
					0.4412	179.3	0.500	-78.8Z
0- 0	0.0	0.0	0.0	0.0			2.694	-88.7T
					0.0	0.0	0.0	0.0P
					0.0	0.0	0.0	0.0N
					0.0	0.0	2.694	-88.7Z
1- 0	0.9254	-0.0	7.712	-90.0			5.220	-90.6T
					0.9748	0.0	2.610	-90.6P
					0.0252	179.7	2.610	-90.6N
					0.0	0.0	0.0	0.0Z
11- 0	0.4315	-5.2	0.789	-55.4			0.684	-58.2T
					0.8070	-0.8	0.267	-56.0P
					0.1934	-176.7	0.267	-56.0N
					0.2325	177.1	0.151	-65.8Z
0- 0	1.0000	0.0	100.000	-90.0			34.369	-89.2T
					1.0000	0.0	11.716	-89.1P
					0.0	0.0	11.716	-89.1N
					0.0	0.0	10.938	-89.5Z

Sample Solutions of Fault Calculation from Reference (Anderson's)[a]