ปีการศึกษา 2537

การประยุกต์การจัดการพลังงานในสถานีไฟฟ้าย่อย

APPLICATION OF ENERGY MANAGEMENT IN SUBSTATION

โดย

นายคมกฤส แสงเดช

นายชวลิต กันค่า

วัน เดือน ปี 18 ม.ค. 2539

เลขทะเบียน 034794

เลขเรียกหนังสือ T37094 ก.4

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

ผศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2537

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์การจัดการพลังงานในสถานีไฟฟ้าย่อย

ผู้จัดทำ

1. นายคมกฤส แสงเดช
2. นายชาวลิต กันค่ำ

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์การจัดการพลังงานในสถานีไฟฟ้าย่อย

นายคมกฤส แสงเดช
นายชาลิต กันคำ
ผศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา
ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำแนวความคิดด้านการจัดการพลังงานในระดับสถานีไฟฟ้าย่อยและโครงข่ายสถานีไฟฟ้าย่อยโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการถ่ายโหลดในสถานีไฟฟ้าย่อยที่เกิดโอเวอร์โหลด (OVER LOAD)ขึ้น ไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยที่สามารถรับโหลดเพิ่มได้ ซึ่งได้ใช้แนวความคิดในการถ่ายโหลดของ HOPFIELD NEURAL NETWORK (HNN) มาร่วมในการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเซอร์กิตเบรคเกอร์(CIRCUIT BREAKER) ซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์ในการสวิทช์ชิ่ง(SWITCHING) ร่วมกับอุปกรณ์ รีโมทสวิทช์ (REMOTE SWITCH) โดยคอมพิวเตอร์จะสั่งงานเซอร์กิตเบรคเกอร์ ผ่านทางอุปกรณ์รีโมทสวิทช์ จากแนวความคิดในการจัดการพลังงานในระดับสถานีไฟฟ้าย่อยและโครงข่ายสถานีย่อยจึงได้ประยุกต์มาใช้กับข้อมูลจริงในสถานีไฟฟ้าย่อย และโครงข่ายสถานีย่อยในบางพื้นที่เพื่อช่วยในการลดโอเวอร์โหลดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION OF ENERGY MANAGEMENT IN SUBSTATION

Komkrit Sangdech
Chawalit Kankhamu
Asst.Prof.Monthon Leelajindakrairerk Advisor
Asst.Prof.Nithat Kritsanajinda Advisor
1994

ABSTRACT

The principle of this thesis is applied energy management in substation and substation network concept by using computer control the load tranfer switching . This application is based on the "HOPFIELD NEURAL NETWORK (HNN)" concept in computer programming . In this experiment uses circuit breaker which is used in . Switching controlled,cooperative with remote switch. Computer is sending data to remote switch that is controlling circuit breaker to switching . Objective of this thesis is to decreasing overload problem in substation .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญภาพ	III
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน	2
บทที่ 2 การสวิทช์ชิ่งในสถานีไฟฟ้าย่อย	3
2.1 หลักการของโฮพฟิลด์ โมเดล (Hopfield Model)	3
บทที่ 3 หลักการจ่ายโหลดร่วมกัน	7
3.1 การจ่ายโหลดร่วมกัน	7
3.2 รูปแบบของสมการในการพิจารณา	8
3.3 สรุปหลักการสำหรับการสวิทช์ชิ่ง	10
บทที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ในการประยุกต์การสวิทช์ชิ่ง	11
4.1 พื้นที่ที่นำข้อมูลในสถานีไฟฟ้าย่อย มาทำการสวิทช์ชิ่ง	11
4.2 ค่าเป้าหมาย	12
4.3 รูปแบบแผนผังการจัดสถานีไฟฟ้าย่อยในการสวิทช์ชิ่ง	14
บทที่ 5 ผลการรันโปรแกรม	15
5.1 ผังงานของโปรแกรม	15
5.2 ผลการรันโปรแกรม	17
5.2.1 ผลการรันข้อมูลแบบรูปภาพกรณีที่ 1	21
5.2.2 ผลการรันข้อมูลแบบรูปภาพกรณีที่ 2	25
5.2.3 ผลการรันข้อมูลแบบรูปภาพกรณีที่ 3	34
5.2.4 ผลการรันข้อมูลแบบตารางกรณีที่ 1	43
5.2.5 ผลการรันข้อมูลแบบตารางกรณีที่ 2	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

5.2.6 ผลการรันข้อมูลแบบตารางกรณีที่ 3 50

5.2.7 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 1 55

5.2.8 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 2 56

5.2.9 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 3 57

5.2.10 การออกจากโปรแกรม 58

บทที่ 6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสวิทช์ชิ่งในสถานีไฟฟ้าย่อย 59

6.1 การทำงานของรีโมทสวิทช์ 59

6.2 การนำรีโมทสวิทช์มาใช้งานในสถานีไฟฟ้าย่อย 60

บทที่ 7 ระบบป้องกันที่ใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อยและโครงข่าย 64

7.1 ระบบป้องกันสายส่ง 64

7.2 ระบบป้องกันหม้อแปลง 69

7.2.1 การเสียหายของหม้อแปลงจากสาเหตุภายใน 71

7.2.2 การเสียหายของหม้อแปลงจากสาเหตุภายนอก 72

7.2.3 การป้องกันเหตุผิดปกติในหม้อแปลงด้วยรีเลย์และอุปกรณ์ที่ติดตั้งในหม้อแปลง 73

7.2.4 การป้องกันเหตุผิดปกติในหม้อแปลงด้วยรีเลย์ภายนอกหม้อแปลง 75

7.3 ระบบป้องกันบัส 77

7.4 ระบบป้องกันเบรคเกอร์ชำรุด 83

7.5 ระบบป้องกันการกลับเข้าที่เดิมของหน้าสัมผัสของเบรคเกอร์ที่ปิดไม่สนิท 84

7.5 ระบบป้องกันการทริปอันเนื่องจากการแกว่งของกำลังไฟฟ้า 85

บทที่ 8 บทวิจารณ์และสรุป

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูป 5.22 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3 37

รูป 5.23 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 4 38

รูป 5.24 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 5 39

รูป 5.25 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 6 40

รูป 5.26 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 7 41

รูป 5.27 การเลือกแสดงผลเป็นตาราง 42

รูป 5.28 การเลือกแสดงผลเป็นกราฟ 54

รูป 5.29 การเลือกแสดงผลเป็นกราฟกรณีที่ 1 55

รูป 5.30 การเลือกแสดงผลเป็นกราฟกรณีที่ 2 56

รูป 5.31 การเลือกแสดงผลเป็นกราฟกรณีที่ 3 57

รูป 5.32 การออกจากโปรแกรม 58

รูป 6.1 รีโมทสวิทช์ 60

รูป 6.2 การเชื่อมต่อรีโมทสวิทช์ในระบบเครือข่าย 61

รูป 6.3 การใช้อุปกรณ์ต่างๆร่วมกับรีโมทสวิทช์ 63

รูป 7.1 ระบบป้องกันสายส่ง 70

รูป 7.2 (a) แสดงลักษณะการติดตั้ง Buchholz Relay 74
(b) แสดงลักษณะภายในของ Buchholz Relay

รูป 7.3 (a) Percentage Differential Relay 76
(b) Three Winding Transfermer Differential Relay

รูป 7.4 ระบบป้องกันหม้อแปลง 77

รูป 7.5 เปรียบเทียบการต่อ Linear Coupler กับ CT ธรรมดา 78

รูป 7.6 แสดงการจัดวาง Restraintunit และ Operation 79

รูป 7.7 แสดงการต่อ Hight Impedance Relay Unit Unit 79

รูป 7.8 Current-Differential Schrme With Overcurrent 80
Relay Partial-Differential Scheme

รูป 7.9 Partial-Differential Schrme 81

รูป 7.10 Directiunal-Comparision Relaying 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูป 7.11 Fault-Bus Method 82

รูป 7.12 ระบบป้องกันบัส 82

รูป 7.13 วงจรของ Pole Disagreement 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 5.1 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 1 43
ตาราง 5.2 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1 43
ตาราง 5.3 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2 44
ตาราง 5.4 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3 44
ตาราง 5.5 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 2 45
ตาราง 5.6 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1 45
ตาราง 5.7 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2 46
ตาราง 5.8 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3 46
ตาราง 5.9 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 4 47
ตาราง 5.10 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 5 47
ตาราง 5.11 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 6 48
ตาราง 5.12 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 7 48
ตาราง 5.13 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 8 49
ตาราง 5.14 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 3 50
ตาราง 5.15 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1 50
ตาราง 5.16 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2 51
ตาราง 5.17 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3 51
ตาราง 5.18 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 4 52
ตาราง 5.19 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 5 52
ตาราง 5.20 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 6 53
ตาราง 5.21 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 7 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 1

บทนำ

การนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมในระดับสถานีไฟฟ้าย่อย และโครงข่ายนี้ได้มีการใช้งานในต่างประเทศหลายปีแล้ว และเป็นที่ยอมรับในด้านเสถียรภาพ แต่ในประเทศไทยการใช้คอมพิวเตอร์ยังใช้อยู่น้อย และใช้ในการส่งค่าความต้องการ การใช้พลังงานไฟฟ้าไปยังหน่วยควบคุมส่วนกลาง (SCADA) เพื่อที่จะทราบข้อมูลในการผลิตกระแสไฟฟ้า ให้เพียงแก่ความต้องการ แต่ยังไม่ได้มีการใช้คอมพิวเตอร์มาควบคุมในการถ่ายโหลดระหว่าง สถานีไฟฟ้าย่อย และโครงข่ายสถานีไฟฟ้าย่อย ที่เกิดโอเวอร์โหลดขึ้น

ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้นำแนวความคิดที่จะใช้คอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมการสวิทช์ชิ่งในการถ่ายโหลดระหว่างสถานีไฟฟ้าย่อยและโครงข่ายสถานีไฟฟ้าย่อย มาประยุกต์ใช้กับสถานีไฟฟ้าย่อยและโครงข่ายสถานีไฟฟ้าย่อยจริง ๆ เมื่อเกิดโอเวอร์โหลดขึ้นเนื่องจากการเกิดฟอลต์ (FAULT) ในสายป้อน หรือ หม้อแปลงบางตัว เพื่อลดโอเวอร์โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน

1. เสนอแนวความคิดที่จะใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อการควบคุมการถ่ายโหลดโดยใช้แนวความคิดของโฮพฟิลด์ โมเดล

2. เสนอแนวความคิดในการใช้อุปกรณ์รีโมทสวิทช์ มาใช้เป็นอุปกรณ์ในการสวิทช์ชิ่งร่วมกับเซอร์กิตเบรคเกอร์

3. เขียนโปรแกรมเพื่อทำการสวิทช์ชิ่งถ่ายโอนโหลด ตามแนวความคิดที่กล่าวมาเพื่อควบคุมการถ่ายโหลดในสถานีไฟฟ้าย่อย

4. นำข้อมูลจริงในสถานีไฟฟ้าย่อยในบางเขตพื้นที่ มาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมที่ใช้ในการสวิทช์ชิ่ง เพื่อถ่ายโอนโหลดในสถานีไฟฟ้าย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การสวิทช์ชิ่งในสถานีไฟฟ้าย่อย

การสวิทช์ชิ่งในสถานีไฟฟ้าย่อย ในโครงงานนี้ใช้แนวความคิดแบบ Hopfild Neural Network เพราะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

2.1 หลักการของโฮพฟิลด์ โมเดล

การที่จะแก้ปัญหาการเกิดฟอลต์ ที่เกิดขึ้นสำหรับสถานีไฟฟ้าย่อย ที่มีขนาด 66 KVขึ้นไป จะต้องมีสายป้อน ที่เชื่อมโยงถึงกันโดยมีเซอร์กิตเบรคเกอร์เป็นตัว เปิด-ปิด จึงจะทำให้ความน่าเชื่อถือสูงขึ้นได้

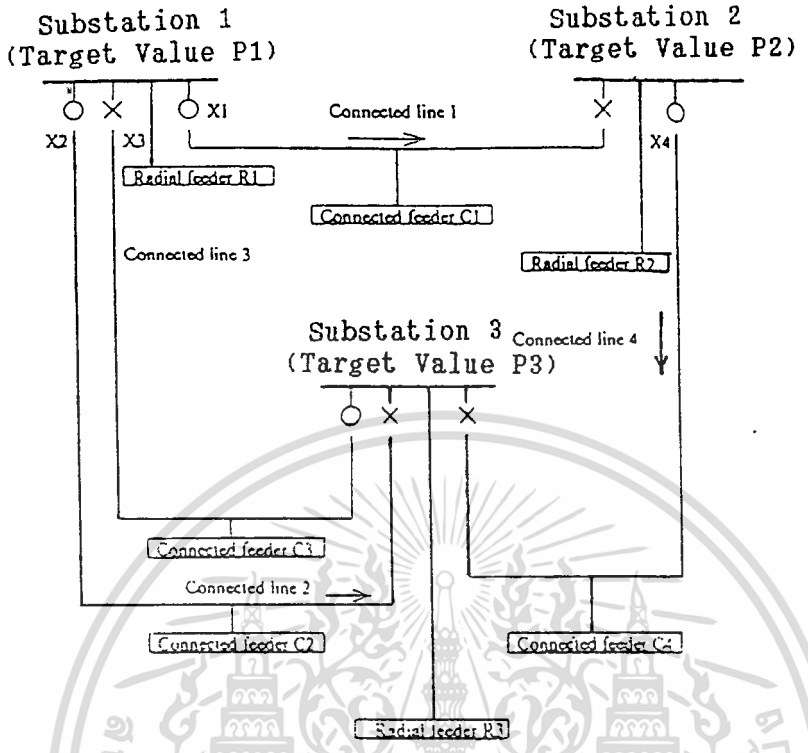
ดังนั้น การคำนวณในปัจจุบัน จึงมีการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มาร่วมกับวิธีโฮพฟิลด์ โมเดลเพื่อการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบสายส่ง ขึ้นเราควรจะรักษาความน่าเชื่อถือของระบบโดยอาศัยสายป้อนคอนเนคติ้ง (Connecting feeder) จากสถานีไฟฟ้าย่อยอื่น นำมาทำการสวิทช์ชิ่ง โดยใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ ซึ่งการตัดสินใจการปฏิบัติการ (operate) จะตัวแปร ที่ต้องพิจารณาอยู่ 2 ตัว
คือ

1. ค่าความผิดพลาด (Error) ควรจะมีค่าต่ำสุด

ค่าความผิดพลาด คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้(Target Value) และค่าของโหลดที่เกิดขึ้นจริง (Actual load)

2. ค่าของโหลดที่เกิดขึ้นจริง จะต้องมีค่าไม่เกินค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.1 แสดงโหลดและสถานะของเซอร์กิตเบรคเกอร์

จากรูป 2.1 สายส่งไฟฟ้า จะประกอบด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ ที่มีสถานะ 0 และ 1 โดยให้ สถานะ 0 แทน เซอร์กิตเบรคเกอร์เปิด

สถานะ 1 แทน เซอร์กิตเบรคเกอร์ปิด

และมี เรเดียล ฟิดเดอร์ (Redial feeder) R ซึ่งได้รับพลังงานจากสถานีไฟฟ้าย่อย i และให้ค่า G_i เป็นค่าความผิดพลาดของสมการ

จะได้สมการ

$$\begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C_1 + C_2 + C_3 \\ C_4 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & 0 \\ -C_1 & 0 & 0 & C_4 \\ 0 & -C_2 & -C_3 & -C_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่จะอธิบายรูปแบบนี้ คือ

$$G_i = P_i - R_i - S_i + \sum_{j=1}^{4} A_{j,i} X_i \quad (i=1,2,3)$$

เมื่อ i = จำนวนสถานีไฟฟ้าย่อย (i=1-3)

j = จำนวนสายป้อนคอนเนคเตด (j=1-4)

Z_j = ค่าการเปลี่ยนแปลงการสวิทช์ชิ่ง สายป้อน j (0 หรือ 1)

P_i = ค่าเป้าหมายของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ i (Mw)

R_i = โหลดประจำ(Radial Feeder Load)ของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ i (Mw)

S_i = พลังงานที่จ่ายสำหรับคอนเนคเตด ฟิดเดอร์ ที่สถานีไฟฟ้าย่อยที่ i (Mw)

C_i = โหลดของคอนเนคเตด ฟิดเดอร์

$A_{i,j}$ = พลังงานที่จ่ายสำหรับคอนเนคเตด ฟิดเดอร์ j โดยได้รับจากสถานีไฟฟ้าย่อยที่ i

ค่าของ C_j จะเป็นลบสำหรับสถานีไฟฟ้าย่อย ที่มีขนาดใหญ่

จะเป็นบวกสำหรบสถานีไฟฟ้าย่อย ที่มีขนาดเล็ก

จึงจะสอดคล้องกับสมการ

$A_{i,j}$ จะถูกกำหนดโดยค่า S_i ซึ่งเป็นค่าสภาวะของเซอร์กิตเบรคเกอร์จะขึ้นจะขึ้นกับสภาวะพลังงานไฟฟ้าของแต่ละสถานีไฟฟ้าย่อย ขณะนั้นว่ามีความพร้อมมากน้อยเพียงใด

จุดประสงค์สำคัญของ HNN คือ การจัดโหลดไม่ให้เกินค่าเป้าหมาย ของแต่ละสถานีไฟฟ้าย่อย จนเกินจุดที่ยอมรับได้

หลังจากที่ค่า G_i ได้คำนวณออกมาโดยค่า X_j ถ้าค่าโหลดในสถานีไฟฟ้าย่อยใดมีค่าเกินค่าเป้าหมาย (G_j<0) จะทำให้สถานีไฟฟ้าย่อย อื่นที่เชื่อมโยงกันด้วยคอนเนคติ้ง ฟิดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำการตรวจสอบค่าในสถานีไฟฟ้าย่อย ของตนว่ามีค่าระหว่างค่าเป้าหมาย และ ค่าโหลดที่เกิดขึ้นจริง เป็นบวกหรือไม่ ถ้าเป็นบวกก็จะทำการปรับค่า X_j โดยค่า X_jใหม่จะได้จาก 1- ค่า X_jเก่า) และเลือกค่า X_j ขึ้นมา 1 ตัว ดังนั้นค่า X_j (ใหม่) จะต่างจากค่า X_j เก่า อยู่ 1 - $2X_j$ เมื่อค่าที่ได้เหมาะสม และ การควบคุมจะปรับปรุงตามขนาดของปัญหาที่เกิดขึ้น

โดย

$$G_i = P_i - R_i - S_i + \sum_{j=1}^{n} A_{i,j}X_j$$

n = คอนเนคเตด ฟิดเดอร์

การสวิทช์ซึ่งจะมีการถ่ายโหลด ที่สถานีไฟฟ้าย่อยอื่นที่มีคอนเนคเตด ฟิดเดอร์ เชื่อมโยงถึงกัน และเลือกสวิทช์ซึ่งสถานีไฟฟ้าย่อยที่เหมาะสมโดยที่จะถ่ายโหลดจะต้องสามารถรับโหลดได้ โดยไม่เกินค่าความสามารถรับโหลดได้สูงสุด (Practical Maximum Value) ของสถานีไฟฟ้าย่อยนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

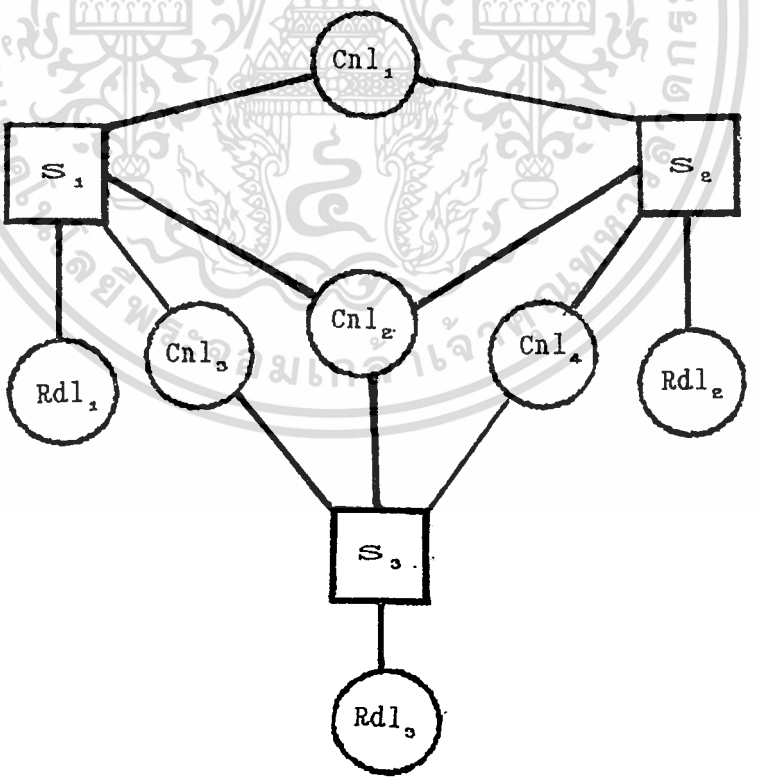
หลักการจ่ายโหลดร่วมกัน

3.1 การจ่ายโหลดร่วมกัน

โหลดในสถานีไฟฟ้าย่อยที่จะพิจารณา จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. เรเดียล โหลด คือ โหลดที่สถานีไฟฟ้าย่อยจ่ายประจำ ซึ่งจะไม่มีการถ่ายโอนหรือย้ายไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยอื่น ๆ

2. คอนเนคเตด โหลด คือ โหลดที่สถานีไฟฟ้าย่อยสามารถที่จะจ่าย หรือ ไม่จ่ายก็ได้ ซึ่งจะมีการถ่ายโหลดส่วนนี้ ไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยอื่น ๆ ได้ เพื่อให้เกิดภาวะที่เหมาะสมของการจ่ายโหลดของระบบ



รูป 3.1 การจ่ายโหลดร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.1 จะเห็นว่า แต่ละสถานีไฟฟ้าย่อย จะประกอบด้วย สายป้อนจำนวน 3 สายป้อน และมีเรเดียล โหลด แยกจากกัน การจ่ายโหลดร่วมกันนั้นเป็นลักษณะที่จะช่วยกัน คอนเน็คเตด โหลด ในแต่ละ คอนเนคเตด โหลด จะมีสายป้อนอย่างน้อย 2 สายป้อน ในตัวอย่างจะเห็นว่า คอนเนคเตด โหลด หมายเลข 2 นั้น มีสายป้อนที่สามารถจ่ายไฟให้ถึง 3 สายป้อนด้วยกัน การที่มีสายป้อนเชื่อมต่อมากย่อมแสดงถึงความสำคัญของโหลด คือ โหลดจะมีแหล่งจ่ายไฟได้หลายแหล่ง กรณีที่ ไฟจากสถานีไฟฟ้าย่อย หรือจากสายป้อนเกิดการผิดปกติ ไม่สามารถจ่ายไฟให้ได้ โหลด ที่มีสายป้อนเชื่อมต่อมาก ย่อมมีโอกาสที่จะได้รับการจ่ายจากสถานีไฟฟ้าย่อยอื่น ๆ มากกว่า

ในส่วนที่จะทำการพิจารณานี้ จะทำการสวิทช์ชิ่ง ให้กับสถานีไฟฟ้าย่อย ที่ทำการจ่ายโหลดมากกว่าค่าที่ตั้งหมายไว้ เช่น ในกรณีที่ซ่อมหม้อแปลง ต้องทำการดับจ่าย ในส่วนของหม้อแปลง ซึ่งทำให้ค่าเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้ จะมีค่าลดลง แต่โหลดก็ยังมีค่าอยู่เท่าเดิม ถ้าในสภาวะปกติ ค่าเป้าหมายมีค่ามากกว่า ค่าโหลดที่จ่ายอยู่เล็กน้อย หลังจากดับหม้อแปลงแล้ว จะทำให้ค่าเป้าหมายน้อยกว่าค่าโหลดที่จ่าย จึงต้องทำการโอนถ่ายโหลดในส่วน คอนเนค โหลดไปให้กับสถานีไฟฟ้าย่อยอื่น เพื่อที่จะไม่ให้สถานีไฟฟ้าย่อยนี้ต้องทำงานหนักเกินไป

3.2 รูปแบบของสมการในการพิจารณา

การทำให้ค่าโหลดที่จ่ายจริงมีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย เป็นวิธีที่จะทำให้เกิดการลดการจ่ายโหลดเกินพิกัด และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายโหลดอีกด้วย
ตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาประกอบด้วย

1. Target Value	Tgt : ค่าเป้าหมายของโหลดที่จะทำการจ่าย
2. Radial Load	Rdl : ค่าโหลดที่จ่ายต่อเนื่องตลอด
3. Connected Load	Cnl : ค่าโหลดที่ถ่ายโอนได้
4. Status of Connected Load	Stt : ภาวะแสดงการจ่าย,ไม่จ่าย (0,1)
5. Actual Load	Acl : ค่าโหลดทั้งหมดที่จ่ายในขณะพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Error Err : ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเป้าหมาย และ ค่าโหลดที่เกิดขึ้นจริง

$$Err_i = Tgt_i - Acl_i$$

แต่ค่า $Acl_i = Rdl_i + Cnl_i * Stt_i$

ดังนั้น $$Err_i = Tgt_i - Rdl_i - Cnl_i * Stt_i$$

ในกรณีที่มีหลายสายป้อนจะได้สมการ

$$Err_i = Tgt_i - Rdl_i - \sum_{i=1}^{n} Cnl_{ij} * Stt_i$$

i= Substation Number

j= Connected Feeder Number (j=1,2,...,n)

ค่า Err จะออกมาทั้งค่าบวก และ ลบ การจะหาค่าต่ำสุดของค่า Err รวมทั้งหมดได้คือ

$$\text{Sum of Err} = \sum_{j=1}^{m} \left| Err_i \right|$$

ค่าความสามารถของสถานีไฟฟ้าย่อยในการรับค่าคอนเนคเตด โหลด เรียกว่าค่ารีซีฟเวเบิ้ล (Receivable value (Rcv)

$$Rcv_i = Tgt_i - Rdl_i$$

i= Substation Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สรุปหลักการสำหรับการสวิทช์ชิ่ง

1 พยายามทำให้ค่า Err มีค่ามากกว่า ศูนย์ หรือ ค่า Tgt > Acl เพื่อป้องกันไม่ให้สถานีไฟฟ้าย่อยจ่ายโหลดเกินพิกัดเป้าหมายของมันเอง ทำได้โดยการตรวจว่า ในสถานีไฟฟ้าย่อยนั้นมีค่าผลต่างของเป้าหมายกับค่าที่แท้จริงมีค่าเป็นบวก Err = Tgt - Acl ถ้าค่า Err ที่สถานีไฟฟ้าย่อยใดมีค่าน้อยกว่า 0 เราต้องทำการเลือกหา สถานีไฟฟ้าย่อยอื่นที่มีค่าผลต่างของ Tgt กับ Acl ที่เป็นบวก มาช่วยรับคอนเนคเตด โหลด ที่ต่อร่วมอยู่

2. ควรให้สถานีไฟฟ้าย่อยที่มีค่า Err มีค่าลบมาก ๆ ได้สิทธิในการสวิทช์ก่อนเพราะว่ายิ่งค่า Err มีค่าลบมากเท่าใดย่อมแสดงว่าสถานีไฟฟ้าย่อยนั้นจ่ายโหลดอยู่เกินมากเท่านั้น

3. นอกจากนี้ควรที่จะ ตรวจสภาวะของสถานีไฟฟ้าย่อยก่อนที่จะหาสถานีไฟฟ้าย่อยมาช่วยรับโหลด คือ ในสถานีไฟฟ้าย่อยนั้นต้องมี คอนเนคเตด โหลด ต่ออยู่ หรือมีค่า Stt เป็น 1 อยู่ด้วย คือ เปิด อยู่ ถ้าในกรณีที่ไม่มี คอนเนคเตด โหลดใดเปิด อยู่เลย ก็จะไม่สามารถทำการถ่ายโหลดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ข้อมูลที่ใช้ในการประยุกต์การสวิทช์ชิ่ง

4.1 พื้นที่ที่นำข้อมูลในสถานีไฟฟ้าย่อยมาทำการสวิทช์ชิ่ง

ประกอบด้วย

1.สถานีไฟฟ้าย่อยสุพรรณบุรี [SUPHAN BURI (SP)]

2.สถานีไฟฟ้าย่อยอ่างทอง-2 [ANGTHONG-2 (AT-2)]

3.สถานีไฟฟ้าย่อยอยุธยา-1 [AYUTTHAYA-1 (AY-1)]

4.สถานีไฟฟ้าย่อยบางปะอิน-1 [BANG PA-IN 1 (BI-1)]

5.สถานีไฟฟ้าย่อยสิงห์บุรี [SING BURI (SI)]

6.สถานีไฟฟ้าย่อยลพบุรี-1 [LOP BURI 1 (LB-1)]

7.สถานีไฟฟ้าย่อยลพบุรี-2 [LOP BURI 2 (LB-2)]

8.สถานีไฟฟ้าย่อยรังสิต [RANG SIT (RS)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ค่าเป้าหมาย (Target Value , Tgt)

ค่าเป้าหมาย (Target Value) หาได้จาก 120 เปอร์เซ็นต์ของค่าพิกัดหม้อแปลงทั้งหมดในสถานีไฟฟ้าย่อย * power factor

1.สถานีไฟฟ้าย่อยสุพรรณบุรี [SUPHAN BURI (SP)]

ประกอบด้วยหม้อแปลง 2 ตัว

คือ KT1A 25 MVA

KT2A 25 MVA

ค่าเป้าหมาย = 1.2*(25+25)*0.95

Tgt = 57

2.สถานีไฟฟ้าย่อยอ่างทอง-2 [ANGTHONG-2 (AT-2)]

ประกอบด้วยหม้อแปลง 4 ตัว

คือ KT1A 200 MVA

KT2A 15 MVA

KT3A 200 MVA

KT4A 25 MVA

ค่าเป้าหมาย = 1.2*(200+15+200+15)*0.95

Tgt = 502 (501.6)

3.สถานีไฟฟ้าย่อยอยุธยา-1 [AYUTTHAYA-1 (AY-1)]

ประกอบด้วยหม้อแปลง 2 ตัว

คือ KT1A 50 MVA

KT2A 50 MVA

ค่าเป้าหมาย = 1.2*(50+50)*0.95

Tgt = 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.สถานีไฟฟ้าย่อยบางปะอิน-1 [BANG PA-IN 1 (BI-1)]

ประกอบด้วยหม้อแปลง 2 ตัว

คือ KT1A 50 MVA

KT2A 50 MVA

ค่าเป้าหมาย = 1.2*(50+50)*0.95

Tgt = 114

5.สถานีไฟฟ้าย่อยสิงห์บุรี [SING BURI (SI)]

ประกอบด้วยหม้อแปลง 2 ตัว

คือ KT2A 25 MVA

KT3A 25 MVA

ค่าเป้าหมาย = 1.2*(25+25)*0.95

Tgt = 57

6.สถานีไฟฟ้าย่อยลพบุรี-1 [LOP BURI 1 (LB-1)]

ประกอบด้วยหม้อแปลง 1 ตัว

คือ KT1A 25 MVA

ค่าเป้าหมาย = 1.2*(25)*0.95

Tgt = 29 (28.5)

7.สถานีไฟฟ้าย่อยลพบุรี-2 [LOP BURI 2 (LB-2)]

ประกอบด้วยหม้อแปลง 1 ตัว

คือ KT1A 25 MVA

ค่าเป้าหมาย = 1.2*(25)*0.95

Tgt = 29 (28.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.สถานีไฟฟ้าย่อยรังสิต [RANG SIT (RS)]

ประกอบด้วยหม้อแปลง 5 ตัว

คือ KT1A 120 MVA

KT2A 120 MVA

KT3A 120 MVA

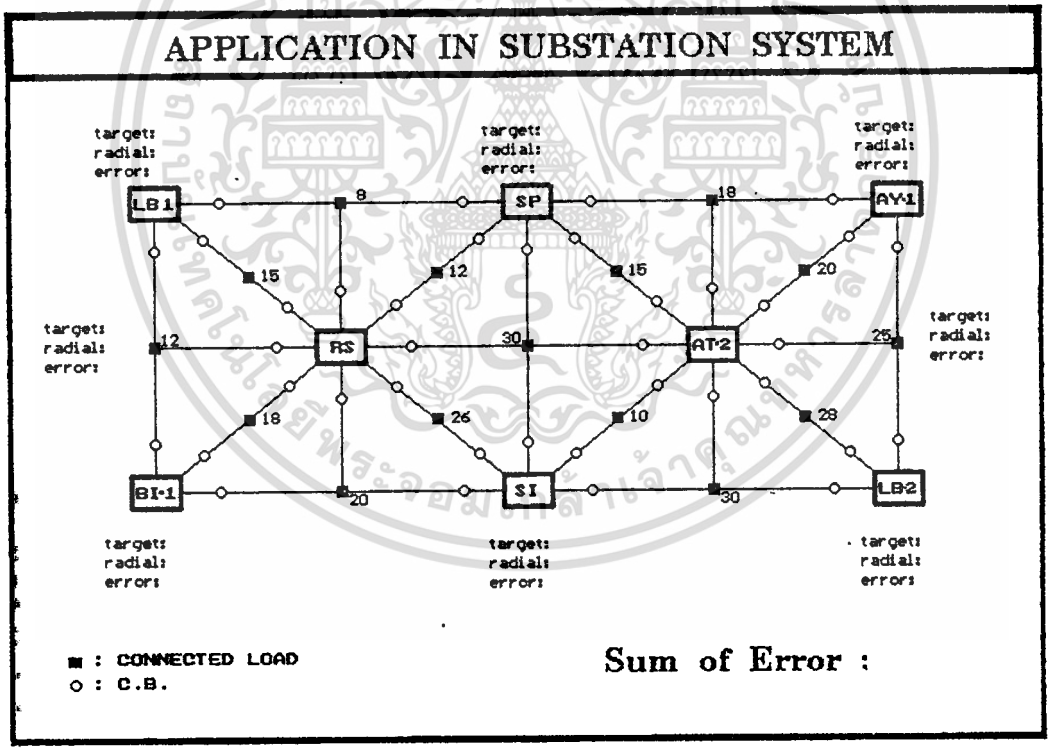
KT4A 120 MVA

KT6A 60 MVA

ค่าเป้าหมาย = 1.2*(120+120+120+120+60)*0.95

Tgt = 616 (615.6)

4.3 รูปแบบแผนผังการจัดสถานีไฟฟ้าย่อยในการสวิทช์ชิ่ง



รูป 4.1 การจัดสถานีไฟฟ้าย่อยในการสวิทช์ชิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผังงานและผลการรันโปรแกรม

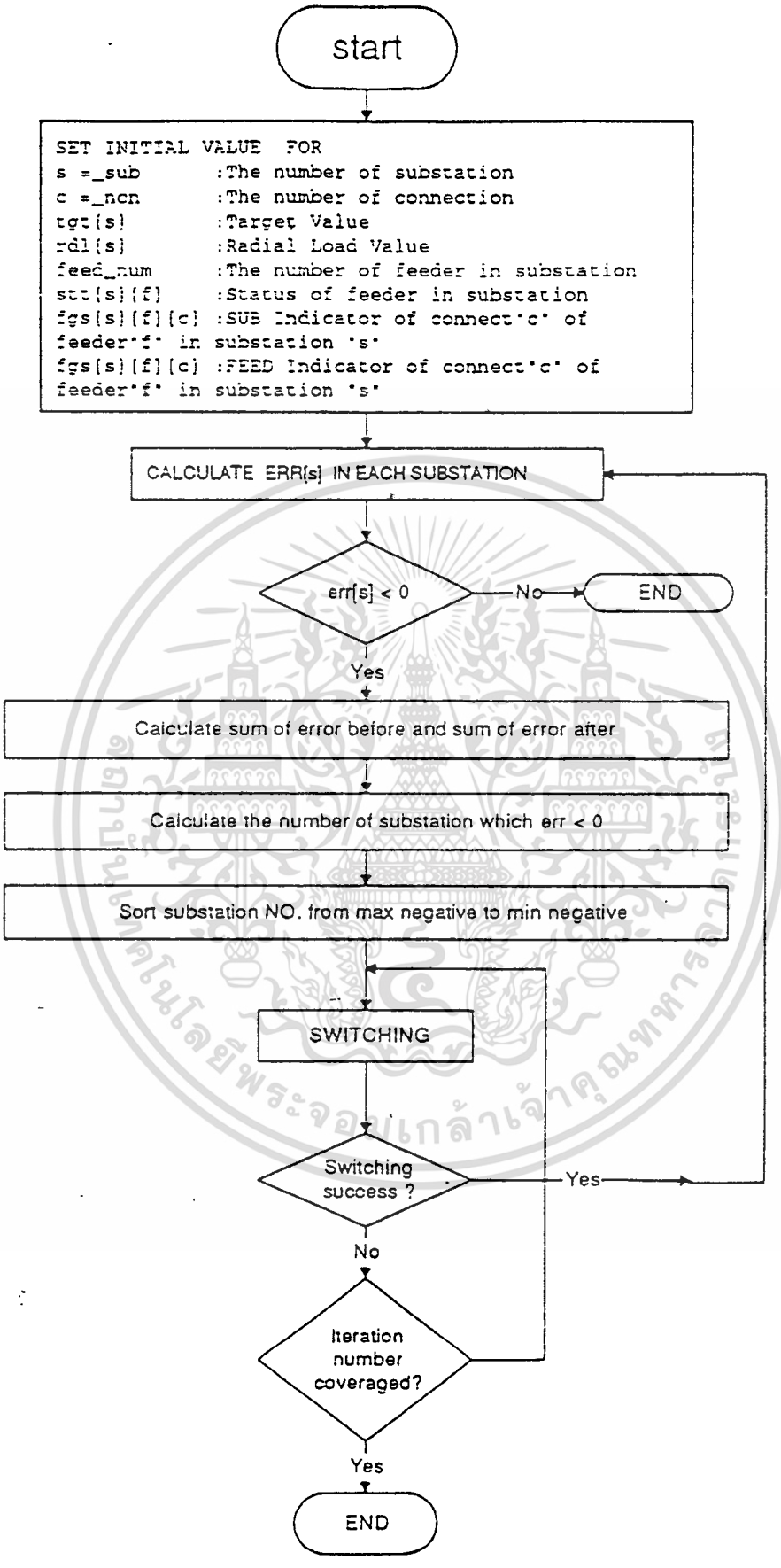
5.1 ผังงานของโปรแกรม

ผังงานของโปรแกรม ประกอบด้วย

1. กำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับตัวแปรต่าง
2. คำนวณค่าความผิดพลาด Err[s] ในแต่ละสถานีไฟฟ้าย่อย
3. เปรียบเทียบค่าความผิดพลาด Err[s]ว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 0
4. คำนวณค่าผลรวมค่าความผิดพลาดก่อนและหลังการสวิทช์ชิ่ง
5. คำนวณหาจำนวนสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีค่าน้อยกว่า 0
6. เรียงลำดับสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีความผิดพลาดจากสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีค่าความผิดพลาดเป็นลบมาก ไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีค่าความผิดพลาดเป็นลบน้อยกว่า
7. ทำการสวิทช์ชิ่ง

ผังงานของโปรแกรมแสดงได้ดังรูป 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



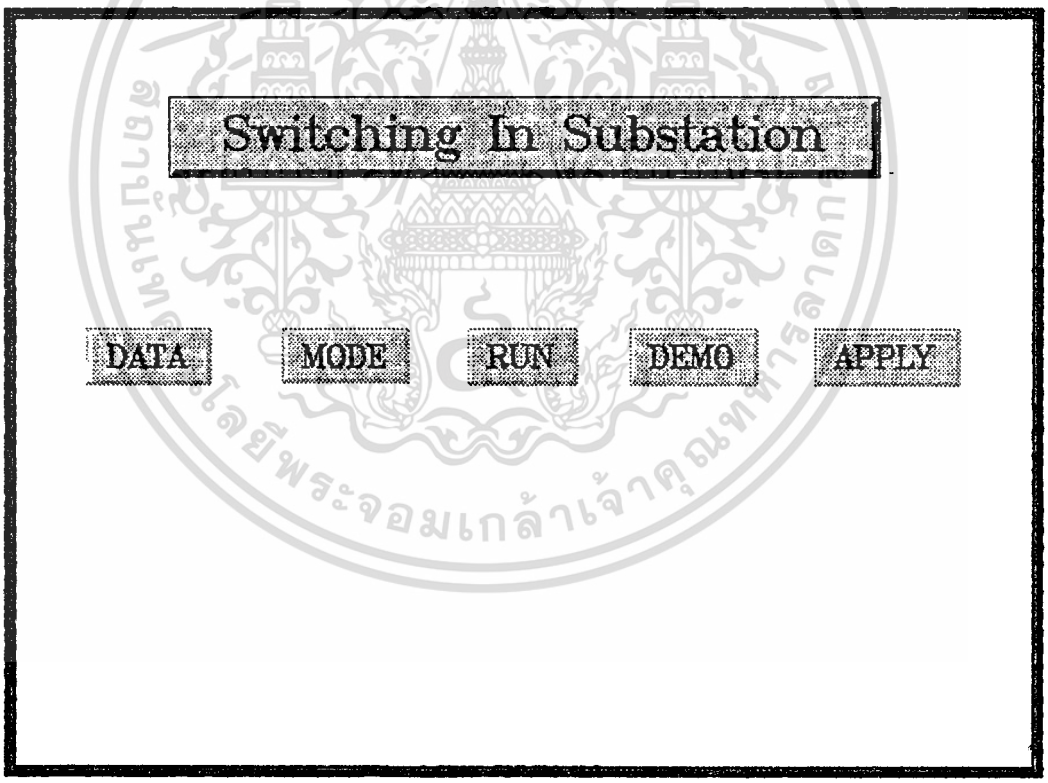
รูป 5.1 ผังงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการรันโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะได้ดังรูป 5.2 ซึ่งประกอบไปด้วยเมนูต่าง ๆ คือ

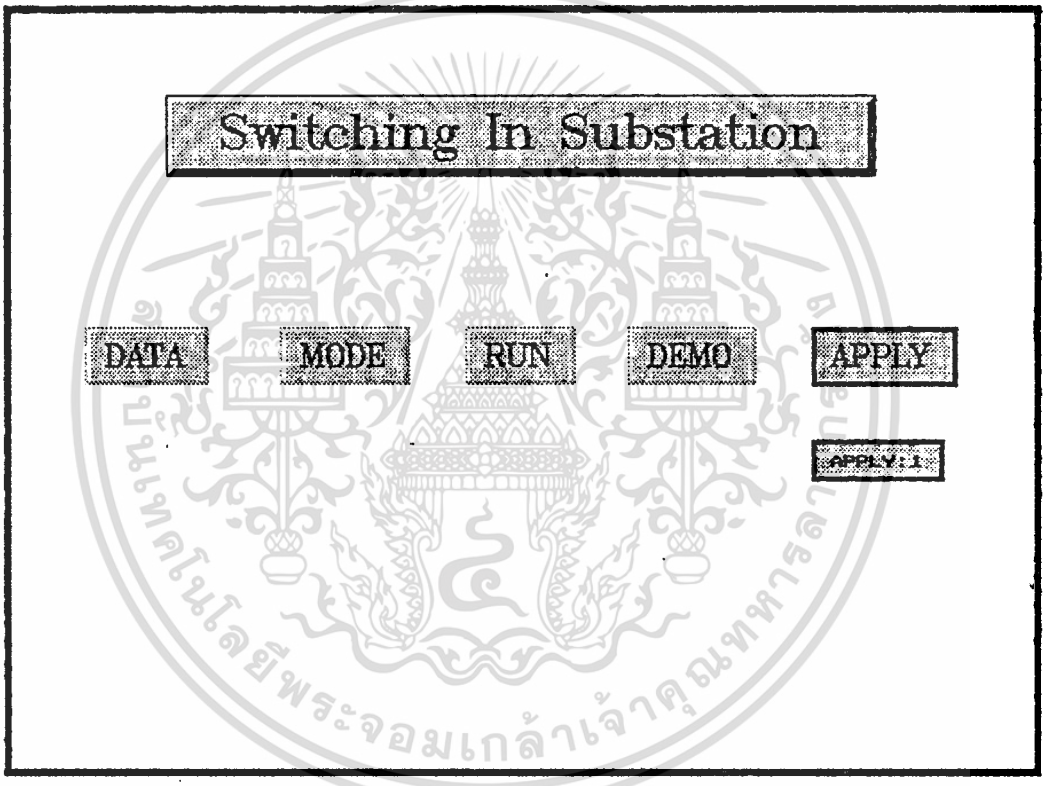
1. เมนู DATA
2. เมนู MODE
3. เมนู RUN
4. เมนู DEMO
5. เมนู APPLY



รูป 5.2 ส่วนประกอบต่าง ๆ เมื่อเข้าสู่โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเข้าสู่เมนู APPLY จะได้เมนูย่อย คือ เมนู APPLY:1 ดังรูป 5.3



รูป 5.3 เมนู APPLY และเมนูย่อย APPLY:1

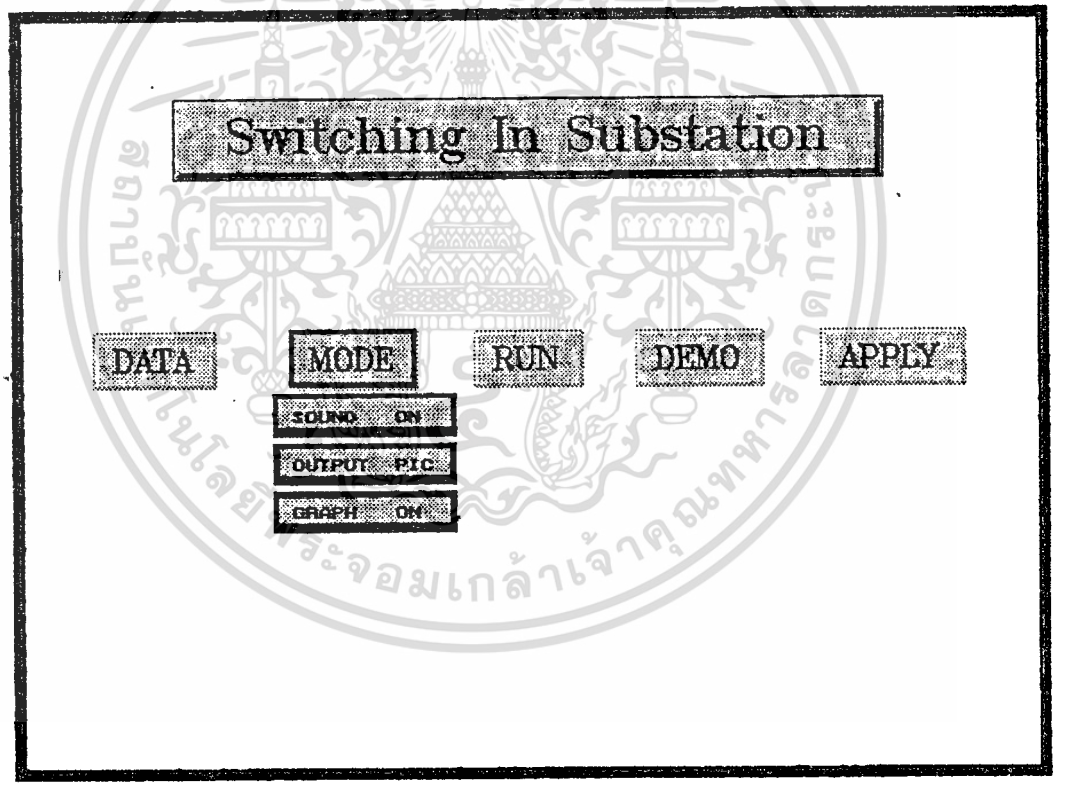
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ก่อนเข้าสู่เมนู APPLY ต้องเข้าสู่เมนู MODE เพื่อเลือกโหมดการทำงาน ซึ่งประกอบเมนูย่อย

คือ

1. เมนูย่อย SOUND
2. เมนูย่อย OUTPUT
3. เมนูย่อย GRAPH

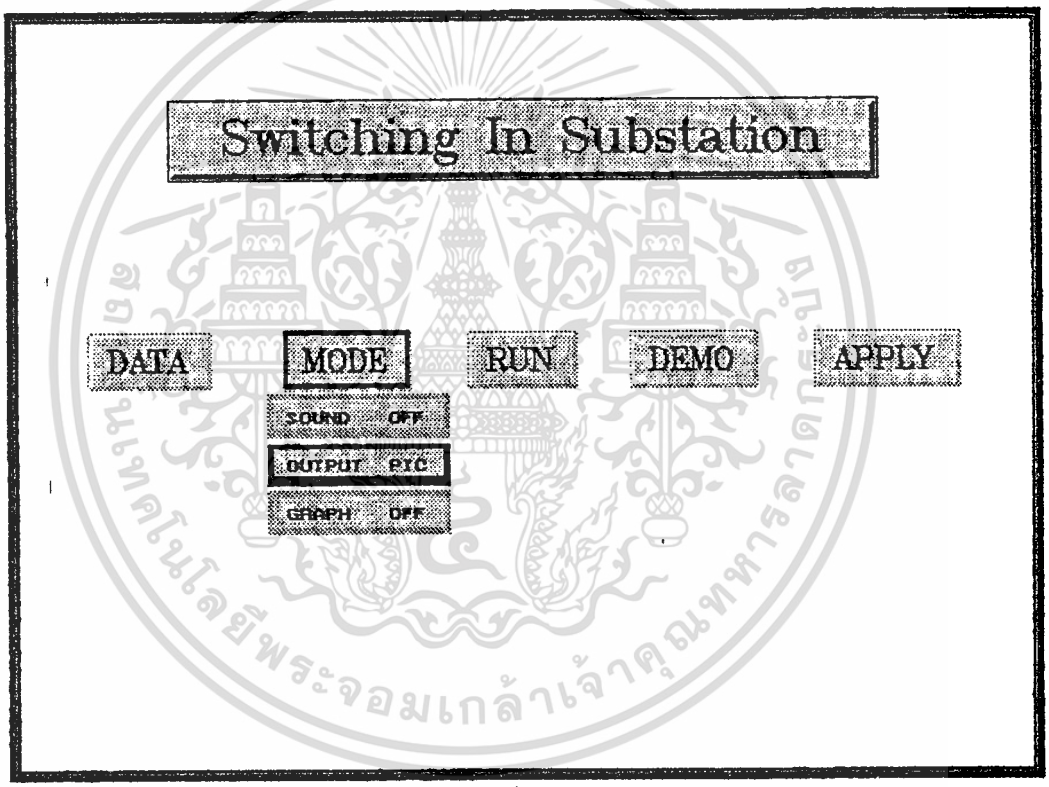
ดังรูป 5.4



รูป 5.4 เมนู MODE และเมนูย่อย SOUND,OUTPUT,GRAPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ใช้ในการสวิทช์ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลจริง คือ ค่าเป้าหมาย และข้อมูลจากการเลียนแบบ (Simulate) เพราะข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา คือ ค่าโหลดที่เกิดขึ้นจริง ในการ APPLY จะมีการเลียนแบบข้อมูลขึ้น 3 กรณี
เมื่อเลือกเมนูย่อย OUTPUT PIC ในเมนู MODE จะแสดงผลเป็นรูปภาพ ดังรูป 5.5

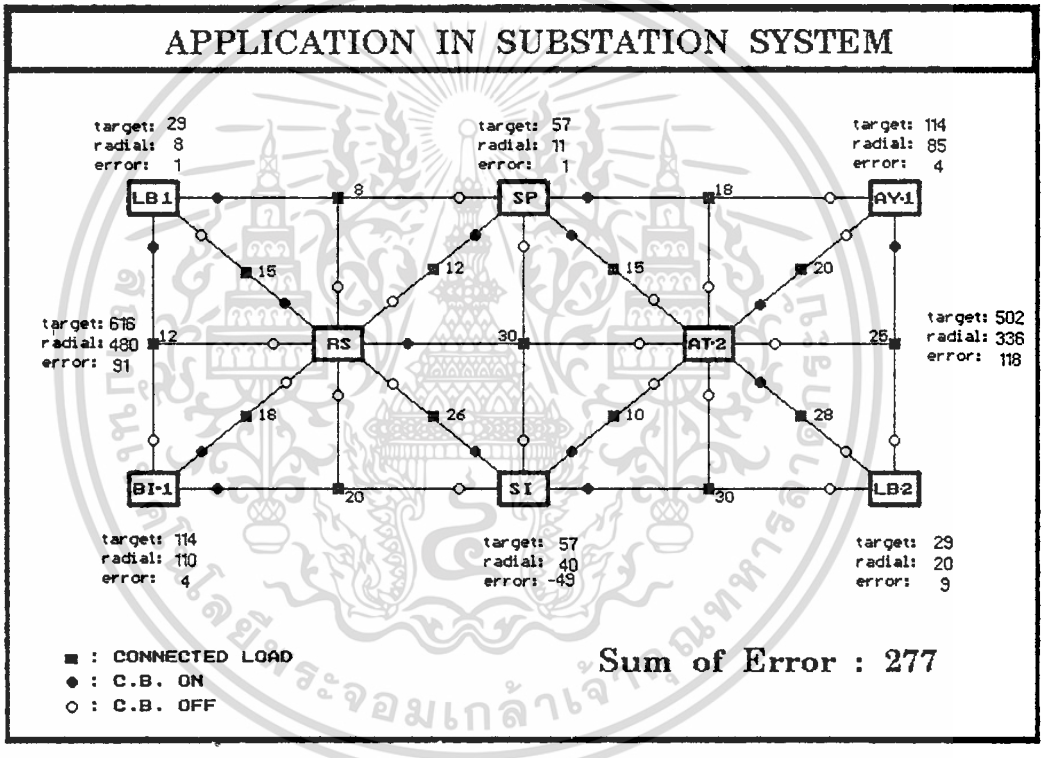


รูป 5.5 การเลือกแสดงผลเป็นรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

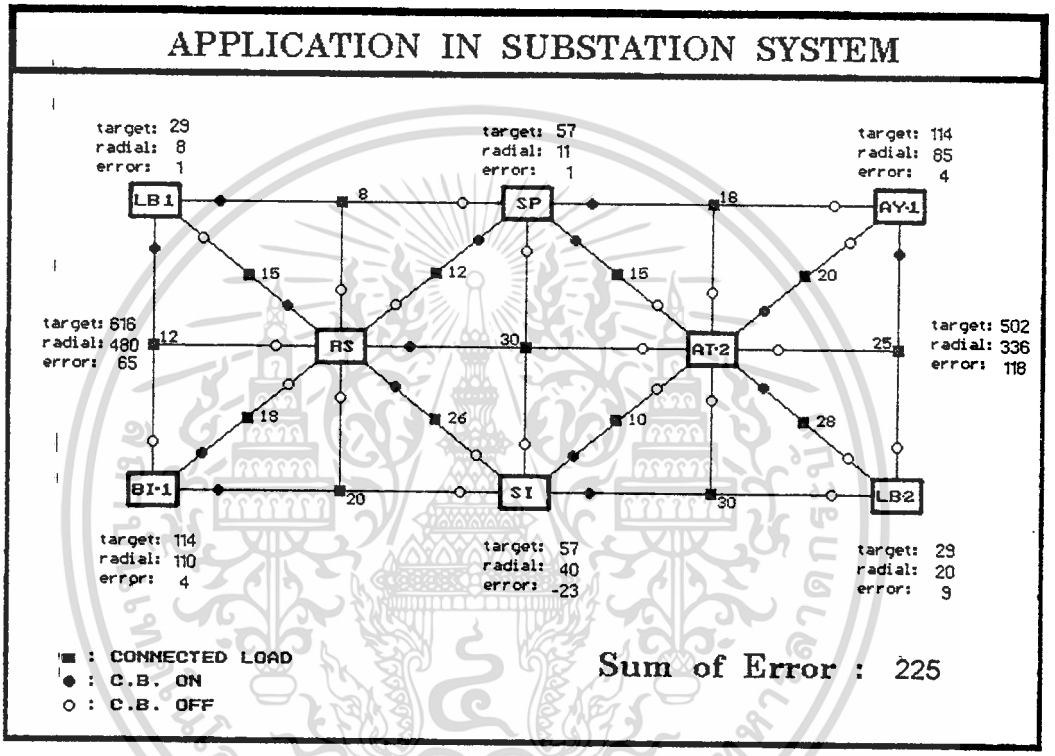
5.2.1 ผลการรันข้อมูลแบบรูปภาพกรณีที่ 1

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 1 แสดงได้ดังรูป 5.6 - 5.9



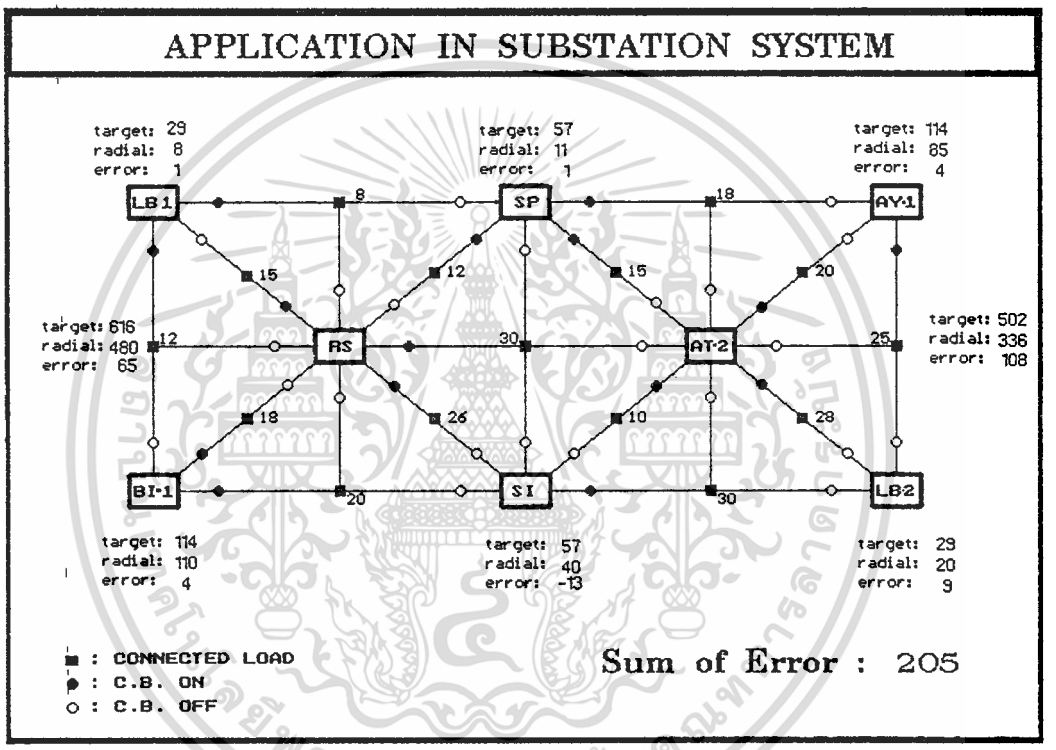
รูป 5.6 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



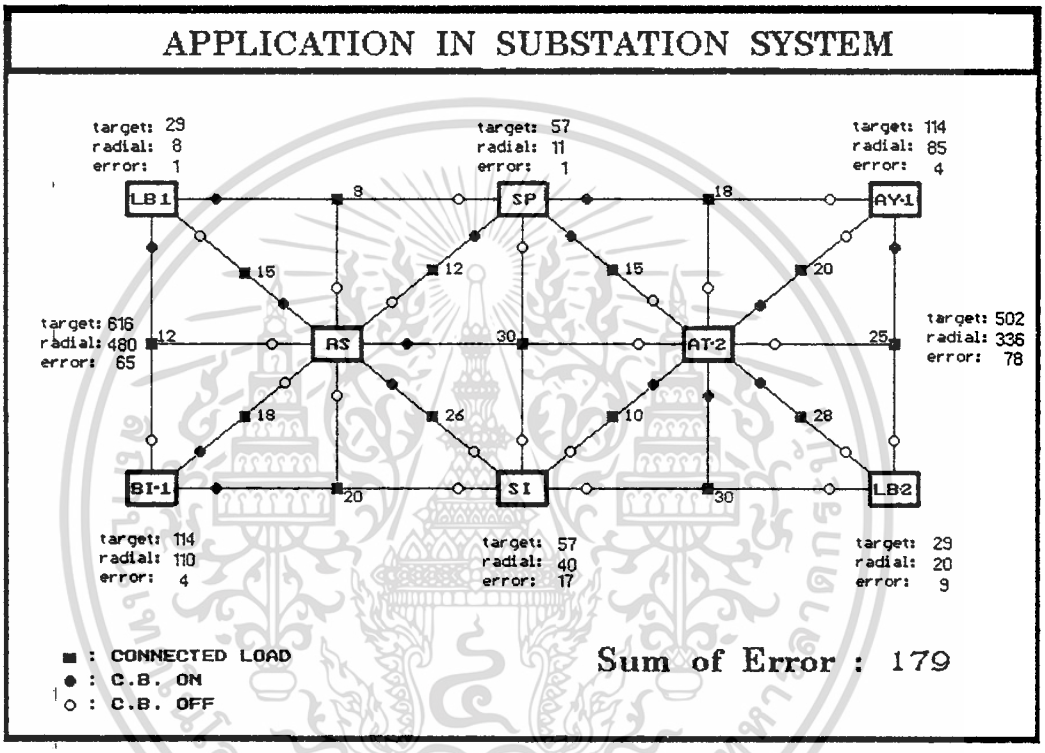
รูป 5.7 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.8 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

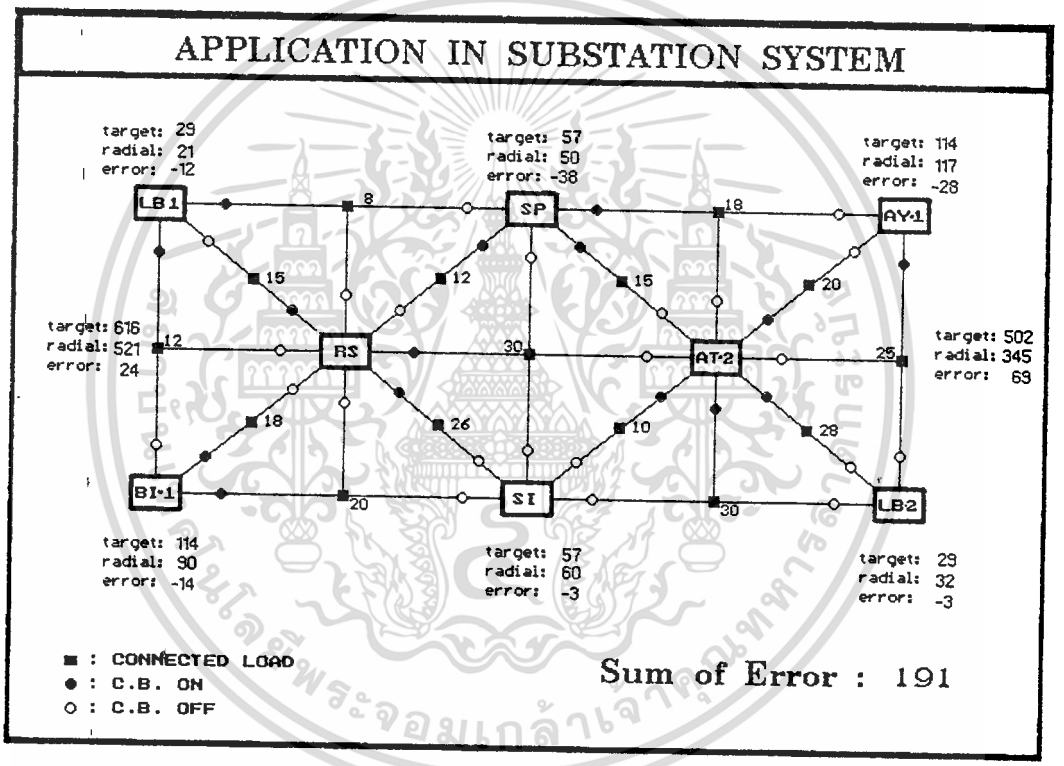


รูป 5.9 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

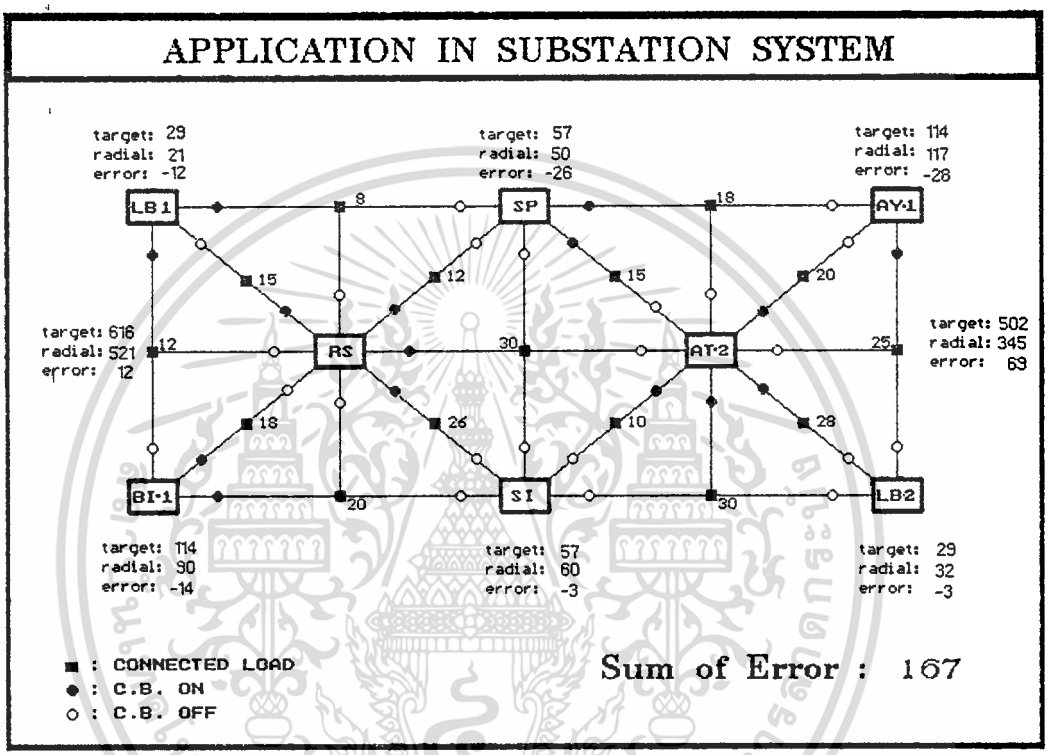
5.2.2 ผลการรันข้อมูลแบบรูปภาพกรณีที่ 2

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 2 แสดงได้ดังรูป 5.10 - 5.18



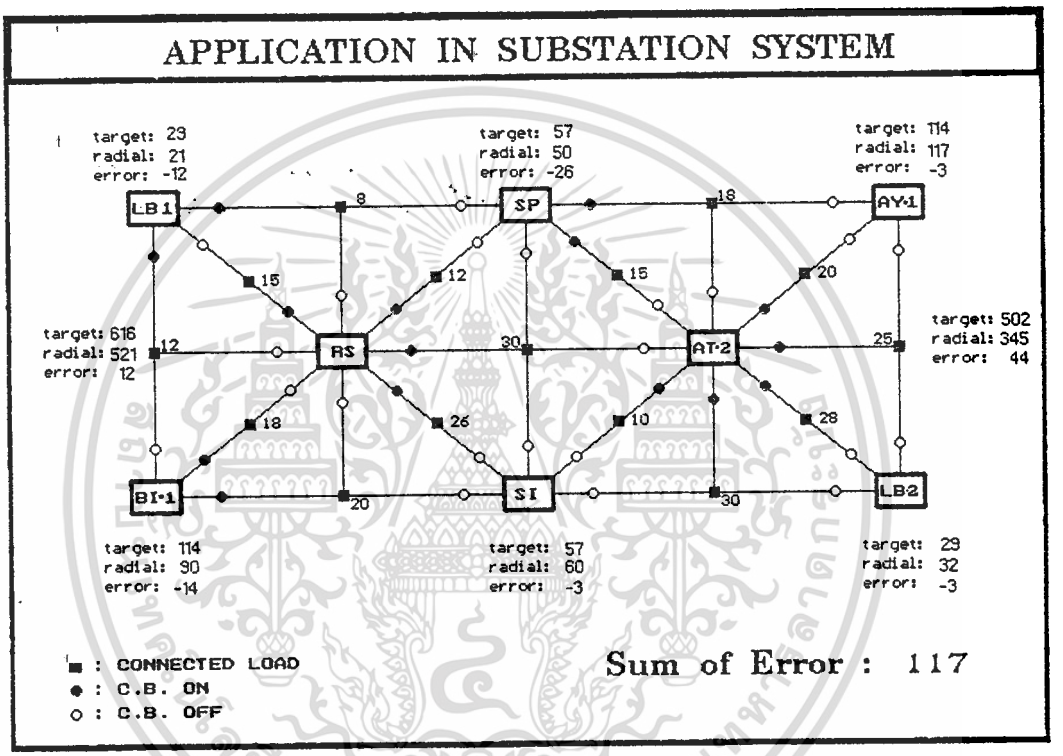
รูป 5.10 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



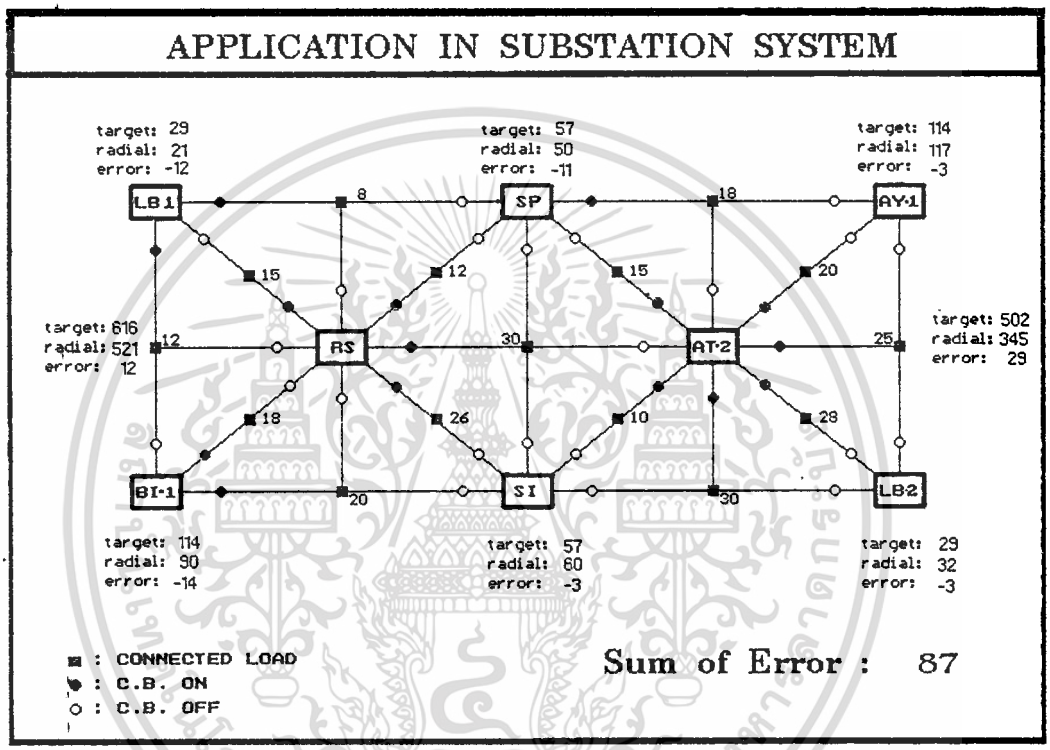
รูป 5.11 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



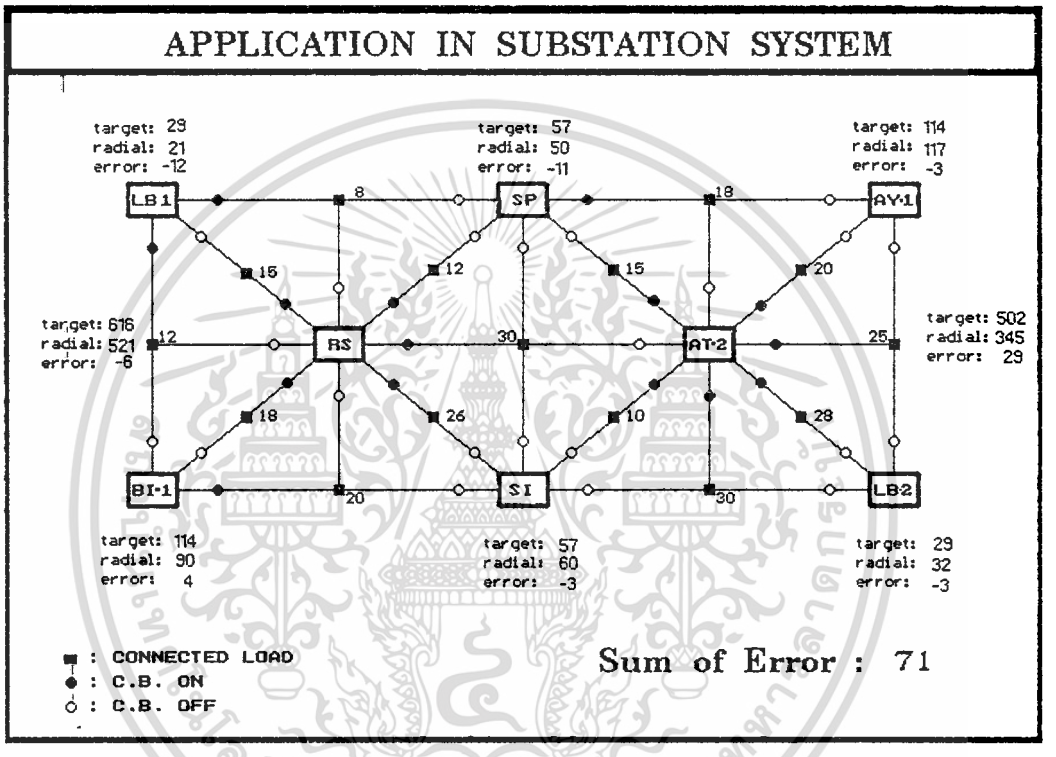
รูป 5.12 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



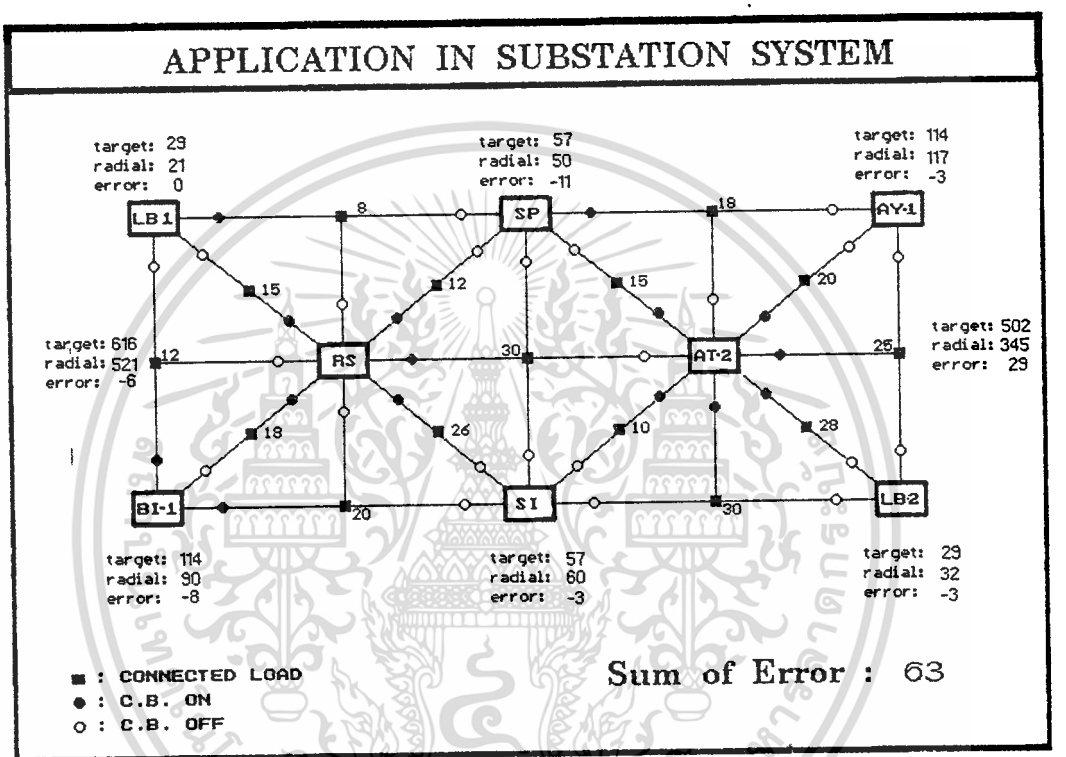
รูป 5.13 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



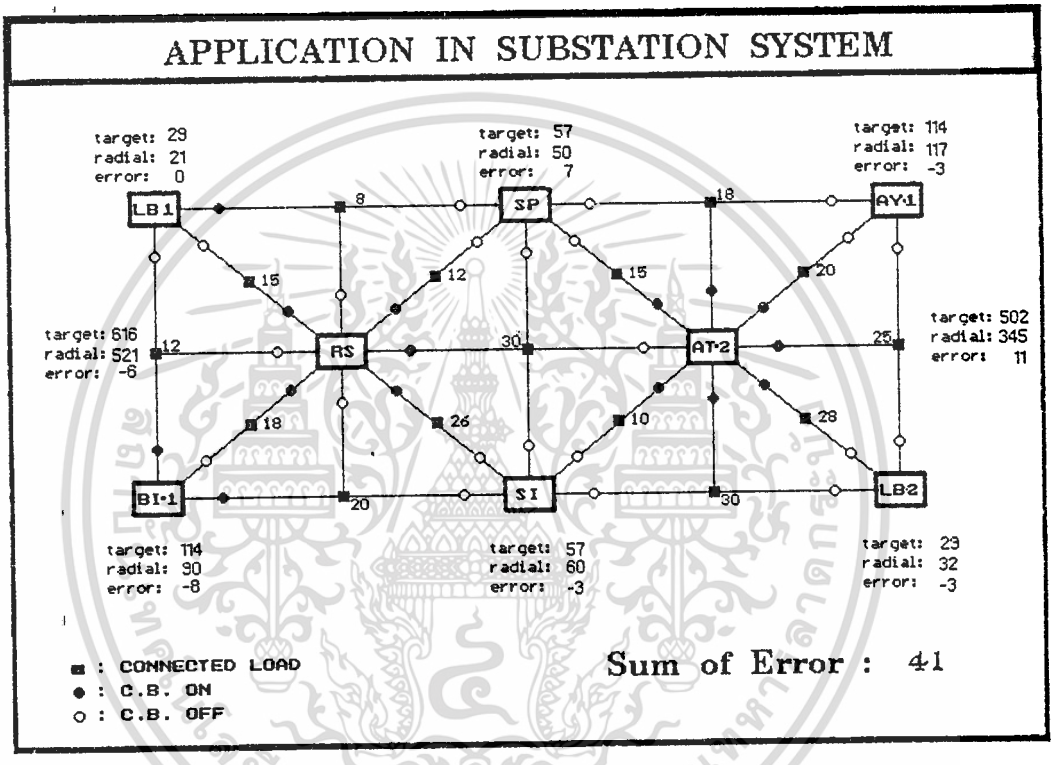
รูป 5.14 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



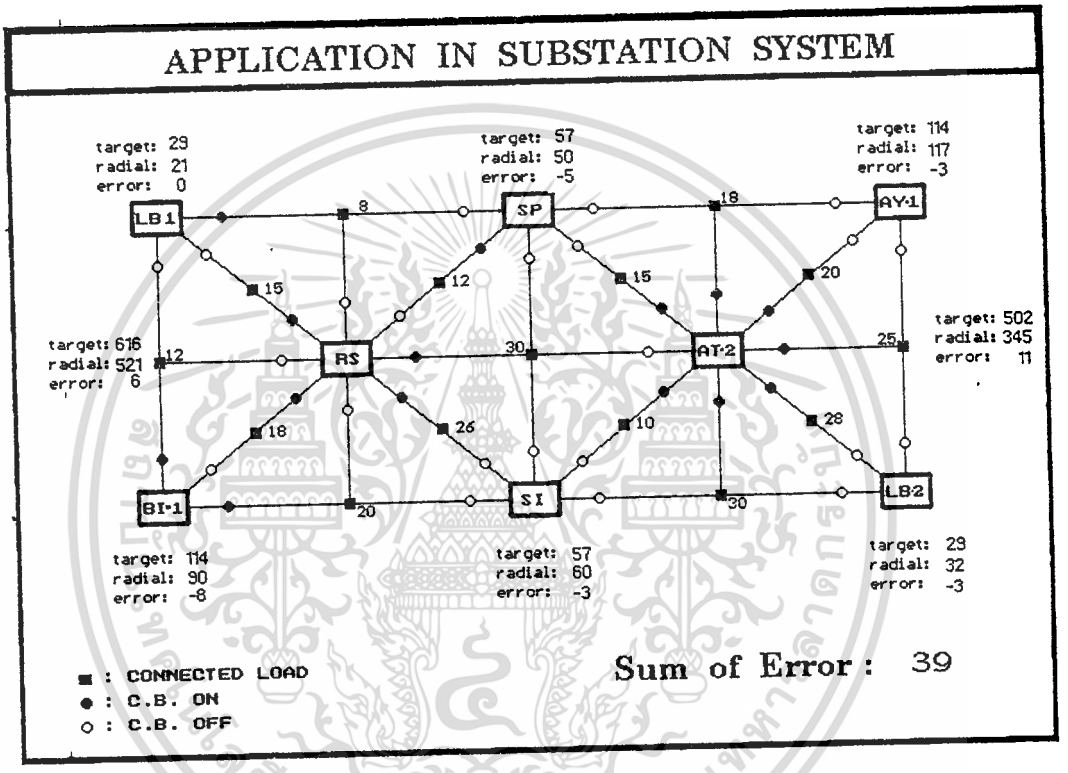
รูป 5.15 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



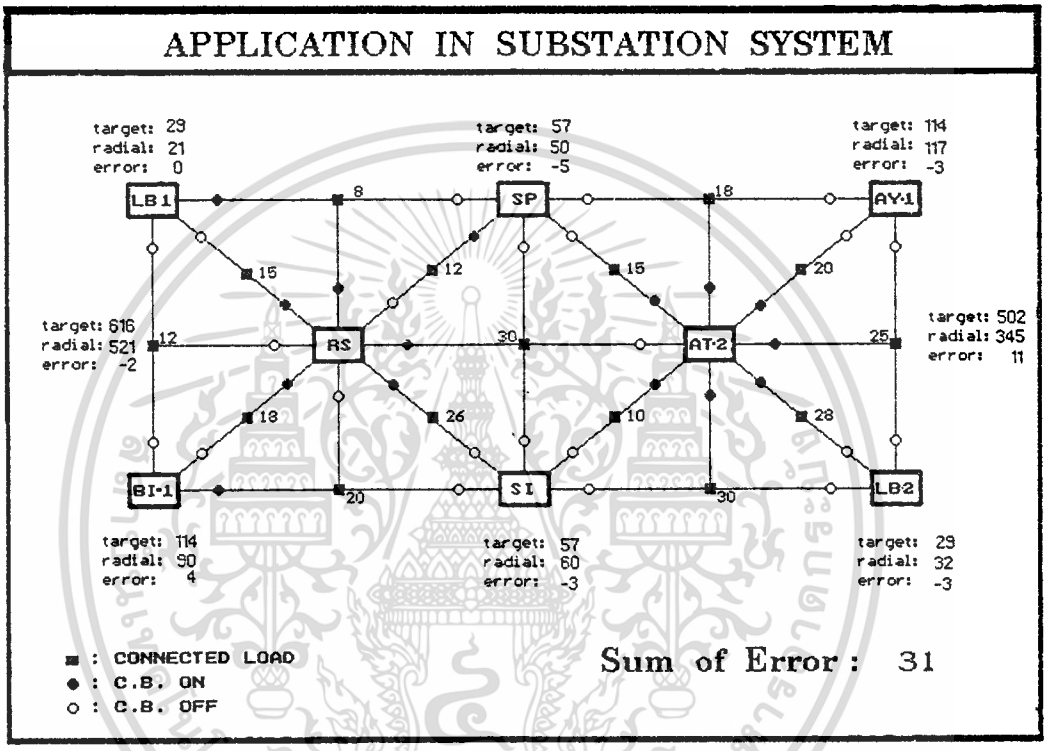
รูป 5.16 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.17 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

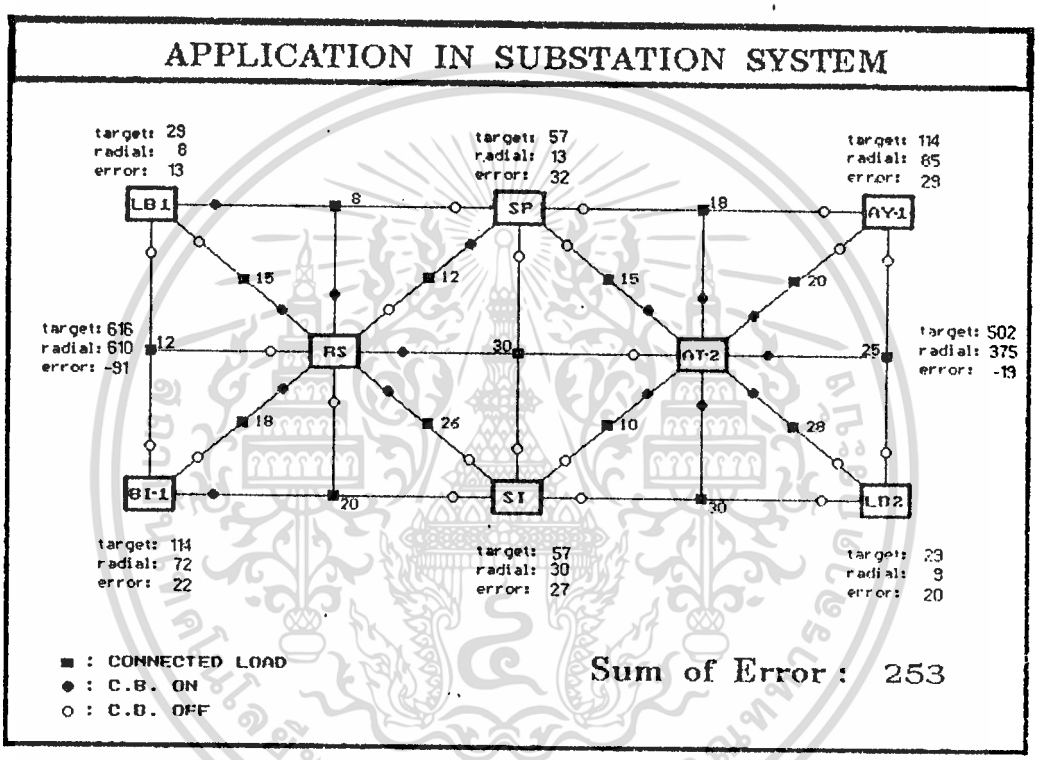


รูป 5.18 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

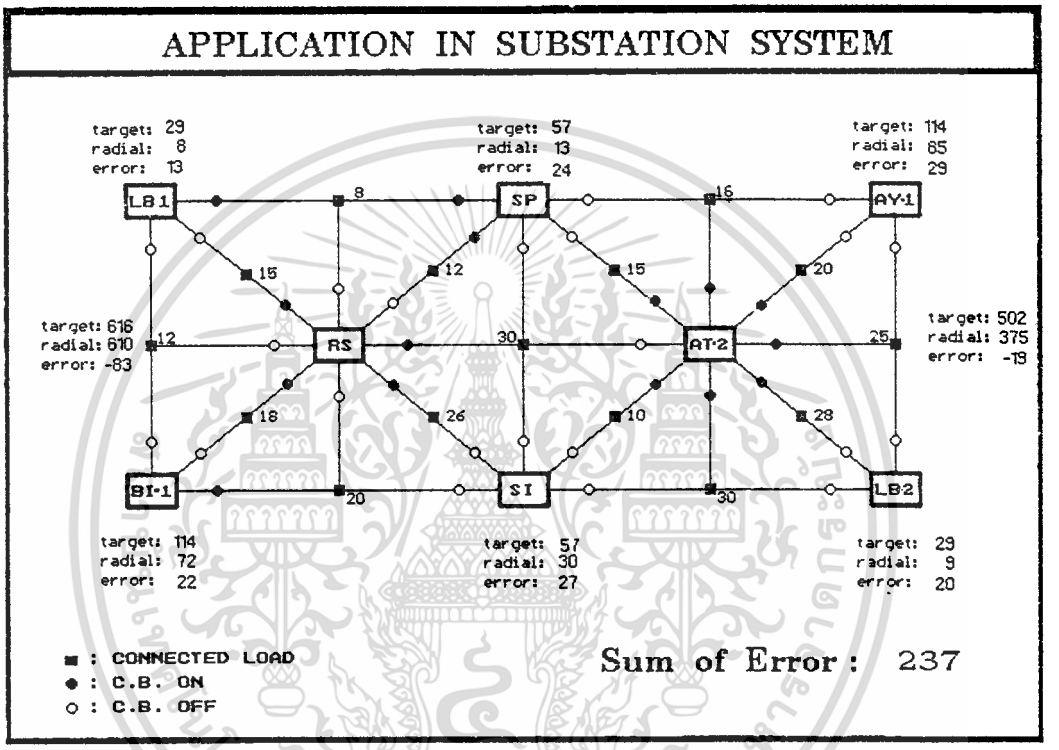
5.2.3 ผลการรันข้อมูลแบบรูปภาพกรณีที่ 3

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 3 แสดงได้ดังรูป 5.19 - 5.26



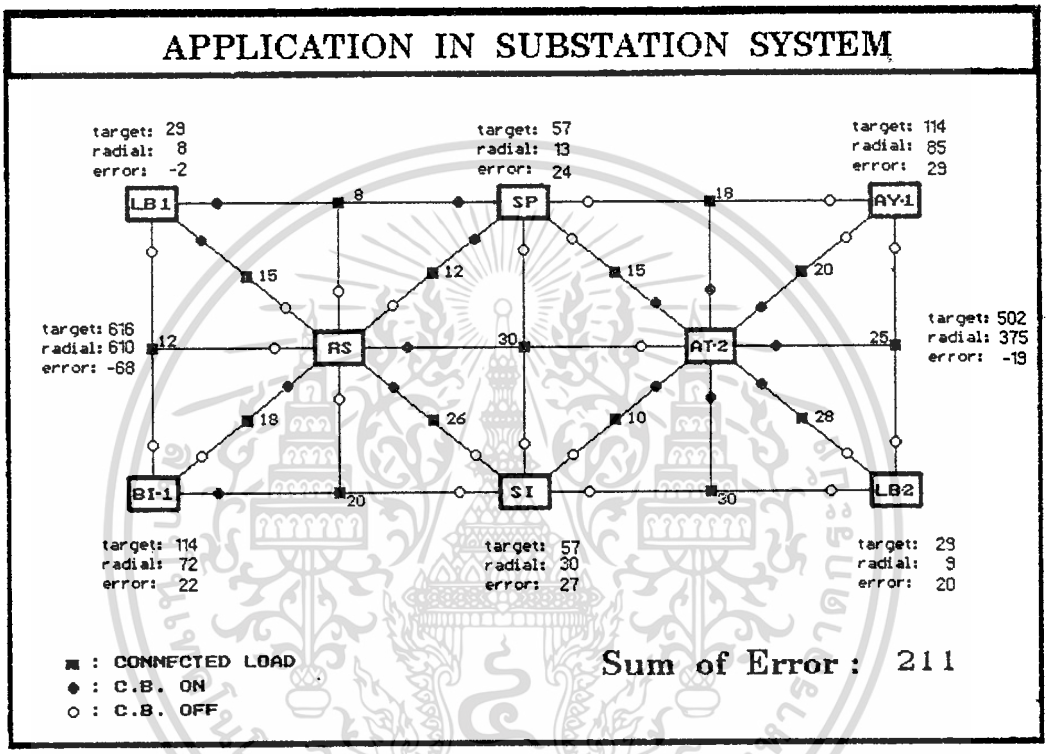
รูป 5.19 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



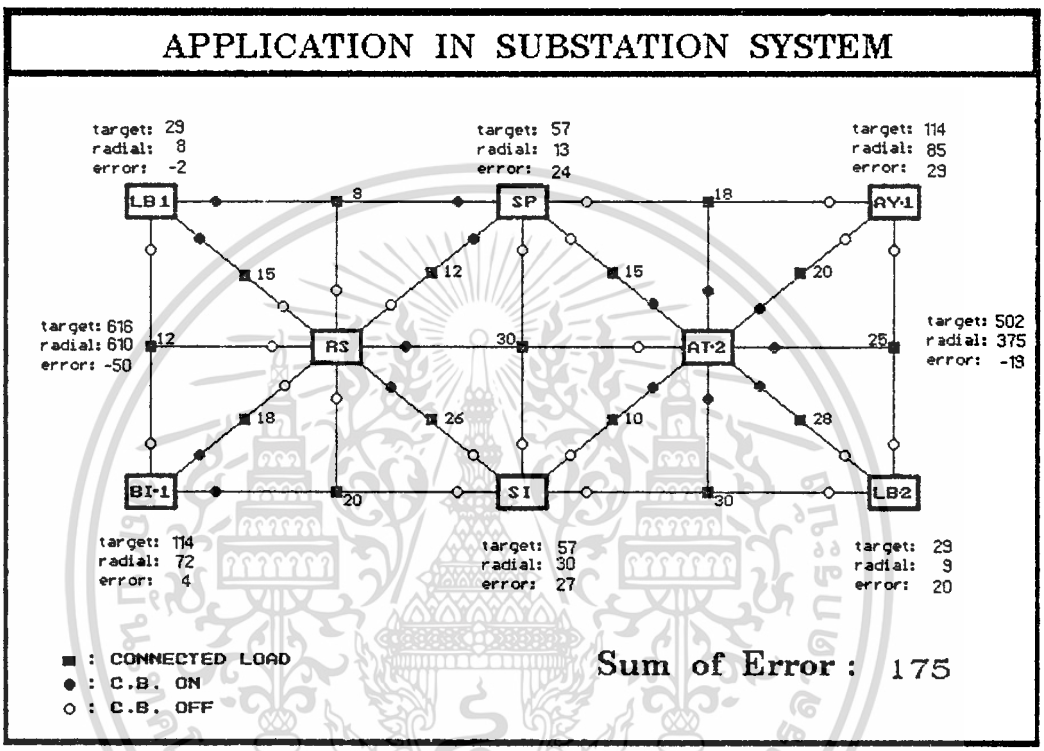
รูป 5.20 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



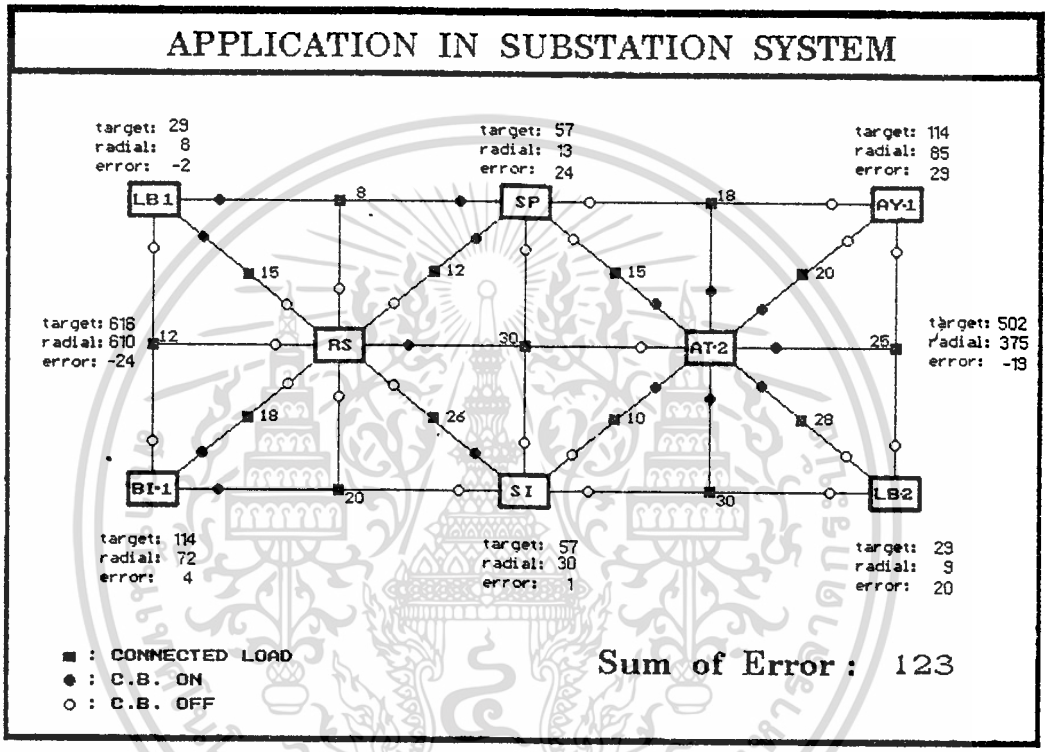
รูป 5.21 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



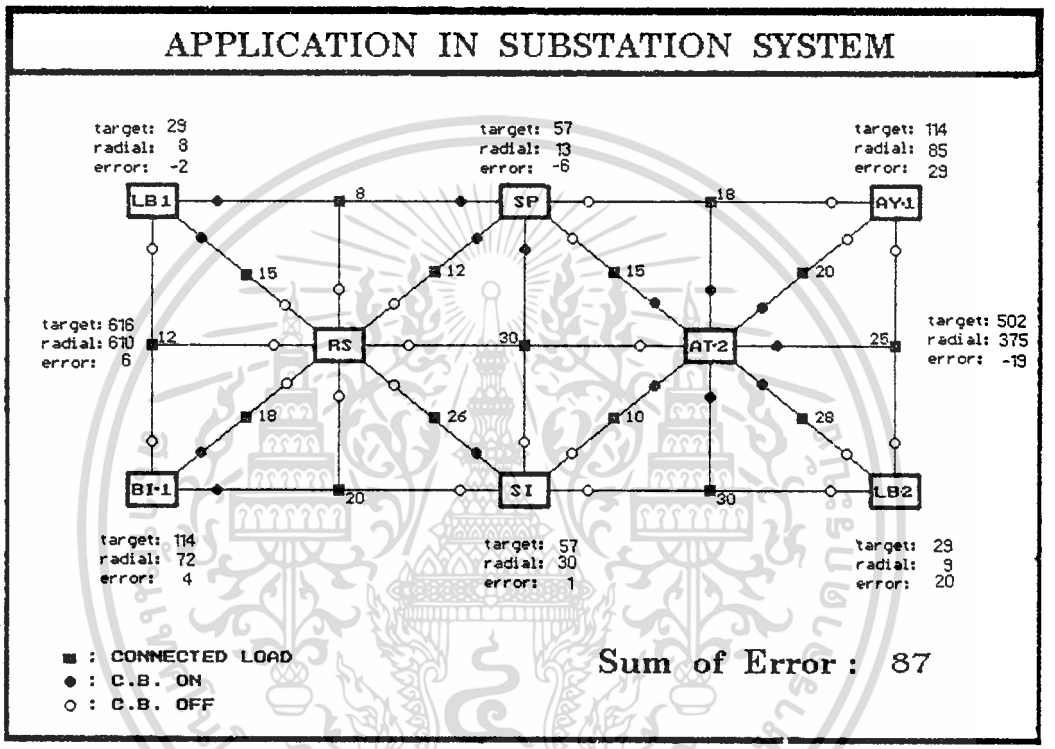
รูป 5.22 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



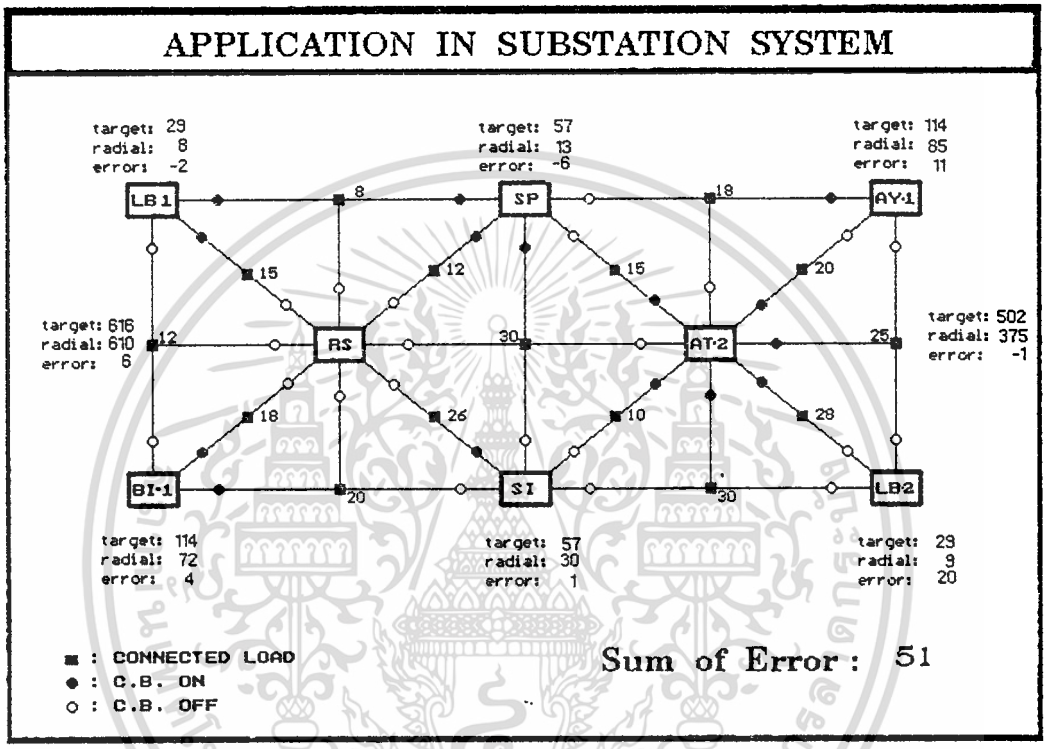
รูป 5.23 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



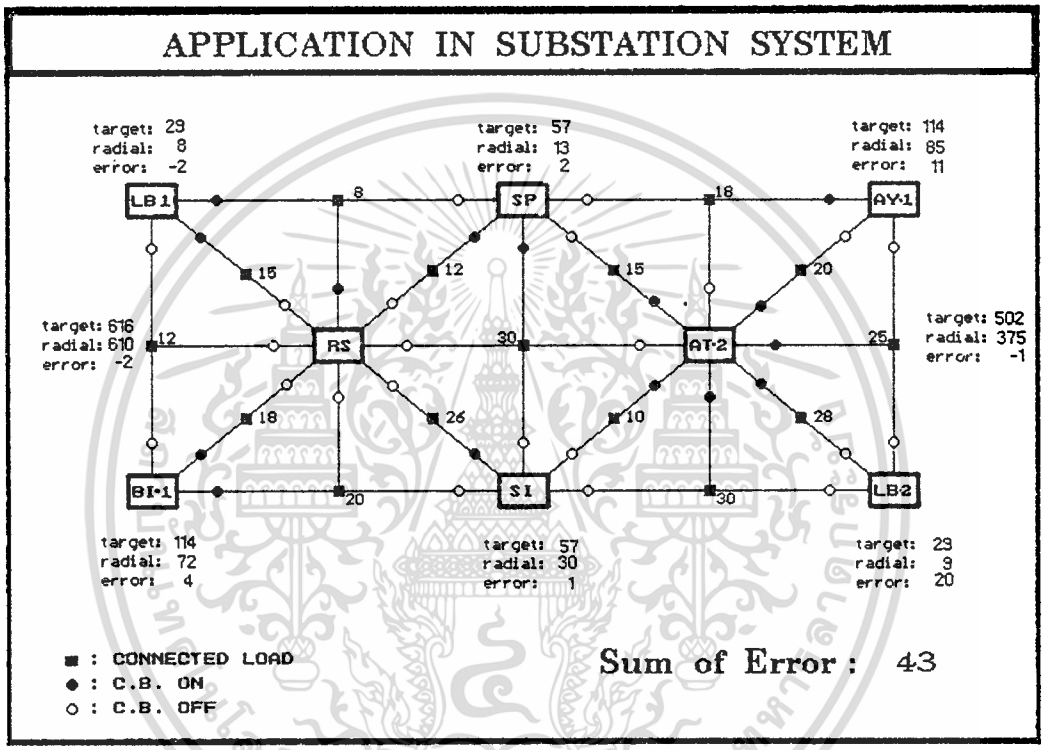
รูป 5.24 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.25 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.26 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ผลการรันข้อมูลแบบตารางกรณีที่ 1

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตาราง 5.1 - 5.4

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	28	8	1	1	12	0	15	1	8										
SP	57	56	11	1	0	8	1	12	0	30	1	15	1	18						
AY-1	114	110	85	4	0	18	0	20	1	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	1	18	1	20										
SI	57	106	40	-49	0	20	1	26	0	30	1	10	1	30						
LB-2	29	20	20	9	0	30	0	28	0	25										
RS	616	525	480	91	0	8	1	15	0	12	0	18	0	20	0	26	1	30	0	12
AT-2	502	384	336	118	0	18	0	15	0	30	0	10	0	26	1	28	0	25	1	20
sum of error =				277																

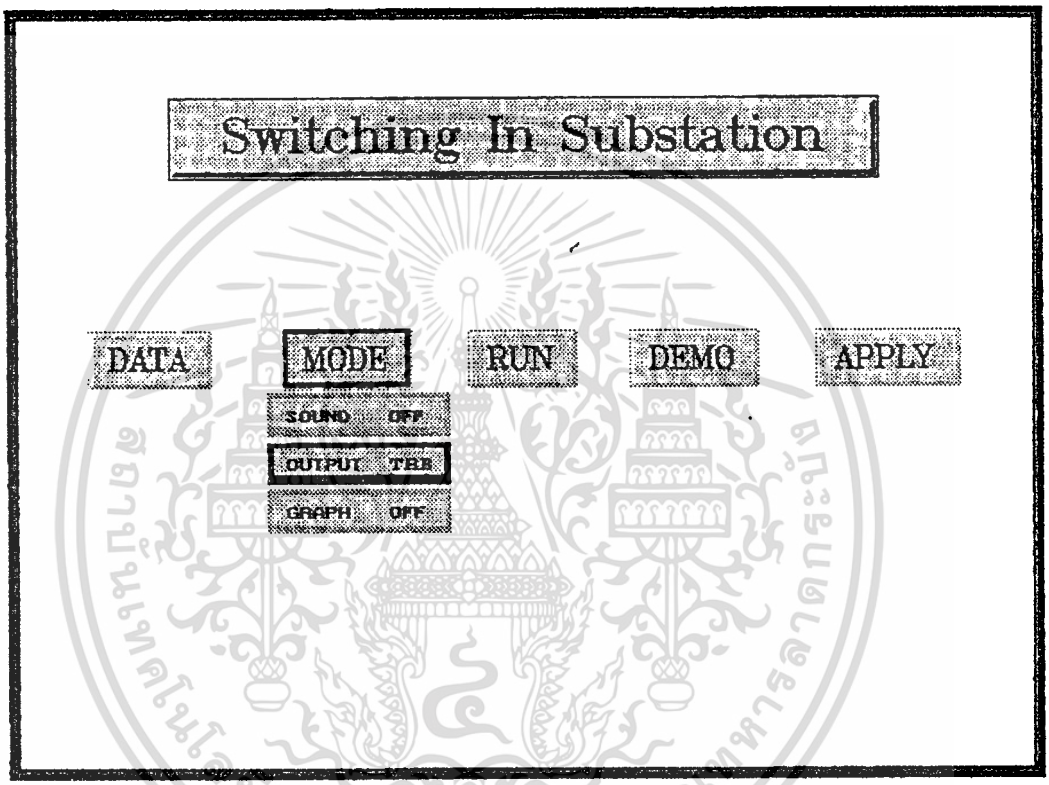
ตาราง 5.1 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 1

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	28	8	1	1	12	0	15	1	8										
SP	57	56	11	1	0	8	1	12	0	30	1	15	1	18						
AY-1	114	110	85	4	0	18	0	20	1	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	1	18	1	20										
SI	57	80	40	-23	0	20	0	26	0	30	1	10	1	30						
LB-2	29	20	20	9	0	30	0	28	0	25										
RS	616	551	480	65	0	8	1	15	0	12	0	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	384	336	118	0	18	0	15	0	30	0	10	0	26	1	28	0	25	1	20
sum of error =				225																

ตาราง 5.2 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกเมนูย่อย OUTPUT TAB ในเมนู MODE จะแสดงผลเป็นตาราง ดังรูป 5.27



รูป 5.27 การเลือกแสดงผลเป็นตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	28	8	1	1	12	0	15	1	8										
SP	57	56	11	1	0	8	1	12	0	30	1	15	1	18						
AY-1	114	110	85	4	0	18	0	20	1	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	1	18	1	20										
SI	57	70	40	-13	0	20	0	26	0	30	0	10	1	30						
LB-2	29	20	20	9	0	30	0	28	0	25										
RS	616	551	480	65	0	8	1	15	0	12	0	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	394	336	108	0	18	0	15	0	30	1	10	0	26	1	28	0	25	1	20
sum of error = 205																				

ตาราง 5.3 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	28	8	1	1	12	0	15	1	8										
SP	57	56	11	1	0	8	1	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	110	85	4	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	1	18	1	20										
SI	57	40	40	17	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	20	20	9	0	30	0	28	0	25										
RS	616	551	480	65	0	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	420	336	78	0	18	0	15	0	30	1	10	1	26	1	28	0	25	1	20
sum of error = 179																				

ตาราง 5.4 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 ผลการรันข้อมูลแบบตารางกรณีที่ 2

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 2 แสดงได้ดังตาราง 5.5 - 5.13

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	41	21	-12	1	12	0	15	1	8										
SP	57	95	50	-38	0	8	1	12	0	30	1	15	1	18						
AY-1	114	142	117	-28	0	18	0	20	1	25										
BI-1	114	128	90	-14	0	12	1	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	592	521	24	0	8	1	15	0	12	0	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	433	345	69	0	18	0	15	0	30	1	10	1	26	1	28	0	25	1	20
sum of error = 191																				

ตาราง 5.5 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 2

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	41	21	-12	1	12	0	15	1	8										
SP	57	83	50	-26	0	8	0	12	0	30	1	15	1	18						
AY-1	114	142	117	-28	0	18	0	20	1	25										
BI-1	114	128	90	-14	0	12	1	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	604	521	12	0	8	1	15	0	12	0	18	0	20	1	26	1	30	1	12
AT-2	502	433	345	69	0	18	0	15	0	30	1	10	1	26	1	28	0	25	1	20
sum of error = 167																				

ตาราง 5.6 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	41	21	-12	1	12	0	15	1	8										
SP	57	83	50	-26	0	8	0	12	0	30	1	15	1	18						
AY-1	114	117	117	-3	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	128	90	-14	0	12	1	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	604	521	12	0	8	1	15	0	12	0	18	0	20	1	26	1	30	1	12
AT-2	502	458	345	44	0	18	0	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				117																

ตาราง 5.7 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	41	21	-12	1	12	0	15	1	8										
SP	57	68	50	-11	0	8	0	12	0	30	0	15	1	18						
AY-1	114	117	117	-3	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	128	90	-14	0	12	1	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	604	521	12	0	8	1	15	0	12	0	18	0	20	1	26	1	30	1	12
AT-2	502	473	345	29	0	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				87																

ตาราง 5.8 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	41	21	-12	1	12	0	15	1	8										
SP	57	68	50	-11	0	8	0	12	0	30	0	15	1	18						
AY-1	114	117	117	-3	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	110	90	4	0	12	0	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	622	521	-6	0	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	1	30	1	12
AT-2	502	473	345	29	0	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				71																

ตาราง 5.9 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 4

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	29	21	0	0	12	0	15	1	8										
SP	57	68	50	-11	0	8	0	12	0	30	0	15	1	18						
AY-1	114	117	117	-3	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	122	90	-8	1	12	0	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	622	521	-6	0	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	1	30	1	12
AT-2	502	473	345	29	0	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				63																

ตาราง 5.10 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	29	21	0	0	12	0	15	1	8										
SP	57	50	50	7	0	8	0	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	117	117	-3	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	122	90	-8	1	12	0	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	622	521	-6	0	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	1	30	1	12
AT-2	502	491	345	11	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				41																

ตาราง 5.11 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 6

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	29	21	0	0	12	0	15	1	8										
SP	57	62	50	-5	0	8	1	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	117	117	-3	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	122	90	-8	1	12	0	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	610	521	6	0	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	491	345	11	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				39																

ตาราง 5.12 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	29	21	0	0	12	0	15	1	8										
SP	57	62	50	-5	0	8	1	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	117	117	-3	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	110	90	4	0	12	0	18	1	20										
SI	57	60	60	-3	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	32	32	-3	0	30	0	28	0	25										
RS	616	618	521	-2	1	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	491	345	11	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				31																

ตาราง 5.13 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.6 ผลการรันข้อมูลแบบตารางกรณีที่ 3

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 3 แสดงได้ดังตาราง 5.14 - 5.19

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	16	8	13	0	12	0	15	1	8										
SP	57	25	13	32	0	8	1	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	85	85	29	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	92	72	22	0	12	0	18	1	20										
SI	57	30	30	27	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	9	9	20	0	30	0	28	0	25										
RS	616	707	610	-91	1	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	0	30	0	12
AT-2	502	521	375	-19	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error = 253																				

ตาราง 5.14 การเลียนแบบข้อมูลกรณีที่ 3

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	16	8	13	0	12	0	15	1	8										
SP	57	33	13	24	1	8	1	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	85	85	29	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	92	72	22	0	12	0	18	1	20										
SI	57	30	30	27	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	9	9	20	0	30	0	28	0	25										
RS	616	699	610	-83	0	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	521	375	-19	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error = 237																				

ตาราง 5.15 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	31	8	-2	0	12	1	15	1	8										
SP	57	33	13	24	1	8	1	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	85	85	29	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	92	72	22	0	12	0	18	1	20										
SI	57	30	30	27	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	9	9	20	0	30	0	28	0	25										
RS	616	684	610	-68	0	8	1	15	0	12	1	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	521	375	-19	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error = 211																				

ตาราง 5.16 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 2

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	31	8	-2	0	12	1	15	1	8										
SP	57	33	13	24	1	8	1	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	85	85	29	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	0	18	1	20										
SI	57	30	30	27	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	9	9	20	0	30	0	28	0	25										
RS	616	666	610	-50	0	8	1	15	0	12	0	18	0	20	1	26	1	30	0	12
AT-2	502	521	375	-19	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error = 175																				

ตาราง 5.17 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	31	8	-2	0	12	1	15	1	8										
SP	57	33	13	24	1	8	1	12	0	30	0	15	0	18						
AY-1	114	85	85	29	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	0	18	1	20										
SI	57	56	30	1	0	20	0	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	9	9	20	0	30	0	28	0	25										
RS	616	640	610	-24	0	8	0	15	0	12	0	18	0	20	0	26	1	30	0	12
AT-2	502	521	375	-19	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error = . 123																				

ตาราง 5.18 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 4

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	31	8	-2	0	12	1	15	1	8										
SP	57	63	13	-6	1	8	1	12	1	30	0	15	0	18						
AY-1	114	85	85	29	0	18	0	20	0	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	1	18	1	20										
SI	57	56	30	1	0	20	1	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	9	9	30	0	30	0	28	0	25										
RS	616	610	610	6	0	8	0	15	0	12	0	18	0	20	0	26	0	30	0	12
AT-2	502	521	375	-19	1	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error = 87																				

ตาราง 5.19 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	31	8	-2	0	12	1	15	1	8										
SP	57	63	13	-6	1	8	1	12	1	30	0	15	0	18						
AY-1	114	103	85	11	1	18	0	20	0	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	1	18	1	20										
SI	57	56	30	1	0	20	1	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	9	9	20	0	30	0	28	0	25										
RS	616	610	610	6	0	8	0	15	0	12	0	18	0	20	0	26	0	30	0	12
AT-2	502	499	503	-1	0	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				51																

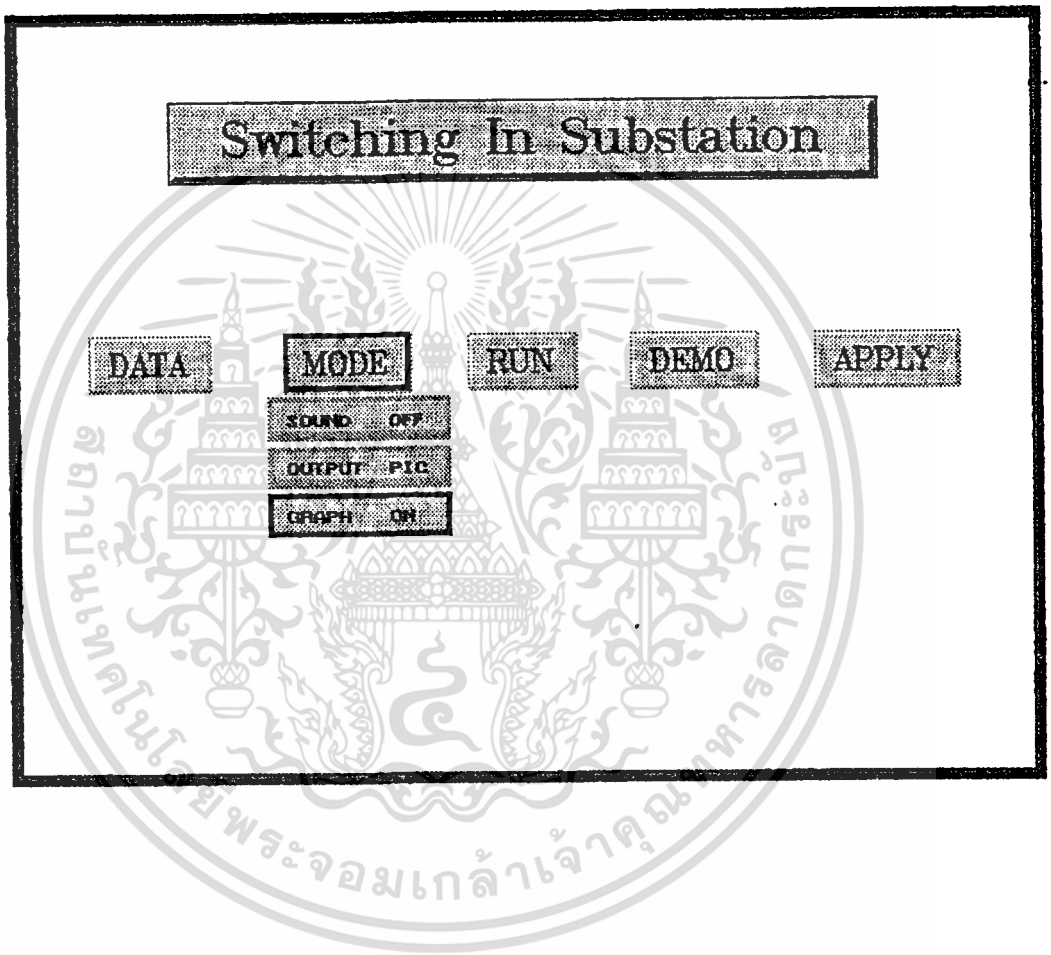
ตาราง 5.20 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 6

SUB	tgt	act	rdl	err	f1	c1	f2	c2	f3	c3	f4	c4	f5	c5	f6	c6	f7	c7	f8	c8
LB-1	29	31	8	-2	0	12	1	15	1	8										
SP	57	55	13	2	0	8	1	12	1	30	0	15	0	18						
AY-1	114	103	85	11	1	18	0	20	0	25										
BI-1	114	110	72	4	0	12	1	18	1	20										
SI	57	56	30	1	0	20	1	26	0	30	0	10	0	30						
LB-2	29	9	9	20	0	30	0	28	0	25										
RS	616	618	610	-2	1	8	0	15	0	12	0	18	0	20	0	26	0	30	0	12
AT-2	502	503	375	-1	0	18	1	15	0	30	1	10	1	26	1	28	1	25	1	20
sum of error =				43																

ตาราง 5.21 การสวิทช์ชิ่งครั้งที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกเมนูย่อย GRAPH ON ในเมนู MODE จะแสดงผลเป็นกราฟ ดังรูป 5.28

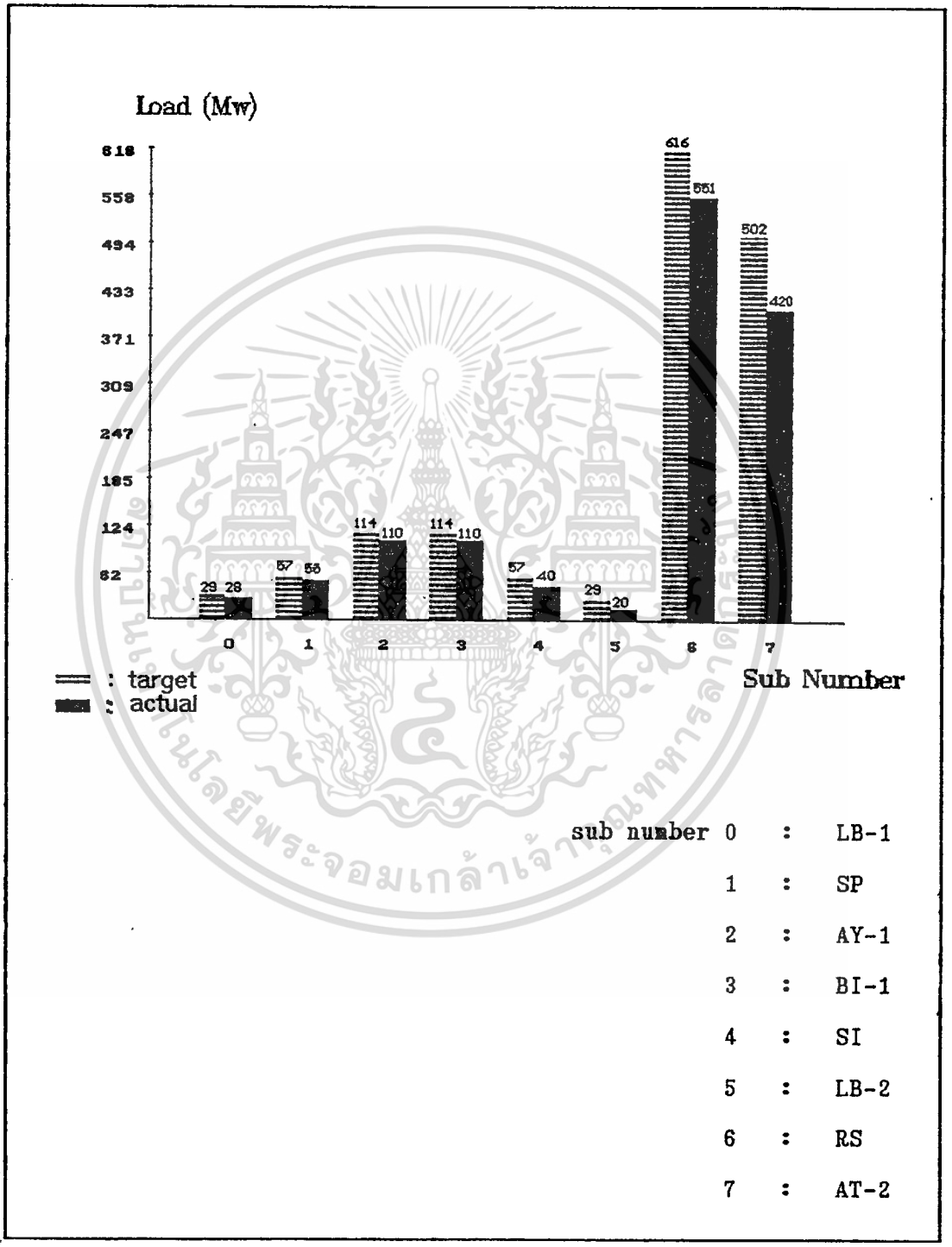


รูป 5.28 การเลือกแสดงผลเป็นกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.7 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 1

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 1 แสดงได้ดังรูป 5.29

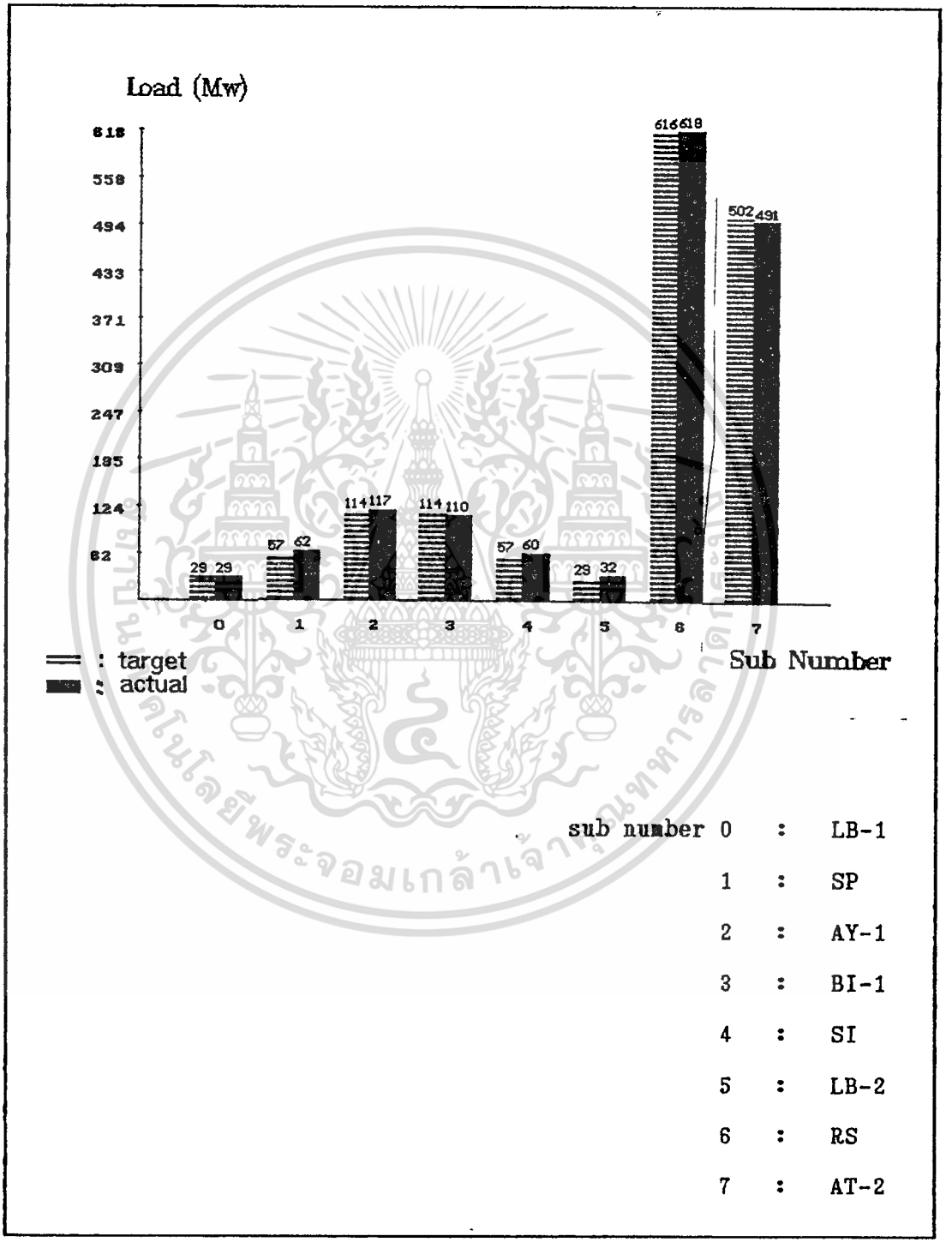


รูป 5.29 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.8 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 2

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 1 แสดงได้ดังรูป 5.30

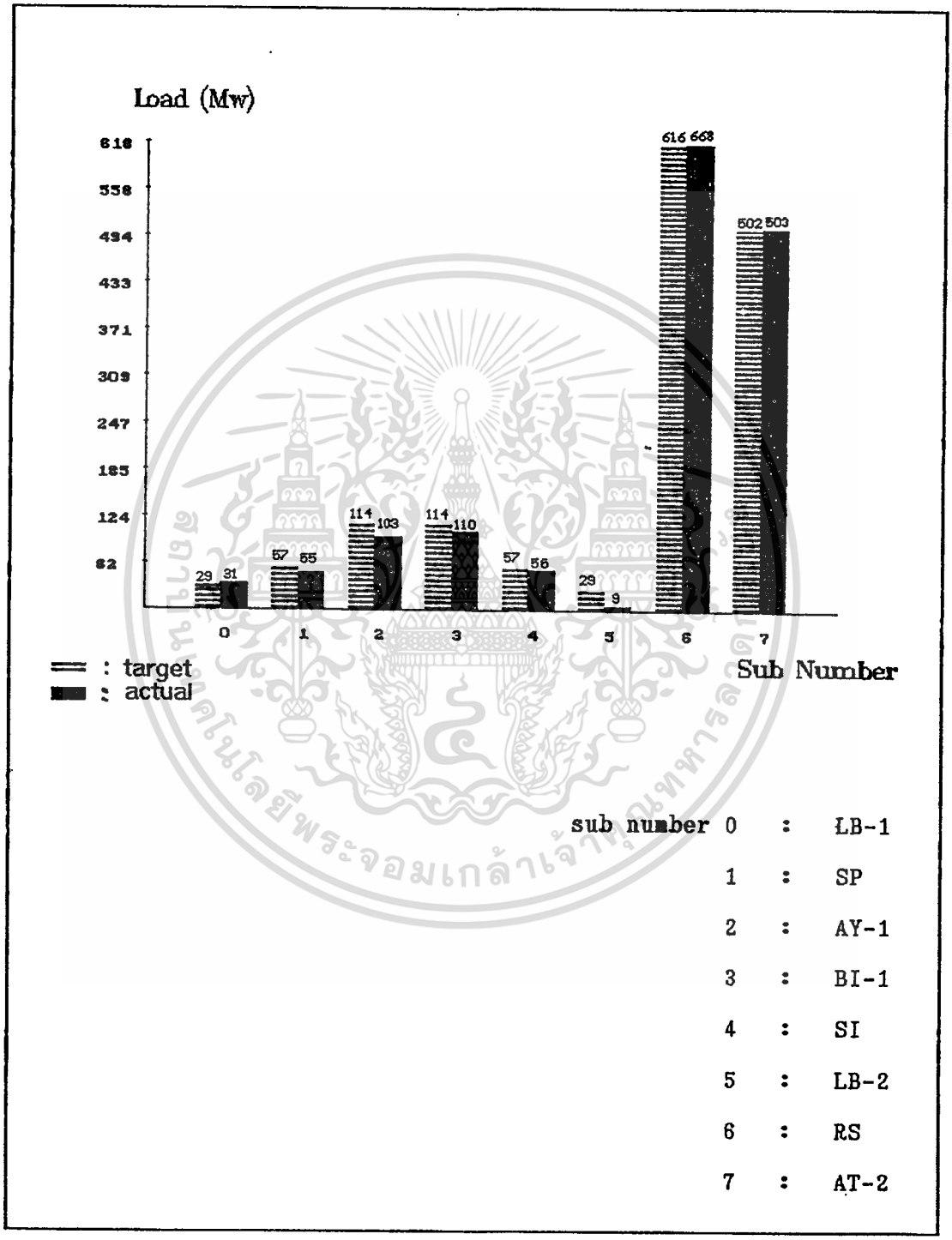


รูป 5.30 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.9 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 3

การสวิทช์ชิ่งในกรณีที่ 1 แสดงได้ดังรูป 5.31

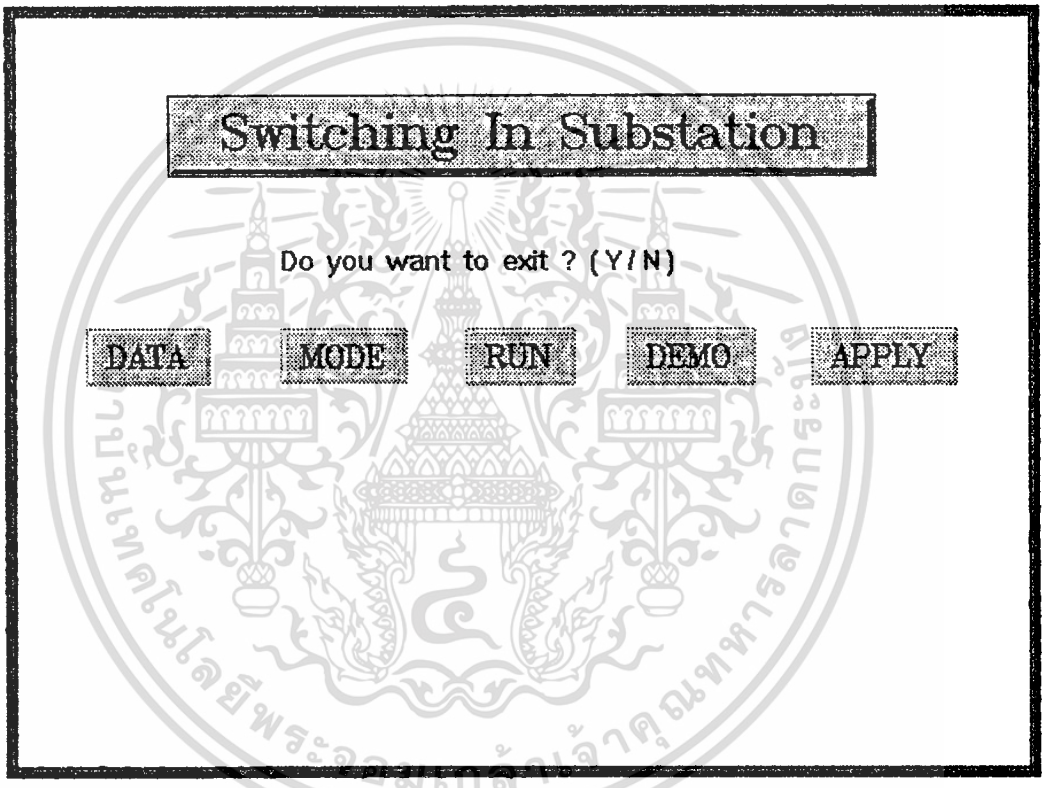


รูป 5.31 ผลการรันข้อมูลแบบกราฟกรณีที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.10 การออกจากโปรแกรม

การออกจากโปรแกรมสามารถทำได้โดย กดปุ่ม Esc ซึ่งจะได้ดังรูป 5.32



รูป 5.32 การออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสวิทช์ชิ่งในสถานีไฟฟ้าย่อย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสวิทช์ชิ่งในสถานีไฟฟ้าย่อย จะใช้รีโมท สวิทช์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเลค-ทรอนิคส์ที่ประกอบไปด้วยเทคโนโลยี ที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น หลอดไฟแสงสว่าง , แอร์คอนดิชั่นโดยสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชุดในคราวเดียวกัน จากอุปกรณ์รีโมท สวิทช์ เพียงชุดเดียว

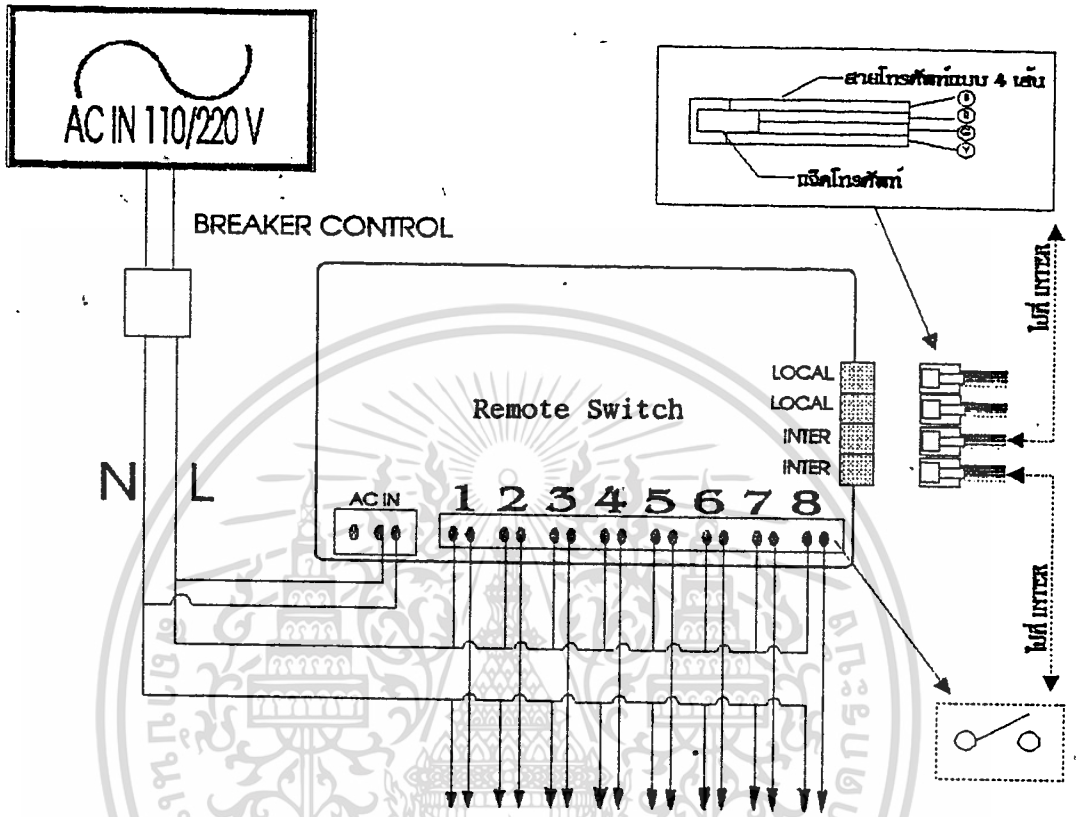
6.1 การทำงานของรีโมท สวิทช์

รีโมท สวิทช์ สามารถใช้งานได้โดยสะดวก และติดตั้งง่ายดายโดยอุปกรณ์รีโมท สวิทช์ 1 ตัวจะมี 8 ช่องสัญญาณ ซึ่งสามารถต่อได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า 8 ชุด โดยแต่ละช่องสัญญาณสามารถต่อกับโหลดได้ 600 วัตต์ รวมโหลดทั้งหมดได้ 3600 วัตต์ ดังรูป 6.1

ข้อดีของรีโมท สวิทช์ คือ การเชื่อมต่อจะใช้สายโทรศัพท์ 5 โวลท์ซึ่งทำให้ลดอันตรายที่จะเกิดกับผู้ใช้ และ เป็นการประหยัดพลังงาน

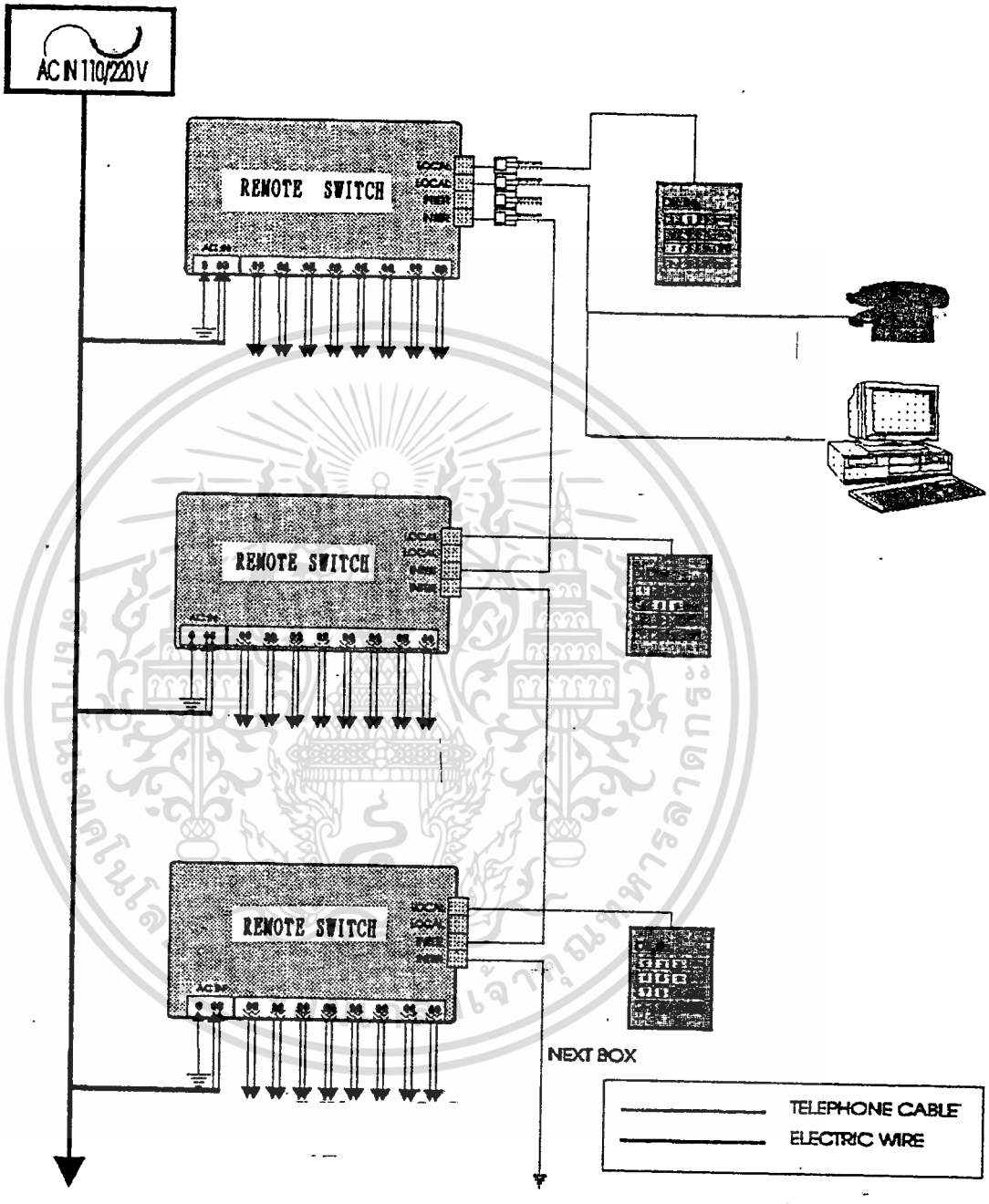
การสั่งงานรีโมท สวิทช์ สามารถสั่งงานโดยใช้โทรศัพท์หรือสั่งงานได้ด้วยคอมพิวเตอร์ และการทำงานของรีโมท สวิทช์ แต่ละตัวสามารถเชื่อมต่อถึงกันหมด ดังรูป 6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.1 รีโมท สวิทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.2 การเชื่อมต่อรีโมท สวิทช์ ในระบบเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การนำรีโมท สวิทช์ มาใช้งานในสถานีไฟฟ้าย่อย

การนำรีโมท สวิทช์ มาใช้งานในสถานีไฟฟ้าย่อย จะต้องมีการเพิ่มเติมอุปกรณ์หลาย ๆ อย่าง เพื่อให้การทำงานสอดคล้องและมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ที่ควรเพิ่มเข้าไปมีดังนี้

1.แหล่งจ่ายไฟสำรอง(UPS)

เพราะการสวิทชิ่งช์จะเกิดในขณะที่เกิดฟอลต์เป็นส่วนใหญ่ จะทำให้การสวิทชิ่งช์ทำงานได้ตามปกติ และ ระบบมีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

2.รีเลย์

เพราะในแต่ละช่องสัญญาณของรีโมท สวิทช์ สามารถรับโหลดได้ เพียง 600 วัตต์ จึงใช้รีเลย์มาช่วยในการเปิด-ปิด

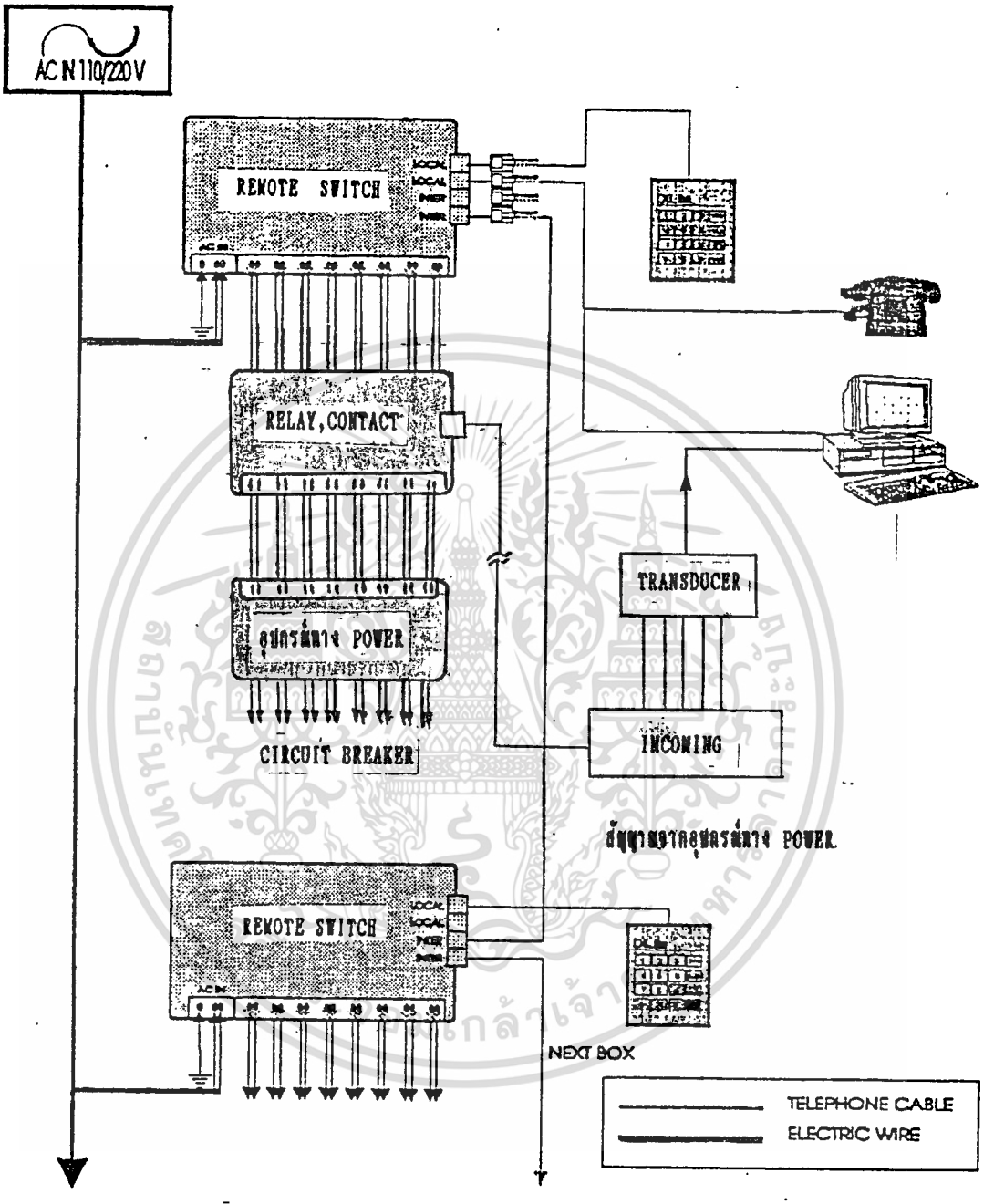
3.ตัวแปลงสัญญาณ (Transducer)

เพราะอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากำลัง เช่น หม้อแปลงแรงดัน และ หม้อแปลงกระแส จะมีค่าแรงดัน และ กระแสสูง ตัวแปลงสัญญาณจะช่วยลดสัญญาณแรงดันให้ต่ำลงก่อนที่จะเป็นสัญญาณให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์

4.อุปกรณ์ทางเพาเวอร์อิเลคทรอนิคส์ ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูง

เพราะอุปกรณ์ที่ใช้ในการสวิทช์และจ่ายไฟของรีโมท สวิทช์ มีพิกัดกำลังทางไฟฟ้าต่ำ การใช้อุปกรณ์ทางเพาเวอร์อิเลคทรอนิค เช่น SCR มาใช้จะสามารถนำไปควบคุม ชั้นทริป (shunt trip) ของโหลดเบรคสวิทช์ (Load Break Switch)ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.3 การใช้อุปกรณ์ต่างๆ ร่วมกับ รีโมทสวิทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าย่อย

การกล่าวถึงการป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าย่อยก็เพื่อทำให้ความผิดปกติที่เกิดขึ้นมีน้อยลง และทำให้มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าย่อยแบ่งการป้องกันออกเป็นส่วนๆ
ได้แก่

1. ระบบป้องกันสายส่ง
2. ระบบป้องกันหม้อแปลง
3. ระบบป้องกันบัส
4. ระบบป้องกันเบรคเกอร์ชำรุด
5. ระบบป้องกันการกลับเข้าที่เดิมของหน้าสัมผัสของเบรคเกอร์ที่ไม่สนิท
6. ระบบป้องกันการทริปอันเนื่องจากการแกว่งของกำลังไฟฟ้า

7.1ระบบป้องกันสายส่ง

ระบบป้องกันสายส่งจะนิยมใช้ป้องกันโดยอาศัยระบบโทรคมนาคม(Pilot Relaying) เพื่อที่จะป้องกันสายส่งได้ตลอดทั้ง Line section ด้วยเวลาที่เร็วที่สุด มี Reliability Selectivity และทำหน้าที่เป็น Back up Protection ของ Adjioning section ด้วยโดยอาศัยหลักการของการส่งสัญญาณผ่านช่องการสื่อสาร(Communication channel) ไปยัง remote station โดยแบ่งตาม channel ที่ใช้งาน
แบ่งได้เป็น

1.Blocking system คือจะมีการส่งสัญญาณผ่าน Communication channal เพื่อป้องกันการทริป (trip) เมื่อเกิดฟอลต์ภายนอกเขตป้องกัน (external fault)

2.Transfer trip system ในกรณีที่เกิดฟอลต์ในเขตป้องกัน(internal fault) จะมีการส่งสัญญาณผ่าน Communication channel เพื่อให้มีการ tripเกิดขึ้นถ้าแบ่งตามลักษณะการทำงานของรีเลย์ป้องกัน (Protective relay) เมื่อเกิด fault จะแบ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้

1.Directional comparision system

ระบบ Protective relay จะเป็นตัวเปรียบเทียบทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า (power flow) ทั้งสอง terminal ของline ถ้า power flow ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งจะเป็น external fault หรือมีโหลดปกติ

2.Phase comparision system ใช้การเปรียบเทียบมุมของกระแสระหว่าง line ทั้งสองข้าง กล่าวคือ ถ้าเกิด flult แบบ internal fault กระแสทั้งสองข้างของ line จะ inphase กัน ถ้าเป็น external fault หรือ load ปกติ กระแสทั้งสองข้างจะ out of phase กัน 180 องศา

ระบบป้องกันสายส่ง แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ

1.Primary Protection

2.Back up Protection

Primary Protection

สำหรับระบบป้องกันฟอลต์ในสายส่งกำลัง แบ่งได้เป็นการลัดวงจรระหว่างเฟส และการป้องกันการลัดวงจรลงดิน นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่นที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ระบบป้องกัน แบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. ชนิดของวงจร เช่น สายเคเบิล ,สาย overhead ,วงจรเดี่ยว,วงจรคู่ เป็นต้น

2. หน้าที่และความสำคัญของสายส่ง ซึ่งจะมีผลต่อความต้องการในการกำจัดฟอลต์ด้วยความเร็วเท่าใด

3. การจัดการทำงานร่วมกันและความต้องการ matching ความเหมือนกันในอุปกรณ์ป้องกันในแต่ละสายส่ง

4. งบประมาณและเศรษฐศาสตร์

Primary Protection ของสายส่งจำเป็นต้องใช้รีเลย์หลายชนิด ตามรูปที่ 7.1 ในการทำงานร่วมกับรีเลย์วัดระยะทาง ให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันระบบให้มากที่สุดซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

distance relay ที่ใช้จะต้องเป็นแบบรู้ทิศทาง เพราะสายส่งที่จะป้องกันเป็นสายส่งชนิดเชื่อมระบบรีเลย์ที่ใช้ประกอบไปด้วย

-Directional Phase Distance Relay(21P)

มีหน้าที่ในการป้องกันสายส่งในกรณีที่เป็นphase faultทั้งในกรณีphase to phase two phase to ground ,three phase fault ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้โมห์รีเลย์ และจะต้องมีการทำงานร่วมกับรีเลย์ในสถานีไฟฟ้าย่อยอื่น

-Directional Ground Distanace Relay (21N)

มีหน้าที่ในการป้องกันสายส่งในกรณีการลัดวงจรลงดินแบบ 1 phase โดยจะใช้เป็นรีแอคแตนซ์รีเลย์ร่วมกับโมห์รีเลย์ ทั้งนี้เพราะการลัดวงจรลงดินมีผลของ ความต้านทานในการเกิดอาร์ค และความต้านทานของดินเข้ามาเกี่ยวข้อง และมีการทำงานร่วมกับรีเลย์ในสถานีไฟฟ้าย่อยอื่น

-Carrier Auxilary Relay (85)

จะเป็นรีเลย์ที่คอยช่วยส่งสัญญาณไม่ให้ทริป (Blocking)เพื่อป้องกันการทริปแบบทันทีทันใด เมื่อฟอลต์อยู่นอกเขตป้องกัน คือ จะเป็นรีเลย์ช่วยในการส่งสัญญาณสื่อสารนั่นเอง

-Out of Step Blocking (68)

จะทำหน้าที่ป้องกันการทริปเมื่อเกิด out of step หรือ out of synchoronism ซึ่งไม่ใช่ฟอลต์ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะแตกต่างกับ three phase fault คือ ถ้าเป็นฟอลต์ ค่าแรงดันจะลดลงและกระแสจะเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด แต่ในกรณีของOut of step นั้นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันและกระแสจะค่อยๆ เปลี่ยน

-Auxilary High Speed Tripping Relay (94P)

เป็นรีเลย์ที่ช่วยในการรวบรวมคำสั่งทริปจากรีเลย์ป้องกัน (ได้แก่ 21P และ 21N) แล้วไปสั่งทริปเซอร์กิตเบรคเกอร์อีกครั้งหนึ่ง ทั้งนี้เพราะขดทริปของเซอร์กิตเบรคเกอร์ใช้กระแสมากในการสั่งทริป การออกแบบหน้าสัมผัสของรีเลย์ป้องกันจะต้องมีขนาดใหญ่เพื่อที่จะรับกระทริปนั้นทำได้ยาก 94P นี้ จะทำงานด้วยความเร็วสูงมาก

-Reclosing Relay (79)

ทำหน้าที่ต่อเซอร์กิตเบรคเกอร์อีกครั้งหลังจากมีการทริปเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะฟอลต์อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะหายไปได้เมื่อเกิดฟอลต์ครั้งแรกขึ้น เช่น กิ่งไม้พาดสายส่งเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นกิ่งไม้ก็จะไหม้ ฟอลต์ก็จะหายไป

การใช้งานแบ่งได้เป็น

Single Phase Reclosure จะถูกใช้ในจุดที่มีการสั่งทริป แยกเฉพาะเฟสได้ โดยเมื่อเกิด single phase ที่เฟสใด ก็จะ reclose phase ที่ถูกทริปไป สามารถตั้งได้ว่าจะให้ reclose กี่ครั้ง

Three Phase Reclose การสั่ง reclosure ทำได้โดยมีข้อแม้อยู่ว่าการทริปเพื่อกำจัดฟอลต์จะต้องเกิดขึ้นภายในเวลาประมาณ 0.3 วินาที เพราะถ้านานกว่านี้ อากาศรอบๆ จุดที่เกิดฟอลต์จะแตกตัวมากและเข้าสู่สภาวะปกติไม่ทัน ดังนั้น ถ้าปล่อยให้มีการ reclose กลับก็จะทำให้เกิดไฟวาบตามผิว (flaseover) ซึ่งเป็นฟอลต์ที่จุดเดิมอีก ดังนั้น ถ้าฟอลต์อยู่นานกว่าที่กำหนด การทริปของเซอร์กิตเบรคเกอร์จะกลายเป็นการทริปทั้ง 3เฟส และปลดออก (Lockout) ไม่ให้มีการ reclose กลับอีก

-Switching Relay (21X)

จะทำหน้าที่ต่อเฟสที่เกิดฟอลต์ต่อลงกราวน์ (ทางด้านทุติยภูมิ) เพื่อเพิ่มค่าซีเควนซ์ลำดับบวก (positive sequence) ในกรณีที่เกิด single phase to ground fault ทั้งนี้เพราะค่าซีเควนลำดับบวกจะมีค่าน้อยมากทำให้แรงบิดยับยั้ง(restraining torque) ของรีเลย์วัดระยะทางมีค่าน้อยจะทำให้รีเลย์วัดระยะทางทำงานผิดพลาดได้ 21x จะทำให้แรงบิดยับยั้งมากขึ้น

-Loss of AC Alarm Relay (21P)

จะตรวจสอบระดับแรงดันที่จ่ายมาจากหม้อแปลงแรงดันในกรณีที่ต่ำเกินไปหรือหายไป 27P ก็จะส่งสัญญาณเตือนเพื่อป้องกันการผิดพลาดของระบบป้องกัน

Backup Protection

Backup Protection จะช่วยเพิ่มความมั่นคงให้กับระบบป้องกันมากขึ้น โดยเมื่อเกิดการทริปจากส่วนนี้จะไม่มีการ reclose เป็นอันขาดจะต้องทำให้ Primary Protection กลับมาทำงานตามปกติเสียก่อน การป้องกันแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเช่นเดียวกับ Primary Protection คือ การป้องกันในส่วนของ phase fault และ ground faultโดยจะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีป้องกันในระบบแบ่งเขตป้องกัน (Zone distance relay) โดยแบ่งออกเป็น 3 โซน

รีเลย์และอุปกรณ์ที่ติดตั้งใน Backup Protection ประกอบด้วย

-Direction phase didtance relay zone 1,2,3 (21-1,2,3)

เป็นรีเลย์วัดระยะทางชนิดโมห์ซึ่งจะมีการแบ่งโซนตามลำดับขั้นเวลา (time step zone) และจะไม่มีการส่งสัญญาณสื่อสารไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยอื่นโดยจะมีหน้าที่ป้องกันthree phase fault,two phase fault และ two phase to ground fault แรงดันและกระแสที่วัดได้ จะมาจากผลของหม้อแปลงแรงดัน และ หม้อแปลงกระแสคนละชุดกับ primary protection

-Direction ground O.C.relay (67NT)

รีเลย์ชนิดนี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ Dual polarized direction unit และ instanctaneouse over current unit โดยจะสั่งทริปเมื่อเกิดฟอลต์ตามทิศทางที่ กำหนดหน่วยระบุทิศทาง(dimentional unit) นี้ จะทำการเปรียบเทียบมุมเฟสระหว่างกระแสฟอลต์กับคุณสมบัติโพลาไรซ์ของระบบ (อาจเป็นแรงดันโพลาไรซ์กรือเป็นกระแสโพลาไรซ์) ซึ่งปริมาณเวคเตอร์ทั้งสองชนิดที่จะทำให้เกิดแรงบิดเพื่อให้มีการปิดหรือเปิดของหน้าสัมผัสขึ้นอยู่กับว่าฟอลต์ที่เกิดขึ้นอยู่ในtrip directional หรือ non-trip directionตามลำดับ ส่วนหน่วยระบุกระแสเกินจะทำงานเมื่อค่ากระแสฟอลต์มากกว่าที่ตั้งได้และ 67NT จะทำงานได้เมื่อทั้งหน่วยระบุทิศทาง และหน่วยระบุกระแสเกินทำงานพร้อมกัน

-Lock out Relay (86)

เป็นรีเลย์ที่ทำการหยุดเพื่อขอให้มีการรีเซ็ค ในกรณีที่เกิดการปลดเบรคเกอร์ด้วยส่วนหลังซึ่ง 86 จะทำหน้าที่ล็อคไม่ให้มีการปิดกลับอีกครั้ง จะปิดอีกครั้งได้ก็ต้องมีการรีเซ็คด้วยบุคลากรเสียก่อน

-Timeing Relay

ทำหน้าที่หน่วงเวลาในการทำงานของรีเลย์วัดระยะทางโซน 2 และโซน 3 เพื่อเป็น Back up ของโซน 1

-Loss of Potectial Alarm Relay (27S)

มีลักษณะเหมือนกับ 27P

-High Speed Auxilary Tripped Relay (94S)

เป็นรีเลย์ที่ทำหน้าที่ช่วยการทำงานของรีเลย์ป้องกัน(21-1,2,3 และ 67NT)ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สั่งปลดเบรคเกอร์โดยตรงนั้นจะทำให้วงจรยุ่งยากมากขึ้นและในการทำงานนั้นต้องใช้หน้าสัมผัส (contact) ของรีเลย์ในการสั่งปลดมากกว่า 1 contact ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้94S ทั้งหมด 3 ตัว คือ

-94SA เป็นรีเลย์ช่วยที่รับคำสั่ง 21-1 ทำหน้าที่สั่งปลดเบรคเกอร์ที่มีการแยกทริปทีละข้างในขดลวดทริปชุดที่ 1 (มีการ Trip reclose) ซึ่งจะใช้ contact เพื่อการนี้ ทั้ง 3 contact และยังนำเอาอีก 1 contact ที่เหลือจะนำเอาไปทำหน้าที่ ส่งสัญญาณไปยัง Annunciator

-94SB รับคำสั่งจาก 21-1 เช่นเดียวกับสั่งปลดเบรคเกอร์อีกตัวที่เหลือโดยจะสั่งทริปที่ขดลวดทริปที่ 1 เช่นเดียวกัน โดยใช้เพื่อการนี้ 1 contact และอีก 3 contactสำหรับสั่งงานให้ Automatics Oscillograph (AO) ทำงาน

-94SC รับคำสั่งจาก 21-2,3 โดยผ่าน timing relay ทำหน้าที่สั่งปลดเบรคเกอร์ทั้ง 2 ตัวแต่จะสั่งทริปในขดลวดทริปชุดที่ 2 และส่งสัญญาณไปยัง Annunciator และ AO เช่นกัน

7.2 ระบบป้องกันหม้อแปลง (TRANSTORMER PROTECTION)

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในระบบไฟฟ้ากำลัง สามารถใช้เชื่อมโยงระบบที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าต่างกัน มีลักษณะโครงสร้างที่ไม่ยุ่งยากและมีความเชื่อถือได้สูง เนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์สำคัญจึงต้องมีระบบป้องกันที่เชื่อถือได้ เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อหม้อแปลง

หม้อแปลงอาจจะเสียหายได้จากเหตุภายในหรือสภาวะภายนอก ซึ่งจะทำให้เสสียทางด้านไฟฟ้าหรือทางกลได้ สาเหตุอาจแบ่งเป็นประเภทดังนี้

-Windiog Failure เกิดขึ้นบ่อยจาก Insuslation เสื่อมสภาพ, เสีย, แตก

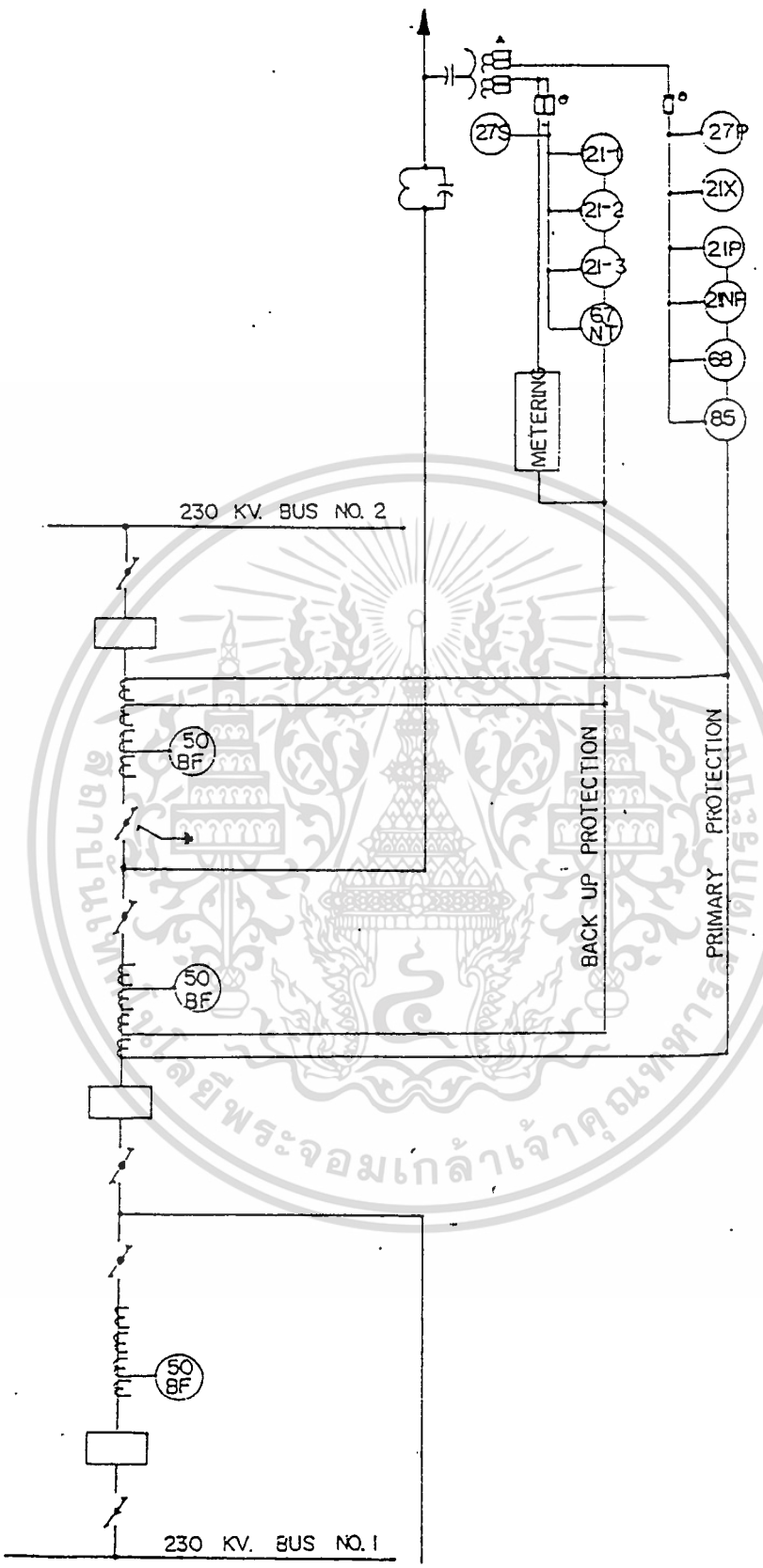
-แผงข้อต่อและ No-load Tap change เกิดจากการประกอบไม่ดี,เสียระหว่างการขนส่ง

-Bushing Failure เกิดจากความสกปรก

-Load Tap Changer เกิดจากกลไกทำงานไม่ถูกต้อง, Contact มีปัญหา

-อื่นๆ เช่น น้ำมันรั่วอันเกิดจากการเชื่อมไม่ดี, มีวัตถุแปลกปลอมในหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 7.1 ระบบป้องกันสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงเสียหายนอกจากเกิดที่หม้อแปลหรือสิ่งแวดล้อมแล้ว ก็ยังเกิดจากสภาวะภายนอกการป้องกันเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมนี้ต้องอาศัยอุปกรณ์ป้องกันหลายอย่างรวมกัน เป็นอุปกรณ์ช่วยลดภาระหรือปลดหม้อแปลงจากระบบ หรือจากสภาวะผิดปกตินั้น

7.2.1 การเสียหายของหม้อแปลงจากสาเหตุภายใน

ขนาดของกระแสฟอลต์ในขดลวดหม้อแปลงไม่ได้ถูกกำหนดด้วยแหล่งจ่าย หรืออินพีแดนซ์ระหว่างจุดนิวทรอลกับดินเท่านั้น แต่ยังถูกกำหนดด้วยLeakage Reactanceของหม้อแปลงด้วยค่าแรงดันในขณะที่เกิด Fault อาจจะต่างไปจากแรงดันของระบบจริง ทั้งนี้ย่อมขึ้นกับตำแหน่งฟอลต์ในขดลวด เพราะฉะนั้นจะมีได้หลายกรณี ดังจะเห็นได้ต่อไปนี้

(1) ขดลวดต่อแบบสตาร์ จุดนิวทรอลต่อลงดินโดยผ่านอิมพีแดนซ์เมื่อเกิดฟอลต์ลงดินบนขดลวดของหม้อแปลงแบบนี้ กระแสฟอลต์จะขึ้นกับค่าอินพีแดนซ์ที่ต่อลงดินและยังเป็นสัดส่วนกับระยะห่างของฟอลต์จากจุดนิวทรอล เพราะว่าแรงดันในขณะเกิดฟอลต์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะห่างนี้จะได้ว่า ฟอลต์ซึ่งเกิดใน 1/3 ของขดลวดตอนล่างจะทำให้กระแสไหลเข้าทางปฐมภูมิน้อยมาก

(2) ขดลวดต่อแบบสตาร์ จุดนิวทรอลต่อลงดินโดยตรงกระแสฟอลต์ในกรณีนี้ส่วนใหญ่จะจะขึ้นค่ากับ Leakage Reactance ของขดลวดซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะไม่แน่นอนกับตำแหน่งของฟอลต์

(3) ขดลวดต่อแบบเดลต้า เมื่อขดลวดต่อเป็นเดลต้าจะไม่มีจุดใดเลยบนขดลวดนี้มีแรงดันเทียบกับดินต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงดันระหว่างเฟส ดังนั้นความเปลี่ยนแปลงของขนาดกระแสฟอลต์จะมีไม่มากเหมือนในกรณีที่ต่อเป็นสตาร์

(4) ฟอลต์ระหว่างเฟส ซึ่งมักจะไม่ค่อยเกิดขึ้นแต่ถ้าเกิดขึ้นแล้ว จะทำให้เกิดกระแสฟอลต์ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับกระแสฟอลต์ที่เกิดในขดลวดต่อแบบสตาร์ จุดนิวทรอลต่อลงดินโดยตรง

(5) ฟอลต์ระหว่างรอบของขดลวด สำหรับหม้อแปลงแรงดันสูง ซึ่งต่อกับสายส่งแรงสูงแบบชิงสายในอากาศ โอกาศที่จะเจอกับแรงดันอิมพัลส์สูงมาก แรงดันชนิดนี้จะมีค่ายอดสูงชันมากดังนั้นจึงมีโอกาสที่จะเกิดลัดวงจรบนบางส่วนในขดลวดได้มากกว่าที่จะเกิดลัดวงจรลงดิน

(6) ฟอลต์ในแกนเหล็ก ถ้าฉนวนระหว่างแผ่นเหล็กที่ใช้ทำแกนเกิดชำรุด จะทำให้เกิดกระแสไหลวนสูงมากพอที่จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นสูงมากได้

(7) ความผิดปกติที่ตัวถังหม้อแปลง การรั่วของน้ำมันออกจากถังของหม้อแปลงจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดสภาพที่อันตรายต่อหม้อแปลง เช่น ลดความเป็นฉนวนของขดลวดและยังทำให้เกิดความร้อนสูงมากเกินขนาด

7.2.2 การเสียหายของหม้อแปลงจากสาเหตุภายนอก

การใช้งานหม้อแปลงเกินกำลัง (Overload) ย่อมจะทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นภายในขดลวดอันเกิดจากการที่ Copper Loss ที่มีค่าสูงขึ้น

การเกิดการลัดวงจรของสายภายในหม้อแปลงเป็นเวลานาน ย่อมจะทำให้เกิดกระแสภายในขดลวดสูง ความร้อนภายในหม้อแปลงก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

การเกิด Over voltageอันมาจากการเกิดฟ้าผ่าลงสายจ่ายกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลง การป้องกันสามารถทำได้โดยการติดตั้ง Surge Arrester

Magnetizing Inrush Current เป็นลักษณะของ Transient อย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นขณะเริ่มจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่หม้อแปลง

การป้องกันหม้อแปลงต้องประกอบด้วยทั้งการออกแบบและอุปกรณ์ป้องกันที่ครบถ้วนอย่างประหยัด การป้องกันควรออกแบบรวมสิ่งต่อไปนี้

1. ป้องกันหม้อแปลงจากสภาวะของระบบภายนอก (ระบบที่หม้อแปลงต่ออยู่)
2. ป้องกันหม้อแปลงจากฟอลต์ภายใน
3. ตรวจจับและวัดสภาวะภายในหม้อแปลงที่เริ่มก่อตัวขึ้น

7.2.3 การป้องกันเหตุผิดปกติในหม้อแปลงด้วยรีเลย์และอุปกรณ์ที่ติดตั้งในหม้อแปลง

(1) บุคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz relay)

เมื่อมีฟอลต์เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในหม้อแปลงซึ่งอาจเนื่องจาก core insulation บกพร่องทำให้เกิดระแสไหลลวนในแกนเหล็กของหม้อแปลงขึ้น

จากรูป 7.2(a) แสดงตำแหน่งและลักษณะการวางบุคโฮลซ์รีเลย์ในตัวหม้อแปลง และเพื่อให้บุคโฮลซ์รีเลย์ทำงานดีที่สุด จะต้องวางท่อที่ไปยัง Conservator Tank ให้ เอียงจากแนวระดับประมาณ ซึ่งบุคโฮซ์รีเลย์จะมีลูกลอยซึ่งมีสวิทช์ปรอทติดอยู่ และมีตุ้มน้ำหนักถ่วงลูกลอยไว้อีกทางด้านหนึ่ง ทั้งหมดนี้จะจมอยู่ในน้ำมัน น้ำหนักของลูกลอยจิ้งน้อย ตุ้มน้ำหนักกว่าก็จะกระดกลูกลอยไว้ เมื่อค่อยๆ มีแก๊สสะสมขึ้นและไปแทนที่น้ำมัน ระดับน้ำมันก็จะต่ำลงเนื่องจากความดันของแก๊ส น้ำหนักลูกลอยจะเพิ่มขึ้นจนหนักกว่าตุ้มน้ำหนักอีกด้านหนึ่งก็จิ้งกระดกให้สวิทช์ปรอททำงาน และส่งสัญญาณเตือนภัยไปที่ชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 7.2(b) ในกรณีที่มใช้ถ้วยแทนลูกลอย เมื่อแก๊สสะสมมากเข้าและระดับน้ำมันนอกถ้วยต่ำลง ในถ้วยจะยังคงมีน้ำมันเหลืออยู่ ทำให้น้ำหนักของถ้วยมากกว่าตุ้มน้ำหนักและจะกระดกสวิทช์ปรอทให้ Alarm ในกรณีใช้ถ้วยนี้ มีข้อดีคือ ปัญหา Alarm ผิดๆ เนื่องมาจากลูกลอยแตกหรือรั่วจะหมดไป

ขอบเขตการทำงานของบุคโฮลซ์รีเลย์

1. ฟองลม์ที่เกิดจะต้องอยู่ต่ำกว่าระดับผิวของน้ำมันในหม้อแปลง
2. สวิทช์ปรอทที่มชั้จะต้องไม่วองไวต่อสิ่งต่าง ๆ เช่น แผ่นดินไหว, การทำงานของ Tap Changer
3. บุคโฮลซ์รีเลย์ใช้เวลาทำงานน้อยที่สุด 0.1 วินาที แต่โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 0.2 วินาาที สาเหตุที่ทำให้บุคโฮลซ์ Alarm พอสรุปได้ดังนี้

สาเหตุที่ทำให้บุคโฮลซ์เตือน พอสรุปได้ดังนี้

1. Insulation เสียหาย เช่น หัก, หลุด หรือแตก
2. ฉนวนเสื่อมคุณภาพ
3. ข้อต่อต่าง ๆ หลุดหลาม
4. ขดลวดร้อนเกินไป ฉนวนเสื่อมเนื่องจาก Eddy current สูงเกินไป
5. หม้อแปลงรั่วซึ่งทำให้น้ำมันลดลงมาก

สาเหตุที่ทำให้บุคโฮลซ์ Trip พอสรุปได้ดังนี้

1. Breakdown of Bushing
2. Inter-phase Fault
3. Grounding Fault
4. การลัดวงจรภายในขดลวด

(2) Sudden Pressure Relay

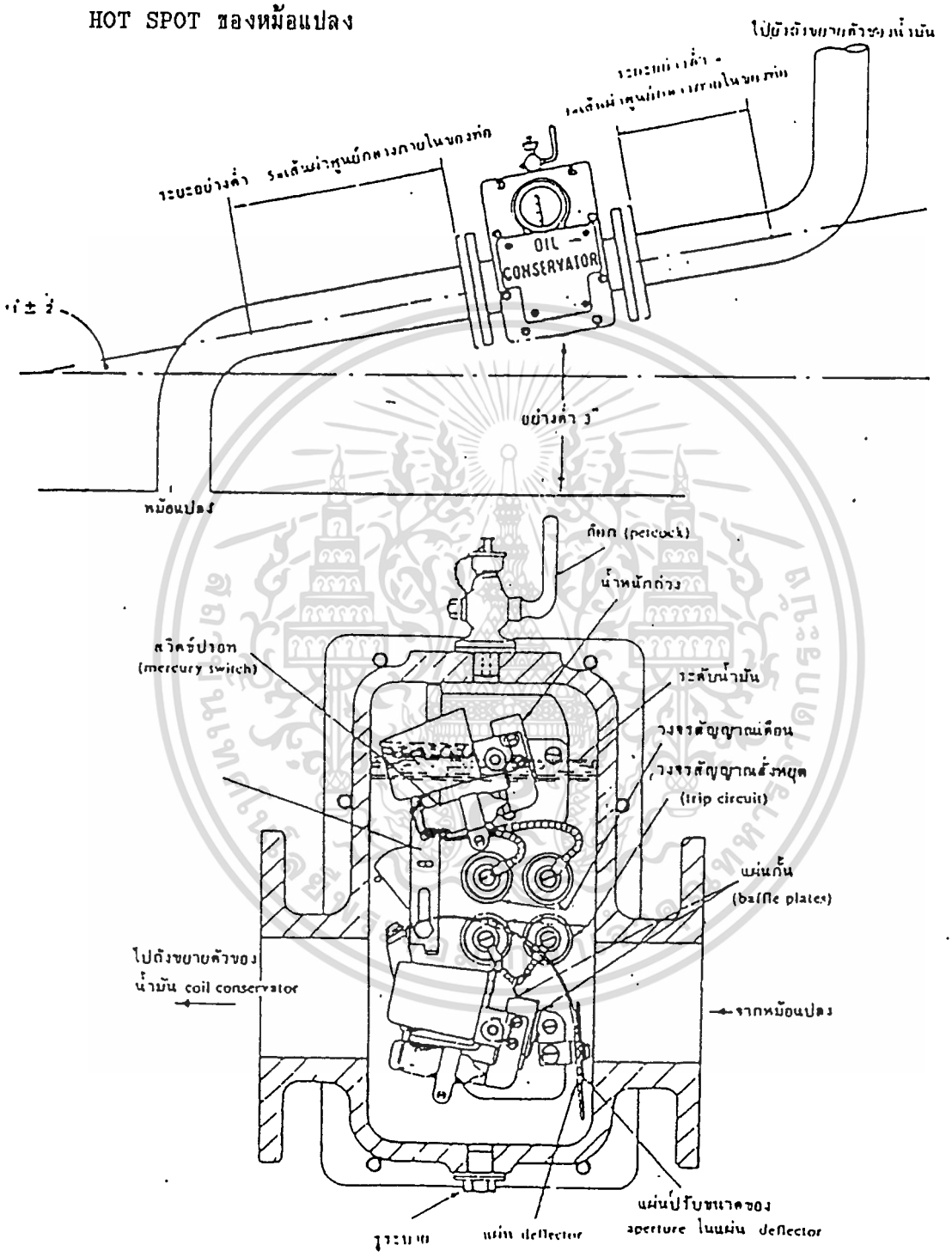
กรณีที่หม้อแปลงไม่มี Conservator Tank แต่มีห้องรวบรวมแก๊ส หรือจะอยู่ในห้อง On Load Tap Change (LTC) ซึ่งแยกอยู่ต่างหาก จะนำบุคโฮลซ์รีเลย์ไปใช้ไม่ได้ ดังนั้นจึงมีรีเลย์อีกชนิดหนึ่งมชั้แทนบุคโฮลซ์รีเลย์เรียก Sudden Pressure Relayรีเลย์ดังกล่าวจะทำงานเมื่อมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความดันภายในหม้อแปลง

(3) Overheating Protection

ในการป้องกันนั้นจะใช้การตรวจจับความร้อนโดยอาศัย Heat Detector ซึ่งส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็น RTD อาจจะเป็นแบบ CU หรือ PT แล้วแต่ผู้ผลิตอุปกรณ์ดังกล่าวจะฝังอยู่บริเวณ HOT SPOT ของหม้อแปลง



รูป 7.2 (a) แสดงลักษณะการติดตั้ง Buchholz Relay

(b) แสดงลักษณะภายในของ Buchholz Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.4 การป้องกันเหตุผิดปกติในหม้อแปลงด้วยรีเลย์ภายนอกหม้อแปลง

(1) Over Current Griund Rclay (51G)ใช้ป้องกัน Flash over ภายในหม้อแปลงซึ่งอาจจะเกิดจากฟ้าผ่า หรือ Switching Surge Flash over รีเลย์นี้ใช้เป็น Backupของ Differential Relay หรือบุคโฮลซ์รีเลย์

(2) Over Current Relay (51/50T) ในขณะที่ตัว Diverstor Switch ของ On Load Tap Changer กำลังทำงานเปลี่ยน Tab อยู่ ถ้าเกิดมี Over current เนื่องจากมีฟอลต์ในขณะนั้น จะทำให้เกิดอาร์กและเกิดการลัดวงจรที่แทประหว่าง รอบของขดลวดขึ้นได้ ใช้ เป็น Back-up ของ Differential Relay

(3) Differential relay (87K) หม้อแปลงเมื่อใช้ไปนาน ๆ ฉนวนต่าง ๆ ย่อมเสื่อมคุณภาพ เมื่อมีการลัดวงจรเกิดขึ้นอย่างรุนแรงภายนอกหม้อแปลง ขดลวดของหม้ออาจเกิดเบรคดาวน์ระหว่างขดลวดได้นอกจากนี้เมื่อเกิดมี Flash overระดับน้ำมันในหม้อแปลงเช่นที่ Bushing ของหม้อแปลง ซึ่งบุคโฮลซ์รีเลย์ป้องกันไม่ได้ ดังนั้น Differential Relayจึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกัน Flash over ดังกล่าวนอกจากนี้ยังสามารถ Clear Fault รุนแรงอื่น ๆ ได้เร็วกว่าบุคโฮลซ์รีเลย์อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 7.3

(4) Auxilary tripping and lockout relay (68K)

เป็นรีเลย์ชนิด High Lpeed ทำงานด้วยแรงดัน DC และ Manual Resetด้วยสวิทช์ Cut-off จะรับคำสั่งการทำงานจากตัวรีเลย์ที่ตรวจการผิดพลาดที่เกิดขึ้นไปสั่ง conract ที่ ทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่น Tripping, Lockout Open Circuit Breaker หรือ Alarm ที่ต่อวงจรป้องกันไว้ทำงาน จะมีใช้ในระบบป้องกันหม้อแปลง , Bus และ Breaker Failure

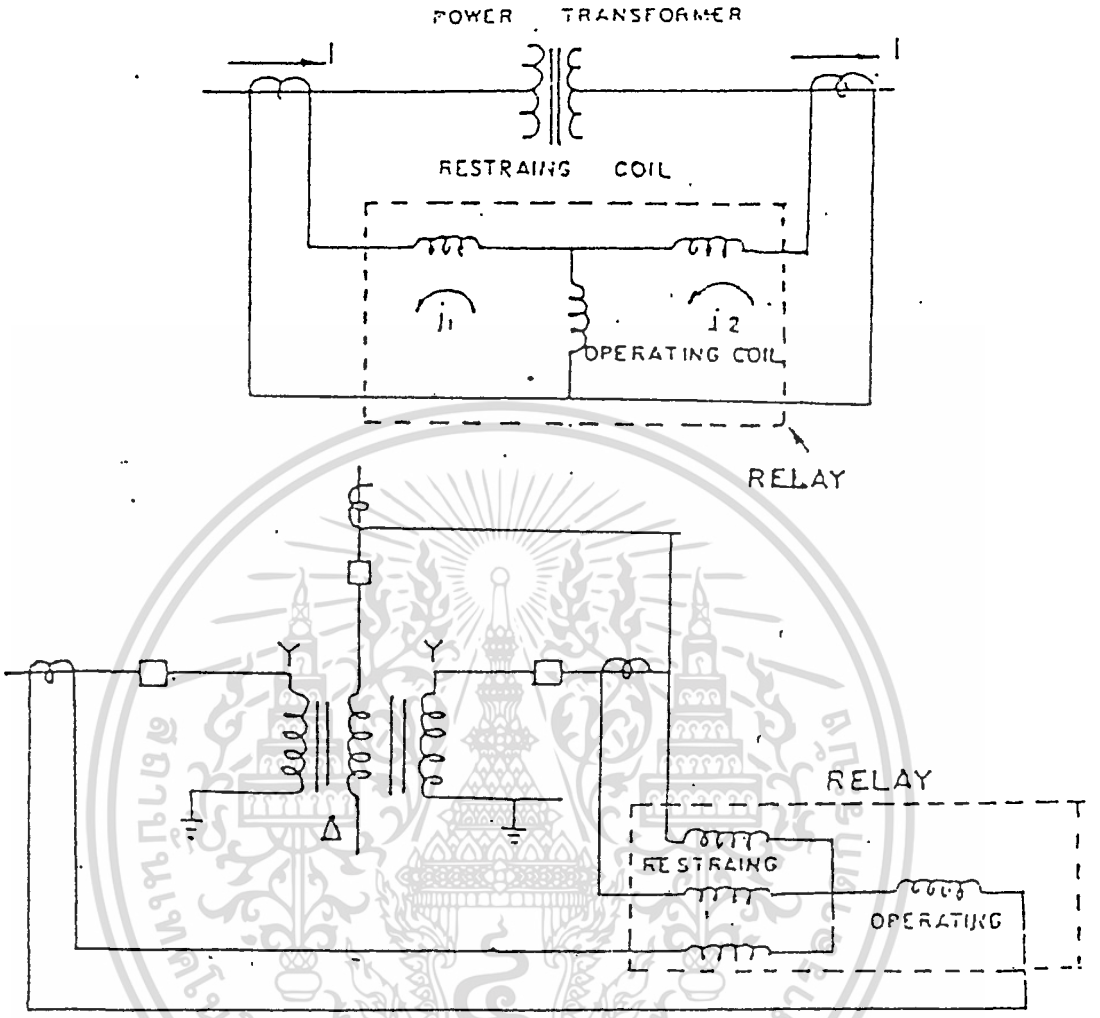
(5) Loss of dc alarm relay (27xR)

ตรวจเช็คระบบ DC Control ของวงจรป้องกันหม้อแปลงว่า DC supply ยังคงมีจ่ายให้กับวงจร ถ้าวงจรเกิด Fault ไม่มี DC Supply จ่าย ก็จะมีการแสดงบอกที่ Annunciator และ Alarm ที่ Control Board

(6) Winding to tank (Earth Fault Protection)

การที่มีระบบป้องกันขึ้นเพื่อป้องกันการ Leakage ของกระแส และเกิด Fault ขึ้นกับตัวถังของหม้อแปลง โดยจะมีวงจร Earth Fault เป็นตัววัด และจำกัดกระแสที่เกิดขึ้นไม่ให้มากเกินที่จะทำให้หม้อแปลงเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

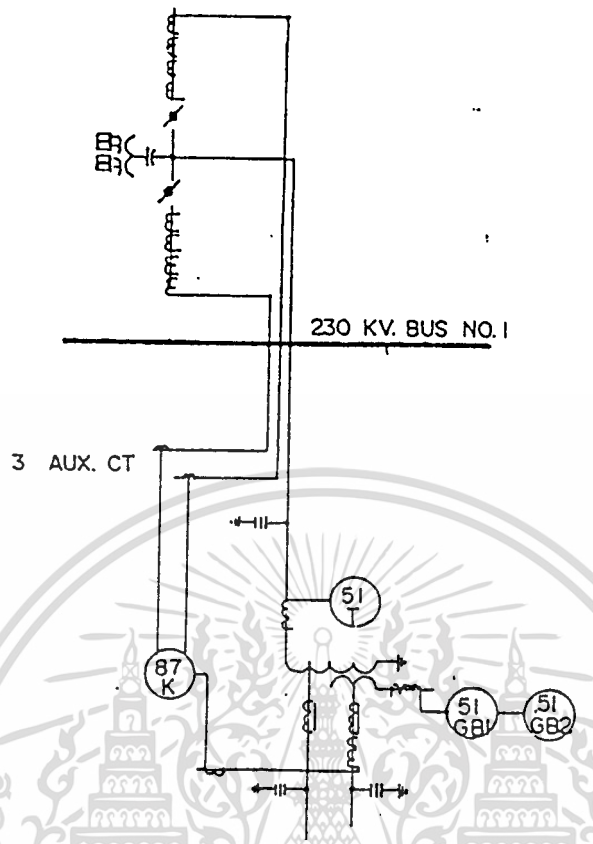


รูป 7.3 (a) Percentage Differential Relay

(b) Three Winding Transformer Differential Relay

(7) การป้องกัน Over Voltage แรงดันเกินอาจเกิดจากฟ้าผ่า , การทำ Switching ในระบบและการเกิด Fault เราต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบป้องกันหม้อแปลง ถ้าหม้อแปลงทางด้านแรงสูง และ แรงต่ำอยู่กลางแจ้งจำเป็นจะต้องติดตั้ง Lighning Arrester

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 7.4 ระบบป้องกันหม้อแปลง

7.3 ระบบป้องกันบัส (BUS PROTECTION)

Type of Protection เกี่ยวกับเรื่องคุณสมบัติของ bus protectionโดยทั่ว ๆ ไปการออกแบบ bus protection นั้นเหมือนกับการออกแบบ Protection อื่น ๆ ทั่วไป แต่จุดสำคัญที่พิจารณาเป็นพิเศษ คือ Speed กับ Stability ของ Relay

การแบ่งชนิดของ Bus Protections แบ่งได้เป็น

1. Primary Protection
2. Backup Protection

Primary Protection

เป็นพวก Diff. Relay เพราะมีความไวสูงและเหมาะที่จะใช้กับ Bus ที่มี Feeder น้อย ๆ ไปจนถึง Bus ขนาดใหญ่ที่มี Feeder มาก ๆ ได้แก่

(1) Linear Coupler Bus Protection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) Multi-Restrain Diffirential Relay or Percentage Relay

(3) High Impedance Diff. Relay

Linear Coupler Differential System

รูป 7.5 แสดงลักษณะไดอะแกรมเปรียบเทียบ CT ของ Linear Coupler Circuit (LC) กับ CT ธรรมดา ๆ ทั่วไปซึ่งจะเห็นว่าทุติยภูมิของ LC จะเป็นแรงดันออก โดยถือว่าด้านเครื่องหมายจุดเป็นบวก LC ใช้เป็นระบบป้องกันบัสที่มีความน่าเชื่อถือได้ดีมากทำงานได้เร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับรีเลย์ชนิดอื่น ๆ ง่ายต่อการนำไปใช้งาน และยังพร้อมที่แก้ไขแบบแผนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการจัดวางบัสใหม่

รูป 7.5 เปรียบเทียบการต่อ Linear Coupler กับ CT ธรรมดา

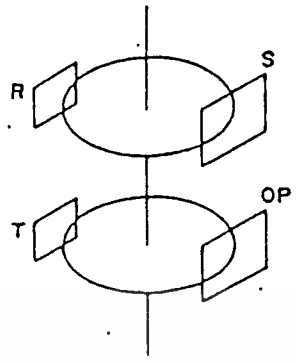
Multi-Restraint, Variable-Percentage Differential Rotation

วิธีนี้ใช้กับ CT ธรรมดาทั่วไป ซึ่งในกรณีที่เกิดฟอลต์ภายนอกโซนป้องกันอย่างรุนแรง CT ก็จะอิ่มตัวได้ ดังนั้นรีเลย์ที่นำมาใช้จึงสลับซับซ้อนกว่าวิธีที่กล่าวมาแล้วในข้อ (1) ทั้งนี้เพื่อชดเชยกับคุณสมบัติของ CT รีเลย์ดังกล่าวประกอบด้วย Restraint Unit 3 ชุด (R, S,T) และ Operating Unit 1 ชุด ดังรูป 7.6

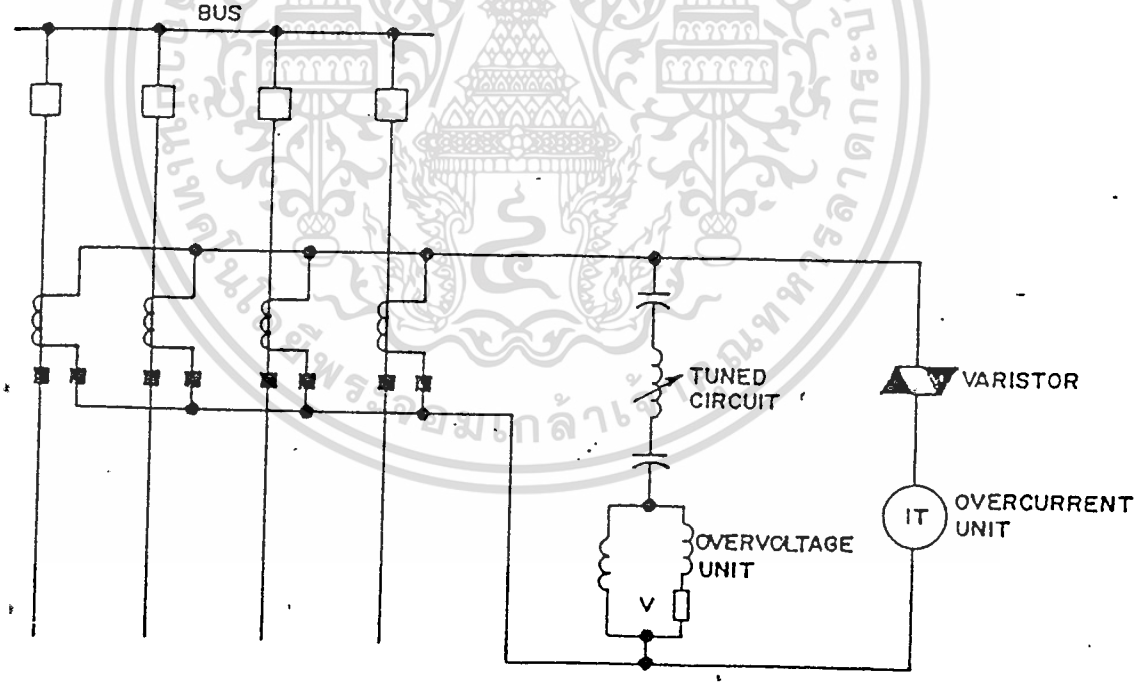
High Impedance-Voltage Differential Protection

วิธีนี้ใช้กับ CT ธรรมดา แต่หลีกเลี่ยงปัญหาความผิดพลาดเนื่องจากคุณสมบัติของ CT ที่ใช้โดยการใช้ High Impedance Relay Unit ต่อตามรูปที่ ซึ่งทำให้กระแสผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่ไหลผ่านขดลวดทำงานของรีเลย์ แต่จะไหลกลับอยู่ใน CT โดยค่าความต้านทานทางด้านทุติยภูมิของ CT ทุกตัวที่ใช้ต้องมีอัตราส่วนรอบเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 7.6 แสดงการจัดวาง Restraint Unit และ Operation Unit



รูป 7.7 แสดงการต่อ High Impedance Relay Unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Back up Protection

ในการที่เกิดฟอลต์บนบัสบาร์ และเมื่อระบบป้องกันบัสทำงานปลดเบรคเกอร์ออกแล้ว ถ้ามีเบรคเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งฟอลต์ อาจจะเนื่องจากจัดตัวทางกลหรือไฟฟ้าไม่สามารถปลดได้ ก็จะมี Back up Protection ซึ่งแบ่งได้เป็น

(1) Current-Differential Scheme With Overcurrent Relay

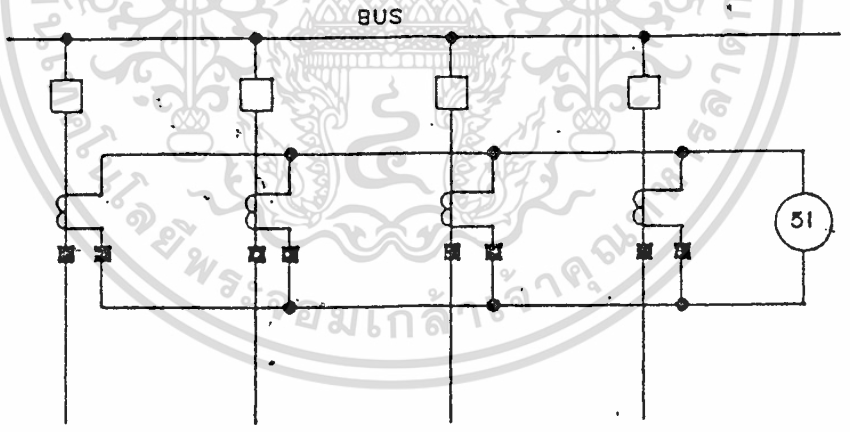
(2) Partial-Differential Schrme

(3) Directional-Comparision Relaying

(4) Fault-Bus Method

Current-Differential Scheme With Overcurrent Relay

Diff.Scheme นี้ใช้ร่วมกับ CT แบบธรรมดาทั้งหมดต่อขนานกันและคร่อมรีเลย์กระแสเกินตาม รูป 7.8 ซึ่งค่าพิกอัพต่ำสุดของรีเลย์กระแสเกินนี้จะต้องปรับให้สูงกว่าค่ากระแสไม่สมดุลย์สูงสุดเมื่อเกิดฟอลต์ภายนอกเขตป้องกันสูงสุด

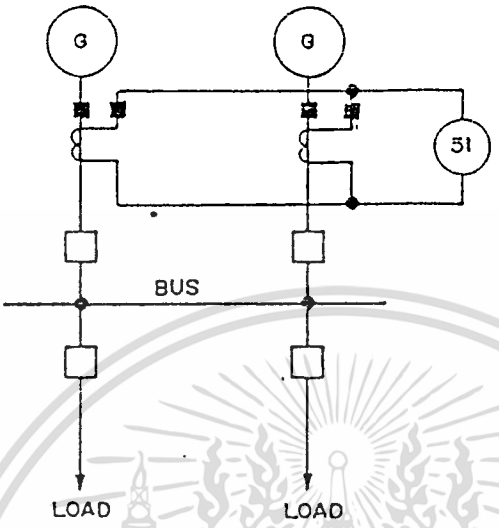


รูป 7.8 Current-Differential Schrme With Overcurrent Relay

Partial-Differential Schrme

ปรับปรุงมาจาก Current Differential Scheme โดยใช้ CT จาก Bay ที่เป็นแหล่งจ่ายเก่านั้นต่อขนานกันตาม รูป 7.9 สาเหตุที่ใช้แบบแผนอย่างนี้เนื่องจาก CT ของโหลดมีไม่พอหรือไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็น Complete Current Differential Scheme

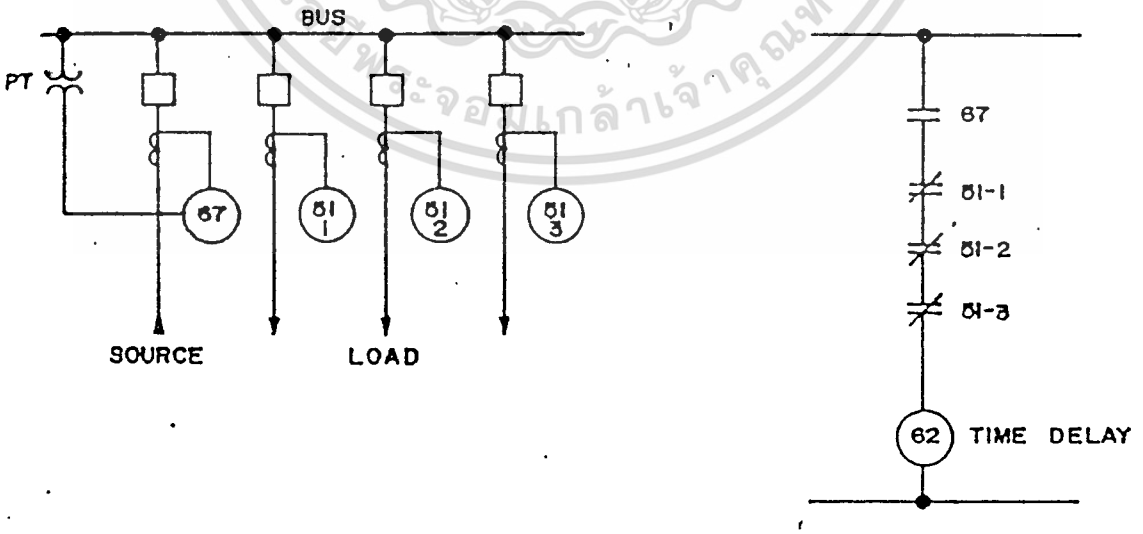
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 7.9 Partial-Differential Schrme

Directional-Comparision Relaying

ใช้ Directional-Comparision Relay ในแต่ละวงจรแหล่งจ่าย และใช้ O.C. Relay ธรรมดาในแต่ละสายป้อนทั้งหมด ตาม รูป 7.10

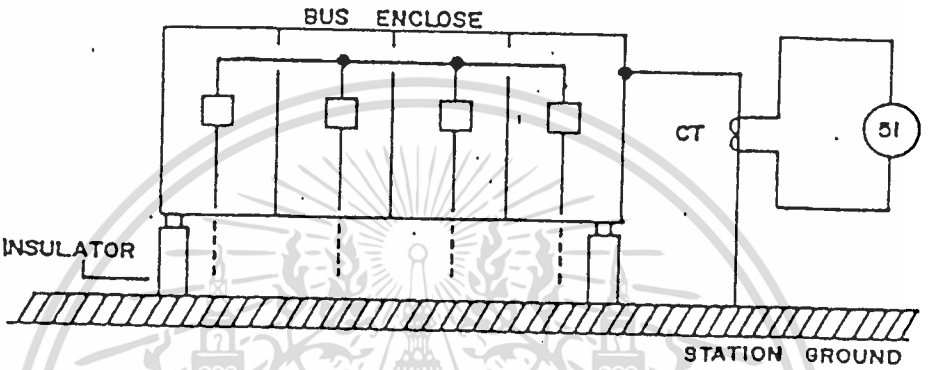


รูป 7.10 Directional-Comparision Relaying

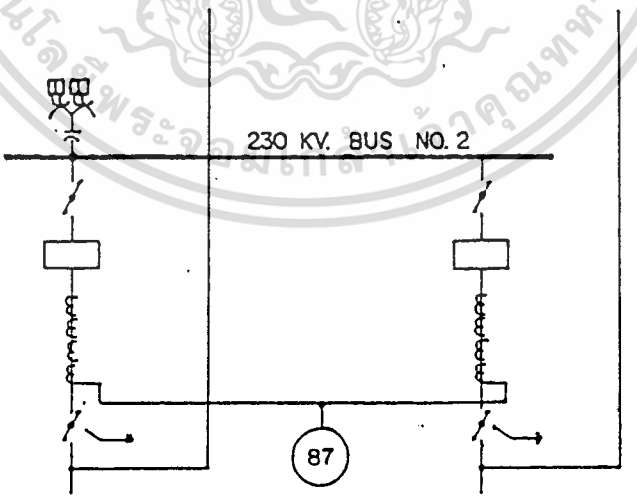
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fault-Bus Method (Ground Fault Protection Only)

วิธีนี้ใช้งานได้อย่างดีกับบัสและสวิทช์เกียร์แยกจากกราวน์ด้วย Insulation Support ตามรูปที่ แต่ละบัสแต่ละเฟสแยกจากกันกรือมีฉนวนหุ้ม เพื่อว่าโอกาสเกิด Phase-to-Phase-Fault น้อยมาก



รูป 7.11 Fault-Bus Method



รูป 7.12 ระบบป้องกันบัส (Bus Protection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 ระบบป้องกันเบรคเกอร์ชำรุด (Breaker Failure Protection)

ในระบบ 230 KV จำเป็นต้องมีระบบป้องกันความบกพร่องของเบรคเกอร์ในนการตัดวงจร วงจรที่สั่งทริปและปลด (Lockout) เบรคเกอร์จะต้องถูกแยกออกจากระบบที่เกิดการลัดวงจร รีเลย์ที่สั่งปลดเบรคเกอร์ จะมีได้เพื่อไม่ให้เบรคเกอร์ต่อวงจรอีกครั้งจนกว่ารีเลย์จะถูกยกเลิกคำสั่งโดยการรีเซต การส่งคำสั่งให้กับ breaker failure จะใช้รีเลย์กระแสเกินกว่าแบบที่ทำงานทันทีทันใด (Instantaneous Overcurrent Relay) โดยเชื่อมต่อกับรีเลย์หน่วงเวลา (Timeing Relay)

อุปกรณ์ที่สำคัญ

1. Current Detect Relay (50BF)

เป็นรีเลย์ชนิดกระแสเกินกว่าแบบทำงานทันทีทันใดที่ไม่รู้ทิศทาง โดยมีการตั้งค่าเวลาในการทำงานต่ำกว่า 10 มิลลิวินาที เมื่อมีกระแสที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของค่ากระแสที่เริ่มทำงาน (Pick Up) โดยชนิดเฟสต่อเฟสค่าพิคอัพ 2-8 แอมป์ และชนิดเฟสต่อกราวด์จะมีค่าพิคอัพ 1-4 แอมป์

2. Breaker Failure Time (62BF)

ใช้หน่วงเวลาของรีเลย์โดยมีค่าหน่วงเวลาตั้งแต่ 0.05-1 วินาที และ สามารถปรับแต่งได้

3. Auxiliary Tripping And Locking Relay (86BF)

รีเลย์ตัวนี้จะเป็นตัวช่วยโดยจะทำงานสอดคล้องกับเบรคเกอร์ โดยจะสั่งเบรคเกอร์ข้างเคียงให้ทริปและปลดออก

4. Breaker Failure Initiating Relay (62X,62Y)

รีเลย์ตัวนี้จะใช้ในระบบป้องกันแต่ละระบบ เช่น ระบบป้องกันสายส่ง ระบบป้องกันหม้อแปลง และ ระบบป้องกันบัส เพื่อที่จะไปกระตุ้นวงจรป้องกันเบรคเกอร์ชำรุด ในการกระตุ้นแต่ละครั้งมันจะช่วยแบ่งกระแสจากการลัดวงจร และช่วยเคลียร์จากการลัดวงจรด้วย

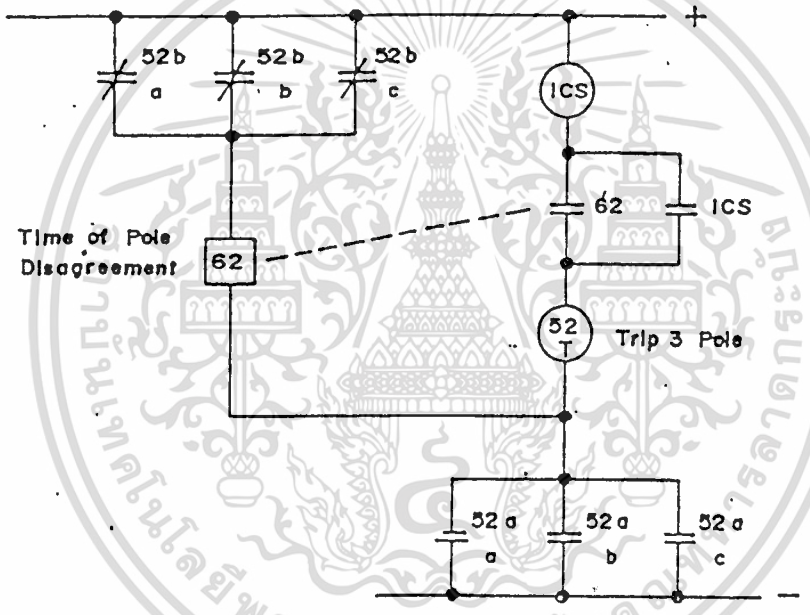
5. Loss of DC Alarm Relay (27XR)

จะทำหน้าที่ตรวจสอบระดับแรงดันไฟตรง โดยจะเตือนเป็นเสียงซึ่งจะถูกเชื่อมวงจรไปที่ Annunciator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 ระบบป้องกันการกลับเข้าที่เดิมของหน้าสัมผัสของเบรคเกอร์ที่ไม่สนิท

การที่หน้าสัมผัสปิดไม่สนิทอาจเกิดจากขั้ว (Pole) ของเบรคเกอร์ 1 ขั้วหรือมากกว่าเปิดวงจรในสภาวะปกติโดยในขณะที่ขั้วอื่น ๆ อยู่ในสภาพที่ปิดวงจร หรือ เกิดจากการปิดกลับเข้าอย่างเดิมช้าเกินไป หรือ ปิดกลับไม่สนิท จะทำให้เกิดสภาวะความไม่สมดุลย์ (Unbalance)จึงจำเป็นจะต้องมีระบบป้องกันที่เรียกว่า Breaker Pole Disagreement ซึ่งมีวงจรของขั้วและวงจรทริปดังรูป 7.13



รูป 7.13 วงจรของ Pole Disagreement

หมายเหตุ 52a,52b เป็นหน้าสัมผัสช่วยของเบรคเกอร์

เวลาของ pole disagreement นั้นจะตั้งไว้ประมาณ 0.54 วินาที กล่าวคือถ้าขั้วของเบรคเกอร์ปิดไม่สนิทนานกว่านี้แล้วจะมีการทริปออกพร้อมกันทั้ง 3 ขั้วอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.6 ระบบป้องกันการทริปอันเนื่องจากการแกว่งของกำลังไฟฟ้า

ข้อแตกต่างระหว่างสภาวะฟอลต์กับสภาวะการแกว่งของกำลังไฟฟ้าซึ่งจะไม่ใช่ฟอลต์ ก็คือ ถ้าเกิดฟอลต์ค่าแรงดันจะลดลงและค่ากระแสจะเพิ่มขึ้นทันทีทันใดแต่ในการเกิดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าการเปลี่ยนแปลงของกระแสและแรงดันจะค่อย ๆ เปลี่ยน ดังนั้นเราจึงต้องใช้รีเลย์ที่นำมาป้องกันการทริปเนื่องจากสภาวะดังกล่าวก็คือ

Out of Step Blocking Relay (68)

จะรวมอยู่ใน Primary Protection เพื่อทำงานร่วมกับรีเลย์วัดระยะทางรีเลย์ 68 จะถูกตั้งให้คลอบคลุม รีเลย์วัดระยะทางซึ่งจะทำให้แยกสภาพของฟอลต์กับ สภาพการแกว่งได้ชัดเจนเมื่อเกิดการแกว่งของกำลังไฟฟ้า ค่าอิมพิแดนซ์ที่รีเลย์มองเห็นจะเปลี่ยนจาก Z_{oo} เป็น Z_p อย่างช้า ๆ โดยจะเปลี่ยนจากค่าสูงสุดและลดลงสู่ค่าต่ำสุดแล้วค่อยๆเพิ่มอีกครั้งหนึ่งถึงค่าสูงสุดโดย Z_{oo} จะลดลงมาตัดที่จุด Q ก่อนแล้วจึงตัดZ_p ที่จุด P ด้วยระยะเวลาที่ห่างกันทำให้สามารถนำสัญญาณจาก Z_{oo} ไปบล็อคไม่ให้ Z_p สั่งทริปได้โดยมีการหน่วงเวลาประมาณ 4 ลูกคลื่นซึ่งกว่าอิมพิแดนซ์จะเดินทางมาถึงจุด P ก็มีการสั่งบล็อคแล้ว แต่ถ้าเป็นกรณีฟอลต์จริง ๆ อิมพิแดนซ์จะเปลี่ยนจาก Z_{oo} ไป Z_p อย่างรวดเร็วเกือบจะพร้อมกัน ดังนั้น Z_p จะสั่งทริปก่อนที่จะมีสัญญาณบล็อคจาก Z_{oo} มาถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

บทวิจารณ์และสรุป

การนำคอมพิวเตอร์ มาควบคุมในระดับสถานีไฟฟ้าย่อยนี้ ได้นำแนวความคิดของ HNN บางส่วนมาใช้ในการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม การสวิทช์ชิ่ง ระหว่างสายป้อน หรือหม้อแปลงที่เกิดโอเวอร์โหลด ไปยังสายป้อนหรือหม้อแปลงที่สามารถรับโหลดเพิ่มได้เพื่อทำให้ระบบมีเสถียรภาพ และความน่าเชื่อถือมากขึ้น

หลักการทำงานของโปรแกรมจะทำการปรับค่าความผิดพลาด (ผลต่างของค่าโหลดเป้าหมาย กับ ค่าโหลดที่เกิดขึ้นจริง) ของแต่ละสถานีไฟฟ้าย่อย แล้วนำมาพิจารณาค่าความผิดที่ละสถานีไฟฟ้าย่อย ค่าความผิดพลาดแต่ละตัวจะถูกนำมาเปรียบเทียบ สถานีไฟฟ้าย่อยที่มีค่าความผิดพลาดมากจะได้รับการสวิทช์ชิ่งก่อน สถานีไฟฟ้าย่อยที่มีค่าความผิดพลาดน้อย ดังนั้นจะทำให้เกิดภาวะสมดุลย์มากที่สุด ทำให้สถานีไฟฟ้าย่อยแต่ละแห่งไม่เกิดโอเวอร์โหลดมากเกินไป มีผลให้ระบบโดยรวมมีเสถียรภานดีขึ้น และมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

จากหลักการทำงานข้างต้นได้นำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการเลียนแบบในบางเขตพื้นที่ ที่จะทำการสวิทช์ชิ่ง ซึ่งผลการรันโปรแกรมที่ได้จากการเลียนแบบข้อมูลทั้ง 3 กรณี ทำให้ผลรวมของค่าความผิดพลาดลดลงได้มากพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*-----------------------------------*/
/*          MAIN , RUN PART          */
/*-----------------------------------*/


#include<graphics.h>
#include<stdio.h>

#define  MAX_SUB     10  /* Define maximum no. of substation  */
#define  MAX_FEED     8  /* Define maximum no. of feeder */
#define  MAX_NCN      3  /* Define maximum no. of connection */
#define  NO          -1  /* No use of connection */
#define  ON           1  /* Status of circuit breaker */
#define  OFF      0  /* Status of circuit breaker */
#define  CB_COLOR     4  /* Define color of circuit breaker */
#define  ON_COLOR    10  /* Define color of status ON */
#define  OFF_COLOR   12  /* Define color of status OFF */
#define  TGT_COLOR   10  /* Define color of target */
#define  RDL_COLOR   11  /* Define color of radial */
#define  ERR_COLOR   12  /* Define color of error */
#define  BK_COLOR     1  /* Define color of background */
#define  VL_COLOR    14  /* Define color of value */
#define  PIC          0  /* MODE PICTURE */
#define  TABLE        1  /* MODE DATA_TABLE*/


int   switching(int g);
int   sum_err(void);
int   error(int g);
int   sortdata(void);
int   fnd_max(void);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void  run_prog(void);
void  run(void);
void  operate(void);
void  show_init_value(void);
void  status_cb(int _sub ,int _feed);
void  wink(int _sub,int _feed);
void  alarm(void);
void  update_err(int sub);
void  update_sum_err(int err);
void  fnd_act(void);
void  graph(void);
void  draw_table(void);
void  get_data_table(void);
void  update_table(int s1,int s2, int f1,int f2);

int  tgt[MAX_SUB];            /* Target load of each substation */
int  act[MAX_SUB];            /* Actual load of each substation */
int  err[MAX_SUB];            /* Error value of each substation */
int  rdl[MAX_SUB];            /* Radial load of each substation */
int  cnl[MAX_SUB][MAX_FEED];/* Connected value of each feeder */
int  stt[MAX_SUB][MAX_FEED];/* Status of connected feeder     */
int  fgs[MAX_SUB][MAX_FEED][MAX_NCN];/*Connected substaion No.*/
int  fgf[MAX_SUB][MAX_FEED][MAX_NCN];/*Connected feeder No.   */

  /*    LOCATION TO DISPLAY  ON SCREEN  */

int xlo[MAX_SUB][MAX_FEED]; /* Position of c.b. in x-axis */
int ylo[MAX_SUB][MAX_FEED]; /* Position of c.b. in y-axis */
int tgtx[MAX_SUB];     /* Position of target value */
int tgty[MAX_SUB];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int rdlx[MAX_SUB];     /* Position of radial value */
int rdly[MAX_SUB];
int errx[MAX_SUB];     /* Position of error value */
int erry[MAX_SUB];

int  order[MAX_SUB];  /* use for sort data (as buffer) */
int  sum__before;     /* sum of error before switching */
int  sum__after ;     /* sum of error after switching  */

int  _SUB;              /* number of substation */
int  feed_num[MAX_SUB]; /* number of feeder in substation */
int  _NCN;              /* number of connection */

extern int _sound, /* for select alarm on or off */
   _output,/* for select output display */
   _graph; /* for enable or disable to show graph */

/*************************************/
/*******    RUN PROGRAM      *********/
/*************************************/
void run_prog(void)

{
 if(_output==TABLE){   /* run only table mode */
   run();              /* call fuction run */
   graph();            /* show bar graph */
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*************************************/
/**********     RUN     **************/
/*************************************/
void run(void)

{
  register int   a;  /* loop variable */
   int   cnt;/* cnt = number of substation which err<0 */
   int   result; /* result : indicate switching is OK */

   if(_output==PIC)
     show_init_value(); /* Set initial value in graphics  */
   if(_output==TABLE){
     draw_table();      /* Set table */
     get_data_table();  /* Set initial data in Table */
   }

   do{
sum__before =  sum_err();  /* find sum of error */
cnt = sortdata();/* sort error,rank in negative */
 /* cnt : number of substatio (err<0) */
 getch();          /* pause */
 for(a=0;a<cnt;a++){
result = switching(order[a]);     /* switching */
if( result == 0)
   break;     /* Switching is OK. */
 }

sum__after  = sum_err();  /* find sum of error */
    }/*do*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    while( sum__after < sum__before );
   /* operate util after < before */

    sound(500);delay(200);  /* can't switching */
    sound(600);delay(250);
    sound(400);delay(100);
    nosound();
    getch();
 }/*run*/

 /*****************************************/
 /********** Sort Negative Data  **********/
 /*****************************************/
 int sortdata(void)

 {
   register int  b,c; /* b,c is variable for looping */
    int  bf,max,count;
    int  buf[MAX_SUB];

    for(b=0,count=0;b<_SUB;b++){
 if((err[b])<0){
    /* Get only negative data( Substation err) */
    buf[b]=err[b];
    count++;
 }              /* count = number of Neg.error value */
 else
 buf[b]=0;      /* err[] > 0 ,make it to zero (0) */
  }
    for(c=0;c<count;c++) {    /* sort (count) times */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
bf=0;
for(b=0;b<_SUB;b++){
  /* this loop find max error in negative */
  if( buf[b] < bf ){
  bf = buf[b];/* bf : substation error */
  max= b;     /* max negative value is substation b */
  }
}
buf[max]=0;    /* clear max error to find next lower */
order[c]=max;  /* ranking */
  }
  return(count);/* return number of substation which err<0 */
}

/*****************************************/
/************** SWITCHING  ***************/
/*****************************************/
int  switching(int g)

 /*  err[g] must less than zero */
 /*  g : substation number */
{
  int h,k;    /* variable for looping */
  int fn,sn;  /* get feeder and get substation */
  int  before,after;

   for(h=0;h<feed_num[g];h++){
if(stt[g][h]==0)continue;
/*if status of feeder is OFF,go to next feeder*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for(k=0;k<_NCN;k++){
/* call feeder NO. that connected to feeder h */
sn=fgs[g][h][k];
/* sn is no.substation of connected feeder   */
fn=fgf[g][h][k];
/* fn is connected feeder in sub no.'sn '    */
if((fn==NO || sn==NO) || err[sn]<=0 )continue;
if(stt[sn][fn] == 1)continue;

/* error of substation number 'sn' is more than Zero ,      */
/* and the connected feed between the feeder is not used    */

before=(abs(err[g])          +abs(err[sn])          );
after =(abs(err[g]+cnl[sn][fn])+abs(err[sn]-cnl[sn][fn]));

/* before is : sum_error of both substation before switching  */
/* after is  : sum_error of both substation after switching   */
/* err[g]+cnl[sn][fn]  :increase value error of substation g  */
/* err[sn]-cnl[sn][fn] :decrease value error of substation sn */

  if/*1*/(after < before){

 /* if (after) < (before) ,show that the sum_error is reduce */

  stt[g][h]   = 0 ;      /* reverse status   */
  stt[sn][fn] = 1 ;      /* reverse status   */
  err[g]   = error(g) ; /* find new err[g]  */
  err[sn]  = error(sn); /* find new err[sn] */

  if(_output==PIC){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      wink(sn,fn);            /* winking */
      if(_sound==ON)alarm();
    status_cb(sn,fn); /* change color in c.b. */
    status_cb(g,h);
    update_err(sn); /* change error & sum Of error */
    update_err(g);
    update_sum_err(sum_err());
      }
      if(_output==TABLE){
    update_table(g,sn,h,fn);  /* change all value */
      }
     return(0);   /* swithing is successful */
  }/*if1*/
  }/*for*/
     }/*for*/
  return(-1);
  /* in case can't switching  all feeder in substation */

  }/*switching*/

  /*********************************************/
  /*********  FIND SUM OF ERROR  **************/
  /*********************************************/
  int sum_err()   /* Find sum of absolute value */

  {
    int csf;
    register int i;

    for(i=0,csf=0;i<_SUB;i++){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 err[i] =  error(i); /* call function error */
 csf    +=  abs(err[i]);  /* sumation */
   }
 return(csf);
 }

 /************************************************/
 /************** FIND ERROR IN EACH SUB *********/
 /************************************************/
 int error(int sub)

 {
   register int d;
   int tempfeed=0;
   for(d=0;d<feed_num[sub];d++){
 tempfeed += cnl[sub][d] * stt[sub][d] ;
   }
   /* tempfeed is same as actaul value */

   err[sub] = tgt[sub]-rdl[sub]-tempfeed;
   return(err[sub]); /* return error in sent sub  */
 }

 /************************************************/
 /********  PUT COLOR IN C.B. -ON,-OFF  **********/
 /************************************************/
 void status_cb(int _sub,int _feed )
 /*  adjust color of circuit breaker */
 {
   if(stt[_sub][_feed] == ON ){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 setfillstyle(1,ON_COLOR);
floodfill( xlo[_sub][_feed]
 , ylo[_sub][_feed],CB_COLOR);
 }
  if(stt[_sub][_feed] == OFF ){
setfillstyle(1,OFF_COLOR);
floodfill( xlo[_sub][_feed]
 , ylo[_sub][_feed],CB_COLOR);
 }

}

/************************************/
/*************  WINKING  *************/
/************************************/
void  wink(int _sub,int _feed)

{
  setfillstyle(1,ON_COLOR);
  floodfill( xlo[_sub][_feed]
   , ylo[_sub][_feed],CB_COLOR);
  delay(300);
  setfillstyle(1,OFF_COLOR);
  floodfill( xlo[_sub][_feed]
   , ylo[_sub][_feed],CB_COLOR);
  delay(300);
  setfillstyle(1,ON_COLOR);
  floodfill( xlo[_sub][_feed]
   , ylo[_sub][_feed],CB_COLOR);
  delay(300);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setfillstyle(1,OFF_COLOR);
    floodfill( xlo[_sub][_feed]
     , ylo[_sub][_feed],CB_COLOR);
    delay(10);
  }
  /*************************************/
  /***********  ALARM  ****************/
  /*************************************/
  void alarm(void)

  {
   int i,j;
   for(j=0;j<2;j++){
    for(i=0;i<30;i++){
    sound(700+20*i);
    delay(20);nosound();}
   }
   nosound();
  }

  /*************************************/
  /*******  UPDATE ERROR  **************/
  /*************************************/
  void update_err(int sub)

  {
    char temp[20];
    settextstyle(2,0,4);
    setcolor(VL_COLOR);
    setfillstyle(1,BK_COLOR);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    bar(errx[sub],erry[sub],errx[sub]+25,erry[sub]+10);
    sprintf(temp,"%4d",err[sub]);
    outtextxy(errx[sub],erry[sub],temp);
    /* show error value */
  }

  /*************************************/
  /******  UPDATE  SUM ERROR   *********/
  /*************************************/
 void update_sum_err(int err)

  {
    char temp[20];
    setcolor(ERR_COLOR);
    settextstyle(3,0,1);
    setfillstyle(1,BK_COLOR);
    bar(500,400,550,420);
    sprintf(temp,"%4d",err);
    outtextxy(500,400,temp);
  }

  /*************************************/
  /****** INITIAL GRAPHICS MODE *******/
  /*************************************/
  void inigph(void)

  {
     /* request auto detection */
     int gdriver = DETECT, gmode, errorcode;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    /* initialize graphics mode */
    initgraph(&gdriver,&gmode, "");

    /*check if error */
    errorcode = graphresult();

    if (errorcode != grOk) /* an error occurred */
    {
     printf("Graphics error : %s\n", grapherrormsg(errorcode));
     printf("Press any key to hlt : ");
     getch();
     exit(1); /* return with error code */
    }
}

/*************************************/
/******** SHOW INITIAL VALUE **********/
/*************************************/
void show_init_value(void)

{
  register int  e,f;
  char temp[20];

  setcolor(ERR_COLOR);
  settextstyle(3,0,1);
  setfillstyle(1,BK_COLOR);
  bar(500,400,550,420);
  sprintf(temp,"%4d",sum_err());
  outtextxy(500,400,temp);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  settextstyle(2,0,4);
  setcolor(VL_COLOR);
  for(e=0;e<_SUB;e++){
err[e]  =  error(e);      /* find error of load */
setfillstyle(1,BK_COLOR);
bar(errx[e],erry[e],errx[e]+25,erry[e]+10);
sprintf(temp,"%4d",err[e]); /* show error value */
outtextxy(errx[e],erry[e],temp);

bar(tgtx[e],tgty[e],tgtx[e]+25,tgty[e]+10);
sprintf(temp,"%4d",tgt[e]); /* show target value */
outtextxy(tgtx[e],tgty[e],temp);

bar(rdlx[e],rdly[e],rdlx[e]+25,rdly[e]+10);
sprintf(temp,"%4d",rdl[e]); /* show radial value */
outtextxy(rdlx[e],rdly[e],temp);

for(f=0;f<feed_num[e];f++){
status_cb(e,f);  /*Show color of CB. on or off*/
}
  }
}/*end*/

/*****************************************/
/******* FIND MAX VALUE ****************/
/*****************************************7
int fnd_max()

{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  int i;
  int buf1,buf2;

  for(i=0,buf1=0;i<_SUB;i++){
     if(tgt[i]>buf1){
  buf1 = tgt[i];
     }
  }
  for(i=0,buf2=0;i<_SUB;i++){
     if(act[i]>buf2){
  buf2=act[i];
     }
  }
  return( (buf1)>(buf2)? buf1:buf2 );
}

/************************************************/
/************* FIND ACTUAL IN EACH SUB *********/
/************************************************/
void fnd_act()

{
   int a,b;
   int tempfeed;
   for(b=0;b<_SUB;b++){
     tempfeed = 0;
     for(a=0;a<feed_num[b];a++){
tempfeed += cnl[b][a] * stt[b][a] ;
     }
     act[b] = rdl[b]+tempfeed;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@*/
/***********************************************/
/************   TABLE OF DATA    ***************/
/***********************************************/
/*@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@*/


#define BG_COLOR     0      /* Define background color */
#define TAB_COLOR    4      /* Define line table color */


/*************************************/
/*********  Draw Table  ************/
/*************************************/
void draw_table()

{

int i;

setcolor(9);
setfillstyle(1,BG_COLOR);bar(0,0,639,479);
setlinestyle(0,0,3);rectangle(1,1,638,478);
setcolor(1);rectangle(30,30,610,450);
line(30,70,610,70);line(70,30,70,450);
setlinestyle(0,0,1);
for(i=1;i<20;i++){
   line(i*27+70,30,i*27+70,450); /*vertical*/
   line(30,i*19+70,610,i*19+70); /*horizontal*/
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
settextjustify(1,1);
settextstyle(0,0,1);
setcolor(9);
outtextxy(50,50,"SUB");
setcolor(14);
outtextxy(84,50,"tgt");
outtextxy(111,50,"act");
outtextxy(138,50,"rdl");
outtextxy(165,50,"err");
setcolor(11);
outtextxy(192,50,"f1");
outtextxy(246,50,"f2");
outtextxy(300,50,"f3");
outtextxy(354,50,"f4");
outtextxy(408,50,"f5");
outtextxy(462,50,"f6");
outtextxy(516,50,"f7");
outtextxy(570,50,"f8");
setcolor(3);
outtextxy(219,50,"c1");
outtextxy(273,50,"c2");
outtextxy(327,50,"c3");
outtextxy(381,50,"c4");
outtextxy(435,50,"c5");
outtextxy(489,50,"c6");
outtextxy(543,50,"c7");
outtextxy(597,50,"c8");
setcolor(12);
outtextxy(430,465,"Sum of Error");
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*********************************/
/********* Get data table ********/
/*********************************/
void get_data_table()

{
 int m,n;         /* loop */
 char temp[20];   /* for use in fuction "sprintf" */
 int  _err;       /* sum of error */

  fnd_act();                  /* find actual value */
  settextstyle(2,0,4);
  settextjustify(1,1);
  setcolor(15);

  for(m=0;m<_SUB;m++){
sprintf(temp,"%d",m);
outtextxy(50,m*19+80,temp);/*write number of substation*/
sprintf(temp,"%d",tgt[m]);
outtextxy(84,m*19+80,temp);    /* target value */
sprintf(temp,"%d",act[m]);
outtextxy(111,m*19+80,temp);   /* actual value */
sprintf(temp,"%d",rdl[m]);
outtextxy(138,m*19+80,temp);   /* radial value */
_err=error(m);
sprintf(temp,"%d",_err);
if(_err<0)setcolor(13);
outtextxy(165,m*19+80,temp);   /* error value */
setcolor(15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for(n=0;n<feed_num[m];n++){
sprintf(temp,"%d",stt[m][n]);
outtextxy(192+54*n,m*19+80,temp);/* status of feeder */
sprintf(temp,"%d",cnl[m][n]);
outtextxy(219+54*n,m*19+80,temp);/* connected load */
}

  }
  settextstyle(0,0,1);setcolor(14);
  sprintf(temp,"%d",sum_err());    /* sum of error */
  outtextxy(500,466,temp);
}
/*************************************/
/*******  UPDATE TABLE  **************/
/*************************************/
void update_table(int s1,int s2,int f1,int f2)

{

char tmp[10];

setcolor(15);
setfillstyle(1,BG_COLOR);
settextstyle(2,0,4);

bar(192+54*f1-12,80+19*s1-5,192+54*f1+11,80+19*s1+4);
sprintf(tmp,"%d",stt[s1][f1]);
outtextxy(192+54*f1,80+19*s1,tmp);        /* status sub 1 */

bar(192+54*f2-12,80+19*s2-5,192+54*f2+11,80+19*s2+5);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sprintf(tmp,"%d",stt[s2][f2]);
outtextxy(192+54*f2,80+19*s2,tmp);          /* status sub 2 */

bar(165-12,80+19*s1-5,165+12,80+19*s1+5);
sprintf(tmp,"%d",err[s1]);
if(err[s1]<0)setcolor(13);
outtextxy(165,80+19*s1,tmp);                /* error sub 1 */
setcolor(15);

bar(165-12,80+19*s2-5,165+12,80+19*s2+5);
sprintf(tmp,"%d",err[s2]);
if(err[s2]<0)setcolor(13);
outtextxy(165,80+19*s2,tmp);                /* error sub 2 */
setcolor(15);

fnd_act();

bar(111-12,80+19*s1-5,111+12,80+19*s1+5);
sprintf(tmp,"%d",act[s1]);
outtextxy(111,80+19*s1,tmp);                /* act  sub 1 */

bar(111-12,80+19*s2-5,111+12,80+19*s2+5);
sprintf(tmp,"%d",act[s2]);
outtextxy(111,80+19*s2,tmp);                /* act  sub 2 */

bar(485,455,515,475);
settextstyle(0,0,1);setcolor(14);
sprintf(tmp,"%d",sum_err());
outtextxy(500,466,tmp);                     /* sum of error */
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*-------------------------------------------------*/

void write1();
#define  ESC     0x011B
/*************************************************/
/*************** GET INPUT DATA ******************/
/*************************************************/
void write_data()

{
int q;
char buff[5],tpt[50]; /* Buffer for store text */

setfillstyle(1,3);
bar(0,0,639,479);
setcolor(15);
rectangle(3,3,636,476);
settextjustify(0,2);
settextstyle(1,0,3);
outtextxy(200,30,"Write Data Mode");
setcolor(0);
outtextxy(200-1,30-1,"Write Data Mode");
settextstyle(0,0,1);
setcolor(1);
outtextxy(50,80,"Number of Substation : ");
outtextxy(50,95,"Max connect to another Substation : ");
setcolor(9);
outtextxy(200,380,"Enter number of Substation :  ");
get(buff,200+textwidth
   ("Enter number of Substation :  "),380);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sscanf(buff,"%d",&_SUB);
if(_SUB<=MAX_SUB)outtextxy(250,80,buff);
if(_SUB>MAX_SUB){
    _SUB=MAX_SUB;
    sprintf(buff,"%d",MAX_SUB);
    outtextxy(250,80,buff);
}
bar(200,380,600,380+textheight(buff));
outtextxy(170,380,
 "Enter number of max Connected in Feeder :  ");
get(buff,170+textwidth
   ("Enter number of max Connected in Feeder :  "),380);
sscanf(buff,"%d",&_NCN);
if(_NCN<=MAX_NCN)outtextxy(350,95,buff);
if(_NCN>MAX_NCN){
  _NCN=MAX_NCN;
  sprintf(buff,"%d",MAX_NCN);
  outtextxy(350,95,buff);
}
bar(170,380,600,380+textheight(buff));

 for(q=0;q<_SUB;q++){
   sprintf(tpt,"Fill Data of Substation(%d)",q);
   outtextxy(100,330,tpt);
   outtextxy(120,345,"Enter Target value :  ");
   get(buff,120+textwidth("Enter Target value :  "),345);
   sscanf(buff,"%d",&tgt[q]);
   outtextxy(120,360,"Enter Radial value :  ");
   get(buff,120+textwidth("Enter Radial value :  "),360);
   sscanf(buff,"%d",&rdl[q]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    outtextxy(120,375,"Enter number of Feeder :  ");
    get(buff,120+textwidth("Enter number of Feeder :  "),375);
    sscanf(buff,"%d",&feed_num[q]);
    bar(100,330,600,400);
   setcolor(10);
   sprintf(tpt,"Substation: %d",q);
   outtextxy(50,120+q*10,tpt);
   sprintf(tpt,"Tgt: %d",tgt[q]);
   outtextxy(200,120+q*10,tpt);
   sprintf(tpt,"Rdl: %d",rdl[q]);
   outtextxy(300,120+q*10,tpt);
   sprintf(tpt,"Num_feed: %d",feed_num[q]);
   if(feed_num[q]<=MAX_FEED)outtextxy(400,120+q*10,tpt);
   if(feed_num[q]>MAX_FEED){
feed_num[q]=MAX_FEED;
sprintf(tpt,"Num_feed: %d",feed_num[q]);
outtextxy(400,120+q*10,tpt);
   }
   setcolor(9);
 }
 write1();
}

/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*/
/*-*-*-*-*-*   Write1    *-*-*-*-*-*-*/
/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*/
void write1()

{
 int q,w,p;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
char buff[5],tb[50];

for(q=0;q<_SUB;q++){

   sprintf(tb,
   "Fill status and connected load of substation %d",q);
   setcolor(13);settextstyle(1,0,1);
   outtextxy(100,300,tb);
   setcolor(0);
   outtextxy(100-1,300-1,tb);settextstyle(0,0,1);
   setcolor(9);
   for(w=0;w<feed_num[q];w++){

sprintf(tb,"Fill Data of Feeder %d ",w);
outtextxy(120,340,tb);
outtextxy(125,350,"Enter Connected Load value :  ");
get(buff,125+textwidth
("Enter Connected Load value :  "),350);
sscanf(buff,"%d",&cnl[q][w]);
outtextxy(125,360,"Enter Status of Connect (0 or 1) :  ");
get(buff,125+textwidth
("Enter Status of Connect (0 or 1) :  "),360);
sscanf(buff,"%d",&stt[q][w]);
sprintf(tb,"Enter flag value (fgs) of feeder %d  " ,w);
outtextxy(125,380,tb);

for(p=0;p<_NCN;p++){
sprintf(tb,"   fgs %d:",p);
outtextxy(125+p*75,400,tb);
get(buff,125+(p+1)*75,400);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 sscanf(buff,"%d",&fgs[q][w][p]);
      }
      sprintf(tb,"Enter flag value (fgf) of feeder %d  " ,w);
      outtextxy(125,410,tb);
      for(p=0;p<_NCN;p++){
 sprintf(buff,"   fgf %d:",p);
 outtextxy(125+p*75,420,buff);
 get(buff,125+(p+1)*75,420);
 sscanf(buff,"%d",&fgf[q][w][p]);
 }
      bar(120,340,600,450);
    }
    bar(100,300,600,450);
 }
}/*write1*/

/*******************************************/
/********** GETS DATA FORM KEYBOARD  *******/
/*******************************************/
/*----- get character store in string -----*/

get(char *ind,int x,int y)  /* no echo */

{
    char c;
    int  i;
    char ch[2];

    for(i=0;((c=getch()) != '\r')&&(i<5);i++){/* '\r' equal Enter*/
     if((i==0)&&((c=='\b')||(c=='\x1B'))){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        i--;
    continue;
      }
      if(((c=='\b')||(c=='\x1B'))&&(i>0)){
        setfillstyle(1,3);
        bar(x+(i-1)*(textwidth(ch)),y,x+i*(textwidth(ch)),
    y+textheight(ch));
        i=i-2;
        continue;
      }

      sprintf(ch,"%c",c);
outtextxy(x+8*i,y,ch);
      ind[i] = c;
    }   /* get data util Enter key has been activated */
    ind[i]='\0';
}
 /*
      '\r ' ==  ENTER KEY
      '\b ' ==  BACK SPACE KEY
      '\x1B'==  ESC KEY
 */
/*************************************************************************/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้เนื่องมาจากบุคคลและหน่วยงานหลาย ๆ ฝ่าย บุคคลผู้ซึ่งมีความสำคัญต่อการทำโครงงานนี้ คือ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาได้แก่ อาจารย์ มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ และ อาจารย์ นิทัศน์ กฤษณจินดา ซึ่งคอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา นอกจากนี้ยังได้รับความช่วยเหลือและให้ความคำแนะนำจากรุ่นพี่ที่ศูนย์ควบคุมการใช้พลังงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย,ข้อมูล และการใช้อุปกรณ์จากพี่ที่บริษัทแสนสว่าง ซึ่งคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกท่าน และทุกหน่วยงานที่กล่าวมาข้างต้นเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

MODERN POWER STATION PRACTISE VOLUME 4, " THE CENTRAL ELECTRICITY GENERATING BOARD ", LONDON 1964 CHAPTER 22

IEEE,
"LOSS MINIMIZATION OF DISTRIBUTION FEEDER OPTIMALITY AND ALGORITHM TRANSACTION ON POWER DELIVERY VOL 4 NO 2 APRIL 1989

COTTON H, "THE TRANSMISSION AND DISTRISUTION OF ELECTRICAL ENERGY", THE ENGLISH UNIVERSITIES PRESS Ltd 1988

สมเกียรติ ผโลประการ , "วิศวกรรมการส่งและการจ่ายไฟฟ้า",โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2515

ชวลิต ดำรงรัตน์ , " การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ", บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้