



การ COORDINATION ที่สแกนรีเลย์ในระบบไฟฟ้ากำลัง
DISTANCE RELAY COORDINATION IN POWER SYSTEM



โดย
นายภนศภัค สิบเสาะ /
นายพรชัย เลิศเศรษฐ์

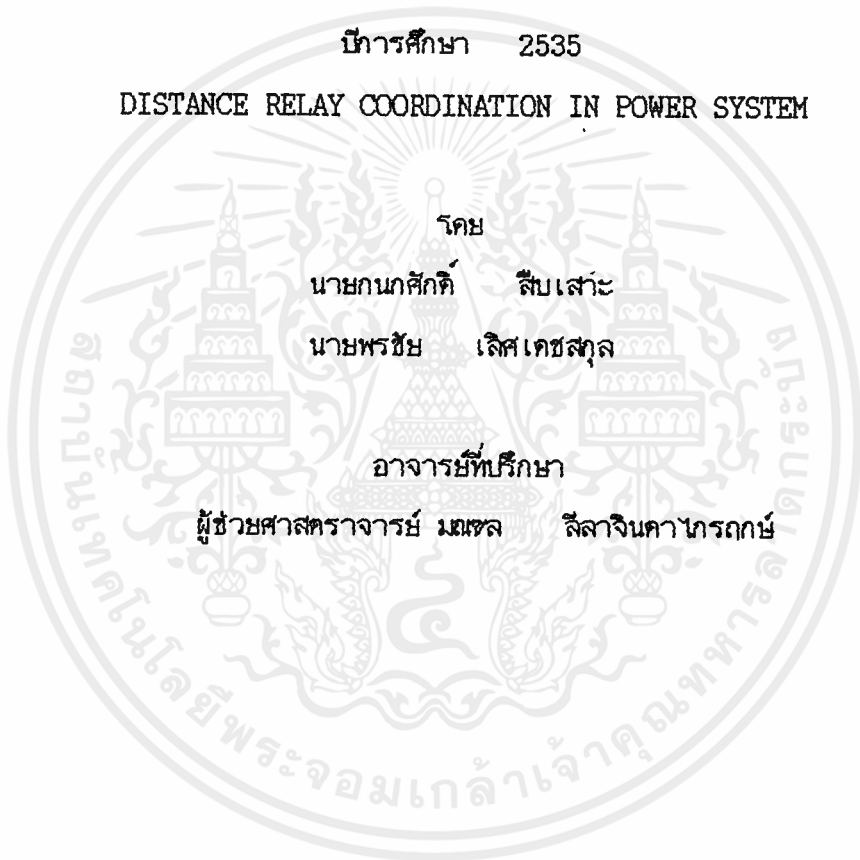
บริบูรณ์พร้อมกัน เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032770

ปีการศึกษา 2535

DISTANCE RELAY COORDINATION IN POWER SYSTEM



โดย

นายภนศิกดิ์

สิบเสาะ

นายพรชัย

เลิศเทศกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มณฑล

สีลาจินคาทรภักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032770

ปริญญาโทบริหารการศึกษา 2535

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง DISTANCE RELAY COORDINATIONS IN POWER SYSTEM

ผู้จัดทำ :-

1. นายกนกศักดิ์ สืบเสาะ
2. นายพรชัย เลิศเกษสกุล

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มณฑล ลีลาจินดาโภคฤกษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

การ COORDINATION ที่สแกนรีเลย์ ในระบบไฟฟ้ากำลัง

กนกศักดิ์ สืบเสาะ

พรชัย เลิศเดชสกุล

ผ.ศ. มณฑล ลีลาจินดาทรภักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

ในระบบไฟฟ้ากำลัง การส่งกำลังไฟฟ้าด้วยสายส่ง มีความสำคัญมาก เป็นการส่งกำลังไฟฟ้า จำนวนมหาศาล จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันระบบ ทั่วทั้งลวดภัย และอันตรายน้อยที่สุด distance relay เป็นอุปกรณ์ป้องกัน อาศัยระยะทาง ที่ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ของฟอลต์ ระยะทางระหว่างตำแหน่งฟอลต์ จะมีค่าสูงที่สุดที่ Power station และลดลงไปเรื่อยๆ จนเกือบศูนย์ เมื่อจุดฟอลต์ห่างออกไปเรื่อยๆ การตอบสนองของรีเลย์ เนื่องมาจากค่าของแรงดันและกระแส ด้วยเหตุนี้ จุดฟอลต์ต่างๆ ของสายส่ง สามารถวัดออกมาเป็นระยะทาง หรือความยาวของเส้น และการทำงานของ distance relay จะแบ่งเป็นโซน แต่ละโซนจะมี time-lag ทั่วให้ต่างกันประมาณ 4 วินาที โซนแรกมีระยะทาง 80-90% ของบัสใกล้ที่สุด และจะทำงานทันทีที่มีฟอลต์ โซนที่ 2 ระยะทาง 120% โซนที่ 3 มีระยะทาง 250% ในแต่ละโซนจะมีการป้องกันให้ coordination กัน เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการเขียนโปรแกรมภาษาปาสคาล เพื่อศึกษาและแสดง โซนการป้องกัน โดยสมมติ ตำแหน่งที่เกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ จากนั้นให้คอมพิวเตอร์คำนวณ ความโปรแกรม แล้วแสดงตำแหน่งที่เกิดฟอลต์ ในรูปของ Zone protection graphics และแสดงตำแหน่งที่เป็นตัว back up ให้กับตำแหน่งฟอลต์ ตรงจุดนั้น

DISTANCE RELAY COORDINATION IN POWER SYSTEM

Kanaksak Suebsoh

Pornchai Leaddessakul

Monthon Leelajindakrairerk Advisor

1993

Abstract

In power systems, the transmission line with has the large are very important. Such as the protection must safe and less dangerous. Distance relays is an equipment protect which depends of distance on the occurrence of a fault, the voltage-to-current ratio is a maximum at the power station and decrease along the various feeders to the fault where it is almost zero. The relays such that those nearest to the fault operate quicker than those at a farther distance 0.4 seconds. The first zone unit which is set to cover usually 80% of the first section, the second zone unit set 120% and the third zone unit set 250 % . This thesis concerns with the writing of a "PASCAL"- programing language to studies and shows zone protection. By set positions of a fault in systems and the program for a microcomputer to execute , show fault positions in zone protection graphics and zone backup of fault point.

สารบัญ

บทคัดย่อ	III
สารบัญ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการทำงาน distance relays	5
บทที่ 3 การคำนวณและการเขียนโปรแกรม	15
บทที่ 4 ผลการคำนวณของ เครื่องคอมพิวเตอร์	64
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	93
กิตติกรรมประกาศ	94
หนังสืออ้างอิง	95
Appendix Type KD-10 and KD-11 Compensator Distance Relay	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของการป้องกัน

ในภาวะปกติกระแสไฟฟ้า ไหลจากแหล่งกำเนิด กำลังไฟฟ้า ผ่านตัวนำทองแดงหรืออลูมิเนียมในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลง สายส่งไฟฟ้า ฯลฯ ไปยังโหลด กระแสไฟฟ้า ถูกจำกัดให้ไหลในเส้นทางนี้ เพราะมีฉนวนหุ้มตัวนำอยู่ อย่างไรก็ตาม อาจเกิดภาวะผิดปกติขึ้นในระบบกำลัง เช่น ฉนวนบางส่วนเสียหาย หรือพัง อันอาจเนื่องจากผลของอุณหภูมิ ที่ทำให้อุณหภูมิเสื่อมคุณภาพ หรืออาจเนื่องจากอุบัติเหตุ ทำให้ฉนวนแตกหัก หรือเนื่องจากสาเหตุอื่น ๆ เมื่อฉนวนพัง เสียหาย กระแสจะไหล ผ่านส่วนอื่น ๆ ซึ่งไม่ใช่เส้นทางปกติ เรียกว่าเกิดการลัดวงจร หรือฟอลต์ (fault) เมื่อฟอลต์เกิดขึ้นหลังงานไฟฟ้ามหาศาล สามารถทำความเสียหาย หรือกระทบกระเทือน ต่อระบบไฟฟ้ากำลัง ได้หลายอย่าง ดังต่อไปนี้

- ฟอลต์ที่เกิดขึ้นโดยทั่วไป มีกระแสไหลสูงมาก เป็นผลให้เกิดความร้อนสูงเกิน (overheating) ในส่วนต่างๆ ของระบบไฟฟ้ากำลัง ที่กระแสฟอลต์ไหลผ่าน
- ระหว่างที่เกิดฟอลต์ มักจะมีอาร์ก เกิดขึ้นด้วย อุณหภูมิที่สูงมากของอาร์ก สามารถหลอมละลาย หรือทำให้สารต่างๆ ระเหยได้ในหริบตา ซึ่งก่อให้เกิด ความเสียหายต่อ ทรัพย์สิน (equipment) ไฟฟ้า และอาจเกิดไฟไหม้ได้
- ฟอลต์ทำให้แรงดันของระบบ ต่ำหรือสูงกว่าพิกัดที่ยอมรับได้
- ฟอลต์อาจทำให้ระบบ 3 เฟส เกิดความไม่สมดุลย์ เป็นผลให้ทรัพย์สินไฟฟ้า ทำงานผิดปกติ
- ฟอลต์เป็นอุปสรรคต่อการส่งกำลัง ไฟฟ้า ไปยังจุดที่ต้องการใช้ไฟฟ้า
- ฟอลต์อาจทำให้ระบบไฟฟ้ากำลัง ทั้งระบบสูญเสีย เสถียรภาพ เป็นผลให้เกิดไฟดับทั่วทุกแห่ง (black out)

ความผิดปกติในระบบไฟฟ้า นอกจากการลัดวงจร หรือฟอลต์ ซึ่งให้ผลเสียหาย ร้ายแรงที่สุดแล้ว ยังมีความผิดปกติอื่นๆ ได้แก่ การเกิดภาวะแรงดันสูงเกิน (over voltage) อันเนื่องมาจาก อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าไม่ปกติ การเกิดความถี่ต่ำ (under frequency) อันเนื่องมาจาก กำลังผลิตทางไฟฟ้า ไม่เพียงพอกับโหลด การเกิดการสูญเสียซิงโครนิซึม (loss of synchronism)

ความผิดปกติในระบบไฟฟ้า อาจทำให้เกิดน้อยครั้งลงได้ ด้วยมาตรการหลายอย่าง เช่น การออกแบบระบบควบคุมที่ดี การจัดการกำลังผลิตให้เพียงพอกับโหลด การออกแบบ

ฉนวนที่เพียงพอ การติดตั้งป้องกัน ส่วนการลดผลเสียหาย ไม่เนื่องจากฟอลต์ และความผิดปกติ
 เอกสารนี้ยังมีการปรับปรุงแก้ไขครั้งต่อไป ซึ่งส่วนการลดผลเสียหาย ไม่เนื่องจากฟอลต์ และความผิดปกติ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นๆ เช่น การออกแบบ เพื่อจำกัดขนาดการเสถียรวงจร การออกแบบตัวนำ ให้แข็งแรงเพียงพอ ที่จะทนแรงคัมและความร้อนสูง ในช่วงเวลาสั้นๆ และที่สำคัญที่สุดคือ การออกแบบระบบรีเลย์ป้องกัน (protective relaying)

1.2 หน้าที่หลักของระบบป้องกันรีเลย์

ระบบป้องกัน ที่ใช้รีเลย์ป้องกันส่วนหนึ่งส่วนใด หรือบริเวณใด ขึ้นหนึ่งๆ มีหน้าที่หลักดังต่อไปนี้

1.2.1 ตรวจวัด (detect) ภาวะผิดปกติของระบบกำลัง แล้วส่งสัญญาณเตือนภัย หรือทำให้วงจรหรือ (trip) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ปิดวงจร เพื่อทำการตัดคอนส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้ากำลัง ที่อยู่ในภาวะผิดปกติออกจากระบบ

1.2.2 ตัดคอนส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้ากำลัง ที่กำลังทำงานผิดปกติ เพื่อป้องกันไม่ให้ความผิดปกติลุกลามกลายเป็นฟอลต์ขั้นได้ เช่น การป้องกันการใช้มอเตอร์เกินกำลัง ช่วยป้องกัน ไม่ให้หลวมของมอเตอร์ เสียหายได้

1.2.3 ตัดคอนส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้ากำลังที่เกิดฟอลต์ ออกอย่างรวดเร็วที่สุด เพื่อให้เกิด ความเสียหายน้อยที่สุด เช่น เมื่อเกิดฟอลต์ ในขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การตัดคอน ที่รวดเร็วพอทำให้ ต้องหันขดลวดบางขดใหม่เท่านั้น แต่ถ้าปล่อยให้ฟอลต์ เกิดขึ้นนานเกินไป เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเสียหาย จนใช้การไม่ได้เลย

1.2.4 จากผลกระทบของฟอลต์ ภัยการตัดคอน ส่วนที่เกิดฟอลต์ ออกจากส่วนที่ผิดปกติ เพื่อให้ มีภาระเบา ส่วนของระบบ ที่ยังปกติก็อยู่ให้น้อยที่สุด

1.2.5 ตัดคอนส่วนที่เกิดฟอลต์ออก ภัยรวดเร็วที่สุด เพื่อให้ระบบ ไฟฟ้ากำลังมีเสถียรภาพ และลดช่วงเวลา การคัมไฟให้สั้นที่สุด

1.3 การแบ่งประเภทของรีเลย์

1.3.1 รีเลย์ที่ใช้ในการป้องกันระบบกำลัง อาจแบ่งตามลักษณะโครงสร้าง และหลักการทำงานได้ดังนี้

(1) รีเลย์ประเภทอาศัยแรงดูดทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic attraction type relays) อาจอยู่ในรูปของ ขดลวดโซลินอยด์ ทาการดึงดูด หลักระเบิด หรืออาร์เมเจอร์ ให้เคลื่อนที่เข้าหาขั้วแม่เหล็ก ปริมาณไฟฟ้า ที่ใช้กระตุ้น ให้พลังเจอร์ หรืออาร์เมเจอร์ ให้เคลื่อนที่ มีทั้งแบบใช้กระแสตรง และแบบใช้ไฟกระแสสลับ

(2) รีเลย์ประเภทอาศัยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic induction type) รีเลย์ประเภทนี้ อาศัยหลักการทำงานเดียวกับมอเตอร์ แบบเหนี่ยวนำ

ปริมาณไฟฟ้าที่เข้า มีได้แบบกระแสสลับเท่านั้น

(3) รีเลย์ประเภทอาศัยความร้อน (Thermal relays) รีเลย์ประเภทนี้ อาศัยความร้อน ที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การผ่านกระแสไฟฟ้บางส่วนของรีเลย์ ปริมาณไฟฟ้าที่เข้าเป็น ได้ทั้งกระแสตรง และกระแสสลับ

(4) สแตติกรีเลย์ (Static relays) เป็นรีเลย์ที่อาศัยส่วนประกอบทาง อิเล็กทรอนิกส์ ในการได้มาซึ่งลักษณะ สมบัติการทำงาน ต่างๆ กัน

(5) รีเลย์แบบขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil relays) มีหลักการ ทำงาน เหมือนกับเครื่องมือวัด แบบขดลวดเคลื่อนที่

1.3.2 แบ่งประเภทรีเลย์ตามชนิดของการใช้งาน ได้ดังนี้

(1) รีเลย์แรงดันต่ำเกิน กระแสต่ำเกิน และกำลังต่ำเกิน (Under voltage, Under current and Under power relays) มีการทำงาน เมื่อแรงดัน กระแส หรือกำลังไฟฟ้า มีค่าตกลงต่ำกว่าค่าที่กำหนด

(2) รีเลย์แรงดันสูง เกินกระแสสูง เกินและกำลังสูง เกิน (Over voltage, Over current and Over power relays) มีการทำงาน เมื่อแรงดัน กระแสหรือกำลัง ไฟฟ้า มีค่าเพิ่มสูงกว่า ค่าที่กำหนด

(3) รีเลย์แบบรู้ทิศทาง (directional relays) มีการทำงานเกิดขึ้น เมื่อกระแสที่จ่าย ให้รีเลย์ มีมุมทางไฟฟ้า เมื่อเทียบกับแรงดันที่จ่าย มีค่าตามที่กำหนดค่าให้รีเลย์ทำงาน

(4) รีเลย์แบบวัดค่าผลต่าง (differential relays) มีการทำงาน เกิดขึ้น เมื่อค่าแตกต่าง ของมุมทางไฟฟ้า หรือค่าแตกต่าง ของขนาดของปริมาณ ไฟฟ้าสอง สัญญาณ หรือมากกว่าสองสัญญาณ มีค่าตามที่กำหนดค่าให้รีเลย์ทำงาน

(5) รีเลย์แบบวัดระยะทาง (distance relays) มีการทำงานเกิดขึ้น เมื่ออัตราส่วน ของแรงดัน กับกระแส มีค่าตามที่กำหนดค่าให้รีเลย์ทำงาน

1.3.3 ประเภทรีเลย์ที่แบ่งตามเวลาการทำงาน

(1) รีเลย์แบบทำงานทันทีทันใด (Instantaneous relays) รีเลย์แบบนี้ ทำงาน ทันทีทันใด ภายในช่วง เวลาสั้น นับตั้งแต่มีกระแสหรือปริมาณไฟฟ้าอื่น มีค่าตามที่กำหนดค่าการกระตุ้น ให้รีเลย์ทำงาน

(2) รีเลย์แบบทำงานด้วยเวลาหน่วงที่กำหนดแน่นอน (Difenite time -lag relays) รีเลย์แบบนี้ ทำงานเมื่อมีกระแส หรือปริมาณไฟฟ้าอื่น มีค่าตามที่กำหนด ค่าการกระตุ้นให้รีเลย์ทำงาน โดยช่วง เวลาทำงาน จะเท่ากันทุกครั้ง ไม่ว่าปริมาณกระตุ้น เป็น

เท่าใดก็ตาม

(3) รีเลย์แบบ ทำงานด้วยเวลาผันกลับกับกระแสลัม (Inverse time-lag relays) รีเลย์แบบนี้ทำงาน เมื่อมีกระแสหรือปริมาณไฟฟ้าอื่น มีค่าตามที่กำหนด ทำการกระตุ้น ให้รีเลย์ทำงาน โดยช่วงเวลาทำงานแบบแปรผันกลับ ขนาดของกระแส หรือปริมาณไฟฟ้าอื่น

(4) รีเลย์ทำงานด้วยเวลาผันกลับ โดยมีเวลาทำงาน สั้นที่สุด ที่ตายตัว (Inverse definite minimum time-lag relays) ช่วงเวลาทำงานแปรผันกลับกับขนาดของกระแส หรือปริมาณไฟฟ้าอื่น แต่เมื่อกระแส หรือปริมาณไฟฟ้ามีค่าสูงมากว เวลาทำงานที่สั้นที่สุดจะมีค่าแน่นอน



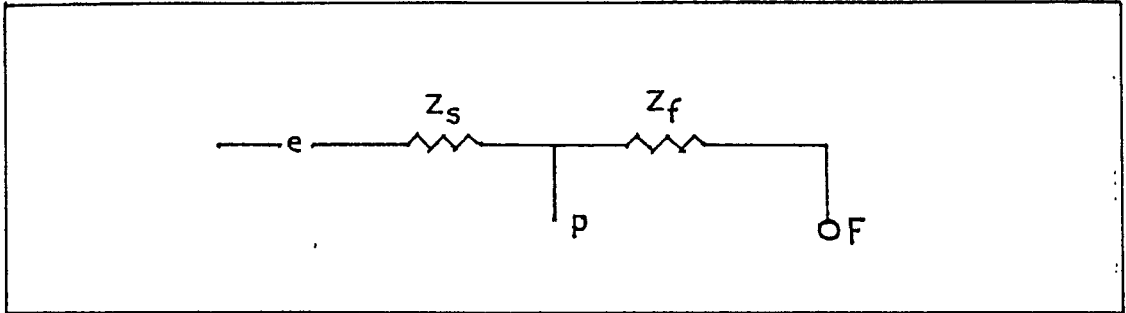
บทที่ 2 หลักการของ Distance Relays

หลักการเบื้องต้นของ distance relay

รีเลย์วัดระยะทาง (distance relays) ทาคำแหน่ง ของฟอลต์ โดยการตอบสนองต่อค่า อิมพีแดนซ์ ที่รีเลย์วัดระยะทาง วัดได้ อิมพีแดนซ์ที่วัดโดยรีเลย์ ได้มาจากการเปรียบเทียบค่ากระแสที่รีเลย์ 'มองเห็น' กับค่าของแรงดันวัดได้ ที่ตำแหน่งของรีเลย์ รีเลย์วัดระยะทางมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น รีเลย์โครงสร้างแบบคานสมดุลย์ รีเลย์แบบถ้วยเหนียวนา หรืออาจเป็นสแตติกรีเลย์ ที่ประกอบด้วย วงจรเปรียบเทียบ ขนาด หรือวงจรเปรียบเทียบ มุม เป็นต้น อิมพีแดนซ์ที่วัดได้ อาจรวมค่าอิมพีแดนซ์ ของอาร์ก และอิมพีแดนซ์ ของดิน (earth return impedance) หากอิมพีแดนซ์ที่วัดได้ ต่ำกว่าค่าที่กำหนด ให้รีเลย์ทำงาน แสดงว่าเกิดฟอลต์ภายในเขต ที่ต้องการป้องกัน รีเลย์จะทริปเซอกิตเบรกเกอร์ ปลายสุดของ เขตที่ป้องกัน โดยรีเลย์วัดระยะทาง เรียกว่า จุดสมดุลย์ (balance point) ของรีเลย์ และระยะทางจากตำแหน่ง ของรีเลย์ถึงจุดสมดุลย์ เรียกว่า รีช (reach) ซึ่งหมายถึงระยะทางที่รีเลย์ครอบคลุมถึง

รีเลย์วัดระยะทาง เป็นรีเลย์ ที่นำมาใช้งาน อย่างกว้างขวางมาก จัดเป็นระบบป้องกัน ที่ไม่มีเขตจำกัดแน่นอน ซึ่งต่างจากรีเลย์วัดค่าผลต่าง และรีเลย์วัดระยะทาง ใช้งานเป็นการป้องกันปฐมภูมิ และป้องกันสำรอง ในชุดเดียวกัน เหตุผลสำคัญ ในการใช้ รีเลย์วัดระยะทางก็คือ รีเลย์กระแสเกิน ไม่สามารถแยกแยะ ความแตกต่าง ระหว่างสภาวะปกติกับสภาวะ ผิดปกติดีพอ อันเนื่องมาจาก ระบบไฟฟ้ากำลัง มีโหลดแปรเปลี่ยน ตามเวลามากเกินไป หรือในกรณี ระบบสายส่ง มีหลายช่วงคอนต่อกัน การป้องกัน แบบลำดับเวลา (time graded) ทำให้เวลาการทำงาน ของรีเลย์ ที่จุดต้นทางยาวนานมากเกินไป ในขณะที่เดียวกับระบบป้องกัน ที่ใช้หลอด มีราคาแพงไม่คุ้มค่า เมื่อเทียบกับ การป้องกันโดยใช้รีเลย์วัดระยะทาง เราอาจนำรีเลย์วัดระยะทาง ไปใช้ร่วมกับ ระบบป้องกันที่ใช้หลอด และทำให้กลายเป็นระบบป้องกัน แบบมีเขตจำกัดแน่นอน ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงมาก ซึ่งเหมาะ สำหรับป้องกันสายส่ง ที่มีความสำคัญมาก

distance relay เป็นอุปกรณ์ป้องกัน สำหรับตรวจเช็ค การเกิดฟอลต์ ในตำแหน่งต่างๆ ของสายส่งไฟฟ้า เพื่อสั่งให้อุปกรณ์ตัดคอน หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ทำการทริปตัดสายส่ง ช่วงเกิดฟอลต์ ออกจากระบบ distance relay จะอาศัยค่าอิมพีแดนซ์ เป็นตัวเปรียบเทียบตำแหน่งต่างๆ ของสายส่ง ในรูปของ ค่ากระแสและค่าแรงดันไฟฟ้า ที่จะเปลี่ยนแปรไป



รูปที่ 2.1

จากรูปที่ 2.1 Impedance diagram ให้ Z_s เป็นค่าอิมพีแดนซ์ ของระบบ ระหว่าง source และ bus-bar ซึ่งต่อกับสายส่ง มีค่าอิมพีแดนซ์ Z_f ถ้าให้เกิดพอลดที่จุด F จะได้ค่ากระแสคือ

$$I = \frac{e}{Z_s + Z_f}$$

และค่าแรงดัน ที่จุด P มีค่า

$$V = IZ_f = \frac{e}{Z_s + Z_f} Z_f$$

แรงดันและกระแส ที่จุด P นั้นคือ ค่า Impedance ของ relay ที่จะไปเปรียบ เทียบว่า มีพอลดขึ้น

รีเลย์วัดระยะทางมีหลายชนิด ได้แก่

- 1) Impedance
- 2) Reactance
- 3) Mho or admittance (angle admittance)
- 4) Ohm (angle impedance)
- 5) Offset mho
- 6) Modified impedance
- 7) Complex characteristic type
- 8) Elliptical characteristic type
- 9) Quadrilateral characteristic type

แต่มี 3 ชนิด ที่แตกต่างกันมากหรือน้อยอย่างเห็นได้ชัดเจน คือ อิมพีแดนซ์

รีเลย์อิมพีแดนซ์และ รีเลย์วัดระยะทาง สำหรับการปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 อิมพีแดนซ์รีเลย์ (impedance relay) ถ้าไม่มีคิมพีแดนซ์ ของอาร์ก หรืออิมพีแดนซ์ของดินแล้ว อัตราส่วน V/I ที่วัดโดยรีเลย์ จะมีค่าคงที่ สำหรับพอลต์ ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งหนึ่งๆ ตำแหน่งพอลต์ยิ่งอยู่ใกล้ ตำแหน่งของรีเลย์ อัตราส่วนของ V/I จะยิ่งมีค่าต่ำลง และตำแหน่งพอลต์ ยิ่งอยู่ไกลออกไป อัตราส่วนของ V/I จะยิ่งมีค่าสูงขึ้น อิมพีแดนซ์รีเลย์ เป็นรีเลย์วัดระยะทาง ชนิดหนึ่งที่ใช้เปรียบเทียบ ขนาดของอัตราส่วน V/I โครงสร้างของอิมพีแดนซ์รีเลย์ ได้แก่ รีเลย์โครงสร้างแบบคานสมดุขุญ์ โดยแปลงกระแสสามสายส่งผ่านซีที ป้อนเข้าไปในชดลวด หากการสร้งแรงดึง บนคานเป็นบวก และแปลงแรงคั้น ของสายส่งที่ตำแหน่งของรีเลย์ผ่านซีที เข้าไปใน ชดลวดค้ำนการทงาน สร้งแรงดึงบนคานเป็นลบ แรงคั้นบวก เนื่องจากกระแส เป็นปริมาณโดยตรงกับ I^2 และแรงคั้นลบ เนื่องจากแรงคั้น เป็นปริมาณโดยตรงกับ V^2

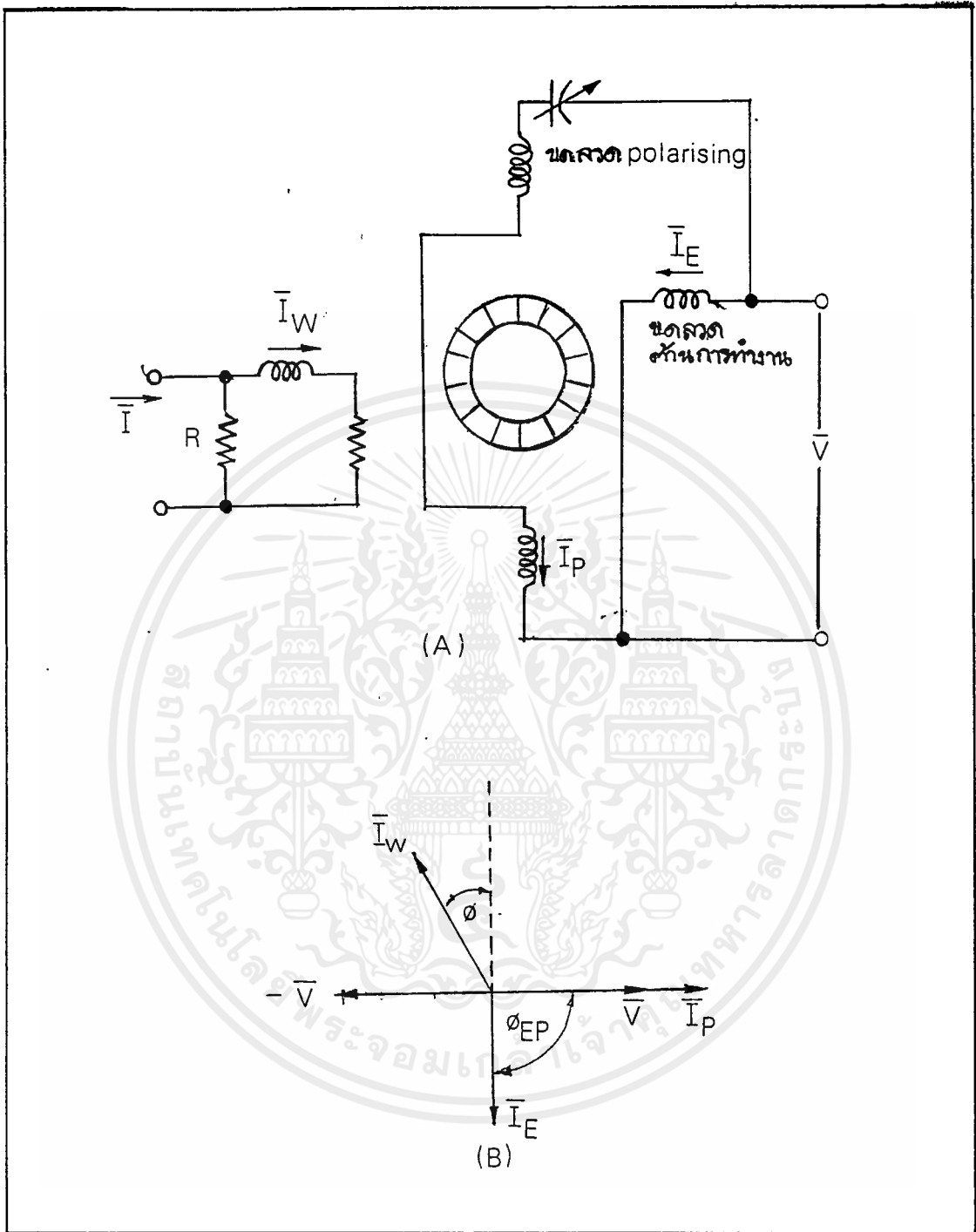
2.2 รีแอคแตนซ์รีเลย์ (reactance relay) ระหว่างที่เกิดพอลต์ อาจมีการอาร์ก ซึ่ง มีความต้านทานค่าหนึ่งด้วย ดังนั้น อิมพีแดนซ์ที่เห็น โดยอิมพีแดนซ์รีเลย์ อาจไม่เป็นสัดส่วนกับระยะทาง วิธีแก้ไขจุดนี้ อาจทำได้โดย การทำให้รีชของรีเลย์ เป็นสัดส่วนกับรีแอคแตนซ์ระหว่างตำแหน่ง ของรีเลย์กับจุดที่เกิดพอลต์แทน

2.3 วมรีเลย์ (mho relay) เป็นรีเลย์วัดระยะทาง ที่สามารถใช้งาน โดยลาห้ังได้ เพราะมีลักษณะการทงาน คล้ายกับรีเลย์แบบรูทิศทาง วมรีเลย์ มีส่วนประกอบแสดง ค้งแผนภาพทงจร ในรูปที่ 2.2(A) เวคเตอร์ของปริมาณไฟฟ้า แสดงค้งแผนภาพ เพเซอร์ในรูปที่ 2.2(B)

แรงคั้นที่ป้อนให้ับชดลวดค้ำนการทงานคือ V ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรง กับแรงคั้นของสายส่ง ณ จุดที่ติดตั้งรีเลย์ ชดลวด polarising ถูกปรับให้เข้า resonance ด้วยตัวเก็บประจุต่ออนุกรม ซึ่งมิผลสองประการคือ

1) กระแส I_p มีเฟสเหมือนกับ V

2) เมื่อพอลต์เกิดขึ้น โวลต์กับตำแหน่ง ที่ติดตั้งรีเลย์มาก V อาจมีค่าต่ำกว่าลัษุญ์วงจร resonance จะยังรักษากระแส ให้ค้งอยู่เป็นเวลายหลายวัฏจักร (cycles) ซึ่งยาวนานพอ ที่จะทำให้รีเลย์ทงานลักษณะแบบนี้ เรียกว่า memory action



รูปที่ 2.2 (A) แผนภาพวงจรของหม้อแปลง

(B) แผนภาพเฟสเซอร์ของเวกเตอร์ปริมาณไฟฟ้าภายในหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กระแส I ที่เป็นสัดส่วนโดยตรง กับกระแสในสายส่ง จะป้อนเข้าสู่วงจรด้านการทำงาน ขณะที่เพาเวอร์แฟกเตอร์ ของระบบกำลังเป็นหนึ่ง (I มีมุมเฟสเท่ากับ V) I_w ที่ไหลในขดลวดด้านการทำงาน ถูกทำให้ มีเฟสหน้า I_p เป็นมุม $(\pi/2 + \theta)$ ดังนั้น I ตามหลัง V เป็นมุม ϕ แล้ว 'แรงบิดที่เกิดขึ้นได้แก่'

$$\text{แรงบิดทางาน} \propto I_p \cdot I_w \cos(\theta - \phi) = K_1 VI \cos(\theta - \phi)$$

$$\text{แรงบิดด้านการงาน} \propto I_p \cdot I_w \sin \phi E_p = K_2 V^2$$

ถ้าไม่คิดแรงดูดจากสปริง รีเลย์จะทำงานเมื่อ

$$K_1 VI \cos(\theta - \phi) \geq K_2 V^2$$

นั่นคือ รีเลย์ทำงานเมื่อ

$$Y \cos(\theta - \phi) \geq K_2/K_1$$

โดยที่

$$Y = G + jB = 1/R + jX$$

รีเลย์แบบ นี้จึงมีชื่อเรียก อีกชื่อหนึ่งว่า 'แอดมิแตนซ์รีเลย์' (admittance relay) ซึ่งโวลต์สของแอดมิแตนซ์ แสดงลักษณะ การทำงานจะเป็นเส้นตรง ในแผนภาพของ $G + jB$ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ลักษณะการทำงาน อาจแสดงในแผนภาพ $R - X$ ได้ด้วย โดยการดัดแปลงรูปสมการใหม่

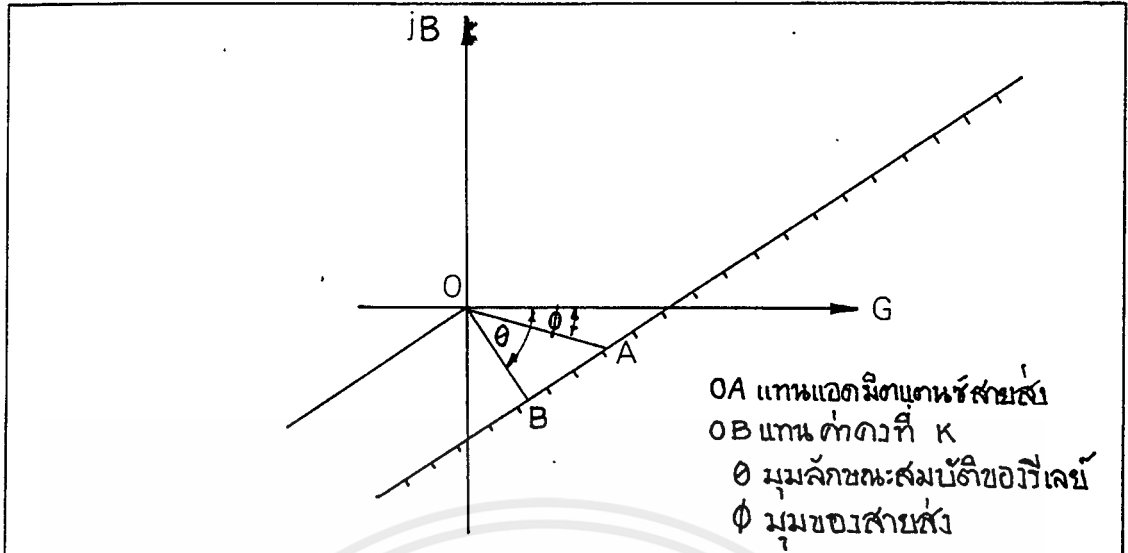
$$Y \cos(\theta - \phi) \geq K$$

$$Z \sec(\theta - \phi) \leq 1/K$$

$$Z \sqrt{1 + \tan^2(\theta - \phi)} \leq 1/K$$

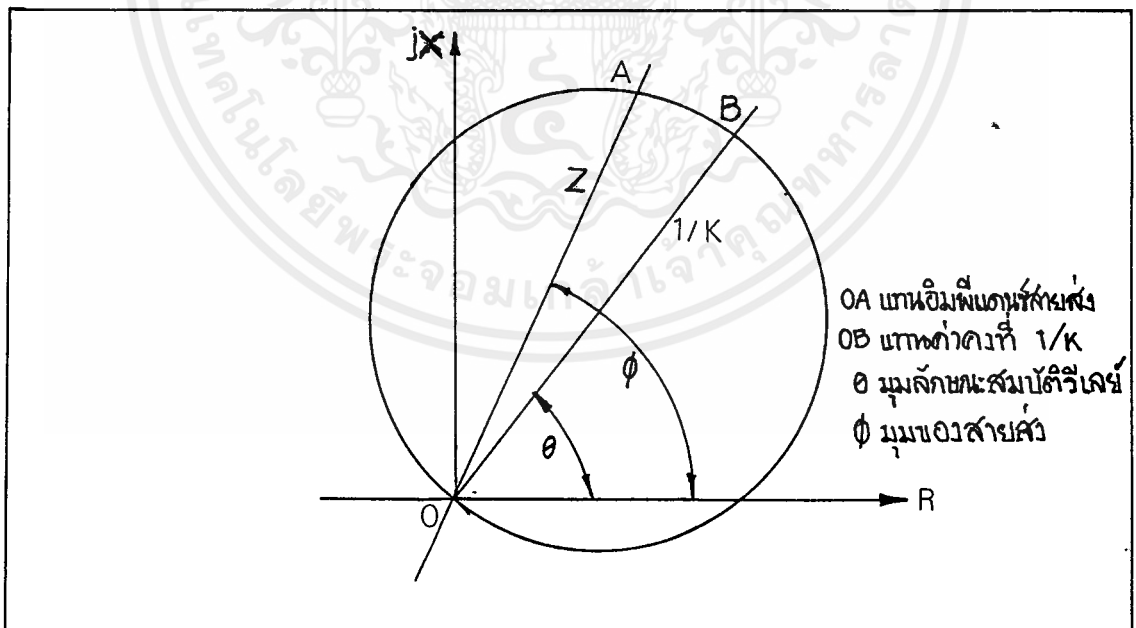
$$Z^2 + \{Z \tan(\theta - \phi)\}^2 \leq 1/K^2$$

ลักษณะการทำงาน ของรีเลย์ ที่วาดในแผนภาพ $G-B$ เป็นเส้นตรง ซึ่งอยู่ห่างจากจุดกำเนิด เป็นระยะทาง $K = K_2/K_1$ แต่ถ้าวาดในแผนภาพ $R-X$ จะเป็นวงกลม ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาว $1/K$ ดังแสดง ในรูปที่ 2.4 โดยเส้นรอบวง ของวงกลม ผ่านจุดกำเนิด ลักษณะการทำงาน ของรีเลย์ มีคุณสมบัติแบบเดียวกับรีเลย์แบบรูปทิศทาง ซึ่งรีเลย์จะทำงาน เฉพาะเมื่อเกิดพอลต์ ในทิศทาง ที่รีเลย์มองเห็นเท่านั้น ข้อที่น่าสังเกตก็คือ จุดสัมผัสของรีเลย์เปลี่ยนแปลงไปตามขนาด ของมุมพอลต์ (fault angle) ในกรณีของเมทัลลิกพอลต์ (metallic fault) ถ้ามุมพอลต์จะเท่ากับมุมของสายส่ง $\phi = \tan^{-1} X/R$ แต่ในกรณี ของอาร์กพอลต์ (arcing fault) องค์ประกอบ ความต้านทาน มีค่าเพิ่มขึ้น

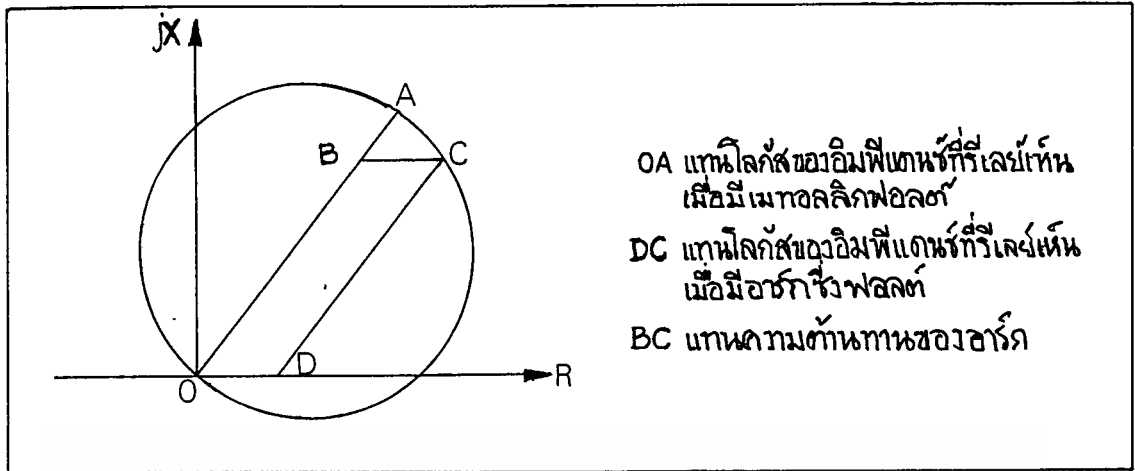


รูปที่ 2.3 โวลต์ของแอดมิตแทนซ์แสดงลักษณะการทางานของวีลีย์

หาให้มุมพอลต์ เปลี่ยนเป็นค่าเชิงลวง ถ้าเราแทนสายส่ง ด้วยค่าอิมพีแดนซ์ลงในแผนภาพ R-X ด้วยเส้นตรง OA ดังรูปที่ 2.5 และให้เส้นผ่าศูนย์กลาง ของลักษณะการทางาน ของวีลีย์ เป็นเส้นตรง OA ด้วย เมื่อเกิดอาร์กซึ่งพอลต์ ในสายส่งแล้ว วีลีย์ จะสามารถ ครอบคลุม ป้องกันสายส่ง ได้เพียงช่วงความยาว OB เท่านั้น การที่เซคป้องกัน ของวีลีย์ หดสั้นลง เช่นนี้ เรียกว่า อันเดอร์รีช (underreach)



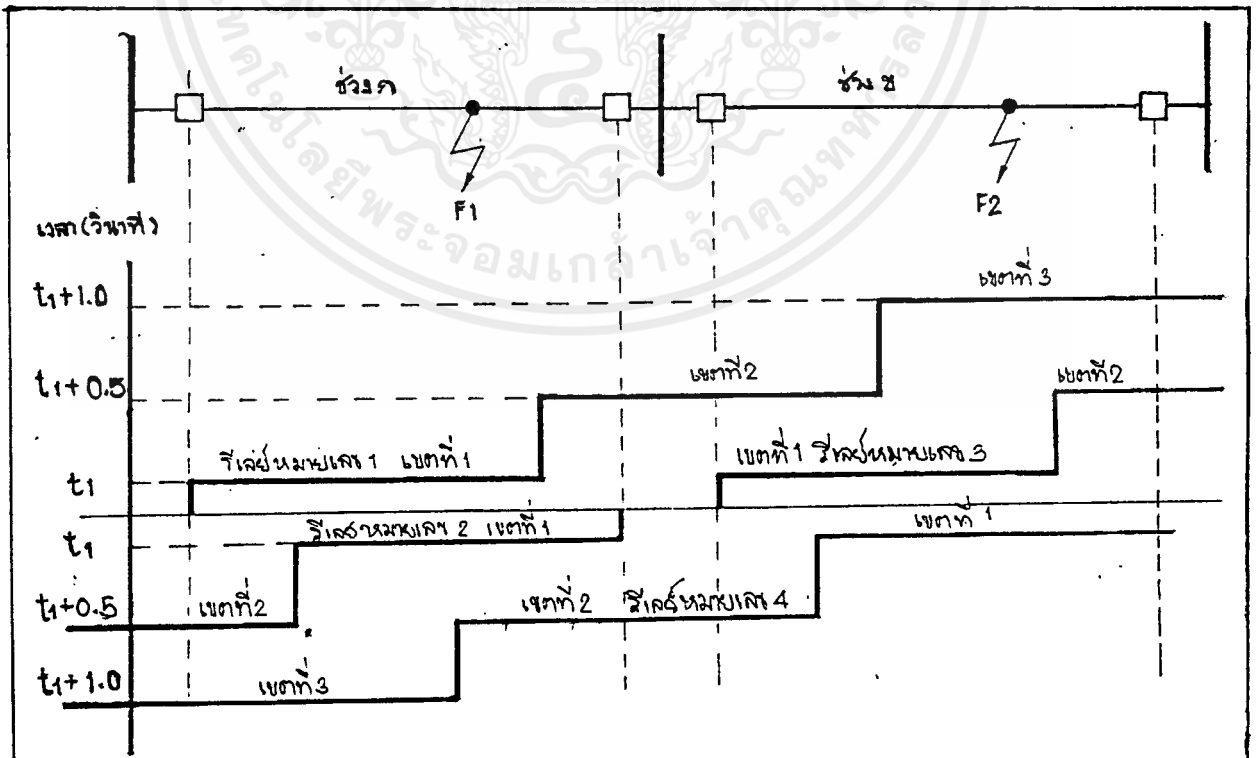
รูปที่ 2.4 ลักษณะการทางานของวีลีย์แสดงในแผนภาพ R-X



รูป 2.5 แสดง เขตป้องกันของรีเลย์ระยะสั้นลง เมื่อ เกิดอาร์กซึ่งพอลต์ในสายส่ง

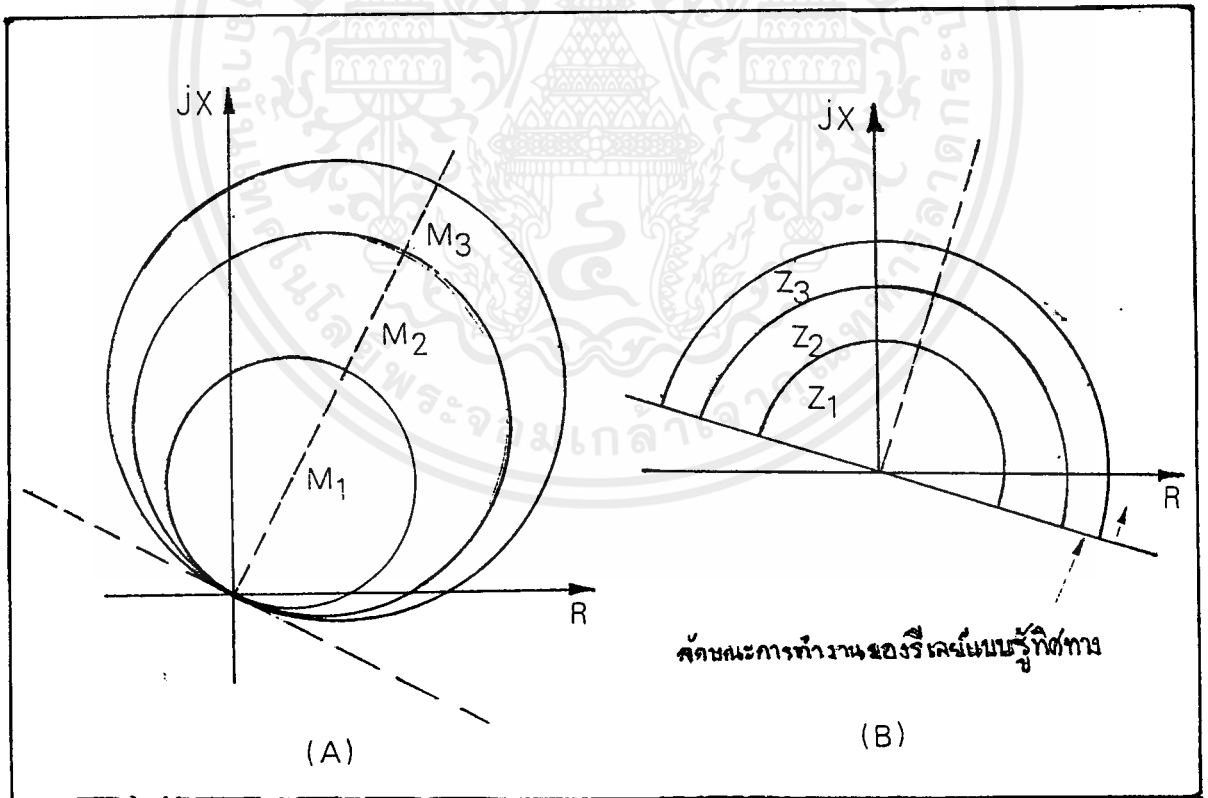
2.4 การป้องกันสามเขต (three zones protection)

รีเลย์วัดระยะทาง โดยทั่วไปมี 3 หน่วย และมีหลักการทางาน ที่เรียกว่าการป้องกันสามเขต (three zones protection) เช่น อิมพีเคนซีรีเลย์ ประกอบด้วย element Z_1, Z_2 และ Z_3 ซึ่งจะตั้งไว้ให้ทางาน ที่ค่าอิมพีเคนซ์ และเวลาที่ต่างกัน ซึ่งอาจจะอธิบายโดยยาชรูปที่ 2.6 ประกอบดังนี้



รูป 2.6 แสดง เวลาการทางานของรีเลย์และรีเลย์ทั้ง 3 เขตของรีเลย์แต่ละตัวที่ป้องกันสายส่ง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา โดยผู้จัดทำเอกสารเพื่อใช้ในการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีเลย์หมายเลข 1 จะมองไปทางซ้ายมือของสายส่ง zone 1 element หรือจะตั้งให้สามารถป้องกัน ได้ประมาณ 80% ของความยาวสายส่งช่วง ก. ถ้าเกิดพอลต์ ภายในบริเวณนี้ รีเลย์จะทำงาน ภายในเวลา t_1 วินาที ซึ่งสั้นมาก zone 2 element หรือ Z_2 มักจะตั้ง ให้ป้องกันได้ตลอดสายช่วง ก. เลขเข้าไปในช่วง ข. ประมาณ 20% ของความยาวสายส่งช่วง ก. เวลาการทำงานของ Z_2 จะหน่วงเวลาไว้ประมาณ 0.5 วินาที นั่นคือ Z_2 ทำงานภายในเวลา $t_1 + 0.5$ วินาที ดังนั้น Z_2 จึงเป็น element ที่จะหรือหวงจรเมื่อเกิดพอลต์ ที่ปลายทางของส่วน ก. นอกจากนี้ ยังทำงาน ให้การป้องกันสำรองสำหรับ Z_1 ของทั้งรีเลย์หมายเลข 1 และหมายเลข 3 ด้วย ส่วน Z_3 ของรีเลย์หมายเลข 1 จะตั้งให้สามารถ ป้องกันได้ประมาณ 250 - 300% ของสายส่งช่วง ก. หรือ ตั้งให้ป้องกันถึงจุดปลาย ของสายส่งช่วงถัดไป โดยมีเวลาการทำงาน ที่มีการหน่วงเวลาไว้ประมาณ 1.0 วินาที Z_3 จะทำหน้าที่ ป้องกันสำรอง สำหรับรีเลย์หมายเลข 1 และหมายเลข 3 เช่นเดียวกัน ตัวอย่าง ของลักษณะการทำงาน ของรีเลย์ ที่อาจนำมาใช้ในการป้องกันนี้ ได้แก่รูปที่ 2.7

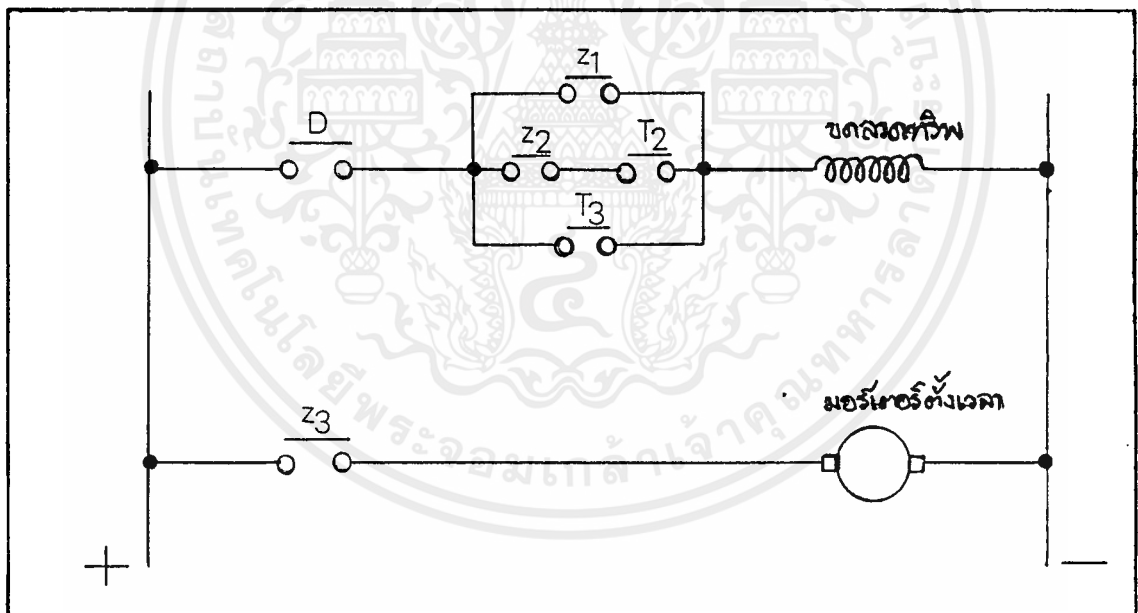


รูปที่ 2.7 ตัวอย่างลักษณะการทำงานของ (A) นรีเล (B) อิมพีแดนซ์รีเลย์ร่วมกับรีเลย์แบบรูทีทิงทาง สำหรับการป้องกันแบบสามเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรคอนแทค สำหรับการป้องกันสามเขต อาจแสดงได้ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และการทำงาน อาจอธิบายได้ ละเอียดใช้รูปที่ 2.6 ประกอบ

เมื่อเกิดพอลต์ที่ f_1 ในรูปที่ 2.6 D, Z_1, Z_2 และ Z_3 จะปิดทันที ดังนั้น จะมีไฟเลี้ยง ขดลวดหรือฟ ผ่านคอนแทคของ Z_1 ในขณะที่เคี้ยวกับมอเตอร์ตั้งเวลา จะหมุนพาคอนแทคของ T_2 ให้เปิดในเวลา 0.5 วินาทีต่อมา ถ้าบังเอิญ Z_1 ไม่ทรีวงจร อันอาจเนื่องมาจาก ระบบกลไกขัดข้อง ก็จะมีไฟเลี้ยงขดลวดหรือฟ ผ่าน Z_3 และ T_3 ด้วยเวลาหน่วง 1 วินาที ในการที่ที่เกิดพอลต์ที่จุด F_2 และถ้ารีเลย์หมายเลข 3 ไม่ทำงาน ด้วยสาเหตุอะไรก็ตาม คอนแทค Z_3 ของรีเลย์หมายเลข 1 จะเปิด ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์หมายเลข 1 ทำงาน การป้องกันสำรองเช่นนี้ เรียกว่า การป้องกันสำรองไกล (remote back up)



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรคอนแทคของอิมพีเนคชั่นรีเลย์ร่วมกับรีเลย์แบบ
รูกีตทางซึ่งวงจรถูกทำให้ง่ายขึ้น (simplified)

ในการวิเคราะห์ การทำงานของรีเลย์วัฏระยะทาง เราจะต้อง เขียนลักษณะการ
ทำงาน ของรีเลย์ บนแผนภาพ R-X เพื่อเปรียบเทียบ กับค่าอิมพีแดนซ์ ของระบบกำลัง หมาย
ของพิคค วนแกนตั้ง และแกนนอน อาจเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือเป็นโวลต์ และทั้งสองแกนจะต้องใช้
สเกลเดียวกัน ในการนี้ ที่ใช้หน่วยเป็นโวลต์ จะต้องเป็นค่าโวลต์ ทางค่านปรนภูมิ หรือค่าโวลต์
ทางค่านหุคิยภูมิ อย่างใดอย่างหนึ่ง เท่านั้น โดยค่าทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\text{ค่าโวลต์ทางค่านหุคิยภูมิ} = \text{ค่าโวลต์ทางค่านปรนภูมิ} \times \frac{\text{อัตราส่วนรอบของ ซีที.}}{\text{อัตราส่วนรอบของ ฟีที.}}$$

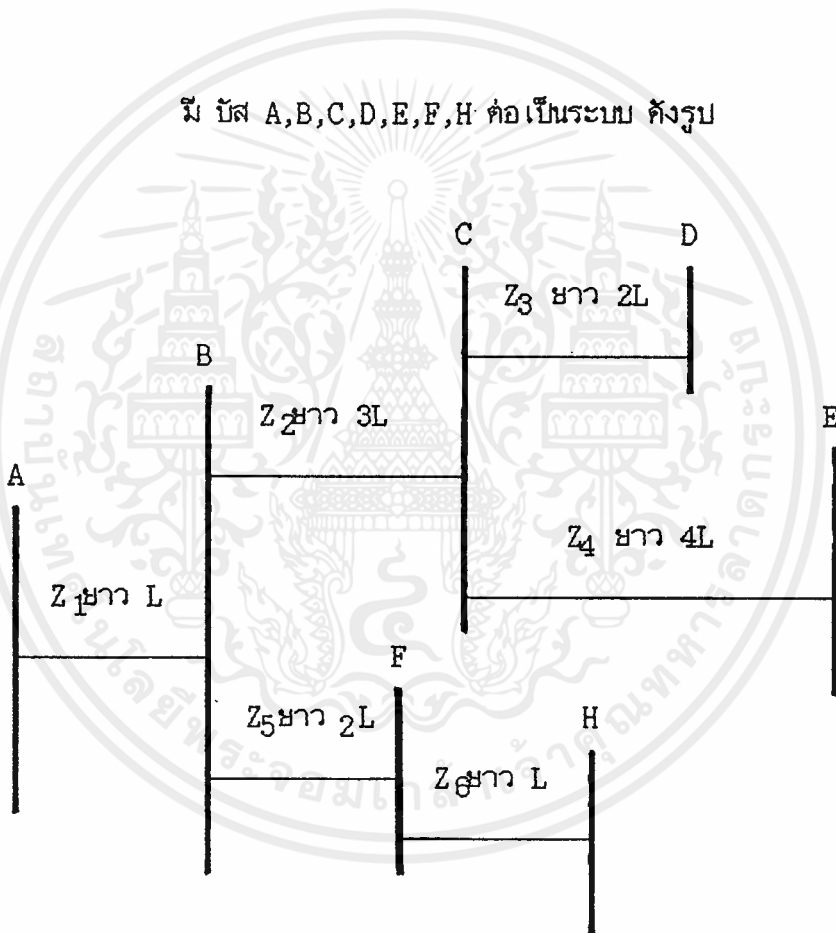
เครื่องหมายของ R และ X ขึ้นอยู่กับ ทิศทางการไหล ของกำลังไฟฟ้า และ
กำลังไฟฟ้รีแอกตีฟ โดยมีหลักการว่า สำหรับกำลังไฟฟ้าและกำลังรีแอกตีฟล้าหลัง ที่ไหลใน
ทิศที่รีเลย์มอง ถือว่าเป็นค่าบวก R และ X คือทางค่านปรนภูมิ มีความสัมพันธ์ กับกำลังไฟฟ้า
(P) และกำลังไฟฟ้ รีแอกตีฟล้าหลัง (Q) ดังสมการ ต่อไปนี้

$$R = \frac{V^2 P}{P^2 + Q^2} \quad X = \frac{V^2 Q}{P^2 + Q^2}$$

บทที่ 3 การคำนวณและการเขียนโปรแกรม

3.1 แสดงการคำนวณ

ต่อไปนี้เป็นกำรคำนวณเพื่อแสดง ให้เห็นระยะทาง ของการป้องกันใน โซนต่างๆ ว่าตำแหน่งฟอลต์ เกิดในโซนใด และตัว bacu-up ว่าสามารถครอบคลุม ตำแหน่งฟอลต์ ได้หรือไม่



จากระบบ ให้ความยาวของบัส A-B ยาว L KM คำนวณ Relay bus A และ Impedance $Z_1 = R_1 + j x 1$

Zone 1 80 % ระหว่าง บัส

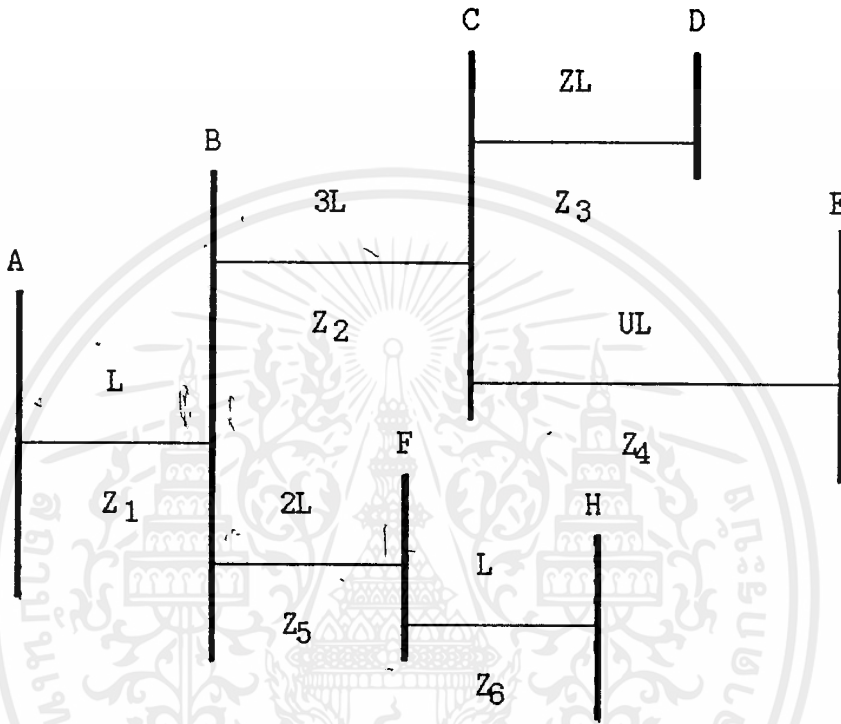
Zone 2 มาก 50 % ของบัสใกล้ที่สุด

Zone 3 มาก 20 % ของบัสที่ยาวที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการคำนวณ

มี บัส A,B,C,D,E,F,H ดังตามรูป



จากระบบข้างบน ให้ความยาวของ บัส A-B = L คำนวน Relay bus A
และ Impedance = $Z_1 = R_1 + j x 1$

Zone 1 80% ระหว่างบัส

reactance = $L \times \text{reactance } 1 (\Omega/\text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt}) \times 80\%$

resistance = $L \times \text{resistance } 1 (\Omega/\text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt}) \times 80\%$

Zone 2 50% ของบัสที่สั้นที่สุดที่ต่อกับ บัส B นั่นคือ บัส F ซึ่งสั้นกว่า บัส C

reactance = $[L \times \text{reactance } 1 (\Omega/\text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt})]$

$+ [2L \times \text{reactance } 5 (\Omega/\text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt}) \times 50\%]$

resistance = $[L \times \text{resistance } 1 (\Omega/\text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt})]$

$+ [2L \times \text{resistance } 5 (\Omega/\text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt}) \times 50\%]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zone 3 20% ของบัสที่ยาวที่สุด ที่ค่ออยู่กับ บัส F ซึ่งมีเพียง บัส H

$$\begin{aligned} \text{reactance} &= [L \times \text{reactance 1 } (\Omega / \text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt})] \\ &\quad + [2L \times \text{reactance 5 } (\Omega / \text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt})] \\ &\quad + [L \times \text{reactance 6 } (\Omega / \text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt}) \times 20\%] \\ \text{resistance} &= [L \times \text{resistance 1 } (\Omega / \text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt})] \\ &\quad + [2L \times \text{resistance 5 } (\Omega / \text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt})] \\ &\quad + [L \times \text{resistance 6 } (\Omega / \text{km}) \times \text{ratio}(\text{CT}/\text{Pt}) \times 20\%] \end{aligned}$$

* ratio (CT/Pt) เป็นค่าที่ใช้ค่ออยู่กับ Relay

ค่าบนี้ เป็นตัวอย่างการคำนวณ ครอบคลุม มีพอลระหว่างบัส PA กับ WNK เป็นระยะทาง 50 km. จากบัส PA

ใช้ค่า ratio (CT/Pt) = 0.346

Primary

- คำนวณระหว่าง บัส PA กับ WNK , relay ทางด้าน bus PA (reac = reactance , res = resistance)

Zone 1

$$\begin{aligned} \text{reac} &= 114.507\text{km} \times 0.26875 \times 0.346 \times 0.8 = 8.52 \\ \text{res} &= 114.507\text{km} \times 0.1207 \times 0.346 \times 0.8 = 3.82 \\ \text{ระยะทาง Protection} &= 114.507 \times 0.8 = 91.6056\text{km} \end{aligned}$$

Zone 2 = Zone 3 เนื่องจาก บัส WNK เป็นบัสสุดท้าย

$$\begin{aligned} \text{reac} &= 114.507\text{km} \times 0.26875 \times 0.346 = 10.647 \\ \text{res} &= 114.507\text{km} \times 0.1207 \times 0.346 = 4.782 \\ \text{ระยะทาง Protection} &= 114.507\text{km} \end{aligned}$$

ที่ตำแหน่งของจุดพอลต์

$$\begin{aligned} \text{reac} &= 50\text{km} \times 0.26875 \times 0.346 = 4.649 \\ \text{res} &= 50\text{km} \times 0.1207 \times 0.346 = 2.08811 \end{aligned}$$

∴ จุดพอลต์ อยู่ในตำแหน่ง Zone 1 ของ relay บัส PA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Backup 1

- คำนวณระหว่าง บัส CC กับ PA ทางด้าน relay bus CC

Zone 1

$$\text{reac} = 71.782\text{km} \times 0.26875 \times 0.346 \times 0.8 = 5.34$$

$$\text{res} = 71.782\text{km} \times 0.1207 \times 0.346 \times 0.8 = 2.4$$

$$\text{ระยะทาง Protection} = 71.782 \times 0.8 = 57.4256\text{km}$$

Zone 2

$$\begin{aligned} \text{reac} &= (114.507 \times 0.26875 \times 0.346 \times 0.5) + (71.782 \times 0.26875 \\ &\quad \times 0.346) = 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{res} &= (114.507 \times 0.1207 \times 0.346 \times 0.5) + (71.782 \times 0.346) \\ &= 5.4 \end{aligned}$$

$$\text{ระยะทาง Protection} = 71.782 + (114.507 \times 0.5) = 129.0355\text{km}$$

Zone 3

$$\begin{aligned} \text{reac} &= (71.782 \times 0.26875 \times 0.346) + (114.507 \times 0.26875 \\ &\quad \times 0.346) = 17.32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{res} &= (71.782 \times 0.1207 \times 0.346) + (114.507 \times 0.26875 \\ &\quad \times 0.346) = 7.78 \end{aligned}$$

$$\text{ระยะทาง Protection} = 71.782 + 114.507 = 186.289\text{km}$$

ที่ตำแหน่งของจุดฟอลต์

$$\text{reac} = (71.782\text{km} \times 0.26875 \times 0.346) + 4.649 = 11.32$$

$$\text{res} = (71.782\text{km} \times 0.1207 \times 0.346) + 2.08811 = 5.085$$

∴ จุดฟอลต์ จะอยู่ใน Zone 2 ของ relay บัส CC

Backup 2

- คำนวณระหว่าง บัส BPK กับ CC ทางด้าน relay bus BPK

Zone 1

$$\text{reac} = 17.632 \times 6.26875 \times 0.346 \times 0.8 = 1.31$$

$$\text{res} = 17.632 \times 0.1207 \times 0.346 \times 0.8 = 0.56$$

$$\text{ระยะ Protection} = 17.632 \times 0.8 = 14.1056\text{km}$$

Zone 2

$$\text{reac} = (71.782 \times 0.26875 \times 0.346 \times 0.5) + (17.632 \times 0.26875 \times 0.346) = 4.977$$

$$\text{res} = (71.782 \times 0.1207 \times 0.346 \times 0.5) + (17.632 \times 0.1207 \times 0.346) = 2.23$$

$$\text{ระยะ Protection} = 17.632 + (71.782 \times 0.5) = 53.523\text{km}$$

Zone 3

$$\text{reac} = (114.507 \times 0.26875 \times 0.346 \times 0.2) + (71.782 \times 0.26875 \times 0.346) + (17.632 \times 0.26875 \times 0.346) = 10.44$$

$$\text{res} = (114.507 \times 0.1207 \times 0.346 \times 0.2) + (71.782 \times 0.1207 \times 0.346) + (17.632 \times 0.1207 \times 0.346) = 4.69$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะทาง Protection} &= 17.632 + 71.782 + (114.507 \times 0.2) \\ &= 112.3154\text{km} \end{aligned}$$

คำนวณหม้อแปลง

$$\text{reac} = (0.26875 \times 0.346) (17.632 + 71.782 + 50) = 12.96 \text{ ohm.}$$

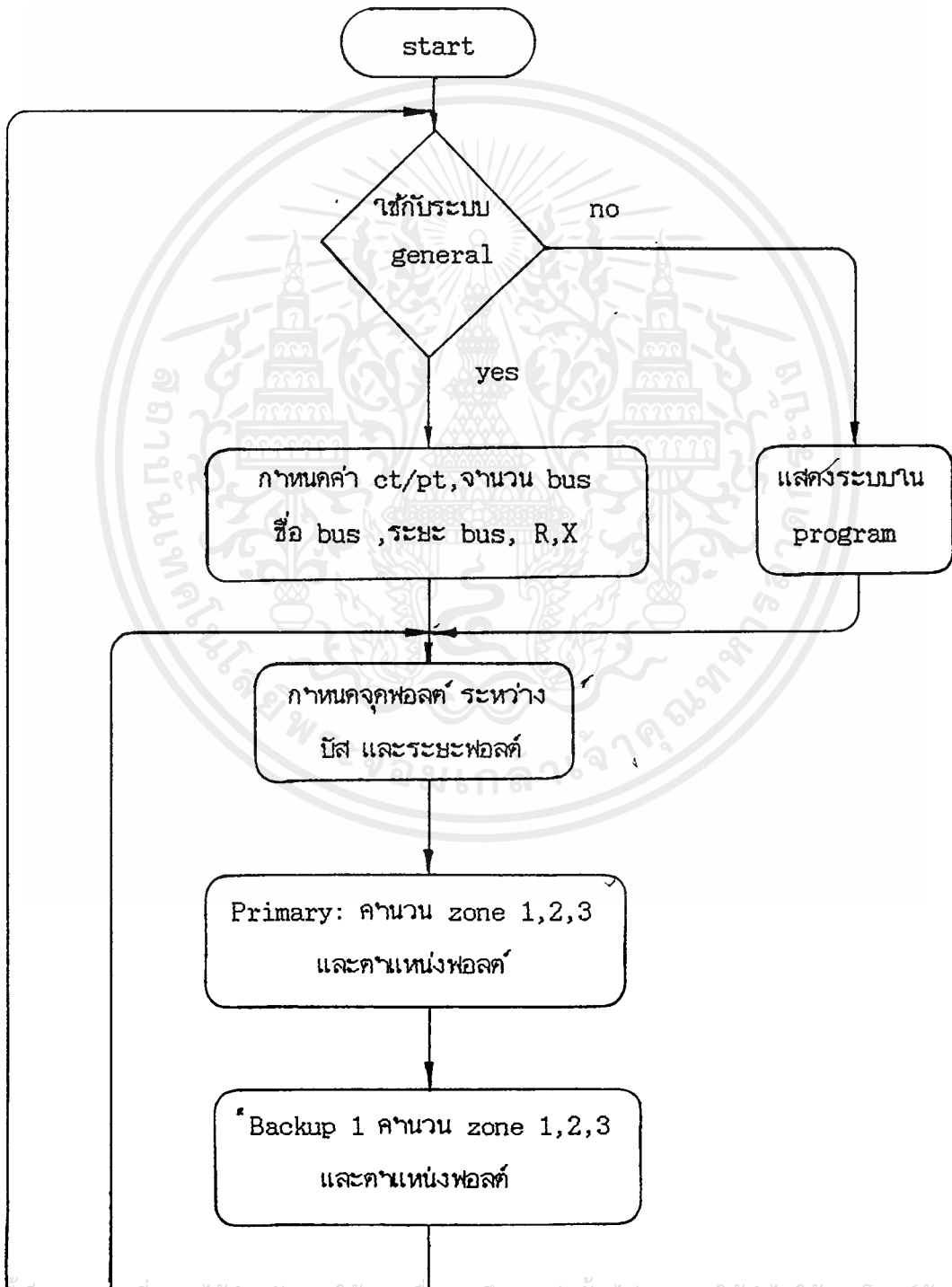
$$\text{res} = (0.1207 \times 0.346) (17.632 + 71.782 + 50) = 5.822 \text{ ohm.}$$

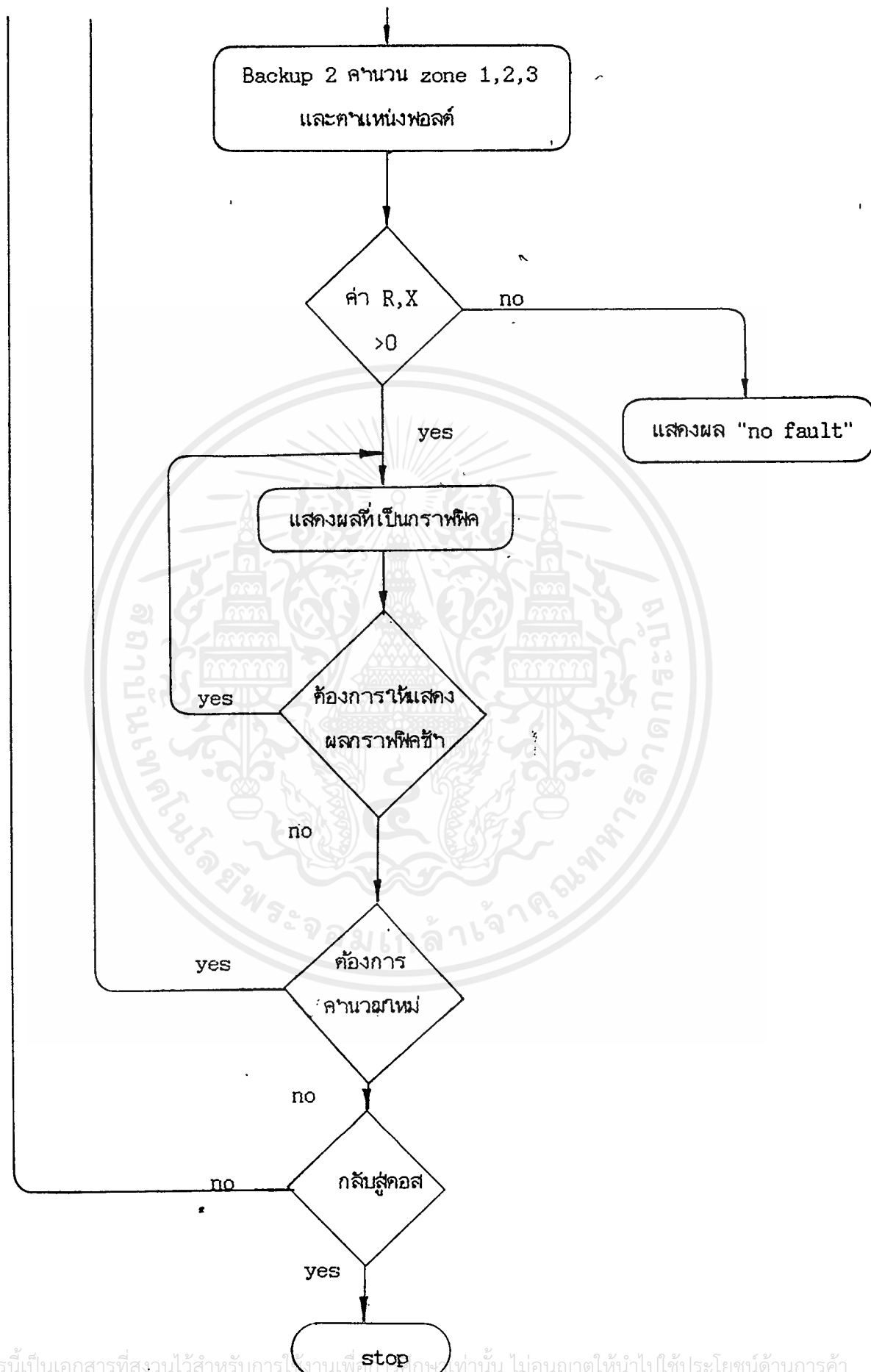
: - จุดพอลต์ จะไม่อยู่เป็น Zone ใด เลข นั่นคือ relay bus BPK ไม่สามารถป้องกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวิธีการคำนวณนี้ เพื่อเป็นแนวทาง ในการเขียนเป็นโปรแกรม ซึ่งทำให้ เรา สามารถเขียน Flow chart เพื่อลำดับขั้นตอนและเขียนในส่วโปรแกรมต่อไป

จาก Flow chart เมื่อรู้ตำแหน่ง ของจุดพอลต์ คอมพิวเตอร์จะทำการอ่านค่า R,X ในสายส่ง แล้วนำไปคำนวณหาค่า Impedance และมุม หลังจากนั้น ก็จะแสดงผล การทำงาน ของรีเลย์บนกราฟพิก





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

program dr ;
uses crt,dos,graph ;
var
    i,j,k,xc1,yc1,rdi1,sw1,sw2,wg,wh,wu,wd,wbu,wr,wc      : integer ;
    xt,yt,rdi,xc2,yc2,wo,wi,p,m,n,wa,wn,wm,wb,wf,ws      : integer ;
    pp,rdi2,rd,temp,temp1,ratio,dis,sq1,sq2,ti,z1,z2,z3    : real ;
    st1,st2,st3,st4,st5,backbus2,backbus1                 : string[20] ;
    namebus                                                 : array[1..50] of string[20] ;
    res,react,x,r,zt                                       : array[1..200] of real ;
    compare,dz                                             : array[1..200] of real ;
    reff                                                    : array[1..30] of integer ;
    bu1,bu2                                                : array[1..200] of integer ;
    bus                                                     : array[1..50,1..50] of real ;
    rreact,rres                                           : array[1..50,1..50] of real ;
    ans                                                    : char ;
    {$i zones.pas}
    {$i caci.pas}
    {$i system.pas}
    {$i drline.pas}

begin
    clrscr ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{ This program transfer from GL1-LINE }
```

```
{----- SET VARIABLE = 0 -----}
```

```
repeat {<----- 1 }
```

```
setvariable ;
```

```
clrscr ;
```

```
gotoxy(30,12) ; write( ' Select (1) or (2) ' ) ;
```

```
gotoxy(33,13) ; write( '[1] System General : ' ) ;
```

```
gotoxy(33,14) ; write( '[2] System on computer : ' ) ;
```

```
gotoxy(35,16) ; readln(pp) ;
```

```
if pp <= 1 then
```

```
begin
```

```
clrscr ;
```

```
gotoxy(30,12) ; writeln( 'Numbers of bus : ' ) ;
```

```
gotoxy(48,12) ; readln(n) ;
```

```
clrscr ;
```

```
gotoxy(30,12) ; write( 'ratio(ratio.CT/ratio.PT) : ' ) ;
```

```
gotoxy(44,14) ; readln(ratio) ;
```

```
clrscr ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
write('Name Bus : ') ; writeln ; writeln ;
```

```
for wo := 1 to n do
```

```
begin
```

```
write('bus ',wo,' = ');
```

```
readln(namebus[wo]);
```

```
end ;
```

```
for wi := 1 to n do
```

```
for wo := 1 to n do
```

```
begin
```

```
if wo <> wi then
```

```
begin
```

```
writeln ;
```

```
write('distance line ',namebus[wi],'-',namebus[wo],' = ');
```

```
readln(bus[wi,wo]);
```

```
write('reactance ',namebus[wi],'-',namebus[wo],
```

```
' (ohm/km) = ');
```

```
readln(rreac[wi,wo]);
```

```
write('resistance ',namebus[wi],'-',namebus[wo],
```

```
' (ohm/km) = ');
```

```
readln(rres[wi,wo]);
```

```
end ;
```

```
end;
```

```
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
    data ;
repeat
    clrscr ;                                {<----- 2 }

setvar ;

if pp > 1 then
begin
    systemgraph ;
    closegraph ;
end ;
gotoxy(30,12) ;
write(' Fault between Bus : ');
gotoxy(25,14) ;
write('Ex : namebus (enter) namebus (enter)');
gotoxy(35,18) ;
readln(backbus1) ;

gotoxy(35,20) ;
readln(backbus2) ;    clrscr ;

gotoxy(30,12) ;

write(' distance fault from bus ',backbus1,' (km)');
gotoxy(40,15) ;
readln(dis) ;

wm := 0 ; wu := 0 ;

repeat

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    wm := wm + 1 ;
until namebus[wm] = backbus1 ;

p := wm ;

repeat
    wu := wu + 1 ;
until namebus[wu] = backbus2 ;

m := wu ;

wm := 0 ; wu := 0 ; wd := 0 ; wbu := 0 ;

calzone ;

wm := 100 ; wu := 100 ; wd := 100 ; wbu := 100 ;
sw1 := p ; sw2 := m ;

p := sw2 ; m := sw1 ;

dis := abs(bus[p,m] - dis) ;

calzone ;

if (reac[1] > 0 ) or (reac[101] > 0 ) then

```

showgraph

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
begin
    clrscr ; gotoxy(30,12) ;
    write('No fault ') ;readln ;
end ;

clrscr ;

gotoxy(30,12) ; write('Want to repeat calculate (Y/N): ') ;
ans := readkey ;
until upcase(ans) = 'N' ; {<----- 2 }

clrscr ;
gotoxy(30,12) ; write('Return to DOS (Y/N) : ') ;
ans := readkey ;
until upcase(ans) = 'Y' ; {<----- 1 }

clrscr ;

end.

```

```

procedure drline ;
var
    row,col,wi,wo : integer ;
    num : real ;
    st1,st2: string ;
begin
    line(10,0,getmaxx,0) ;moveto(getmaxx,0);
    lineto(getmaxx,230) ;lineto(10,230) ; lineto(10,0) ;
    moveto(360,0); lineto(360,230);
    line(130,214,180,87) ; line(490,214,540,87) ;
    {=====table.graph.row=====}
    row := 230 ;
    for wi := 1 to 15 do
        begin
            row := row - 16 ;
            line(10,row,17,row) ;moveto(17,row) ;
            col := 17 ;
            for wo := 0 to 36 do
                begin
                    moveto (col,row) ;
                    lineto(col,row) ;
                    col := col+9 ;
                end
            end
        end;
    {!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!table.graph.column!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for wo := 1 to 30 do
  begin
    col := col+24 ;
    line(col,230,col,227);moveto(col,227);
    row := 227 ;
    for wi := 0 to 75 do
      begin
        moveto(col,row) ;
        lineto(col,row) ;
        row := row-7 ;
      end
    end;
    col := 130 ; row := 490 ;

    for wo := 1 to 110 do
      begin
        moveto(col,214) ; lineto(col,214) ;
        col := col+2 ;
        moveto(row,214) ; lineto(row,214) ;
        row := row+2 ;
      end;

      row := 213*;
      for wi := 1 to 120 do
        begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ `moveto(130,row)` และ `lineto(130,row)` ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

moveto(490,row) ; lineto(490,row) ;

row := row-2 ;

end;

{-----number.char 1-----}

row := 104 ; num := -1 ;

for wi := 1 to 10 do

begin

row := row+24 ;

num := num+1.0;

str(num:2:1,st1) ;

settextstyle(2,0,2);

outtextxy(row,233,st1) ;

end;

num := 0 ; col := 196;

settextstyle(2,1,2) ;

outtextxy(1,211,'0') ; outtextxy(1,196,'2') ;

outtextxy(1,179,'4') ; outtextxy(1,162,'6') ;

outtextxy(1,146,'8') ; outtextxy(1,129,'10') ;

outtextxy(1,111,'12') ; outtextxy(1,96,'14') ;

outtextxy(1,81,'16') ; outtextxy(1,65,'18') ;

outtextxy(1,49,'20') ; outtextxy(1,33,'22') ;

outtextxy(1,17,'24') ;

settextstyle(0,1,1);

outtextxy(25,2,'X');

settextstyle(0,0,1) ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ `outtextxy(375,233,'R')` ศึกษานี้ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{-----number.char 2-----}

row := 464 ; num := -1 ;

for wi := 1 to 10 do
begin
row := row+24 ;

num := num+1 ;

str(num:2:1,st1) ;

settextstyle(2,0,2) ;

outtextxy(row,233,st1) ;

end;

settextstyle(2,0,4) ;

setusercharsize(1,1,10,11) ;

outtextxy(25,335,'**') ;

fillellipse(53,339,4,2) ; outtextxy(64,335,'= fault location') ;

circle(168,338,5) ; outtextxy(181,335,'= impedance circle') ;

line(300,333,300,343) ; line(300,343,317,343) ;

line(300,343,310,337) ;

outtextxy(325,335,'= maximum torque angle') ;

fillellipse(465,339,2,2) ; outtextxy(473,335,'= zone setting') ;

outtextxy(585,335,'ct/pt ratio = 0.346 ') ;

end; * { end subprogram}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure showgraph ;
begin
{-----GRAPHIC -----}

repeat                               { <----- 1 }
  i := detect ;
  initgraph(i,j,``) ;
{----- Subprogram -----}

  wg := 0 ; wc := 0 ; {<===== point fault on circle 1 }
  wh := 100 ; ws := 100 ; {<=====point fault on circle 2 }
  repeat
    drline ;
{----- Calculate circle and others -----}

{----- OUTPUT CIRCLE 1 -----}

  if res[wg+1] > 0 then
    begin *
      wc := wc+1 ; wd := 278 ;
      for p := wg+1 to wg+3 do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

yt := fyt1(p) ;
xt := fxt1(p) ;      {<===== point zone }
.fillellipse(xt,yt,2,2) ;

```

```

yt := 214-round(x[wc]*8.5) ;
xt := 130+round(r[wc]*25.5) ; {<==== point fault on graph}
fillellipse(xt,yt,4,2) ;

```

```

rd := pi*74/180 ;
rdi := frdi(p) ;
xc1 := fxc1(p) ;
yc1 := fyc1(p) ;
setaspectratio(2,3) ;
circle(xc1,yc1,rdi) ;

```

{-----NUMERICAL 1-----}

```
str(dz[p]:2:2,st1) ;
```

```
settextstyle(2,0,5) ;
```

```
outtextxy(70,250,'bus') ;
```

```
outtextxy(70,263,'relay bus') ; outtextxy(115,276,'(km)') ;
```

```
outtextxy(70,276,'zone') ; outtextxy(115,289,'(km)') ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(70,302,'zone') ;

outtextxy(70,315,'delay time (ms)') ;

settextstyle(2,0,4) ;

outtextxy(200,265,namebus[bu1[wc]]) ;

outtextxy(200,250,namebus[bu1[wc]]) ;

outtextxy(105,278,'1') ; outtextxy(227,250,'-') ;

outtextxy(105,291,'2') ; outtextxy(242,250,namebus[bu2[wc]]) ;

outtextxy(105,304,'3') ; outtextxy(205,wd,st1);

if zt[wc] > 0 then
begin
str(zt[wc]:3:3,st4) ;
outtextxy(203,317,st4) ;
end
else
outtextxy(203,317,'none') ;

wg := wg+1 ; wd := wd+13 ;

end;

end;

{----- OUTPUT CIRCLE2 (ON RIGHT) -----}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if res[wh+1] > 0 then
```

```
begin
```

```
ws := ws+1 ; wd := 278 ; {295}
```

```
for k := wh+1 to wh+3 do
```

```
begin
```

```
xt := fxt2(k) ;
```

```
yt := fyt2(k) ;
```

```
fillellipse(xt,yt,2,2) ;
```

```
xt := 490+round(r[ws]*25.5) ;
```

```
yt := 214-round(x[ws]*8.5) ; {<==== point of fault on right}
```

```
fillellipse(xt,yt,4,2) ;
```

```
rdi := frdi(k) ;
```

```
xc2 := fxc2(k) ;
```

```
yc2 := fyc2(k) ;
```

```
setaspectratio(2,3) ;
```

```
circle(xc2,yc2,rdi) ;
```

```
{----- NUMERICAL 2 -----}
```

```
str(dz[k]:2:3,st1) ; str(bu1[ws]:2,st2) ; str(bu2[ws]:2,st3) ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

settextstyle(2,0,5) ;

outtextxy(410,250,'bus') ; outtextxy(455,302,'(km)') ;

outtextxy(410,263,'relay bus') ; outtextxy(455,276,'(km)') ;

outtextxy(410,276,'zone') ; outtextxy(455,289,'(km)') ;

outtextxy(410,289,'zone') ;

outtextxy(410,315,'delay time (ms)') ;

outtextxy(410,302,'zone') ;

settextstyle(2,0,4) ;

outtextxy(540,265,namebus[bu1[ws]]) ;

outtextxy(540,250,namebus[bu1[ws]]); outtextxy(566,250,'-');

outtextxy(445,278,'1') ; outtextxy(584,250,namebus[bu2[ws]]);

outtextxy(545,wd,st1) ;

outtextxy(445,291,'2') ;

outtextxy(445,304,'3') ;

if zt[ws] >0 then
begin
str(zt[ws]:3:3,st5) ;
outtextxy(540,317,st5) ;

end
else
begin *
outtextxy(540,317,'none') ;

end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

wh := wh+1 ; wd := wd+13 ;

end;

end;

readln ;

cleardevice ;

if pp > 1 then begin
  systemgraph ;
  cleardevice ;
end ;

until (res[wg+1] = 0 ) and (res[wh+1] = 0 ) ;

{-----END-----}

closegraph ;

gotoxy(30,12) ;

write( ' do you want to repeat (Y/N) ' ) ;

ans := readkey ;

until upcase(ans) = 'N' ;           {<----- 1 }

end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure systemgraph ;
var
    i,j,k,row,col,wi,wo : integer ;
begin
    clrscr ;
    i := detect ;
    initgraph (i,j,``) ;

    setlinestyle(4,6125,2) ;

    line(0,250,getmaxx,250) ; moveto(getmaxx,getmaxy) ;
    lineto(getmaxx,0) ; lineto(0,0) ;
    lineto(0,getmaxy) ; lineto(0,getmaxy) ;
    lineto(getmaxx,getmaxy) ;

    setlinestyle(0,0,3) ;

    line (40,70,76,70) ; line (180,50,180,32) ;
    line (360,30,396,30) ; line (630,30,630,50) ;
    line (170,90,206,90) ; line (350,110,386,110) ;
    line (170,120,206,120) ; line (40,150,76,150) ;
    line (15,150,15,170) ; line (40,190,76,190) ;
    line (40,220,76,220) ; line (25,240,60,240) ;
    line (320,140,320,160) ; line (280,210,280,230) ;
    line (370,210,370,230) ; line (450,210,450,230) ;
    line (540,210,540,230) ; line (630,210,630,230) ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
line (290,265,450,265) ;
```

```
setlinestyle(0,0,0) ;
```

```
line(630,40,386,40) ; line(386,40,386,30) ;
```

```
line(376,30,376,15) ;line(376,15,150,15) ;
```

```
line(150,15,150,37) ; line(150,37,180,37) ;
```

```
moveto(180,45) ; lineto(200,45) ;lineto(200,55) ;
```

```
lineto(58,55) ; lineto(58,76) ;
```

```
moveto(65,70) ; lineto(65,60) ; lineto(180,60) ;
```

```
lineto(180,90) ; line(187,90,187,120) ;
```

```
moveto(193,120) ; lineto(193,128) ; lineto(368,128) ;
```

```
lineto(368,110) ;
```

```
moveto(178,120) ; lineto(178,161) ;lineto(70,161) ;
```

```
lineto(70,144) ;lineto(320,144) ;
```

```
moveto(15,161) ; lineto(45,161) ; lineto(45,144) ;
```

```
lineto(16,144) ; lineto(16,60) ; lineto(50,60) ;
```

```
lineto(50,70) ;
```

```
line(58,150,58,220) ; line(48,220,48,240) ;
```

```
moveto(68,220) ; lineto(68,225) ; lineto(280,225) ;
```

```
moveto(280,215) ; lineto(270,215) ; lineto(270,155) ;
```

```
lineto(320,155) ;
```

```
moveto(280,220) ; lineto(630,220) ;
```

```
moveto(320,150) ; lineto(435,150) ; lineto(435,213) ;
```

```
lineto(450,213) ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 moveto(8,266) ; lineto(getmaxx-10,266) ;
 กรุณาอย่านำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lineto(getmaxx-10,getmaxy-10)   lineto(8,getmaxy-10) ;
lineto(8,266) ; moveto(460,266) ; lineto(460,getmaxy-10) ;
```

```
setaspectratio(2,3) ;
```

```
circle(57,90,20) ;
```

```
outtextxy(640,30,'WNK') ; outtextxy(360,20,'PA') ;
outtextxy(180,23,'CC') ; outtextxy(80,65,'BPK') ;
outtextxy(185,80,'CB') ; outtextxy(350,100,'BBG') ;
outtextxy(170,110,'SC') ; outtextxy(50,140,'AP') ;
outtextxy(20,170,'AU') ; outtextxy(35,180,'BL') ;
outtextxy(25,210,'SH-1') ; outtextxy(63,240,'SH-2') ;
outtextxy(320,132,'RY-2') ; outtextxy(277,200,'RY-3') ;
outtextxy(360,200,'RY-1') ; outtextxy(442,200,'KLA') ;
outtextxy(535,200,'CT') ; outtextxy(625,200,'TR') ;
outtextxy(300,255,'SYSTEM ON COMPUTER ') ;
```

```
outtextxy(52,83,'G') ;
```

```
settextstyle(2,0,4) ;
```

```
setusercharsize(5,6,15,22) ;
```

```
outtextxy(475,33,'AC-114.507 KM') ;
```

```
outtextxy(260,8,'AA-71.782 KM') ;
```

```
outtextxy(100,48,'AA- 17.632 KM') ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(260,120,'AC- 33.21 KM') ;
outtextxy(230,137,'12AC- 51.932' ) ;
outtextxy(110,153,'AC- 4.674 KM') ;
outtextxy(10,153,'AC-4.6 KM');
outtextxy(350,142,'12AC- 56.686 KM') ;
outtextxy(128,218,'AA- 26.367 KM') ;
outtextxy(300,212,'AA- 15.339 KM') ;
outtextxy(378,212,'AC-47.385 KM') ;
outtextxy(470,212,'AC-56.092 KM ' ) ;
outtextxy(565,212,'AC-61.589 KM') ;

setttextstyle(2,1,4) ;
setusercharsize(5,7,15,22) ;

```

```

outtextxy(8,70,'12AC-52.512 KM') ; outtextxy(60,150,'AC-21.682') ;
outtextxy(60,180,'AA-21.04 KM ' ) ; outtextxy(40,215,'AA-11 KM') ;
outtextxy(260,160,'AC-4.976 KM') ; outtextxy(190,85,'AA-25.4 KM') ;

```

```

setttextstyle(2,0,4) ;

```

```

outtextxy(15,270,'WNK = Watthana ' ) ;
outtextxy(15,280,'PA = Pachin Burei') ;
outtextxy(15,290,'CC = Chachoengsao') ;
outtextxy(15,300,'BPK = Bang Pakong');
outtextxy(15,310,'CB = Chon Nuri') ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(130,270,'BBG = Ban Bung') ;
outtextxy(130,280,'AP = Ao Phai') ;
outtextxy(130,290,'AU = Ao Udom') ;
outtextxy(130,300,'BL = Bang lamung') ;
outtextxy(130,310,'SH-1 = Sattahip-1') ;
outtextxy(245,270,'SH-2 = Sattahip-2') ;
outtextxy(245,280,'RY-1 = Rayong-1') ;
outtextxy(245,290,'RY-2 = Rayong-2') ;
outtextxy(245,300,'RY-3 = Rayong-3') ;
outtextxy(245,310,'KLA = Klaeng') ;
outtextxy(360,280,'CT = Chanta Buri') ;
outtextxy(360,290,'TR = Trat') ;
outtextxy(470,270,'AA = 477 AAC') ;
outtextxy(470,280,'12AA = 1272 ACSR') ;
outtextxy(470,290,'AC = 477 ACSR') ;
outtextxy(470,300,'MCM = 795 MCM') ;

```

```
readln ;
```

```
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure calzone ;
```

```
begin
```

```
{-----zone 1 -----}
```

```
reac[wm+1] := bus[p,m]*rreac[p,m]*0.8*ratio ;
```

```
res[wm+1] := bus[p,m]*rres[p,m]*0.8*ratio ;
```

```
x[wd+1] := (rreac[p,m]*dis*ratio) ;
```

```
r[wd+1] := (rres[p,m]*dis*ratio) ;
```

```
dz[wd+1] := bus[p,m]*0.8 ;
```

```
wbu := wbu+1 ;
```

```
bu1[wbu] := p ; bu2[wbu] := m ;
```

```
for wi:= 1 to n+1 do
```

```
begin
```

```
if wi = p then wi := p+1 ;
```

```
compare[wi] := bus[m,wi] ;
```

```
end ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for wo := 1 to n-wi do
  if compare[wo] > compare[wo+1] then
    begin
      temp      := compare[wo] ;
      compare[wo] := compare[wo+1] ;
      compare[wo+1] := temp ;
    end;
  wi := 0 ;
  repeat
    wi := wi + 1 ;
    temp1 := compare[wi] ;
  until (temp1 > 0) or (wi = n) ;
wo := 0 ;
repeat
  wo := wo+1 ;
  if wo = p then wo := p+1 ;
  if temp1 = bus[m,wo] then
    begin
      reac[wm+2] := (bus[m,wo]*rreac[m,wo]*0.5*ratio)
                  + (reac[wm+1]/0.8) ;
      res[wm+2] := (bus[m,wo]*rres[m,wo]*0.5*ratio)
                  + (res[wm+1]/0.8) ;
      dz[wm+2] := (bus[m,wo]*0.5) + (dz[wm+1]/0.8) ;
    end;
until temp1 = bus[m,wo] ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{-----zone 3 -----}

if temp1 > 0 then

begin

for wi := 1 to 200 do

compare[wi] := 0 ;

for wi := 1 to n+1 do

begin

if wi = m then wi := m+1 ;

compare[wi] := bus[wo,wi] ;

end ;

for wi := 1 to n-1 do

for wa := 1 to n-wi do

if compare[wa] > compare[wa+1] then

begin

temp := compare[wa] ;

compare[wa] := compare[wa+1] ;

compare[wa+1] := temp ;

end;

wi := 0 ;

repeat

wi := wi + 1;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

until bus[wo,wi] = compare[n] ;

if bus[wo,wi] > 0 then
begin
    reac[wm+3] := (bus[wo,wi]*rreac[wo,wi]*0.2*ratio)
                +(reac[wm+1]/0.8)+(bus[m,wo]*rreac[m,wo]*ratio) ;
    res[wm+3] := (bus[wo,wi]*rres[wo,wi]*0.2*ratio)+(reac[wm+1]/0.8)
                +(bus[m,wo]*rres[m,wo]*ratio) ;
    dz[wm+3] := (bus[wo,wi]*0.2) + (dz[wm+1]/0.8) + bus[m,wo] ;
end

else
begin
    reac[wm+3] := (reac[wm+1]/0.8) + (bus[m,wo]*rreac[m,wo]*ratio) ;
    res[wm+3] := (res[wm+1]/0.8) + (bus[m,wo]*rres[m,wo]*ratio) ;
    dz[wm+3] := (dz[wm+1]/0.8) + bus[m,wo] ;
end;

end ;

if temp1 = 0 then
begin
    reac[wm+3] := reac[wm+1]/0.8 ;
    res[wm+3] := res[wm+1]/0.8 ;
    dz[wm+3] := dz[wm+1]/0.8 ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

z1 := sqrt(sqr(reac[wm+1])+sqr(res[wm+1])) ;
z2 := sqrt(sqr(reac[wm+2]) + sqr(res[wm+2])) ;
sq1 := sqrt(sqr(x[wd+1])+sqr(r[wd+1])) ;

if sq1 < z1 then
{  if reac[wm+3] > 0 then}
  begin
    sq2 := 1/sqrt(sqr(res[wm+1]) + sqr(reac[wm+1])) ;
    ti := sq1*sq2*70 ;
    zt[wd+1] := 70/ln(73-ti) ;
  end ;
if (sq1 > z1) and (sq1 <= z2) then
  begin
    sq2 := 1/sqrt(sqr(res[wm+2]) + sqr(reac[wm+2])) ;
    ti := sq1*sq2*70 ;
    zt[wd+1] := 90/ln(73-ti) ;
  end;

{-----backup-----}

{-----zone 1-----}

wn := 0 ;   wr := 1 ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for wb := 1 to n-1 do
```

```
begin
```

```
  wn := wn+1 ;
```

```
  if wn = m then wn := m+1 ;
```

```
  if bus[wn,p] > 0 then
```

```
    begin
```

```
      wm := wm+3 ;
```

```
      reac[wm+1] := bus[wn,p]*rreac[wn,p]*0.8*ratio ;
```

```
      res[wm+1] := bus[wn,p]*rres[wn,p]*0.8*ratio ;
```

```
      dz[wm+1] := bus[wn,p]*0.8 ;
```

```
      wr := wr+1 ;
```

```
      x[wr+wd] := x[wd+1] + (reac[wm+1]/0.8) ;
```

```
      r[wr+wd] := r[wd+1] + (res[wm+1]/0.8) ;
```

```
      wbu := wbu+1 ;
```

```
      bu1[wbu] := wn ; bu2[wbu] := p ;
```

```
      reff[wr] := wn ;
```

```
{-----zone 2-----}
```

```
for wi := 1 to 200 do
```

```
  compare[wi] := 0 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

wi := 0 ;
repeat
    wi := wi+1 ;
    if wi = wn then wi := wn+1 ;
    compare[wi] := bus[p,wi] ;
until wi = n+1 ;

```

```

for wi := 1 to n-1 do
for wo := 1 to n-wi do
if compare[wo] > compare[wo+1] then
begin
    temp := compare[wo] ;
    compare[wo] := compare[wo+1] ;
    compare[wo+1] := temp ;
end;

```

```

wi := 0 ;
repeat
    wi := wi+1 ;
    temp1 := compare[wi] ;
until (temp1 > 0 ) or (wi = n ) ;

```

```

wo := 0 ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **repeat** ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

wo := wo + 1 ;
if wo = wn then wo := wn+1 ;
if temp1 = bus[p,wo] then
  begin
    reac[wm+2] := (bus[p,wo]*rreac[p,wo]*ratio*0.5) +
      (reac[wm+1]/0.8) ;
    res[wm+2] := (bus[p,wo]*rres[p,wo]*ratio*0.5) +
      (res[wm+1]/0.8) ;
    dz[wm+2] := (bus[p,wo]*0.5) + (dz[wm+1]/0.8) ;
  end;
until temp1 = bus[p,wo] ;

```

{-----zone 3-----}

```

for wi := 1 to 200 do
  compare[wi] := 0 ;

for wi := 1 to n+1 do
  begin
    if wi = p then wi := p+1 ;
    compare[wi] := bus[wo,wi] ;
  end ;

```

```

for wi := 1 to n-1 do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับอาจารย์ผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if compare[wa] > compare[wa+1] then
  begin
    temp := compare[wa] ;
    compare[wa] := compare[wa+1] ;
    compare[wa+1] := temp ;
  end ;
wi := 0 ;
repeat
  wi := wi +1 ;
until bus[wo,wi] = compare[n] ;
if bus[wo,wi] > 0 then
  begin
    reac[wm+3] := (bus[wo,wi]*rreac[wo,wi]*ratio*0.2)+
      (reac[wm+1]/0.8)+(bus[p,wo]*rreac[p,wo]*ratio) ;
    res[wm+3] := (bus[wo,wi]*rres[wo,wi]*ratio*0.2)+
      (res[wm+1]/0.8) +(bus[p,wo]*rres[p,wo]*ratio) ;
    dz[wm+3] := (bus[wo,wi]*0.2) + (dz[wm+1]/0.8) + bus[p,wo] ;
  end

else
  begin
    reac[wm+3] := (reac[wm+1]/0.8)+(bus[p,wo]*rreac[p,wo]*ratio) ;
    res[wm+3] := (res[wm+1]/0.8) + (bus[p,wo]*rres[p,wo]*ratio) ;

```

```

dz[wm+3] := (dz[wm+1]/0.8) + (bus[p,wo]) ;
end ;

z1 := sqrt(sqr(reac[wm+1]) + sqr(res[wm+1])) ;
z2 := sqrt(sqr(reac[wm+2]) + sqr(res[wm+2])) ;
z3 := sqrt(sqr(reac[wm+3]) + sqr(res[wm+3])) ;
sq1 := sqrt(sqr(x[wr+wd]) + sqr(r[wr+wd])) ;

if (sq1 <= z2) and (sq1 > z1) then
begin
sq2 := 1/sqrt(sqr(reac[wm+2])+sqr(res[wm+2])) ;
ti := sq1*sq2*70 ;
zt[wr+wd] := 90/ln(73-ti) ;
end;

if (sq1 <= z3) and (sq1 > z2) then
begin
sq2 := 1/ sqrt(sqr(reac[wm+3]) + sqr(res[wm+3])) ;
ti := sq1*sq2*70 ;
zt[wr+wd] := 110/ln(73-ti) ;
end ;

end;

end ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{-----backup 2 -----}
```

```
{-----zone 1 -----}
```

```
if wr > 1 then
begin
  wd := wr+wd ;
  for wf := 2 to wr do
  begin
    for wb := 1 to n+1 do
    begin
      if wb = p then wb := p+1 ;
      if bus[wb,reff[wf]] > 0 then
      begin
        wm := wm + 3 ;
        reac[wm+1] := bus[wb,reff[wf]]*rreac[wb,
          reff[wf]]*ratio*0.8 ;
        res[wm+1] := bus[wb,reff[wf]]*rres[wb,
          reff[wf]]*ratio*0.8 ;
        dz[wm+1] := bus[wb,reff[wf]]*0.8 ;

        wd := wd+1 ;
        x[wd] := (reac[wm+1]/0.8) + x[wf+wu];
        r[wd] := (res[wm+1]/0.8) + r[wf+wu] ;
      end
    end
  end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
wbu := wbu+1 ;
bu1[wbu] := wb ; bu2[wbu] := reff[wf] ;
```

```
{-----zone 2-----}
```

```
for wi := 1 to 200 do
  compare[wi] :=0 ;
```

```
for wi :=1 to n+1 do
  begin
    if wi = wb then wi := wi+1 ;
    compare[wi] := bus[reff[wf],wi] ;
  end ;
```

```
for wi := 1 to n-1 do
  for wo := 1 to n-wi do
    if compare[wo] > compare[wo+1] then
```

```
  begin
```

```
    temp := compare[wo] ;
```

```
    compare[wo] := compare[wo+1] ;
```

```
    compare[wo+1] := temp ;
```

```
  end ;
```

```
  wi := 0 ;
```

```
repeat
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ $wi := wi+1$; การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

temp1 := compare[wi] ;
until (temp1 > 0 ) or (wi = n) ;

wo := 0 ;
repeat
  wo := wo+1 ;
  if temp1 = bus[reff[wf],wo] then
  begin
    reac[wm+2] := (bus[reff[wf],wo]*rreac[reff[wf],wo]
                  *ratio*0.5)+(reac[wm+1]/0.8) ;
    res[wm+2] := (bus[reff[wf],wo]*rres[reff[wf],wo]
                  *ratio *0.5)+(res[wm+1]/0.8) ;
    dz[wm+2] := (bus[reff[wf],wo]*0.5)
                 + (dz[wm+1]/0.8) ;
  end;
until temp1 = bus[reff[wf],wo] ;

```

{-----zone 3 -----}

```

for wi := 1 to 200 do
  compare[wi] := 0 ;

for wi := 1 to n+1 do
  begin

```

```

    if wi = reff[wf] then wi := wi+1 ;

```

```

    compare[wi] := bus[wo,wi] ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end ;

for wi := 1 to n-1 do
for wa := 1 to n-wi do
if compare[wa] > compare[wa+1] then
begin
temp := compare[wa] ;
compare[wa] := compare[wa+1] ;
compare[wa+1] := temp ;
end;
wi := 0 ;
repeat
wi := wi+1 ;
until bus[wo,wi] = compare[n] ;

if bus[wo,wi] > 0 then
begin
reac[wm+3] := (bus[wo,wi] * rreac[wo,wi] * ratio *
0.2) +(reac[wm+1] / 0.8) +
(bus[reff[wf],wo] * ratio *
rreac[reff[wf],wo]) ;
res[wm+3] := (bus[wo,wi] * rres[wo,wi] * ratio*0.2)
+(res[wm+1] /0.8)+(bus[reff[wf],wo] *
ratio* rres[reff[wf],wo]) ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่ผูกขาดให้เฉพาะประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

dz[wm+3] := (bus[wo,wi]*0.2)+(dz[wm+1]/0.8)+bus[reff[wf],wo];
end

else .
begin
    reac[wm+3] := (bus[reff[wf],wo] * ratio *
                    rreac[reff[wf],wo])+(reac[wm+1]/0.8) ;
    res[wm+3] := (bus[reff[wf],wo] * ratio *
                    rres[reff[wf],wo])+(res[wm+1]/0.8) ;
    dz[wm+3] := (bus[reff[wf],wo]) + (dz[wm+1]/0.8) ;
end ;
z1 := sqrt(sqr(reac[wm+3]) +sqr(res[wm+3])) ;
sq1 := sqrt(sqr(x[wd])+sqr(r[wd])) ;
if sq1 <= z1 then
begin
    sq2 := 1/sqrt(sqr(reac[wm+3]) + sqr(res[wm+3])) ;
    ti := sq1*sq2*70 ;
    zt[wd] := 110/ln(73-ti) ;
end;

end;

end;

end;

end ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

function caci(tver,tno :real) :real ;
    var
        tno1,tver1,tz,tuv,too,tt :real ;
    begin
        tver1 := tver*0.36 ; tno1 := tno*0.75 ;

        tuv := arctan(tver1/tno1) ;

        too := abs((74*pi/180)-tuv) ;

        tz := sqrt((tver1*tver1)+(tno1*tno1));
        caci := tz/(2*cos(too)) ;
    end ;

function fxc1(k:integer) : integer ;
    var rd : real ;
    begin
        rd := 74*pi/180 ;

        fxc1 := 130+round((caci(reac[k],res[k])*cos(rd))*32.5) ;

        end ;

function fyc1(k:integer) : integer ;
    var rd : real ;
    begin
        rd := 74*pi/180 ;

        fyc1 := 214-round((caci(reac[k],res[k])*sin(rd))*23) ;

        end ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

function fxc2(k : integer) : integer ;
  var rd : real ;
  begin
    rd := 74*pi/180 ;
    fxc2 := 490+round((caci(reac[k],res[k])*cos(rd))*32.5) ;
  end;

```

```

function fyc2(k:integer) : integer ;
  var rd : real ;
  begin
    rd := 74*pi/180 ;
    fyc2 := 214-round((caci(reac[k],res[k])*sin(rd))*23) ;
  end;

```

```

function fxt1(k:integer) : integer ;
  begin
    fxt1 := 130+round(res[k]*25.5) ;
  end;

```

```

function fyt1(k:integer) : integer ;
  begin
    fyt1 := 214-round(reac[k]*8.5) ;
  end ;

```

```

function fxt2(k:integer) : integer ;

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินส่วนราชการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fxt2 := 490+round(res[k]*25.5) ;
end;
```

```
function fyt2(k:integer) : integer ;
begin
    fyt2 := 214-round(reac[k]*8.5) ;
end ;
```

```
function frdi(k:integer) : integer ;
var rd : real ;
begin
    rd := pi*74/180 ;
    frdi := round(caci(reac[k],res[k])*34.5) ;
end;
```

```
procedure data ;
begin
```

```
bus[1,2] := 17.632 ; bus[1,5] := 25.390 ;
bus[1,8] := 52.512 ; bus[2,3] := 71.782 ;
bus[3,4] := 114.507 ; bus[5,6] := 21.358 ;
bus[5,1] := 25.390 ; bus[6,5] := 21.358 ;
bus[6,8] := 4.674 ; bus[8,1] := 52.512 ;
bus[8,9] := 4.605 ; bus[8,13] := 51.932 ;
bus[8,6] := 4.674 ; bus[8,10] := 21.682 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bus[10,8] := 21.682 ; bus[10,11] := 21.039 ;
 bus[11,10] := 21.039 ; bus[11,12] := 10.991 ;
 bus[11,14] := 26.367 ; bus[13,8] := 51.932 ;
 bus[13,14] := 4.976 ; bus[13,16] := 56.686 ;
 bus[14,13] := 4.976 ; bus[14,11] := 26.367 ;
 bus[14,15] := 15.339 ; bus[15,14] := 15.339 ;
 bus[15,16] := 47.385 ; bus[16,15] := 47.385 ;
 bus[16,13] := 56.686 ; bus[16,17] := 56.092 ;
 bus[17,18] := 61.589 ;

rreac[1,2] := 0.26875 ; rreac[1,5] := 0.26875 ;
 rreac[1,8] := 0.23125 ; rreac[2,3] := 0.26875 ;
 rreac[3,4] := 0.26875 ; rreac[5,6] := 0.26875 ;
 rreac[5,1] := 0.26875 ; rreac[6,5] := 0.26875 ;
 rreac[6,8] := 0.26875 ; rreac[8,1] := 0.23125 ;
 rreac[8,9] := 0.26875 ; rreac[8,13] := 0.23125 ;
 rreac[8,6] := 0.26875 ; rreac[8,10] := 0.26875 ;
 rreac[10,8] := 0.26875 ; rreac[10,11] := 0.26875 ;
 rreac[11,10] := 0.26875 ; rreac[11,12] := 0.26875 ;
 rreac[11,14] := 0.26875 ; rreac[13,8] := 0.23125 ;
 rreac[13,14] := 0.2494 ; rreac[13,16] := 0.26875 ;
 rreac[14,13] := 0.2494 ; rreac[14,11] := 0.26875 ;
 rreac[14,15] := 0.26875 ; rreac[15,14] := 0.26875 ;
 rreac[15,16] := 0.26875 ; rreac[16,15] := 0.26875 ;
 rreac[16,13] := 0.26875 ; rreac[16,17] := 0.26875 ;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 rres[1,2] := 0.1207 ;
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$rres[1,5] := 0.1207 ; \quad rres[1,8] := 0.0457 ;$
 $rres[2,3] := 0.1207 ; \quad rres[3,4] := 0.1207 ;$
 $rres[5,6] := 0.1207 ; \quad rres[5,1] := 0.1207 ;$
 $rres[6,5] := 0.1207 ; \quad rres[6,8] := 0.1207 ;$
 $rres[8,1] := 0.0457 ; \quad rres[8,9] := 0.1207 ;$
 $rres[8,13] := 0.0457 ; \quad rres[8,6] := 0.1207 ;$
 $rres[8,10] := 0.1207 ; \quad rres[10,8] := 0.1207 ;$
 $rres[10,11] := 0.1207 ; \quad rres[11,10] := 0.1207 ;$
 $rres[11,12] := 0.1207 ; \quad rres[11,14] := 0.1207 ;$
 $rres[13,8] := 0.0457 ; \quad rres[13,14] := 0.07325 ;$
 $rres[13,16] := 0.1207 ; \quad rres[14,13] := 0.07325 ;$
 $rres[14,11] := 0.1207 ; \quad rres[14,15] := 0.1207 ;$
 $rres[15,14] := 0.1207 ; \quad rres[15,16] := 0.1207 ;$
 $rres[16,15] := 0.1207 ; \quad rres[16,13] := 0.1207 ;$
 $rres[16,17] := 0.1207 ; \quad rres[17,18] := 0.1207 ;$

$namebus[1] := 'BPK' ; \quad namebus[2] := 'CC' ;$
 $namebus[3] := 'PA' ; \quad namebus[4] := 'WNK' ;$
 $namebus[5] := 'CB' ; \quad namebus[6] := 'SC' ;$
 $namebus[7] := 'BBG' ; \quad namebus[8] := 'AP' ;$
 $namebus[9] := 'AU' ; \quad namebus[10] := 'BL' ;$
 $namebus[11] := 'SH-1' ; \quad namebus[12] := 'SH-2' ;$
 $namebus[13] := 'RY-2' ; \quad namebus[14] := 'RY-3' ;$
 $namebus[15] := 'RY-1' ; \quad namebus[16] := 'KLA' ;$
 $namebus[17] := 'CT' ; \quad namebus[18] := 'TR' ;$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end ;

procedure setvariable ;
begin
  for wi := 0 to 200 do
    begin
      res[wi] := 0 ; reac[wi] := 0 ; compare[wi] := 0 ;
      x[wi] := 0 ; r[wi] := 0 ; dz[wi] := 0 ;
      bu1[wi] := 0 ; bu2[wi] := 0 ; zt[wi] := 0 ;
    end ;
  for wi := 1 to 50 do
    for wo := 1 to 50 do
      begin
        bus[wi,wo] := 0 ; rreac[wi,wo] := 0 ; rres[wi,wo] := 0 ;
      end ;
    end ;
  end ;
end ;

procedure setvar ;
begin
  for wi := 0 to 200 do
    begin
      res[wi] := 0 ; reac[wi] := 0 ; compare[wi] := 0 ;
      x[wi] := 0 ; r[wi] := 0 ; dz[wi] := 0 ;
      bu1[wi] := 0 ; bu2[wi] := 0 ; zt[wi] := 0 ;
    end ;
  end ;
end ;

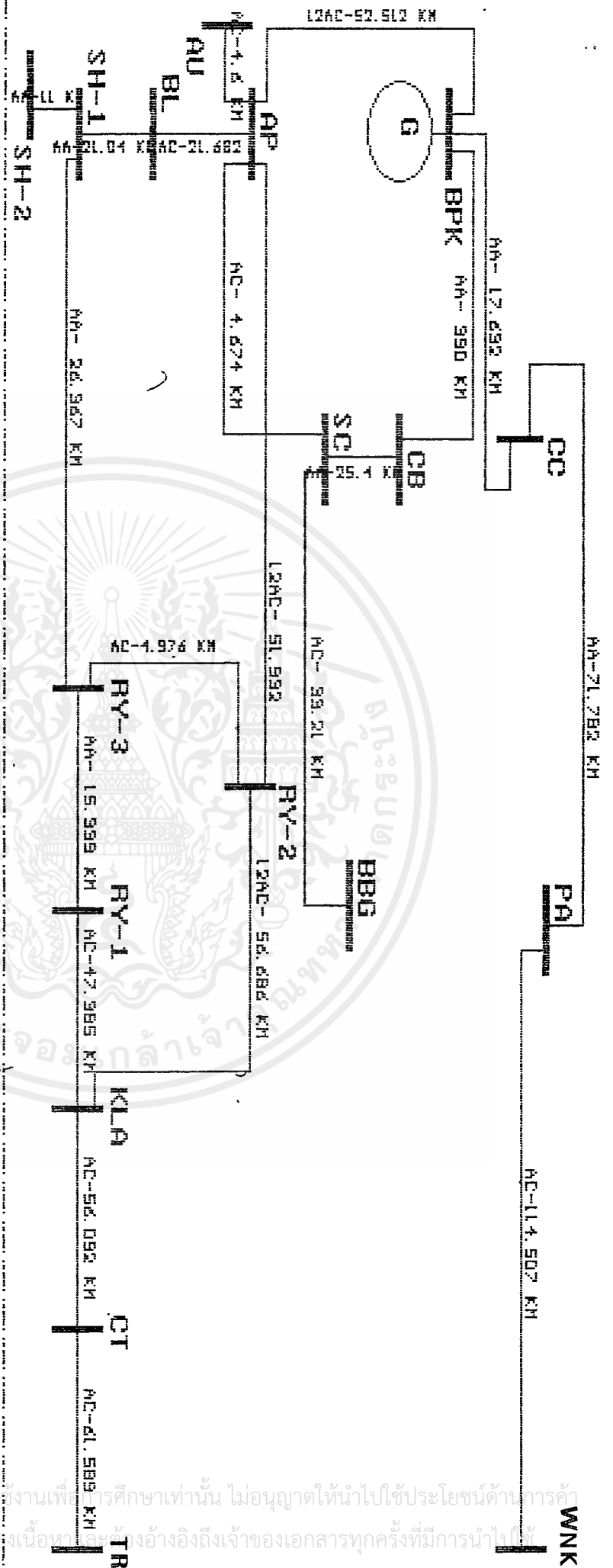
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการคำนวณของ เครื่องคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SYSTEM ON COMPUTER

LNK = Matthana	BBG = Ban Bung	SH-2 = Sattahip-2	SC = Siracha	AA =	477	AAAC
PA = Pachin Burei	AP = Ao Phai	RY-1 = Rayong-1	CT = Chanta Buri	12AA =	1272	ACSR
CC = Chachoengsao	AU = Ao Udom	RY-2 = Rayong-2	TR = Trat	AC =	477	ACSR
BPK = Bang Pakong	BL = Bang Lamung	RY-3 = Rayong-3		MCM =	795	MCM
CB = Chon Nuri	SH-1 = Sattahip-1	KLA = Klaeng				

Fault between Bus :

Ex : namebus (enter) namebus (enter)

PA

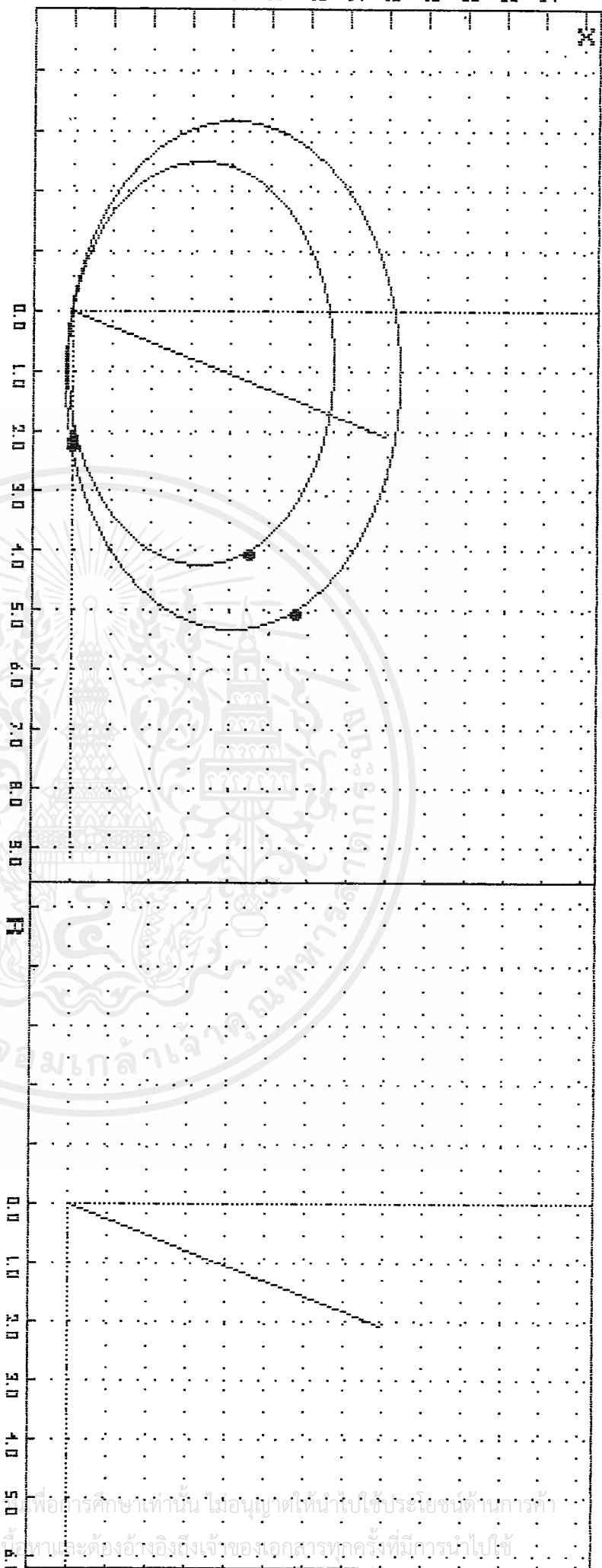
WNK

distance fault from bus PA (km)

50



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



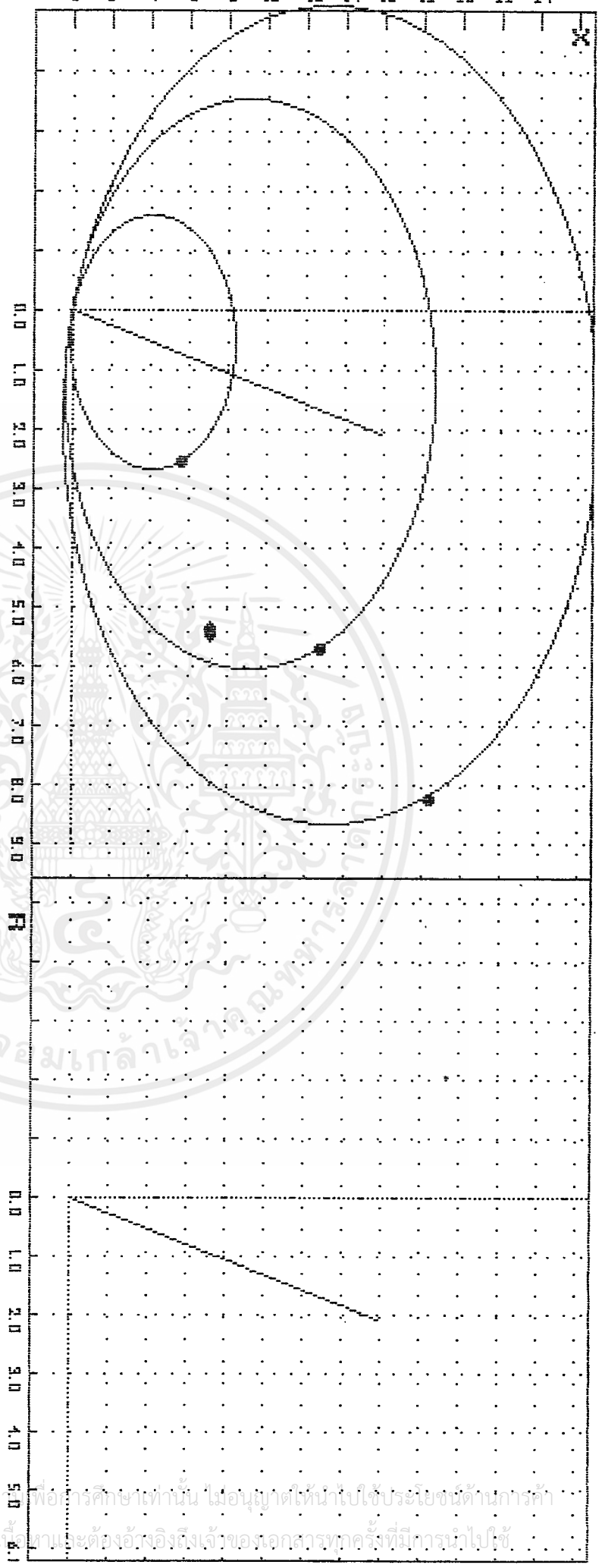
bus
 relay bus
 zone 1 (km) 91.61
 zone 2 (km) 114.51
 zone 3 (km) 114.51
 delay time (ms) 17.288

PA - MNK
 PA

** = fault location
 ○ = impedance circle
 / = maximum torque angle
 ● = zone setting

ct/pr ratio
 0.5/1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ หนึ่ง อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

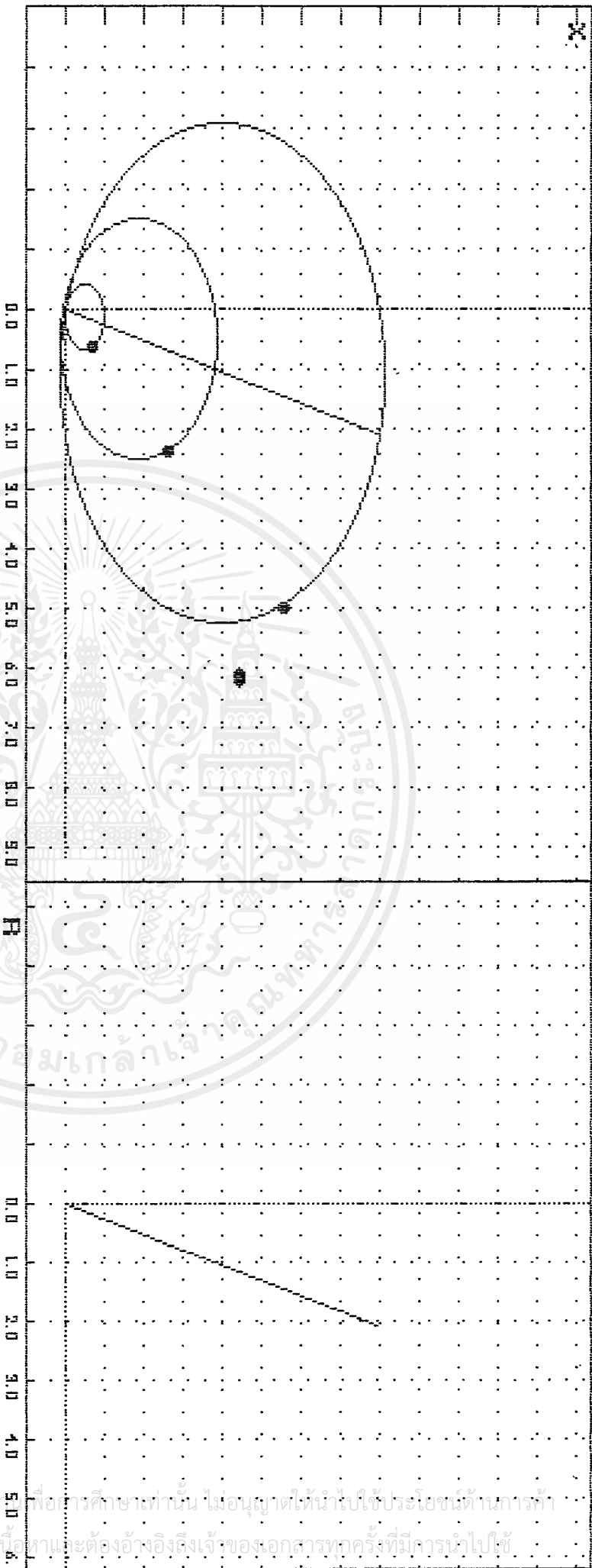


bus
 relay bus
 zone 1 (km)
 zone 2 (km)
 zone 3 (km)
 delay time (ms)

CC - PA
 CC
 57.43
 129.04
 186.29
 26.911

** = fault location ○ = impedance circle / = maximum torque angle ● = zone setting c/r/p/r = 0.346

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



bus
 relay bus
 zone 1 (km) 14.11
 zone 2 (km) 53.52
 zone 3 (km) 112.32
 delay time (ms) 45.978

BPK - OC

BPK

14.11

53.52

112.32

45.978

** = fault location ○ = impedance circle

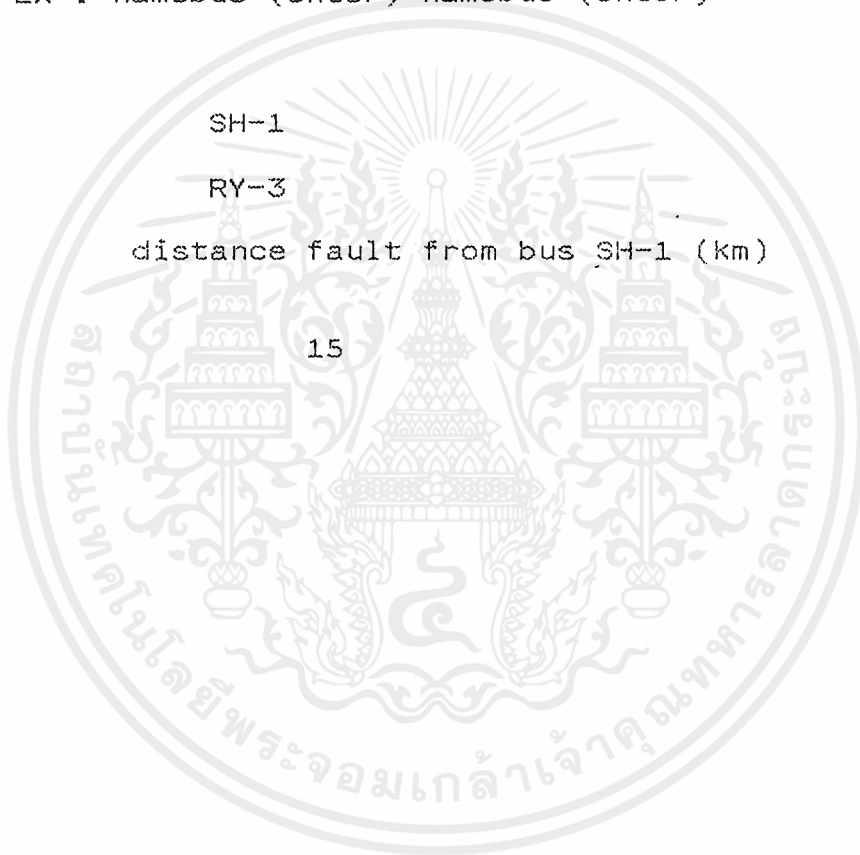
↙ = maximum torque angle

⊙ = zone setting

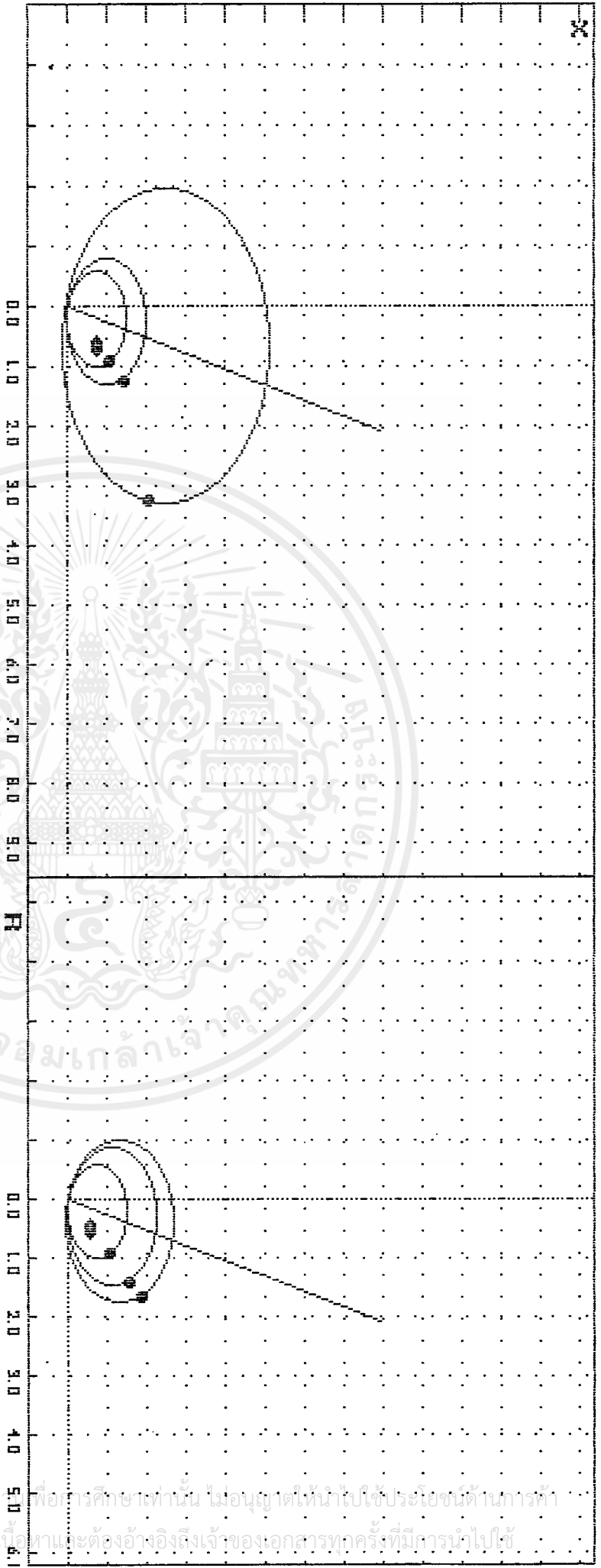
ctrl ratio

Fault between Bus :

Ex : namebus (enter) namebus (enter)



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



bus
 relay bus
 zone 1 (km) 21.09
 zone 2 (km) 28.96
 zone 3 (km) 42.68
 delay time (ms) 22.257

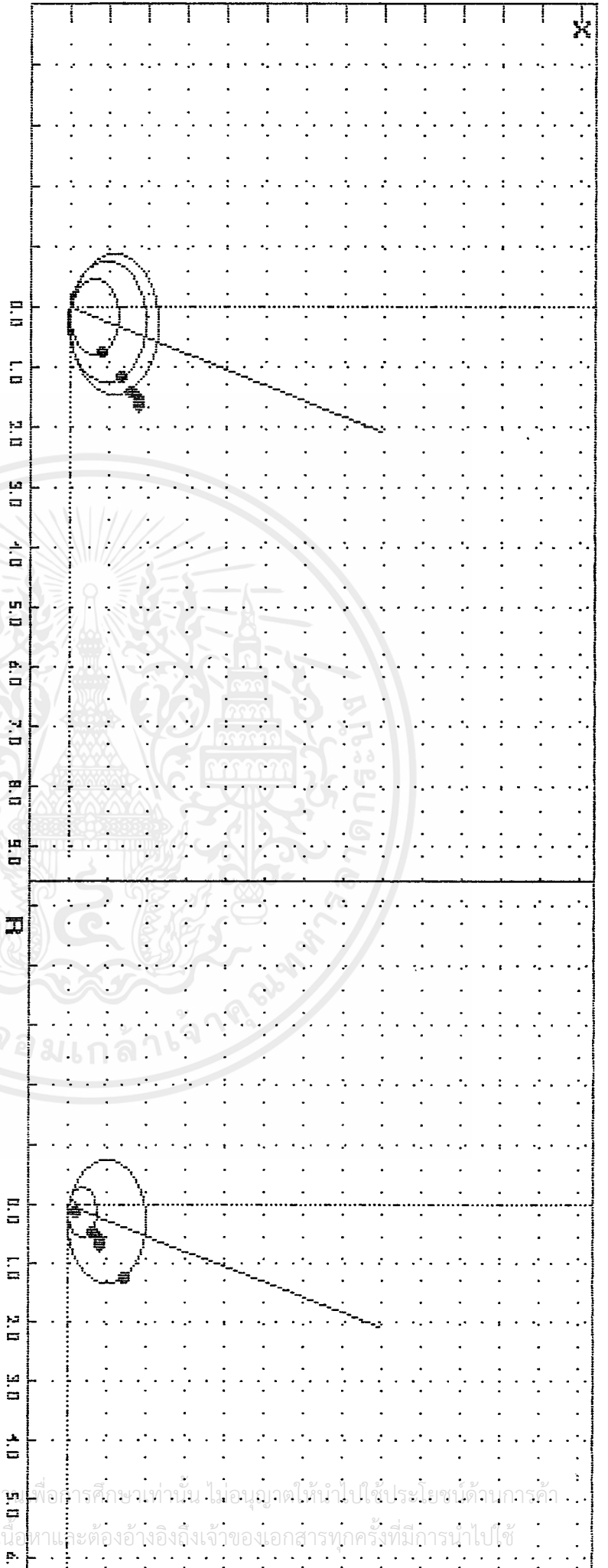
SH-1 - RY-3
 SH-1

bus
 relay bus
 zone 1 (km) 21.094
 zone 2 (km) 31.862
 zone 3 (km) 37.358
 delay time (ms) 19.645

RY-3 - SH-1
 RY-3

** = fault location ○ = impedance circle ↙ = maximum torque angle ● = zone setting

ctrl ratio 0.346



bus
 relay bus
 zone 1 (km)
 zone 2 (km)
 zone 3 (km)
 delay time (ms)

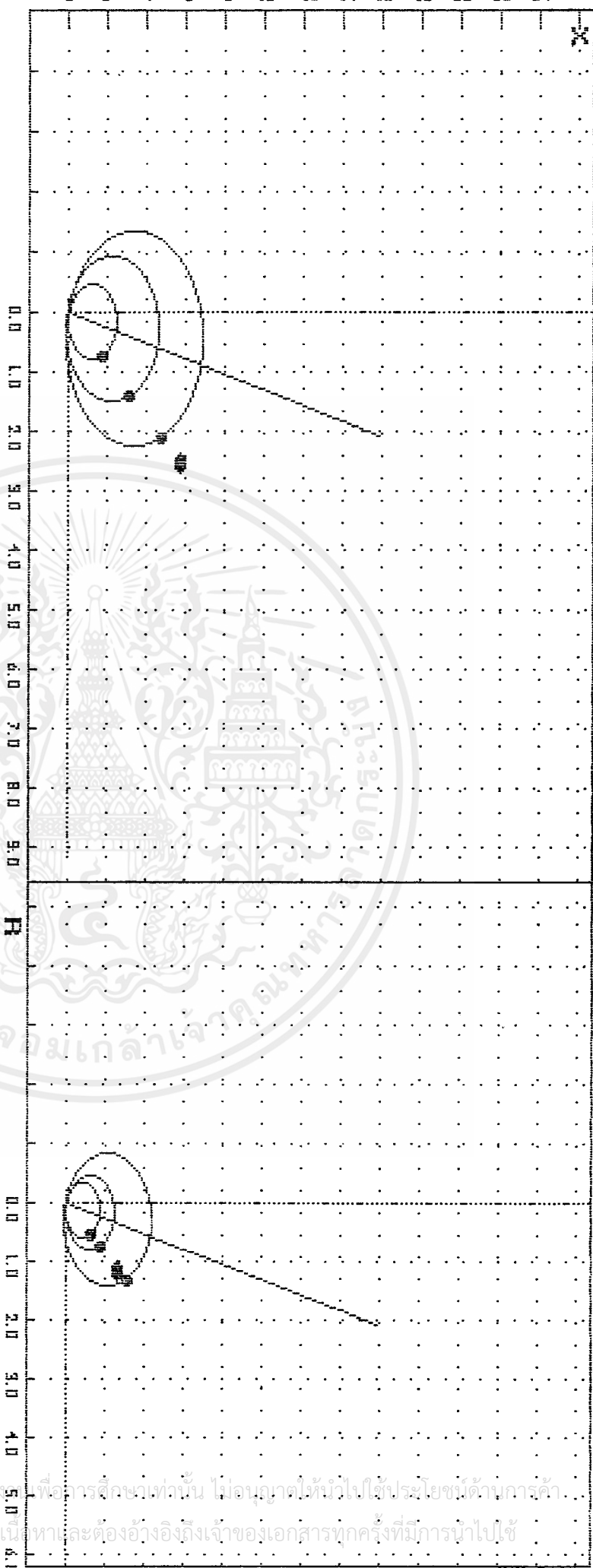
BL
 BL - SH-1
 16.83
 26.53
 32.03
 none

bus
 relay bus
 zone 1 (km)
 zone 2 (km)
 zone 3 (km)
 delay time (ms)

RY-2 - RY-3
 RY-2
 3.981
 12.646
 29.792
 30.875

** = fault location ○ = impedance circle ▽ = maximum torque angle # = zone setting ct/pt ratio

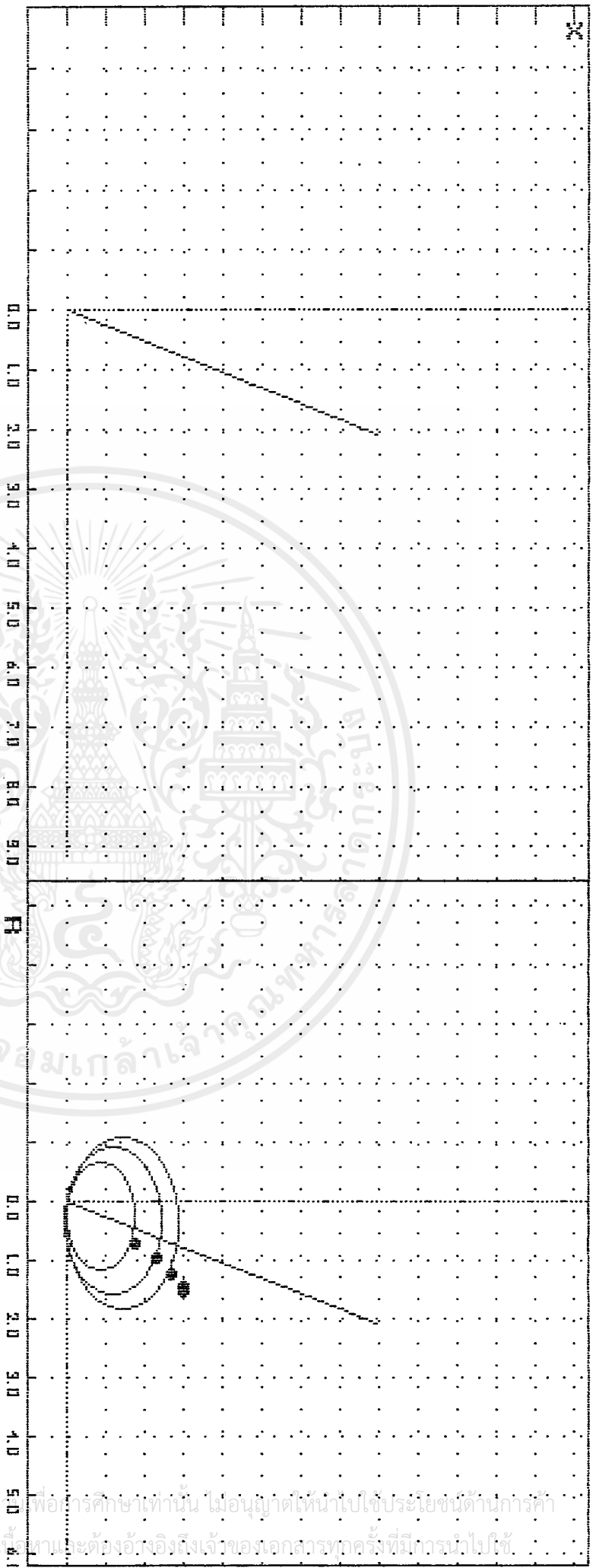
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



** ◆ = fault location ○ = impedance circle ▽ = maximum torque angle ● = zone setting

bus relay bus
 zone 1 (km) 17.35
 zone 2 (km) 32.20
 zone 3 (km) 47.99
 delay time (ms) none

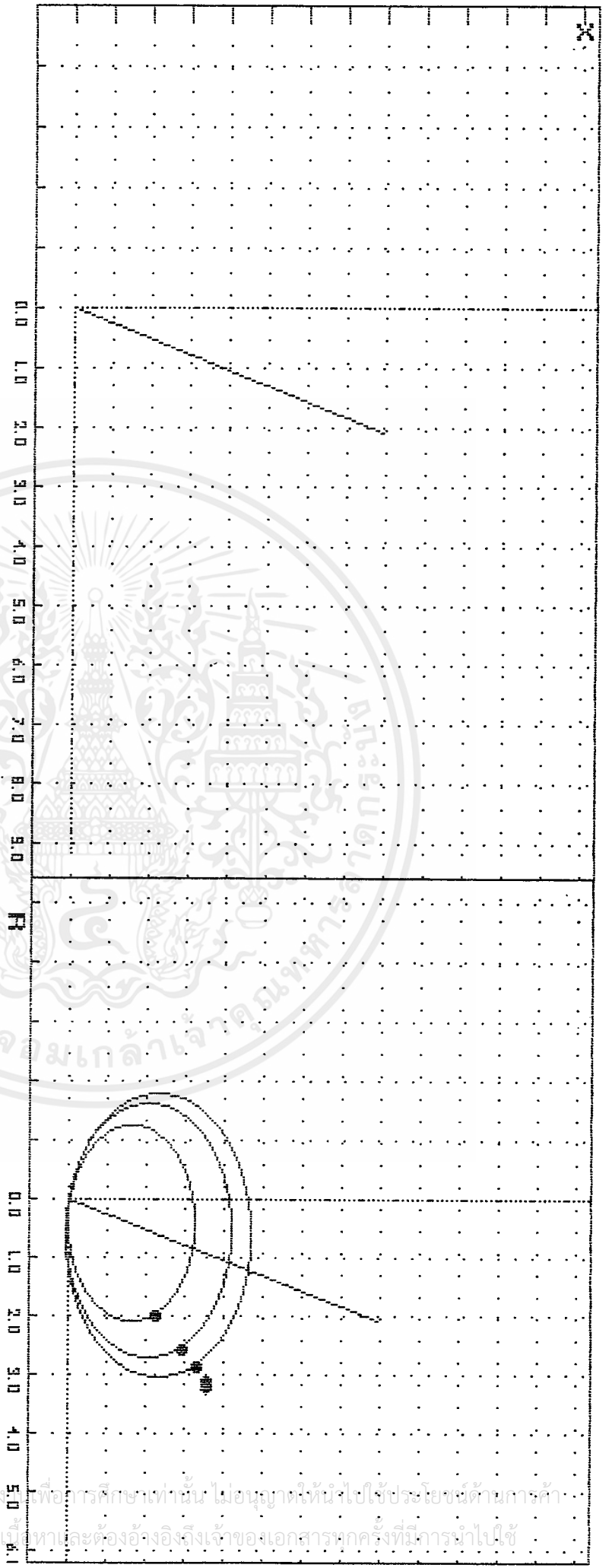
bus relay bus
 zone 1 (km) 12.271
 zone 2 (km) 17.827
 zone 3 (km) 31.652
 delay time (ms) 43.203



* = fault location
 ○ = impedance circle
 / = maximum torque angle
 # = zone setting
 ct/pt ratio

bus	relay bus	AP	RY-2
Zone1 (km)		41.546	
Zone2 (km)		54.420	
Zone3 (km)		62.181	
delay time (ms)		none	

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



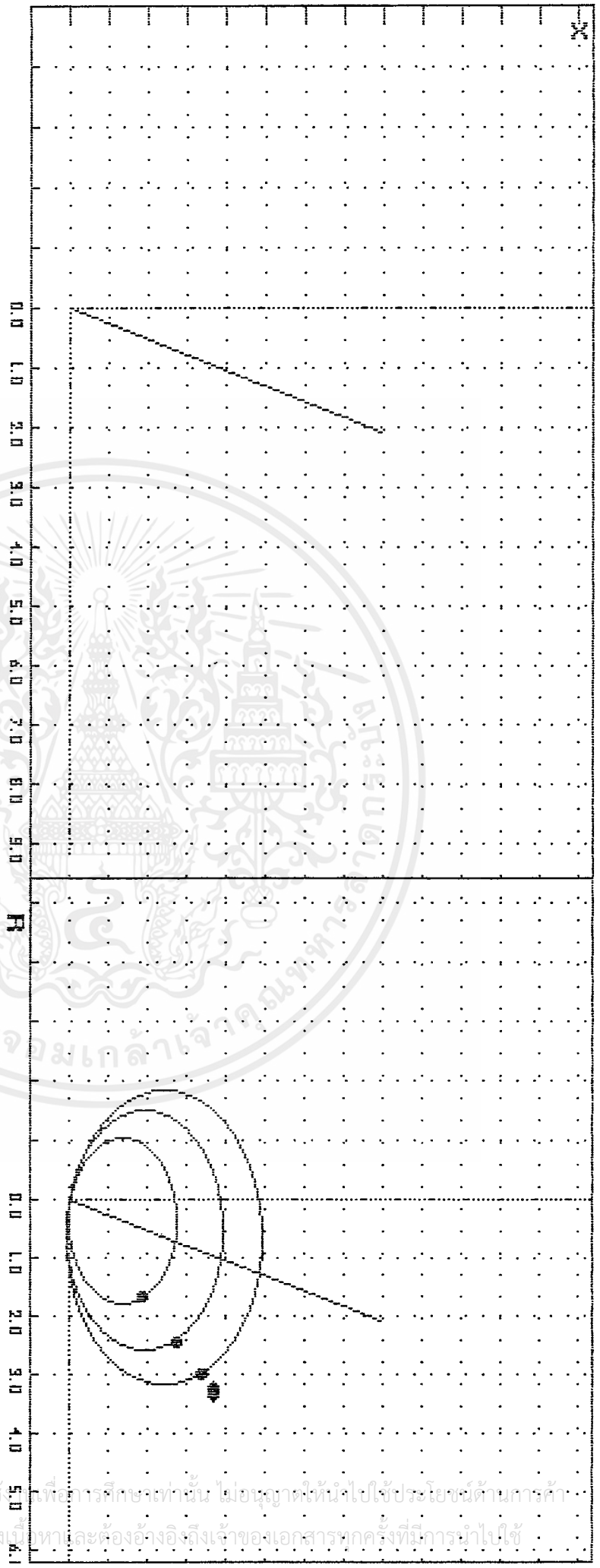
*** = fault location
 ○ = impedance circle
 ◁ = maximum torque angle
 ⊕ = zone setting
 ct/pt ratio

bus	relay bus
Zone 1 (km)	KLA
Zone 2 (km)	45.349
Zone 3 (km)	59.174
delay time (ms)	66.935
	none

KLA - RY-2

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

*** = fault location
 ○ = impedance circle
 ◀ = maximum torque angle
 ● = zone setting



bus	relay bus	KLA - RY-1
Zone 1 (km)		KLA
Zone 2 (km)		37.908
Zone 3 (km)		55.055
delay time (ms)	none	67.997

Fault between Bus :

Ex : namebus (enter) namebus (enter)

RY-2

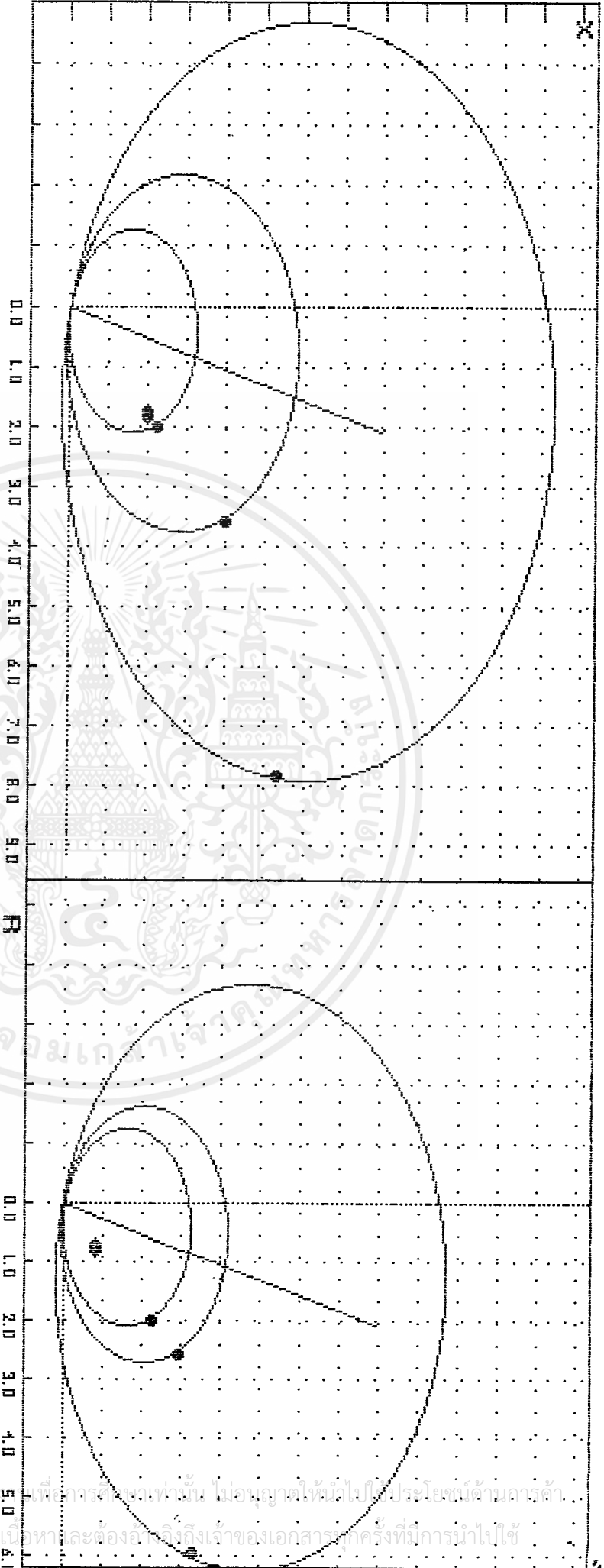
KLA

distance fault from bus RY-2 (km)

40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

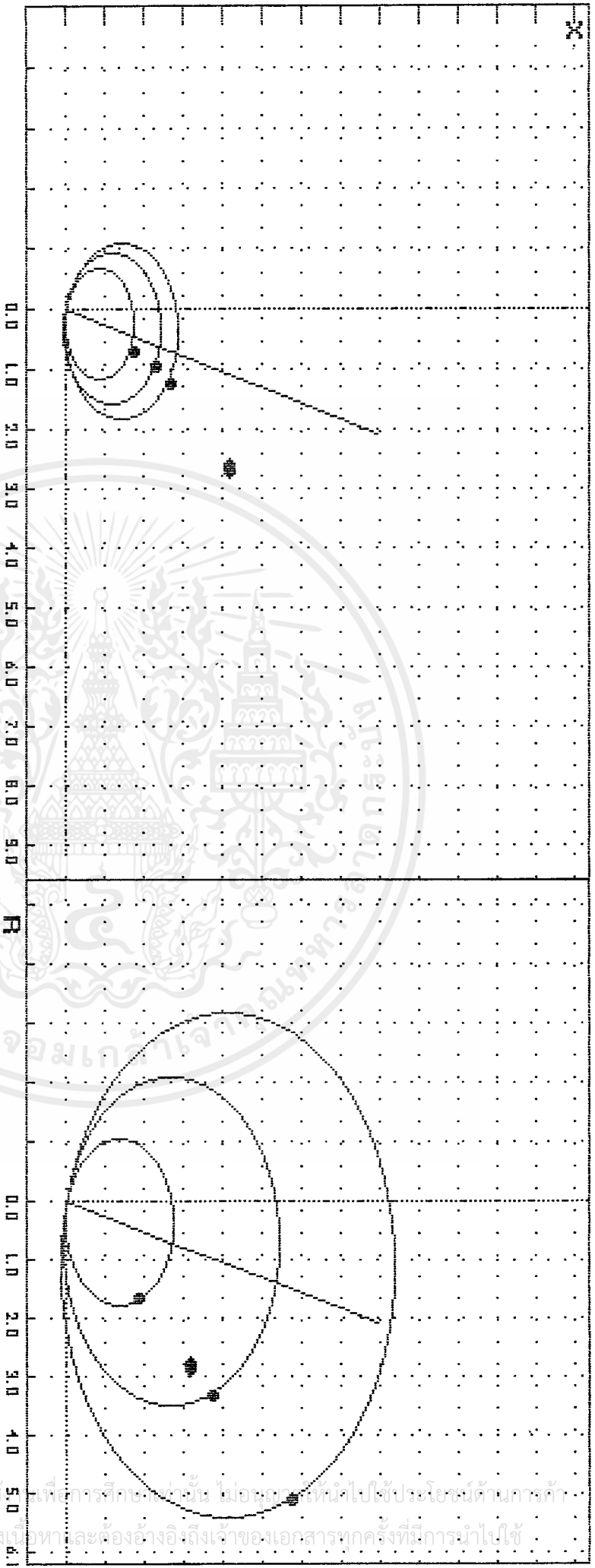


bus RY-2 - KLA
 relay bus RY-2
 zone 1 (km) 45.35
 zone 2 (km) 80.38
 zone 3 (km) 107.14
 delay time (ms) 28.914

bus KLA - RY-2
 relay bus KLA
 zone 1 (km) 45.349
 zone 2 (km) 59.174
 zone 3 (km) 66.935
 delay time (ms) 18.157

** = fault location ○ = impedance circle < = maximum torque angle # = zone setting ct/pt ratio

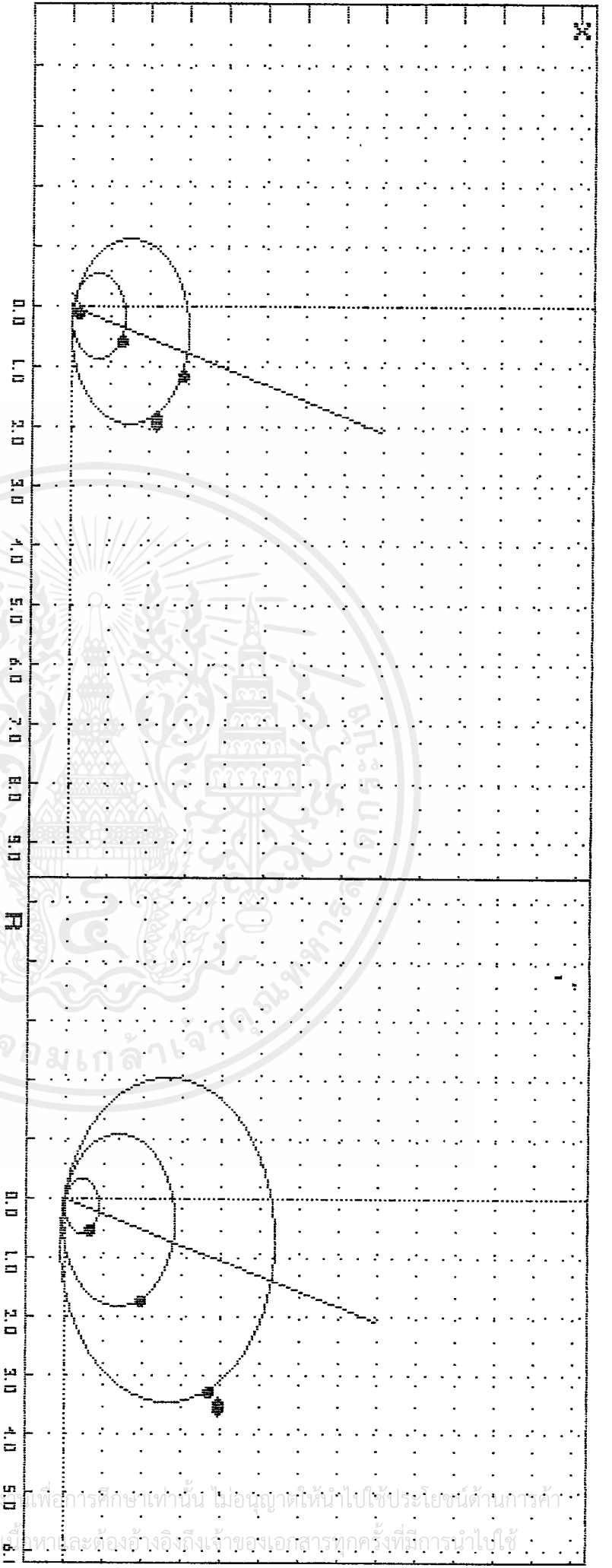
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



bus relay bus
 zone 1 (km) 41.55
 zone 2 (km) 54.42
 zone 3 (km) 62.18
 delay time (ms) none

bus relay bus
 zone 1 (km) 87.908
 zone 2 (km) 75.431
 zone 3 (km) 115.795
 delay time (ms) 34.538

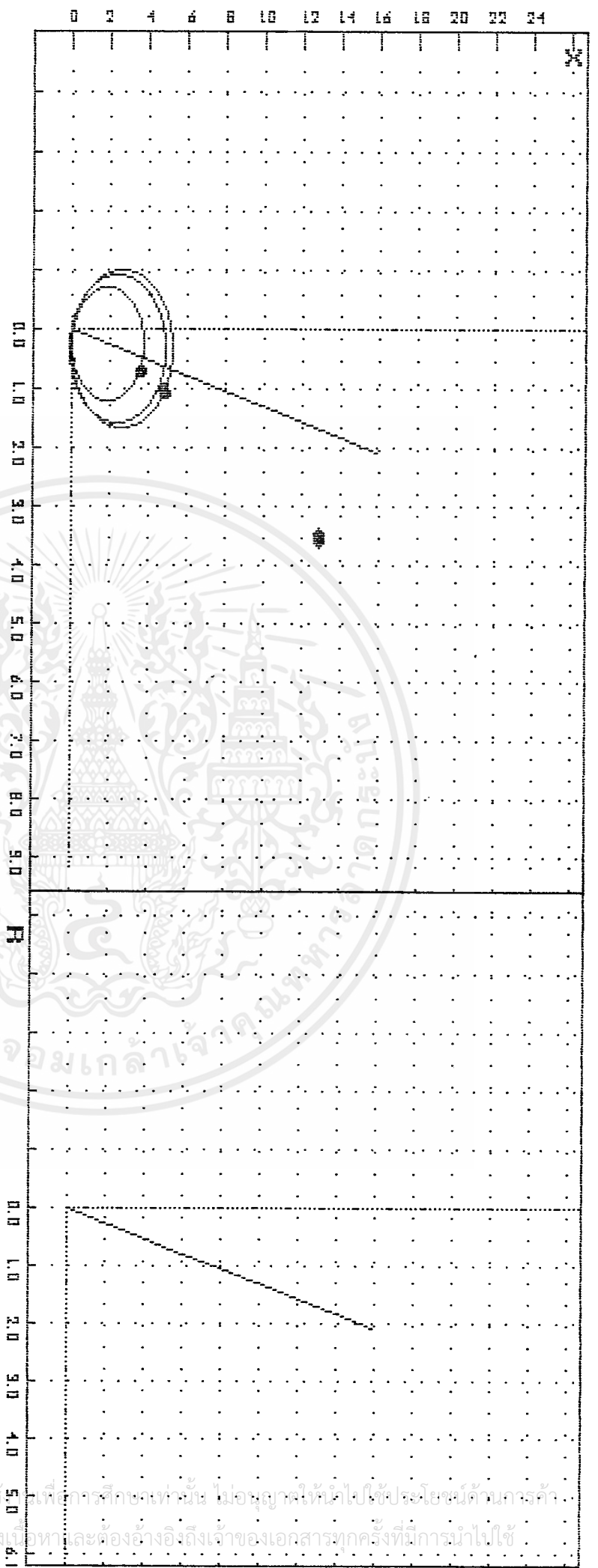
** = fault location ○ = impedance circle \angle = maximum torque angle * = zone setting ct/pr ratio



bus
 relay bus
 zone 1 (km) 3.98
 zone 2 (km) 30.94
 zone 3 (km) 67.41
 delay time (ms) 39.807

bus
 relay bus
 zone 1 (km) 12.271
 zone 2 (km) 39.032
 zone 3 (km) 74.061
 delay time (ms) none

** = fault location ○ = impedance circle ◁ = maximum torque angle ⊕ = zone setting ct/pt ratio

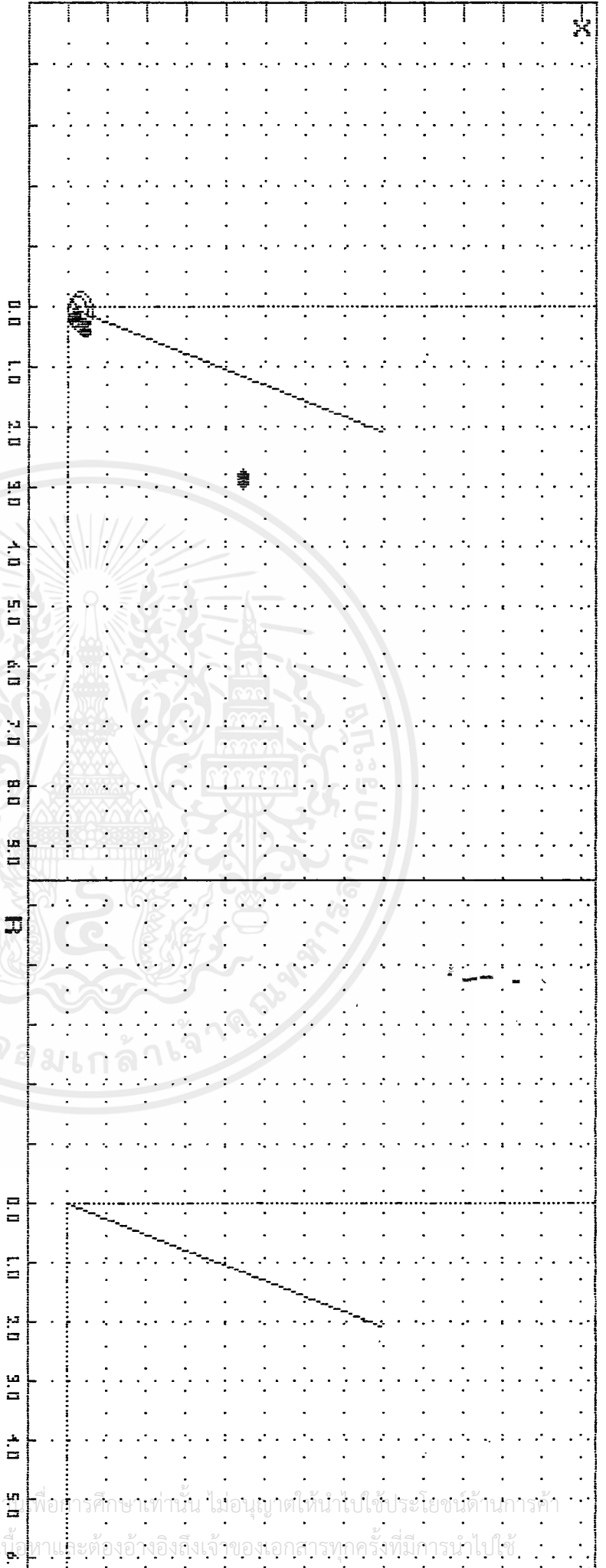


*** = fault location
 ○ = impedance circle
 ↖ = maximum torque angle
 ◆ = zone setting

0.346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

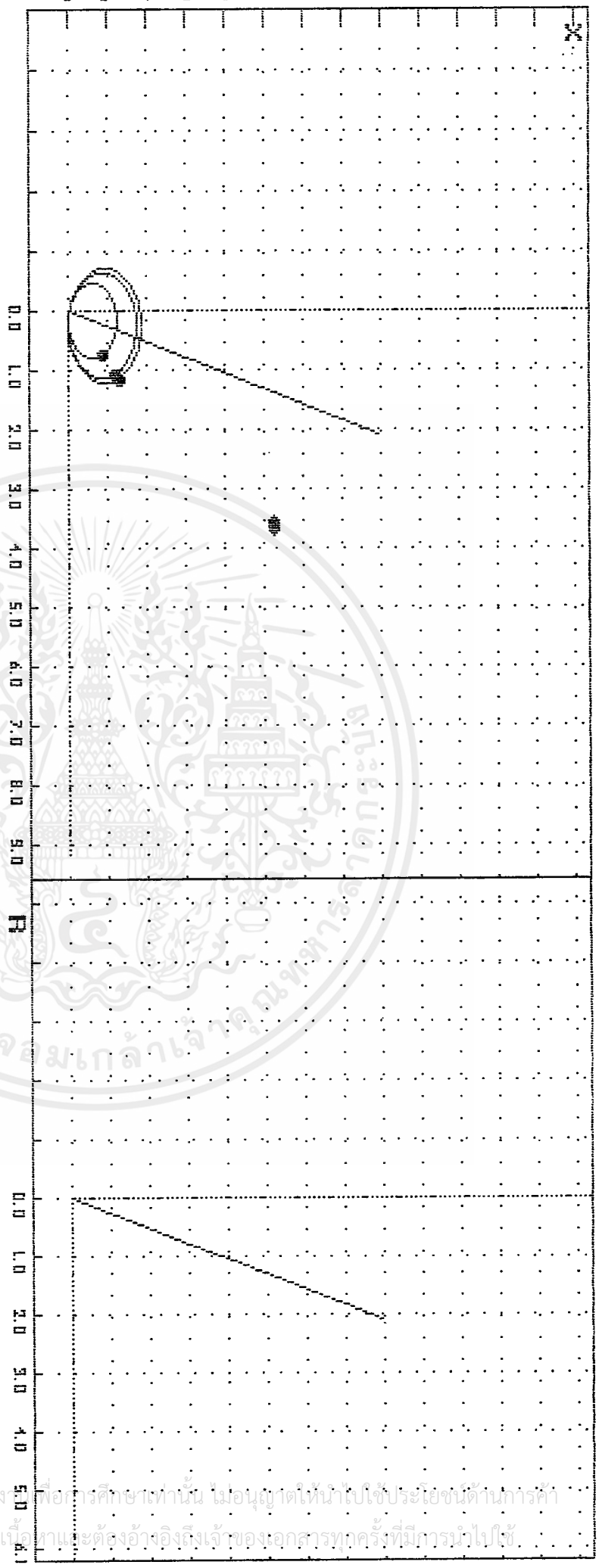
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



bus
 relay bus
 zone1 (km) SC
 zone2 (km) 3.74
 zone3 (km) 6.98
 delay time (ms) 9.28
 none

*** = fault location
 ○ = impedance circle
 ▽ = maximum torque angle
 ◆ = zone setting
 ctrl P: 1.0
 0.346

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

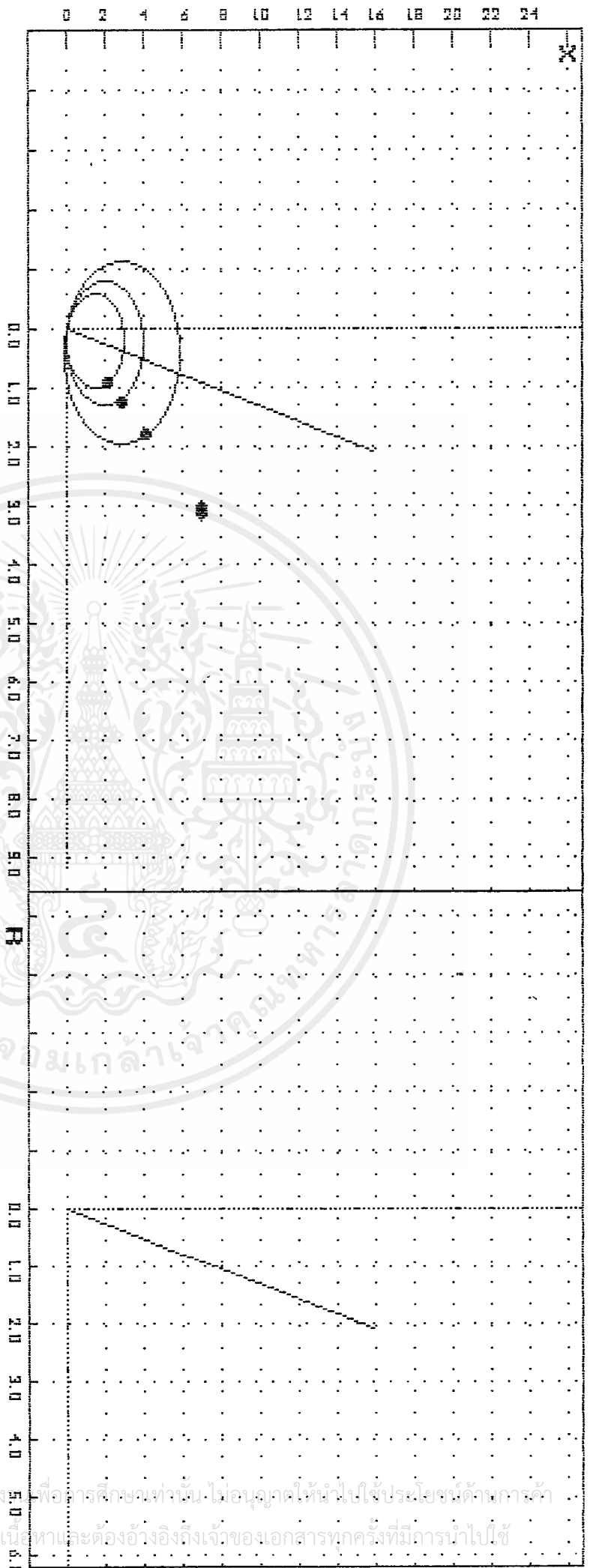


bus
 relay bus
 zone1 (km) 17.35
 zone2 (km) 23.98
 zone3 (km) 26.29
 delay time (ms) none

BL - AP
 BL

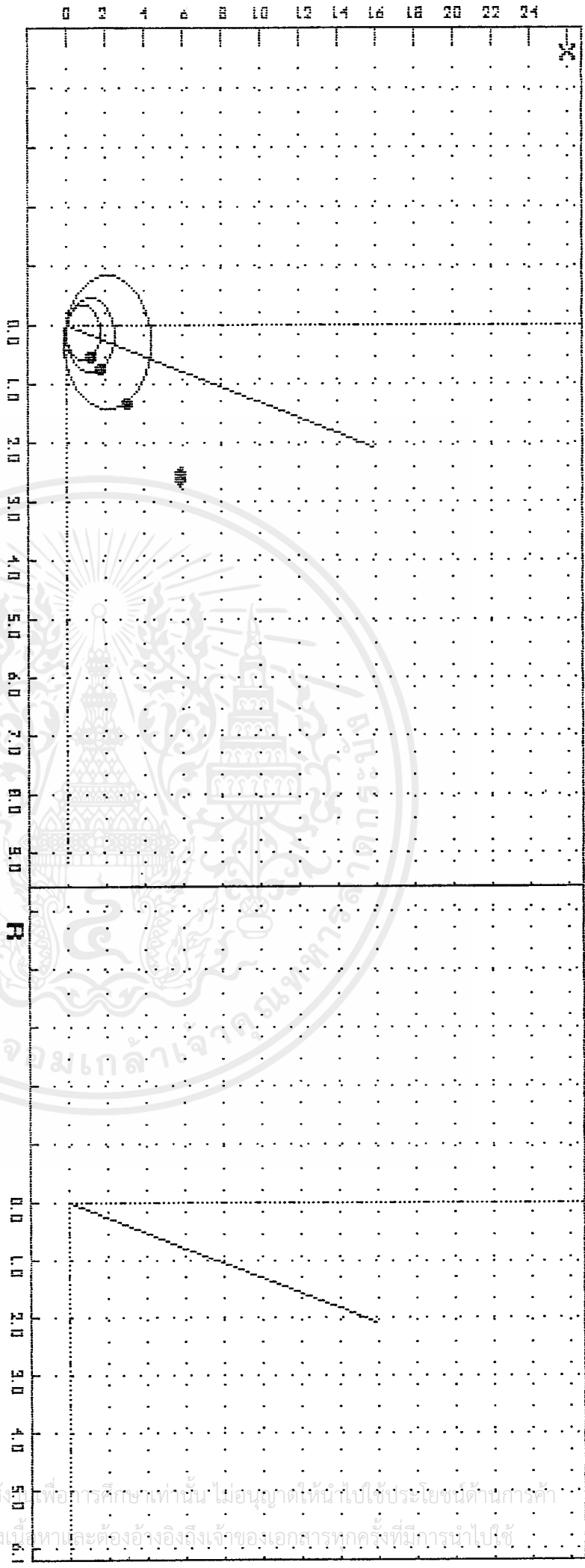
*** = fault location ○ = impedance circle = maximum torque angle * = zone setting

ct:pt ratio
 0.346



*** = fault location ○ = impedance circle ∠ = maximum torque angle ⊙ = zone setting

ct/pr ratio 0.346



*** = fault location ○ = impedance circle ↙ = maximum torque angle ■ = zone setting

ct:pt ratio 0.346

Fault between Bus :

Ex : namebus (enter) namebus (enter) .

CT

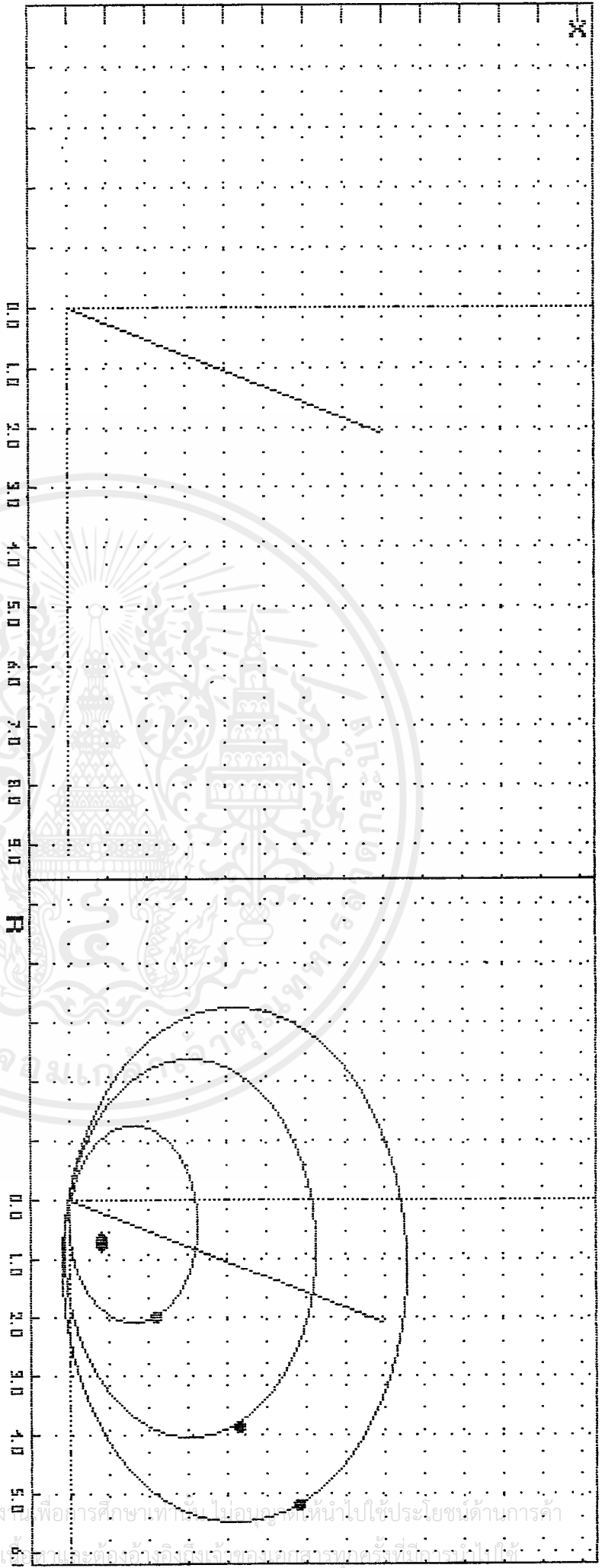
KLA



distance fault from bus CT (km)

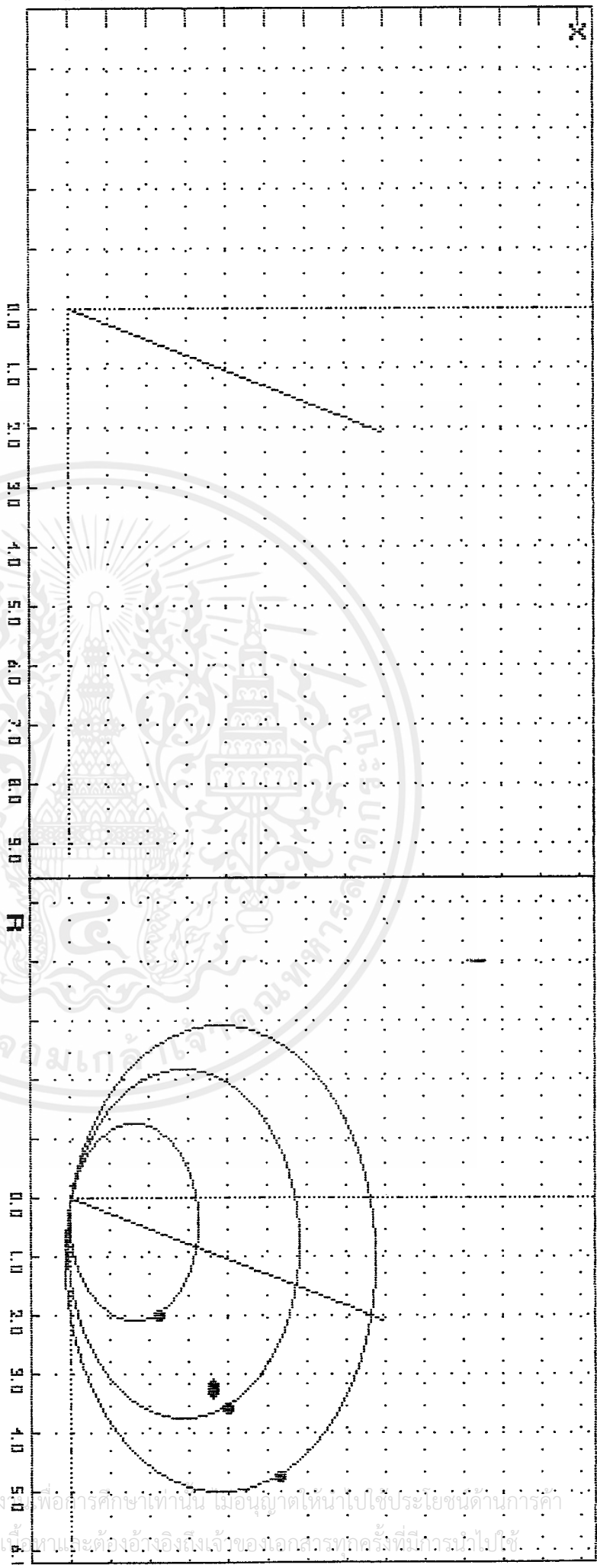
40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*** = fault location ○ = impedance circle \sphericalangle = maximum torque angle * = zone setting ct/prt ratio

bus	relay bus	KLA - CT
zone1 (km)	44.874	
zone2 (km)	86.887	
zone3 (km)	117.681	
delay time (ms)	18.092	

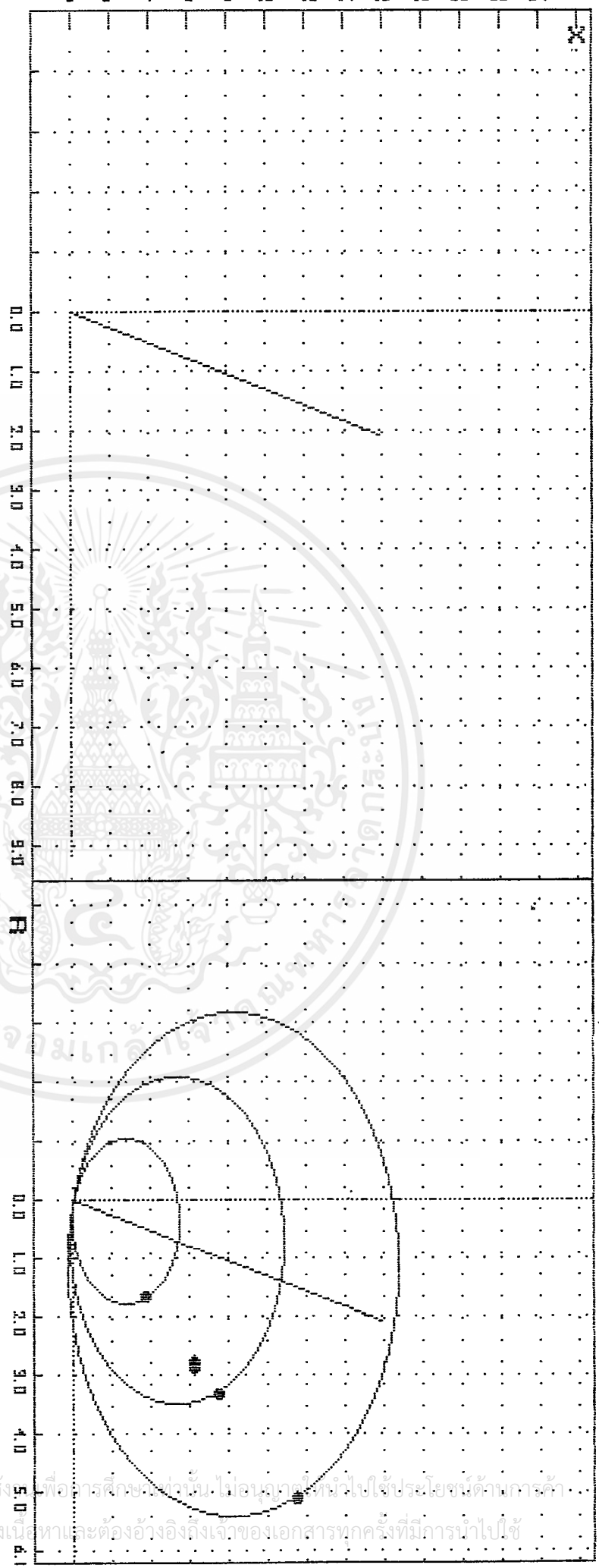


** = fault location ○ = impedance circle ↙ = maximum torque angle # = zone setting c:\p1\10

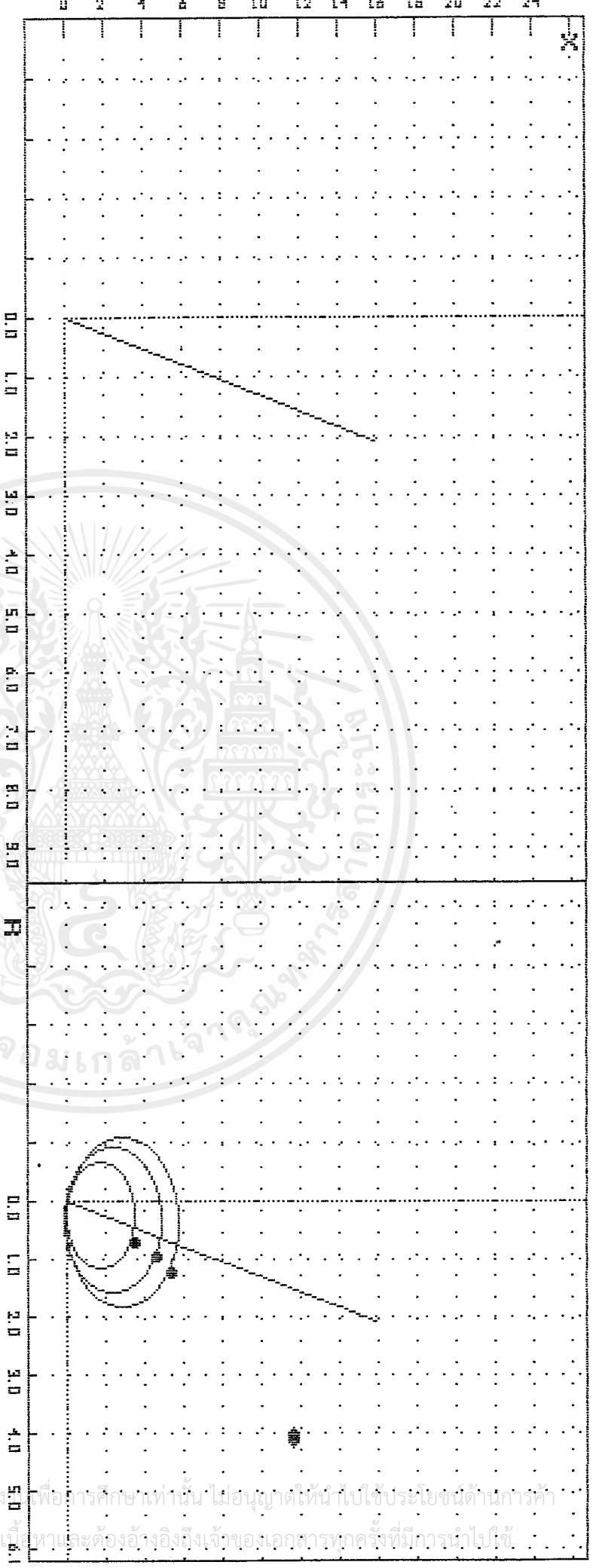
bus	relay bus	RY-2-- KLA
zone1 (km)	45.349	
zone2 (km)	80.379	
zone3 (km)	107.139	
delay time (ms)	39.757	

** = fault location
 O = impedance circle
 / = maximum torque angle
 # = zone setting
 ct/pt ratio

Bus RY-1 - KLA
 relay bus
 zone1 (km) 37.909
 zone2 (km) 75.431
 zone3 (km) 115.795
 delay time (ms) 34.017



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

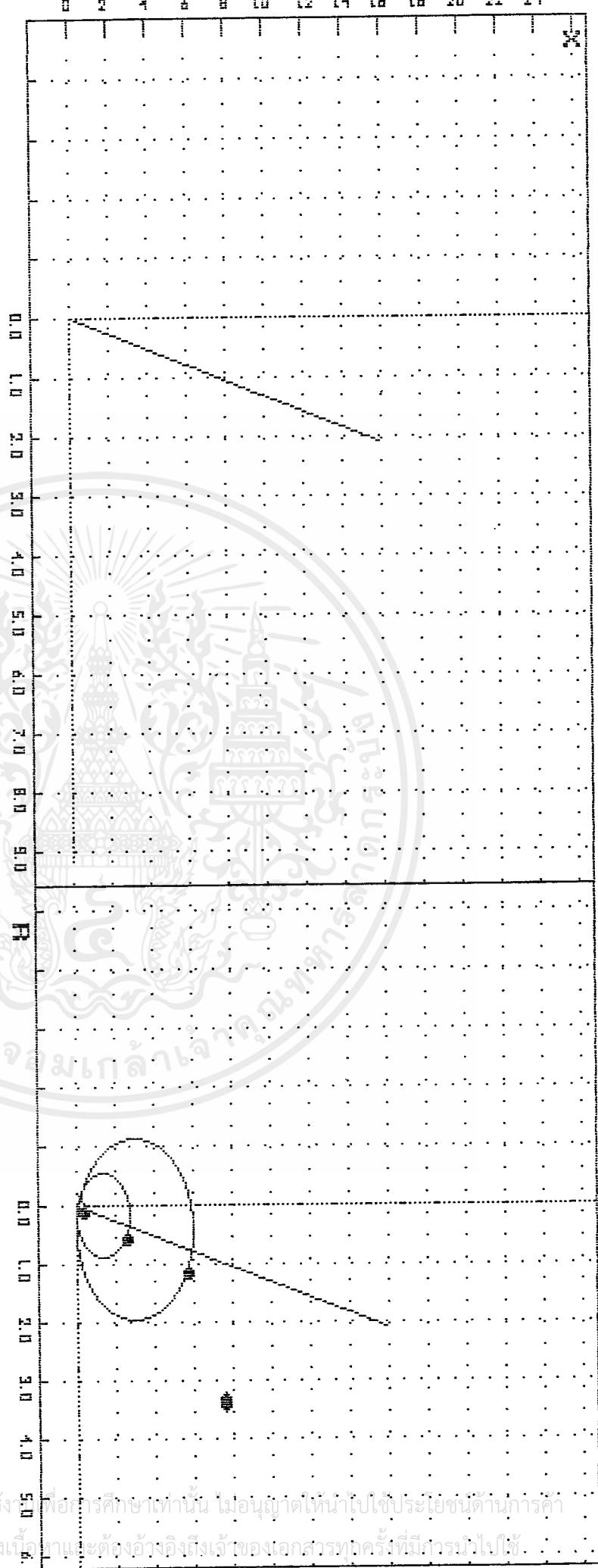


*** * = fault location ○ = impedance circle / = maximum torque angle * = zone setting ct/pt ratio

bus	relay bus	AP
zone 1 (km)		41.546
zone 2 (km)		54.420
zone 3 (km)		62.181
delay time (ms)	none	

AP - RY-2

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



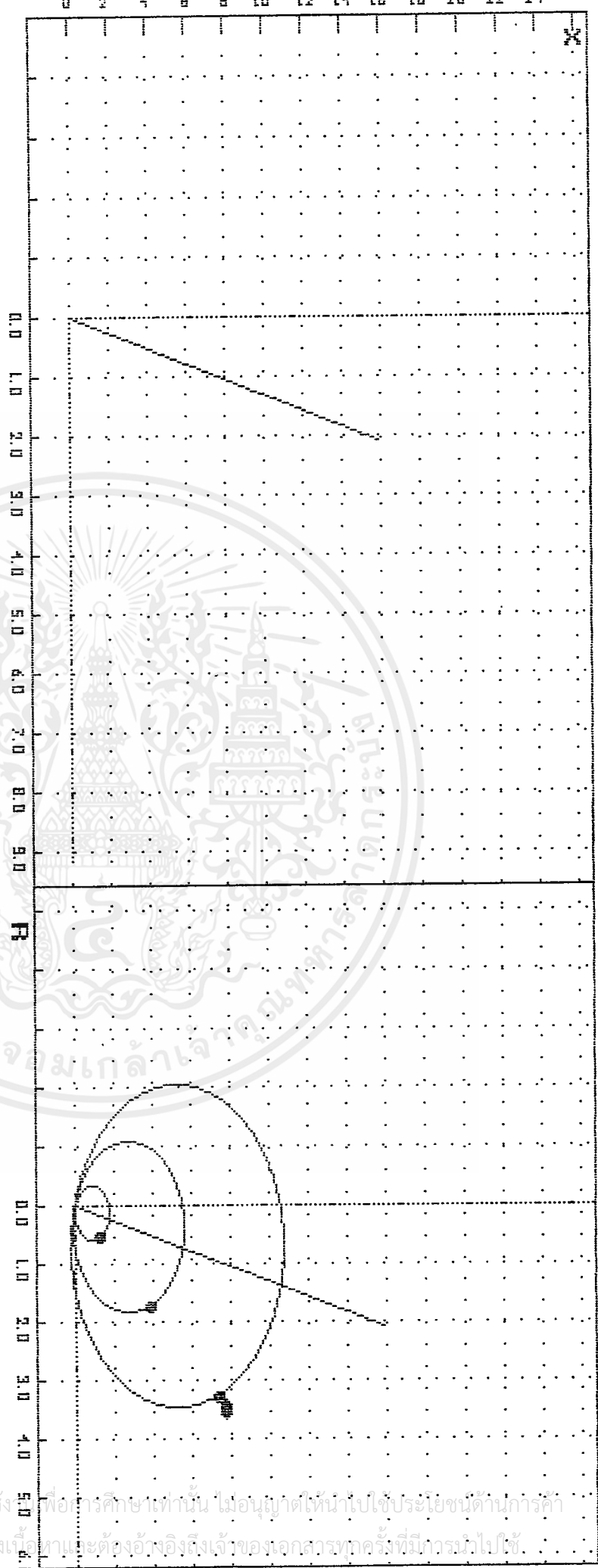
** * = fault location ○ = impedance circle \sphericalangle = maximum torque angle * = zone setting

bus	relay bus	RY-3 -	RY-2
zone 1 (km)		3.981	
zone 2 (km)		30.942	
zone 3 (km)		67.410	
delay time (ms)		none	

0.346
ctrlpt ratio

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

X

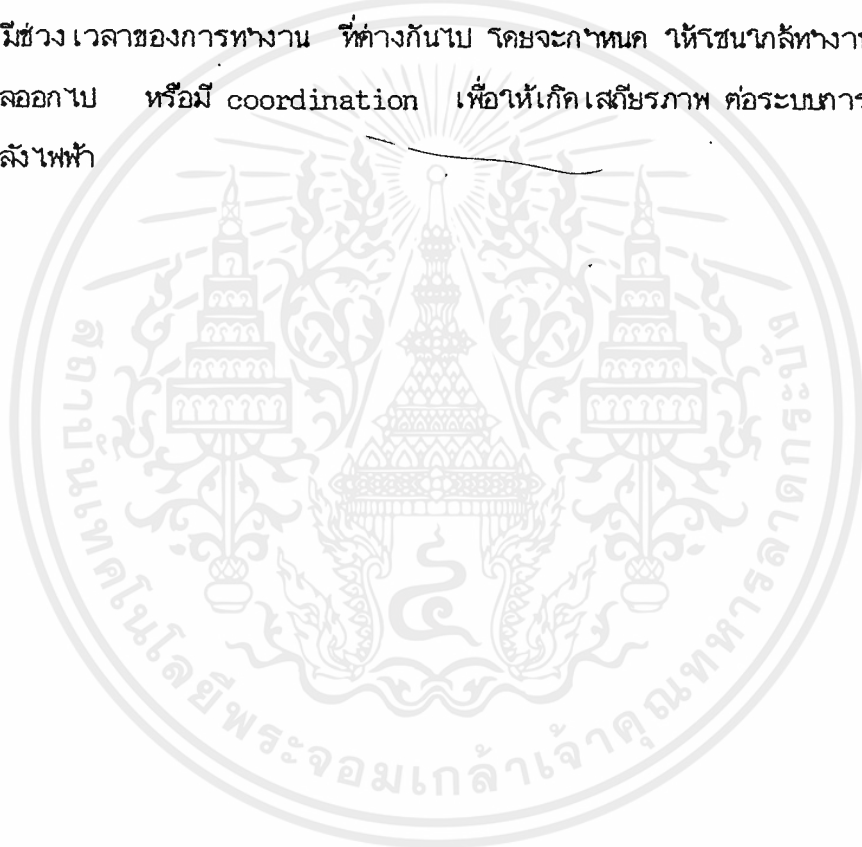


** = fault location
 ○ = impedance circle
 — = maximum torque angle
 * = zone setting
 c/r/p ratio
 0.346

bus	relay bus
zone 1 (km)	RY-3
zone 2 (km)	12.271
zone 3 (km)	39.032
delay time (ms)	74.061
	none

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

ผลที่ได้ของโปรแกรมการคำนวณ แสดงให้เห็นค่าแห่งพอสต์ ว่าอยู่ในขนาดนั้น จะช่วยให้การศึกษา ในเรื่องการป้องกัน ภัยอาศัย distance relay ให้มีความเข้าใจ ถึงการทำงาน ที่ใช้ ของงานจริงมากยิ่งขึ้น สำหรับโปรแกรมนี้ ยังมีข้อบกพร่องอยู่คือ กราฟ สเกล มีความขยาบ ทำให้ บางรูปมีขนาดเล็กลง เห็นไม่ชัด และใช้คำเฉพาะ distance relay ชนิด Mho เท่านั้น แต่กล่าวโดยสรุปแล้ว การป้องกันด้วย distance relay มีความสำคัญ ต่อระบบการป้องกันมาก โดยกำหนด ระยะเวลาป้องกันเป็น 3 โซน ให้แต่ละโซน มีช่วงเวลาของการทำงาน ที่ต่างกันไป โดยจะกำหนด ให้โซนใกล้ทำงานได้เร็ว กว่าโซนที่ไกลออกไป หรือมี coordination เพื่อให้เกิดเสถียรภาพ ต่อระบบการป้องกัน ในระบบกำลังไฟฟ้า

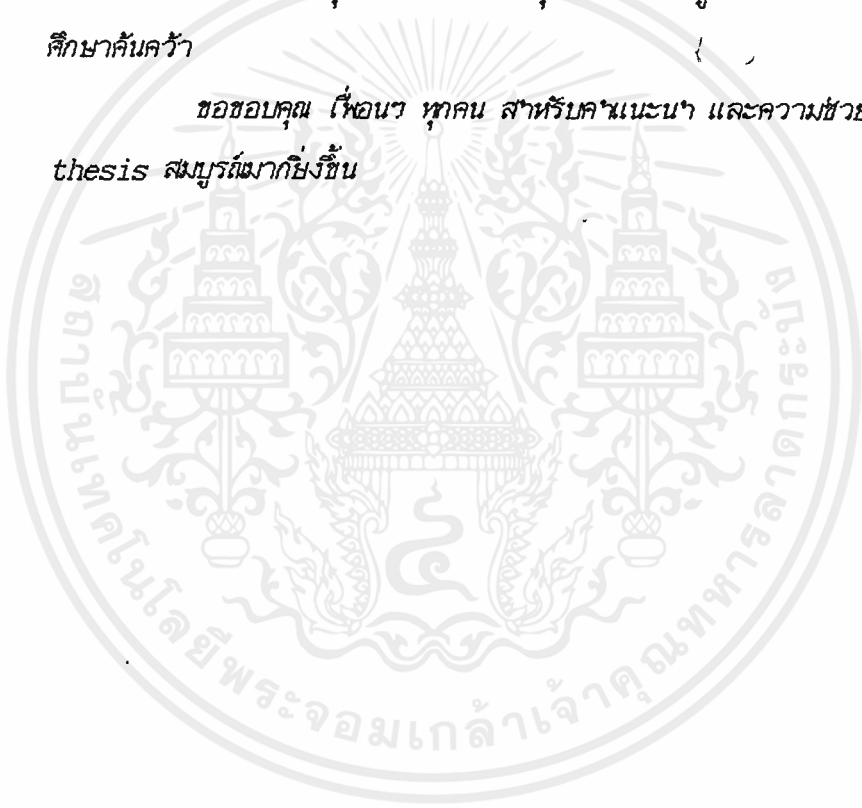


ภิกษุกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ณมล สีสานจินดาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่ง
ได้ให้คำแนะนำ ชี้แนะ ให้เห็นแนวทางในการทำ project นี้ให้สำเร็จ รวมทั้ง
ช่วยเหลือในการแก้ปัญหาต่างๆ อย่างดียิ่งตลอดมา

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)
กองรีเลย์ และพนักงานทุกท่านที่ให้ความกรุณา จัดหาข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการ
ศึกษาค้นคว้า

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ทุกคน สำหรับคำแนะนำ และความช่วยเหลือ ทำให้
thesis สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น



หนังสืออ้างอิง

1. สันติ อิศวศรีพงศ์ธร , "รีเลย์ป้องกันกับการป้องกันระบบกำลัง" ,
สมาคมศูนย์วิชาการไทย-ออสเตรเลีย, 186หน้า, 2526
2. ชัชวาล ษนต์หงส์ , "แนะนำภาษา PASCAL วิชา TURBO PASCAL" ,
สำนักพิมพ์ โอเคียนสตรีท, 319หน้า, 2532
3. อาจารย์ สัตยารักษ์ , "เทคนิคการเขียนกราฟิก บนเทอร์โบปาสคาล" ,
บ. ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 258หน้า, 2534
4. T S Madhava Rho, "Power System Protection static relays",
Second Edition, 592 p., 1989.
5. Guile,A.E. and Paterson,W. "Electrical power systems",
Program Press. Oxford, 295 p., 1977.



ABB Power T&D Company Inc.
Relay Division
Coral Springs, FL 33065

Instruction Leaflet
I.L. 41-490F

Westinghouse® Relays

Effective February 1988
Supersedes I.L. 41-490E dated April 1987

* Denotes change since previous issue

Type KD-10 and KD-11 Compensator Distance Relay

CAUTION: Before putting protective relays into service, make sure that all moving parts operate freely, inspect the contacts to see that they are clean and operate the relay to check the settings and electrical connections.

APPLICATIONS

The type KD-10 relay (Fig. 1), is a polyphase compensator type relay which provides a single zone of phase protection for all three phases. It provides essentially instantaneous tripping for phase-to-phase faults, two-phase-to-ground faults, and three-phase faults within the reach setting and sensitivity level of the relay. The relay is interchangeable with KD or KD-4 relays.

The type KD-11 relay (Fig. 1), is similar to the KD-10 relay except that its characteristic impedance circle includes the origin. This relay is usually applied as a carrier start relay in directional comparison blocking schemes but it may also be used for time delay tripping in straight distance relaying. Both KD-10 and KD-11 relays have indicating contactor switches rated 0.2/2.0 amperes. The 2.0 ampere tap must be used for directional comparison blocking (KA-4) applications. The 2.0 ampere target is recommended for direct trip applications. The 0.2 ampere target is recommended where a 125 or 250 volt lockout relay (WL) is energized and 2.0 ampere where a 48 volt lockout relay is used.

Refer to I.L. 40-208 for a description of how KD-10 relay are used in directional comparison blocking systems.

For time-distance applications the KD-10 and KD-11 relays are used with the TD-4 or TD-52 or

TD-5 dc transistorized timers. See Figs. 19 and 24 for the external schematics for 3 zone protection, using the TD-4 and TD-52 relays, respectively. For further discussion see "External Connections".

Fault detectors are used to supervise the trip circuit for those applications where the line side potentials are used or loss-of-potential supervision is desired. Otherwise, undesired tripping may occur on line oscillations or loss-of-potential. The cylinder type KC-2 or KC-4 relay (2-8 amperes) is recommended. The plunger or other magnetic attraction type relays (e.g. a three unit SC relay or a three unit ITH relay) may be used if the fault detector contacts carry trip coil current rather than auxiliary relay (e.g. auxiliary trip unit, timer, etc.) current.

The SC or ITH relay may also be used if a slow dropout contact (e.g. TX contact of TD-5 timer relay) is available to be connected around the fault detector contacts.

CONSTRUCTION

The type KD-10 and KD-11 relays consists of three single air gap transformers (compensators), three tapped autotransformers, two cylinder type operating units, and an ICS indicating contactor switch.

COMPENSATOR

The compensator, which is designated T (Fig. 2) is a two-winding air gap transformer, it has one primary current winding. The compensators which are designated T_{AB} and T_{BC} are three-winding air gap transformers, they have two

All possible contingencies which may arise during installation, operation, or maintenance, and all details and variations of this equipment do not purport to be covered by these instructions. If further information is desired by purchaser regarding this particular installation, operation or maintenance of this equipment, the local Asea Brown Boveri representative should be contacted.

primary current windings. Each primary current winding has seven taps which terminate at the tap block (Fig. 3). They are marked:

0.23, 0.307, 0.383, 0.537, 0.690, 0.920, 1.23 for 0.2-4.5 ohms relay

0.87, 1.16, 1.45, 2.03, 2.9, 4.06, 5.8 for 0.75-21.2 ohms relay

1.5, 2.0, 2.5, 3.51, 5.0, 7.02, 10.0 for 1.27-36.7 ohms relay

Current flowing through the primary coil provides an MMF which produces magnetic lines of flux in the core.

A voltage is induced in the secondary which is proportional to the primary tap and current magnitude. This proportionality is established by the cross sectional area of the laminated steel core, the length of an air gap which is located in the center of the coil, and the tightness of the laminations. All of these factors which influence the secondary voltage proportionality have been precisely set at the factory. The clamps which hold the laminations should not be disturbed by either tightening or loosening the clamp screws.

The secondary winding has a single tap which divides the winding into two sections. One section is connected subtractively in series with the relay terminal voltage. Thus a voltage which is proportional to the phase current is subtracted vectorially from the relay terminal voltage. The second section is connected to a potentiometer and a fixed loading resistor and provides a means of adjusting the phase angle relation between primary current and the induced secondary voltage.

AUTO-TRANSFORMER

The auto-transformers has three taps on its main winding, S, which are numbered 1, 2 and 3 on the tap block. A tertiary winding M has four taps which may be connected additively or subtractively to inversely modify the S setting by any value from -18 to +18 percent in steps of 3 percent.

The sign of M is negative when the R lead is above the L lead. M is positive when L is in a tap location which is above the tap location of the R lead. The M setting is determined by the sum of

per unit values between the R and L lead. The actual per unit values which appear on the tap plate between taps are 0, .03, .09 and .06.

The auto-transformer makes it possible to expand the basic range of "T" ohms by a multiplier of $\frac{S}{1 \pm M}$. Therefore, any relay ohm setting can be made within ± 1.5 percent from the desired value by combining the compensator taps T, T_{AB}, and T_{BC} with the auto-transformer taps S and M, S_A and M_A, and S_C and M_C. See tables I, II, and III for compilation of settings available.

TRIPPING UNIT

The device which acts to initiate tripping is a four-pole cylinder unit which is connected open delta and operates as a three-phase induction motor. Contact-closing torque is produced by the unit when the voltage applied to its terminals has a negative-phase sequence. Closing torque for the relay forces the moving contact to the left hand side as viewed from the front of the relay. Contact-opening torque is produced when positive-phase sequence voltages are applied. Hence, the cylinder unit has restraint or operating torque as determined by the phase sequence of the voltages applied to its terminals.

Mechanically, the cylinder unit is composed of three basic components: a die-cast aluminum frame and electromagnet, a moving element assembly, and a molded bridge.

The frame serves as the mounting structure for the magnetic core. The magnetic core which houses the lower pin bearing is secured to the frame by a spring and snap ring. This is an adjustable core which has a 0.020 inch flat on one side and is held in its adjusted position by the clamping action of two compressed springs. The bearing can be replaced, if necessary, without having to remove the magnetic core from the frame.

The electromagnet has two series-connected coils mounted diametrically opposite one another to excite each set of poles. Locating pins on the electromagnet are used to accurately position the lower pin bearing, which is mounted on the frame, with respect to the upper pin bearing, which is threaded into the bridge. The electromagnet is permanently secured to the frame and cannot be separated from the frame.

The moving element assembly consists of a spiral spring, contact carrying member, and an aluminum cylinder assembled to a molded hub which holds the shaft. The hub to which the moving contact arm is clamped has a wedge-and-cam construction, to provide low-bounce contact action. A casual inspection of the assembly might lead one to think that the contact arm bracket does not clamp on the hub as tightly as it should. However, this adjustment is accurately made at the factory and is locked in place with a lock nut and should not be changed.

Optimum contact action is obtained when a specified pressure applied to the face of the moving contact will make the arm slip one-fourth of its total free travel. Free travel is the angle through which the hub will slip from the condition of reset to the point where the clamp projection begins to ride up on the wedge. The free travel can vary between 15° to 20° .

The shaft has removable top and bottom jewel bearings. The shaft rides between the bottom pin bearing and the upper pin bearing which is adjusted to .025 inch from the top of the shaft bearing. The cylinder rotates in an air gap formed by the electromagnet and the magnetic core.

The bridge is secured to the electromagnet and the frame by two mounting screws. In addition to holding the upper pin bearing, the bridge is used for mounting the adjustable stationary contact housing. This stationary contact has .0015 to .0035 inch follow which is set at the factory by means of the adjusting screw. After the adjustment is made the screw is sealed in position with a material which flows around the threads and then solidifies. The stationary contact housing is held in position by a spring type clamp. The spring adjuster is located on the underside of the bridge and is attached to the moving contact arm by a spiral spring. The spring adjuster is also held in place by a spring type clamp.

The main contact of KD-10 and KD-11 relays will close 30 amp at 250 Vdc and the seal-in contact of the indicating contactor switch will carry this current long enough to trip a breaker.

When the contacts close, the electrical connection is made through the stationary contact housing clamp, to the moving contact, through the spiral spring and out to the spring adjuster clamp.

INDICATING CONTACTOR SWITCH UNIT (ICS)

The indicating contactor switch is a small dc operated clapper type device. A magnetic armature, to which leaf-spring mounted contacts are attached, is attracted to the magnetic core upon energization of the switch. When the switch closes, the moving contacts bridge two stationary contacts, completing the trip circuit. Also during this operation two fingers on the armature deflect a spring located on the front of the switch, which allows the operation indicator target to drop. The target is reset from outside of the case by a push rod located at the bottom of the cover.

The front spring, in addition to holding the target, provides restraint for the armature and thus controls the pickup value of the switch.

OPERATION

The KD-10 relay has two major components—compensators and tripping units. In the internal schematic of Fig. 4 the compensators are designated T, T_{AB}, and T_{BC}, the tripping units, Z (3 ϕ) and Z ($\phi\phi$). The phase-to-phase unit, Z ($\phi\phi$), operates for all combinations of phase-to-phase faults (phase A-B, B-C and C-A). The 3-phase unit Z (3 ϕ) operates for 3-phase faults and for close-in-two-phase-to-ground faults, although most two-phase-to-ground faults are cleared by operation of the phase-to-phase unit. Each of the tripping units and its associated compensator circuit are electrically separate, and will now be considered successively.

THREE-PHASE UNIT

A single compensator T has its primary energized with ($I_A - 3I_0$) current Fig. 19. Current I_A is the phase A current; $3I_0$ is the residual current. There are three compensators shown one for each of the three zones. One connection uses an auxiliary 5:5 ratio current transformer to insert the $-3I_0$ component. The alternate connection supplies the compensator primaries with ($-I_B - I_C$). Since $I_A + I_B + I_C = 3I_0$, ($I_A - 3I_0$) = ($-I_B - I_C$). (Current I_A , I_B and I_C are the phase currents). The $3I_0$ current is needed to provide overlap with the $\phi\phi$ unit on 2-phase-to-ground faults.

Accordingly, the alternate connection is equivalent to the first arrangement. Note that relay 21-3, a type KD-11, also has a current winding Z. This winding is wound on the tripping unit so that the R-X diagram circle includes the origin, as explained under "Characteristics".

As shown in Fig. 19 the T compensator secondary is connected to modify the phase A voltage. With a fault in the trip direction, the induced voltage in the compensator secondary bucks the phase A voltage.

Vector diagrams in Fig. 8 illustrate the operation during 3-phase faults at four locations. The system impedance and the compensator angle are assumed to be at 90° for illustrative purposes only. Prefault voltages are depicted by the large dashed triangle. The smaller dashed triangle in each case is the system voltages at the relay location during the fault. This triangle is modified by the compensator voltage, $-1.5IAT$ where $1.5T$ is the compensator mutual impedance. The terminals of the tripping unit are designated X, Y and Z. Phase A tripping unit voltage is:

$$V_X = 1.5 V_{AN} - 1.5 IAT \quad (1)$$

$$\text{Note that } 3I_0 = 0 \text{ for 3-phase faults} \quad (2)$$

Phase B and phase C tripping unit voltages are:

$$V_Y = V_{BN} \quad (3)$$

$$V_Z = V_{CN} \quad (4)$$

For a fault at A, beyond the relay operating zone, the compensator voltage, $-1.5IAT$ modifies the phase A voltage, reducing the voltage triangle of the tripping unit to X-Y-Z. With an X-Y-Z rotation the tripping unit torque is in the restraining direction.

For a fault at B the current is larger than for a fault at A, so that $-1.5IAT$ is larger. The point X is in line with points Y and Z. No torque is produced, since the X-Y-Z triangle has a zero area.

For a fault in the operating zone, such as at C, point X is below the YZ line. Now the rotation is X, Z, Y, which produces operating torque.

For a fault behind the relay at D, restraining torque is produced. Since the fault is behind the relay the current is of reversed polarity. Compensator voltage, $-1.5IAT$, increases the area of the bus voltage triangle, A-B-C. Tripping unit voltage has an X-Y-Z rotation which produces restraining torque.

A solid 3-phase fault at the relay location, tends to completely collapse the A-B-C voltage triangle. The area of the X-Y-Z triangle also tends to be zero under these conditions. A memory circuit in the KD-10 relay provides momentary operating torque under these conditions, for an internal fault. In the KD-11 relay the winding Z in the current circuit, in conjunction with the compensator voltage, produces a current-only torque, which maintains operating torque under the condition of zero potential. In the short reach relay the offset is obtained by means of an additional compensator TBR.

The P_{3A} - R_{3F} parallel resistor-capacitor combination in the compensated phase provides correct phase-angle relation between the voltage across the front and back coils of Z (3 ϕ) and the current, similar phase shift is produced in left and right hand coils by capacitor C_{3C}. The P_{3A} - C_{3A} combination also provides control of transients in the coils of the cylinder unit.

PHASE-TO-PHASE UNIT

Compensator primaries of T_{AB} and T_{BC} are energized by I_A, I_B and I_C as shown in Fig. 19. Compensator secondaries are connected to modify their respective phase voltages (e.g. T_{AB} modifies V_{AB}). With a fault in the trip direction, the induced voltages in the compensator secondaries buck the phase-phase voltages.

Vector diagrams in Fig. 9 illustrate the operation during phase B-C faults at four locations. The system impedances and the compensator angle are assumed to be at 90° , for illustrative purposes. Prefault voltages are depicted by the large dashed triangles. The smaller light triangle in each case is the system voltages at the relay location during the fault. This triangle is modified by the compensator voltages $-(I_A - I_B) Z_C$ and $-(I_B - I_C) Z_C$ where Z_C is the compensator mutual impedance. In this case $I_A = 0$. The

terminals of the tripping unit are designated; X, Y, and Z. Tripping unit voltages for phase B-C faults are:

$$V_{XY} = V_{AB} - (I_A - I_B) Z_C \quad (5)$$

$$V_{YZ} = V_{BC} - (I_B - I_C) Z_C \quad (6)$$

For a fault at A, in Fig. 9 beyond the relay operating zone, the compensator voltages change the A-B-C voltage sequence to the X-Y-Z sequence. Voltages of this sequence applied to operating unit produce restraining torque.

For a fault at B, the currents are larger than for a fault at A, so that compensator voltages are larger. Points Y and Z coincide now and the area of the X-Y-Z triangle is zero. No torque is produced.

For a fault in the operating zone, such as at C, the compensator voltages reverse the rotation of tripping unit voltages to X-Z-Y sequence. Voltages of this sequence applied to operating unit produce operating torque.

For a fault behind the relay at D, restraining torque is produced. Since the fault is behind the relay, the current is of reverse polarity and tripping unit voltage has an X-Y-Z rotation. This rotation produces restraining torque.

Note that this unit does not require memory action, since the sound-phase voltage reacts with the compensator voltage to produce a strong restraining or a strong operating torque, depending upon the fault location. This is true even for a complete collapse of the faulted phase-to-phase voltage. The phase-to-phase unit is identical in the KD-10 and KD-11 relays.

Similar vector diagrams apply for a fault between phases A and B or between phases C and A. Each of the three phase-to-phase fault combinations subjects the cylinder unit to a similar set of conditions.

CHARACTERISTICS

DISTANCE CHARACTERISTICS PHASE-TO-PHASE UNIT

This unit responds to all phase-to-phase faults and most two-phase-to-ground faults. It does not

respond to load current, synchronizing surges, or out-of-step conditions. While a characteristic circle can be plotted for this unit on the R-X diagram as shown in Fig. 10 such a characteristic circle has no significance except in the first quadrant where resistance and reactance values are positive. A small portion of the fourth quadrant, involving positive resistance values and negative reactance values, could have some significance in the event that the transmission line includes a series capacitor. The portion of the circle in the first quadrant is of interest because it describes what the relay will do when arc resistance is involved in the fault. The phase-to-phase unit operating on an actual transmission system is inherently directional and no separate directional unit is required.

An inspection of Fig. 10 indicates that the circle of the phase-to-phase unit is dependent on source impedance Z_S . However the circle always goes through the line balance point impedance. The reach at the compensator (and line) angle is constant, regardless of the system source impedance. The broadening out of the characteristic circle with a relatively high source impedance gives the phase-to-phase unit the advantageous characteristic that for short lines, it makes a greater allowance for resistance in the fault. Stated another way, the characteristics approach that of a reactance relay more and more closely as the line being protected becomes shorter and shorter with respect to the source impedance back of the relaying location.

SENSITIVITY: PHASE-TO-PHASE UNIT

A plot of relay reach, in percent of tap block setting, versus relay terminal voltage and current sensitivity is shown in Fig. 12. The unit will operate with the correct directional sense for zero voltage phase-to-phase faults. For this condition the fault current must be not less than 0.015 relay amperes with an ohm setting of 5.8 with rated voltage on the unfaulted phase. Pick up current is proportionately higher in $S = 2$ and $S = 3$ taps.

The KD-10 relay may be set without regard to possible overreach due to dc transients. Compensators basically are insensitive to dc transients which attend faults on high angle systems. The long time constant of a high angle system provides a minimum rate of change in flux-producing

transient current with respect to time, and therefore induces a minimum of unidirectional voltage in the secondary. Asymmetrical currents resulting from faults on low-angle systems having a short time constant can induce considerable voltage in the secondary, but for the first half cycle, the transient-derived voltage subtracts from the steady-state value. This transient decays so rapidly that it is insignificant during the second half cycle when it adds to the steady-state value.

DISTANCE CHARACTERISTIC – KD-10, 3-PHASE UNIT

The three-phase unit has a characteristic circle which passes through the origin as shown in Fig. 11. This circle is independent of source impedance. The three-phase unit is also inherently directional and does not require a separate directional unit.

If a solid-three-phase fault occurs right at the relay location, the entire voltage triangle collapses to zero to give a balance point condition, as shown by the relay characteristic in Fig. 11 which passes through the origin. However, since the YZ voltage also drops to zero, the relay would be unable to determine whether an internal or external fault existed. To correct this condition, a resonant circuit is added to the B-C voltage circuit of the relay which allows the YZ voltage to determine whether the fault is inside the protected line section or behind the relay.

SENSITIVITY: KD-10, 3-PHASE UNIT

The unit will operate with the correct directional sense for zero voltage three-phase faults when normal voltage exists at the relay terminals prior to the fault. This operation occurs due to memory action as described above. The unit will have zero torque or perhaps a slight opening torque if there is zero voltage at the relay prior to the fault or after the memory action has subsided. For medium and long reach relays with an impedance setting of 5.8 ohms the three-phase unit will directionally operate for faults which produce 2 volts line-to-line and 1.0 ampere at the relay terminals.

Sensitivity with 2 volts line-to-line for any tap is defined by the following equation:

$$I = \frac{5.8}{T} \text{ amperes} \quad (7)$$

For short reach relays (0.2-4.55 ohms) with an impedance setting of 1.23 ohms the three-phase unit will directionally operate for faults which produce 0.5 volts line-to-line and 2.7 ampere at the relay terminals.

Sensitivity with 0.75 volts line-to-line for any tap is defined by the following equation:

$$I = \frac{3.4}{T} \text{ amperes}$$

The KD-10 relay may be set without regard to possible overreach due to dc transients.

DISTANCE CHARACTERISTIC: KD-11, 3-PHASE UNIT

The three-phase unit of the KD-11 relay has a characteristic circle which includes the origin as shown in Fig. 13.

A single turn current coil on the cylinder unit provides for current-only torque and is small compared to the many turns of the T Max. setting of the compensator and has very little influence on the overall settings. However, as the compensator setting is reduced, the single turn current coil becomes larger by comparison and has more and more effect on the overall settings.

- For 1.3-36.7 ohms range the reach and maximum torque angle will vary approximately as follows:

T Nominal	T Actual	% Over-reach	MTA	T Reverse
10	10	0	75°	.13
7.02	7.09	2	76°	.13
5.0	5.10	2	77°	.12
3.51	3.65	4	78°	.12
2.50	2.60	4	80°	.11
2.00	2.08	4	82°	.11
1.50	1.65	10	87°	.11

For .75-21.2 ohms range the reach will vary approximately as follows:

T Nominal	T Actual	% Over-reach	MTA	T Reverse
5.8	5.3	0	75°	.13
4.06	4.20	3.5	76°	.13
2.90	3.12	4	78°	.12
2.03	2.15	6	79°	.12
1.45	1.57	8	82°	.12
1.46	1.30	12	85°	.11
.87	1.02	17	90°	.11

WHEN SETTING KD-11 RELAYS DISREGARD THE CHANGE IN T-VALUE, BUT INCLUDE THE PERCENTAGE ERROR INTO TEST CURRENT VALUES.

.2-4.55 ohms range KD-11 relays have no over-reach regardless of the tap being used and the maximum torque angle will stay constant at 60°. The relay offset is nominal 0.1 ohms and is obtained by a compensator TBR. Current only torque is obtained through the energy provided by the TBR compensator.

SENSITIVITY: KD-11, 3-PHASE UNIT

The impedance curve for the KD-11 three-phase unit is shown in Fig. 12. This unit will operate to close the left hand contact on CURRENT-ONLY for 3 or more amperes relay current with T set for 5.8 or T = 10.0 for 1.3-36 ohm relay and for 7.5 amperes or more with T set for .87.

The .2-4.55 ohm range unit has current-only sensitivity defined as IT = 6 or lower.

GENERAL CHARACTERISTICS

The phase-to-phase potential rating is 120 Vac $\pm 10\%$.

Impedance settings in ohms reach can be made for any value in the range of

- 0.2 - 4.55 for short reach relays
- 0.75 - 21.2 for medium reach relays
- 1.27 - 36.7 for long reach relays

The maximum torque angle for all phase-to-phase units is set for 75 degrees at the factory,

and may be set for any value from 60 to 78 degrees. A change in maximum torque angle will produce a slight change in reach for any given setting of the relay. Referring to Fig. 2, note that the compensator secondary voltage output V, is largest when V leads the primary current, I, by 90°. This 90° relationship is approached, if the compensator loading resistor (R2A, or R2C) is open circuited. The effect of the loading resistor, when connected, is to produce an internal drop in the compensator, which is out-of-phase with the induced voltage, ITAB or ITAC. Thus the net voltage, V, is phase-shifted to change the compensator maximum torque angle. As a result of this phase-shift the magnitude of V is reduced, as shown in Fig. 2. Other angles may be set by changing resistors R2A and R2C (or P2A and P2C).

The maximum torque angle of the 3-phase unit of the medium (.73-21.2 ohms) and the long reach (1.27-36.7 ohms) is set for 75 degrees at the factory, and it may be set for any value from 60 to 78 degrees. Other angles may set by changing resistor R3.

The maximum torque angle of the 3-phase unit of the short reach (.2-4.5 ohms) relay is set for 60 degrees at the factory and may be set for any value from 45 to 63 degrees. By changing R3 (or P3) any other angle may be set. The 90-degree setting is approached for all ranges when R3 resistor is open circuited. For 3 ϕ unit or R2A and R2C for phase-to-phase unit.

Tap markings are based upon nominal settings as specified above. If the phase loading potentiometers P3, P2A, or P2C are adjusted for some other maximum in torque angle the relay reach is different from the nominal as described under settings.

TIME CURVES AND BURDEN DATA

OPERATING TIME

The speed of operation for the KD-10 relay three-phase and phase-to-phase units is shown by the time curves in Fig. 14. The curves indicate the time in milliseconds required for the relay to close its contacts for tripping after the inception of a fault at any point on a line within the relay setting.

Fig. 15 and Fig. 16 show the KD-11 operating time of the phase-to-phase unit and the three-phase unit respectively. These curves show both contact-opening time and contact-closing time for faults within the relay setting.

CURRENT CIRCUIT RATING IN AMPERES

All rated 10 amp. continuous 1 second 240 amp. except for 1-37 ohm range where

- for S = 1 T = 10 continuous rating is 6 amp
- S = 2 T = 10 continuous rating is 8 amp
- S = 3 T = 10 continuous rating is 9 amp
- S = 1 T = 7.02 continuous rating is 7 amp

BURDEN

The burden which the relays impose upon potential and current transformers in each phase is shown by Fig. 17 and Fig. 18 for the KD-10 and KD-11 relays respectively. The potential burden and burden phase angle are based on 69 volts line-to-neutral applied to the relay terminals.

TRIP CIRCUIT CONSTANTS

- 0.2 tap - 6.5 ohms
- 2 tap - 0.15 ohms

SETTING CALCULATIONS

Relay reach is set on the tap plate shown in Fig. 3. The tap markings are:

T, TA, TB and TC

0.23 - 0.307 - 0.383 - 0.537 - 0.690 - 0.920 - 1.23 (short reach)

0.87 - 1.16 - 1.45 - 2.03 - 2.9 - 4.06 - 5.8 (medium reach)

1.5 - 2.0 - 2.5 - 3.51 - 5.0 - 7.02 - 10.0 (long reach)

S, SA, and SC

1, 2, 3

M, MA, MC

.0, .03, .09, .06

(Values between taps)

Calculations for setting the KD-10 and KD-11 relays are straightforward and apply familiar principles. Assume a desired balance point which is 90 percent of the total length of line. The general formula for setting the ohms reach of the relay is:

$$Z = 0.9 Z_{pri} \frac{R_C}{R_V} \tag{9}$$

The terms used in this formula and hereafter are defined as follows:

Z = the desired ohmic reach of the relay in secondary ohms.

0.9 = the portion of the total line for which the relay is set.

RC = current transformer ratio

RV = voltage transformer ratio

Zpri = ohms per phase of the total line section

The relay tap plate setting - Z is set according to the following equation:

$$Z = \frac{ST}{1 \pm M} \tag{10}$$

T = compensator tap setting.

S = Auto-transformer primary tap setting.

±M = Auto-transformer secondary tap setting. (This is a per unit value and is determined by the sum of the values between the "L" and the "R" leads. The sign is positive when "L" is above "R" and acts to lower the Z setting. The sign is negative when "R" is above "L" and acts to raise the Z setting.)

CAUTION: The tap plate values refer to standard maximum torque angle adjustment as per Table I, II, or III.

In general recalibration of the relay to a torque angle other than the standard value is neither desirable nor required. Where it is necessary, the phase loading potentiometers P3, P2A, or P2C are adjusted for some other maximum torque angle, the relay reach becomes different from the nominal tap plate settings and tap plate setting should be modified as outlined under **MAXIMUM TORQUE ANGLE CONSIDERATION.**

The following procedure should be followed in order to obtain an optimum setting of the relay.

1. Establish Z, as per Equation (9).
2. Now refer to Table I, II, or III, these tables lists optimum relay settings for relay.
 - a) Locate a table value for relay reach nearest to the desired value Z (it will always be within 1.5% or less off the desired value).
 - b) Read off the Table "S, T" and "M" settings. "M" - column includes additional information for "L" and "R" leads setting for the specified "M" value.
 - c) Recheck the obtained S, T, M - settings by using Equation (10).

$$Z = \frac{ST}{1 \pm M}$$

For example, assume the desired reach, Z is 7.8 ohms at 75°. (Step 1)

STEP (2a) in Table II we find nearest value to 7.8 ohms 7.88 that is $100 \times \frac{7.88}{7.8} = 101$ percent of the desired reach.

- STEP (2b). From Table II read off:

$$\begin{aligned} S &= 2 \\ T &= 4.06 \\ M &= +.03 \end{aligned}$$

and "L" - lead should be connected over "R" - lead, with "L" lead connected to ".03" - tap and "R" - lead to tap "0".

Step (2c). Recheck Settings.

$$Z = \frac{ST}{1 \pm M} = \frac{2 \times 4.06}{1 + .03} = 7.88$$

These tables can be used to check relay setting in field using reverse procedure:

1. Read off the tap plate T, S, M settings.
2. Find corresponding Z value from appropriate tables.

MAXIMUM TORQUE ANGLE CONSIDERATIONS

For MEDIUM AND LONG reach relays maximum torque angle is set at the factory for 75 degrees current lagging voltage.

For SHORT REACH RELAYS the maximum torque angle of the three-phase unit is set for 60 degrees and the phase-to-phase unit for 75 degrees.

The following guide lines should be followed to achieve optimum application of the relay to the lines to be protected.

1. For zone 1 application of KD-10 relays no setting or calibration correction should be made if the line angle is 65 degrees or higher for the medium and long range relays (50 degrees for the short range relay).
2. For pilot trip or timed trip (Zone 2 or 3, or KD-11) applications no setting or calibration correction is required regardless of the difference between the relay and line angle.
3. For line angles below 65° for long and medium reach KD-10 relays the difference between the relay and line angles can be accounted for without recalibration of the relay by matching the relay impedance setting to the desired impedance value of the line (The recalibration of the relay to the lower angle may be undesirable because the load that can be accommodated by the 3φ unit is lower. See Fig. 11. The phase-to-phase unit is not responsive to load flow.)

The setting calculations are done as follows:

If Z-line is the desired reach of the relay, then Z (the relay setting) is

$$Z = \frac{Z \text{ Line}}{\cos(\theta_m - a)} \quad (11)$$

Where θ_m is the maximum torque angle of the relay

- a = Line Angle

FOR EXAMPLE:

If the desired setting is 5 ohm at 60° a KD-10 relay should be set for (assuming it is set for 75° degrees) using equation (11).

$$Z = \frac{5}{\cos(75^\circ - 60^\circ)} = \frac{5}{\cos 15^\circ} = 5.18 \text{ ohms}$$

or referring to Table II relay should be set: $S = 1$, $T = 5.8$, $M = +.12$.

4. FOR SHORT RANGE RELAY (:2-4.5 ohms)

Zone 1 application for line angles below 50° , recalibrate the phase-to-phase unit to maximum torque angle of 60° and the 3-phase unit for 45° degrees. Set Zone 1 and reach for 90% of the line (85% for line angles of less than 50°). In this case, follow the procedure below: Recalibrate the relay for the new maximum torque angle and set relay reach Z to be

$$Z = \frac{Z \text{ line } \sin \theta_m}{\sin \theta} \quad (12)$$

where θ_m - original maximum torque angle of the relay

θ - the new maximum torque angle after relay recalibration

Z line - desired reach

FOR EXAMPLE:

A) Original nominal relay maximum torque angle (short range relay).

$\theta_m = 75^\circ$ for phase-to-phase unit

$\theta_m = 60^\circ$ for three-phase unit

B) The desired reach is 0.5 ohms at 45°

C) Calculate settings: (Use equation 12)

For phase-to-phase unit, recalibrated for 60° .

$$Z = \frac{0.5 \sin 75^\circ}{\sin 60^\circ} = 0.557 \text{ ohms}$$

For 3-phase unit, recalibrated for 45°

$$Z = \frac{0.5 \sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = 0.612 \text{ ohms}$$

Referring to Table I, use closest setting for phase-to-phase unit

$$T_A, T_B, T_C = .537$$

$$M_A, M_C = -.06$$

$$S_A, S_C = 1$$

For 3-phase unit closest setting

$$T = .690$$

$$M = +.12$$

$$S = 1$$

5. If for some reasons an exact correction is required to match up the line impedance Z_L at an angle a , and relay has been recalibrated from nominal maximum torque to a new maximum torque angle $\beta \neq a$, then relay setting Z should be equal to

$$Z = \frac{Z \text{ Line } \sin \theta_m}{\sin \beta \cos(\beta - a)} \quad (13)$$

For Example:

Relay with original $\theta_m = 75^\circ$ has been recalibrated to $\beta = 60^\circ$ and to be applied to 5 ohm-line with line angle $a = 50^\circ$

The relay setting Z relay should be according to Eq. (13)

$$Z \text{ relay} = \frac{5 \sin 75^\circ}{\sin 60^\circ \cos(60^\circ - 50^\circ)} = 5.65 \text{ ohms.}$$

or referring to Table II relay actual setting should be $S = 1$.

$$T = 5.8$$

$$M = +.03$$

SETTING THE RELAY

The KD-10 and KD-11 relays require settings for each of the three compensators (T , T_{AB} , and T_{BC}), each of the auto-transformers primaries (S , S_A , and S_C) and secondaries (M , M_A , and M_C). All of these settings are made with taps on the tap plate which is located between the operating units and relay de-energized. Fig. 3 shows the tap plate.

COMPENSATOR (T, TAB AND TBC)

Each set of compensator taps terminate in inserts which are grouped on a socket and form approximately three quarters of a circle around a center insert which is the common connection for all of the taps. Electrical connections between common insert and tap inserts are made with a link that is held in place with two connector screws, one in the common and one in the tap. There are two TB settings to be made since phase B current is passed through two compensators. A compensator tap setting is made by loosening the connector screw in the center. Remove the connector screw in the tap end of the link, swing the link around until it is in position over the insert for the desired tap setting, replace the connector screw to bind the link to this insert, and retighten the connector screw in the center. Since the link and connector screws carry operating current, be sure that the screws are turned to bind snugly. Be careful not to overtighten these screws.

AUTO-TRANSFORMER PRIMARY (S, SA, AND SC)

Primary tap connections are made through a single lead for each transformer. The lead comes out of the tap plate through a small hole located just below or above the taps and is held in place on the tap by a connector screw. (Fig. 3).

An "S" setting is made by removing the connector screw, placing the connector in position over the insert of the desired setting replacing and tightening the connector screw. The connector should never make electrical contact with more than one tap at a time.

AUTO-TRANSFORMER SECONDARY (M, MA, AND MC)

Secondary tap connections are made through two leads identified as L and R for each transformer. These leads come out of the tap plate each through a small hole, one on each side of the vertical row of "M" tap inserts. The lead connectors are held in place on the proper tap by connector screws.

Values for which an "M" setting can be made are from -1.8 to $+1.8$ in steps of $.03$. The value of a setting is the sum of the numbers that are

crossed when going from the R lead position to the L lead position. The sign of the "M" value is determined by which lead is in the higher position on the tap plate. The sign is positive (+) if the L lead is higher and negative (-) if the R lead is higher.

An "M" setting may be made in the following manner. Remove the connector screws so that the L and R leads are free. Determine from the Tables I to III the desired "M" value. Neither lead connector should make electrical contact with more than one tap at a time.

LINE ANGLE ADJUSTMENT

Maximum torque angle adjustment, if required, is accomplished by adjusting the compensator loading resistors P3, P2A, and P2C. Refer to REPAIR CALIBRATION for procedure.

INDICATING CONTACTOR SWITCH (ICS)

Connect the lead located in front of the tap block to the desired setting by means of the connecting screw. When the relay energizes a 125- or 250- volt dc type WL relay switch, or equivalent, use the 0.2 ampere tap; for 48-volt dc applications set the unit in a tap 2 and use a type WL relay with a S#304C209G01 coil, or equivalent. The relay is shipped set for 2.0 tap.

INSTALLATION

The relays should be mounted on switchboard panels or their equivalent in a location free from dirt, moisture, excessive vibration and heat. Mount the relay vertically by means of the mounting stud for the type FT projection case or by means of the four mounting holes on the flange for the semi-flush type FT case. Either the stud or the mounting screws may be utilized for grounding the relay. The electrical connections may be made directly to the terminals by means of screws for steel panel mounting or to the terminal stud furnished with the relay for thick panel mounting. The terminal stud may be easily removed or inserted by locking two nuts on the stud and then turning the proper nut with a wrench.

For detail information on the FT case refer to I.L. 41-076. The relay contacts should stay open with panel de-energized.

EXTERNAL CONNECTIONS

Fig. 19 shows the connections for 3 zone protection utilizing the TD-4 timer. Fig. 24 is similar to Fig. 19 except that the TD-52 timer is used instead of the TD-4 (Fig. 20 does show the use of the 5/5 auxiliary current transformer so that the CT neutral may be formed elsewhere; however, this connection is equally applicable whether the TD-4 or TD-52 timer is employed).

A-C connections for additional applications are shown in Figs. 20, 21, 22 and 23. Three of these, Figs. 20, 21, and 22 apply when the transmission line is terminated in a power transformer, and when low side voltage and current are used to energize the relays. In calculating the reach setting, the bank impedance must be added to the line impedance.

For the case of a wye-delta bank (Figs. 21 and 22) the voltages and currents are phase-shifted by 30° ; however, this fact should be ignored, as the KD-10 and KD-11 relays are not affected by this phase-shift.

Fig. 23 shows a KD-10 and TD-5 relay connected for generator back-up protection.

SWITCHBOARD TESTING WITH KD-10 AND KD-11 RELAYS

Immediately prior to placing the relay in service, the external wiring can be checked by manipulating the current and voltage applied to the relay. If such a check is desired, refer to Appendix I for the procedure.

CURRENT VOLTAGE RELAYS WITH MUTUAL REACTOR PRECAUTIONS

Relays which include compensators to modify the applied voltage (such as the KD types) will produce an output at their voltage terminals when the current circuits are energized.

Thus, it would be possible to pull potential fuses and still have voltage appear on the relay side of the fuses. The magnitude of this voltage is dependent on magnitude of load or fault current, relay settings, relay impedance, and other potential circuit burden connected in parallel with the relay containing the mutual reactor.

To avoid any difficulties due to interaction between current and voltage circuits, it is recommended that when PT fuses have been pulled to permit work on voltage circuits, that these circuits should not be considered safe until the current circuits have been de-energized, or until the voltage circuits have been shorted on the relay side of the fuses.

RECEIVING ACCEPTANCE

KD-10 and KD-11 relays have a very small number of moving parts and mechanical devices which might become inoperative. Acceptance tests in general consist of:

1. A visual inspection to make sure there are no loose connections, broken resistors, or broken resistor wires.
2. An electrical test to make certain that the relay measures the balance point impedance accurately.

DISTANCE UNIT-ELECTRICAL TESTS

Check electrical response of the relay using test connections shown in Fig. 26. Fig. 27 features the same connections except shows the use of additional switches that facilitate fast switchover from "phase-to-phase" fault mode to "three-phase" fault mode. Test connections, referred to in test, are the same on both drawings. Accuracy of the test results will depend to large degree on the accuracy of the instrumentation used. In general, it is advisable to restrict instrument readings to the last 20 percent of the scale. For most accurate phase angle readings use phase-shifter scale. This method requires calibration of the scale using accurate wattmeter (at $90^\circ - 0$ watts and at $0^\circ - \text{maximum}$ watts), or an accurate phase angle meter.

Make sure that correct lead-lag reference is established. Once phase-shifter is calibrated remove wattmeter from the circuit. Make all phase angle readings from phase-shifter scale. This method eliminates the need for switching the current ranges in phase angle meter when used and results in superior accuracy. Always observe contact condition before current is applied. Closed contacts indicate reverse voltage sequence applied. Special attention should be paid to the phase-to-phase fault mode.

ALL TESTING is done outside the case for convenience. ALL CURRENT READINGS include ± 6 percent tolerance. This tolerance includes ± 2.5 percent factory tolerance and ± 3.5 percent allowance for total instrumentation error.

ALL PHASE ANGLE SETTINGS are fault current lagging the $V_{PH1-PH2}$ - voltage.

The impedance measured by the 3-phase unit in test 1 (Fig. 26) is:

$$Z_R = \frac{V_{L-L}}{1.73 I_L} \quad (14)$$

where V_{L-L} is the phase-to-phase voltage and I_L is the test current; similarly, in tests 5, 6 & 7 of Fig. 26 the phase-to-phase unit measures

$$Z_R = \frac{V_{L-L}}{2 I_L} \quad (15)$$

With phase-shifter set at maximum torque angle (θ_m):

$$I \text{ test (3 phase)} = \frac{V_{L-L}}{1.73 Z_R} \quad (16)$$

$$I \text{ test } (\phi - \phi) = \frac{V_{LL}}{2 Z_R} \quad (17)$$

When testing 3-phase unit, phase-shifter settings are always set for 30° higher than nominal maximum torque angle to account for test set-up where all angle measurements are made with reference to phase-to-phase and not phase-to-neutral quantities. 3φ-unit maximum torque angle is always referred to phase-to-neutral.

At any other angle a , relay reach is

$$Z = Z_\theta \cos(\theta_m - a) \quad (18)$$

where Z_θ = relay reach at maximum torque angle θ_m .

Test current I_a is calculated as

$$I_a = \frac{I_{\theta_m}}{\cos(\theta_m - a)}$$

I_{θ_m} = test current at θ_m .

This equation (19) should be used to predict test current when plotting impedance circle response of the relay.

RELAY SETTINGS - Set relay as follows:

Relay Range	2-4.55	7.5-21.2	13-36.7
T, TA, TB, TC	1.23	5.8	10.0
M, MA, MC	+15	+15	+15
S, SA, SC	1.0	1.0	1.0

5.04

If the relay is tested with other settings than specified in acceptance test use voltage levels specified here, except double the voltage specified for S = 2 settings and triple for S = 3 settings.

When testing KD-11 relays with other settings than specified here, refer to correction factors listed under DISTANCE CHARACTERISTICS: KD-11 3-PHASE UNIT.

REVERSE REACH CHECK FOR KD-11 (2.4.55 OHM RANGE ONLY)

Use voltage test connection #1 and set voltages $V_{1F2F} = 50$ volts $V_{2F3F} = 2$ volts; connect current lead "23" to "terminal 15, and current lead "22" to lead marked "21". Let phase-shifter for current to lag V_{1F2F} voltage by 30° this current connection is equivalent to phase-B current lagging V_{BN} -voltage by 60° in the reverse directions. Adjust current for 3-phase unit to operate between 10.5-12.7 amperes.

Use equations (16) and (17) to estimate test current, and allow ±5 percent tolerance as explained above.

THREE-PHASE UNIT (LOWER UNIT)

A. Use test connections #1 of Fig. 26 and set $V_{1F2F} = V_{1F3F} = 30$ volts.

The current required to close contacts of the bottom unit should be:

	.2-4.55	.75-21.2	1.3-36.7
^{3φ} Trip Current amp	15.3-17.6	3.3-3.68	1.90-2.16 ✓
Δ Phase-Shifter Set at	90°	105°	105°
Nominal Maximum Torque Angle θ _m	60°	75°	75°

B. Repeat the test using test connections #6 and #7.

MAXIMUM TORQUE ANGLE TEST

If maximum torque angle test performance is desired follow instructions under CALIBRATION allowing ±5° tolerance. Observe the same voltage and current limits correction as mentioned above when relay is set for other settings than specified here. The test currents should be modified by following multiplier

Δ If maximum torque angle θ_m has been changed to a new angle β, the new I_t = $\frac{I_t \sin \theta_m}{\sin \beta}$ (20) and test the relay at the new β - angle.

$\frac{1.07}{Z}$ for .2-4.55 ohm range

$\frac{5.03}{Z}$ for .75-21.2 ohm range ✓

$\frac{8.7}{Z}$ for 1.3-36.7 ohm range

PHASE-TO-PHASE UNIT (TOP UNIT)

A. Use test connection #5 set V_{F1F2} = 30 volts = V_{fault}

Note that to set this voltage set voltage V_{1-1F} = V_{2-2F}, first.

Make sure that,

$V_{1-1F} = V_{2-2F} = \frac{V_{in} - V_{fault}}{2}$ (22)

Example: V_{in} = 120
V_{fault} = 30

then V_{1-1F} = V_{2-2F} = $\frac{120-30}{2}$ = 45 volts, trim up one of these voltages to set V_{FAULT} at exact value.

The current required to close contacts of the top unit should be:

Range	.2-4.55	.75-21.2	1.3-36.7
^{φ-φ} Δ Trip Current (I _t) amperes	13.3-14.7	2.85-3.15	1.63-1.80 ✓
Phase-Shifter Set Current Lagging V _{1F-2F}	75°	75°	75°

INDICATING CONTACTOR SWITCH (ICS)

Close the main relay contacts and pass sufficient dc current through the trip circuit to close the contacts of the ICS. The current should not be greater than the particular ICS tap setting being used for the 0.2-2.0 ampere ICS. The operation target should drop freely.

The contact gap should be approximately 0.047" between the bridging moving contact and the adjustable stationary contacts. The bridging moving contact should touch both stationary contacts simultaneously.

If the electrical response is outside the limits a more complete series of test outlined in the section titled "Calibration" may be performed to determine which component is faulty or out of calibration.

ROUTINE MAINTENANCE

The relays should be inspected periodically, at such time intervals as may be dictated by experience, to insure that the relays have retained their calibration and are in proper operating condition.

All contacts should be cleaned periodically. A contact burnisher #182A836H01 is recommended for this purpose. The use of abrasive material for cleaning contacts is not recommended because of

Δ If maximum torque angle, θ_m, has been changed to a new angle, use equation (20) for trip current limits.

the danger of embedding small particles on the face of the soft silver and thus impairing the contact.

See Appendix II for additional information.

DISTANCE UNITS

CAUTION: Before making "hi-pot" tests, jumper all contacts together to avoid destroying arc-suppressor capacitors.

For effective and quick maintenance it is advisable to repeat the acceptance test with the field settings and then using K-DAR test set (I.L. 41-493.1) to record K-DAR-test set dial readings, so in the future all field tests can be made with the K-DAR test box just by referring to the previous dial readings without using more elaborate test set up of Fig. 26. When testing with $S=2$, -double test voltage. When testing with $S=3$, triple the test voltage. Note that KD-11 reach and maximum torque angle are increased with the lower T-settings (SEE DISTANCE CHARACTERISTICS KD-11).

INDICATOR CONTACTOR SWITCH (ICS)

Close the main relay contacts and pass sufficient dc current through the trip circuit to close the contacts of the ICS. The current should not be greater than the particular ICS tap setting being used for the 0.2-2.0 amperes ICS. The operation indicator target should drop freely.

REPAIR CALIBRATION

See Appendix II for additional information and for trouble shooting limits.

Use the following procedure for calibrating the relay if the relay has been taken apart for repairs or the adjustments disturbed.

Connect the relay for testing as shown in Fig. 26. Fig. 27 shows a four-pole-double-throw switch in the test circuit that selects a phase-to-phase or a three-phase fault voltage condition, that will be applied to the relay voltage terminals. The rotary switch switches the fault voltage to various terminals and thereby simulates any phase combination of phase-to-phase fault without the tester having to change connections or readjust the phase-shifter and variable auto-transformers.

For best results in checking calibration, the relay should be allowed to warm up for approximately one hour at rated voltage in a case. However, a cold relay will check to within two percent of the warm relay. Calibrate relay outside the case.

INITIAL SPRING SETTING

Set the moving contact spring adjuster so that the contact floats freely in the gap. Make sure that there is no friction which prevents free movement of the cylinder and contact arm.

SHAFT CLEARANCE

The upper pin bearing should be screwed down until there is approximately .025 inch (one complete turn of the screw) between it and the top of the shaft bearing. The upper pin bearing should then be securely locked in position with the lock nut. The lower bearing position is fixed and cannot be adjusted.

AUTO-TRANSFORMER CHECK

Auto-transformers may be checked for turns ratio and polarity by using the No. 1 test connections of Fig. 26, and the procedure outline below.

Set S, SA, and SC on tap number 3. Set the "R" leads of M, MA, MC all on 0.0 and disconnect all the "L" leads. Adjust the voltages V1F2F and V2F3F for 90 volts. Measure the voltage from terminals 8 to the #1 tap of S and SA. It should be 29.4 volts. From B to the #2 tap of S and SA should be 58.6 volts. The voltage should read 29.4 volts from 8 to SC = 1 and 58.6 volts from 8 to SC = 2.

Set S, SA and SC on 1 and adjust V1F2F and V2F3F for 100 volts. Measure the voltage drop from terminal 8 to each of the M and the MA taps. This voltage should be equal to 100 (1 + the sum of values between R and the tap being measured). Example: $100 (1 + .03 + .09) = 112$ volts.

Check the taps of MC in the same manner. Transformers that have an output different from nominal by more than 1.0 volts probably have been damaged and should be replaced.

DISTANCE UNIT CALIBRATION

1. Make the following relay settings

Relay Range	.24.55	.75-21.2	1.27-36.7
T, TA, TB, TC	1.23	5.8	10.0
M, MA, MC	+15	+15	+15
S, SA, SC	1.0	1.0	1.0

2. Read ACCEPTANCE TEST – DISTANCE UNIT ELECTRICAL TEST – to become familiar with testing connections, instrumentation, and measurements. Use Fig. 26 or 27 for test connections.

- A. Connect relay terminals 8 and 9 together, apply rated ac voltage between terminals 7 and 8. Adjust core by turning it slightly until the contact arm floats or restrains very slightly.
- B. KD-10 ONLY. Connect relay terminals 7 and 8 together and apply rated ac voltage between 7 and 9 and adjust core until the contact arm just floats or restrains very slightly. If this is not possible rotate core 90° and adjust. Re-check part A to see if contact is floating or restraining. If not, repeat parts A and B.
- C. Connect relay for Test #7, set VF1F2=4-5volts omit conn. from 1F to relay terminal 9, short relay terminals 7 and 9. Set phase-shifter so that voltage leads current by 75°.

THREE-PHASE UNIT (LOWER UNIT) CORE & P3A ADJUSTMENT

1. Three-Phase Unit Compensator Setting.

A. Use test connections #1 and set V1F2F = V1F3F = 25 volts. The current required for test should be:

Relay Range	.24.55	.75-21.2	1.3-36.7
Current	15.6	3.3	1.92
Phase-Shifter Set at	60°	75°	75°
The Nominal M-T-Angle	60°	75°	75°

For other angles set test current according to Eq. (12).

B. Measure Voltage Across C3A

Vary phase angle in both directions of the set value, to see that a low voltage across C3A (below 1 volt) is obtained at the maximum torque angle setting. If minimum voltage is within ±2 degrees, do not readjust. If the minimum voltage is obtained at some other angle readjust phase-shifting resistor or potentiometer (P3) at the desired angle.

1. Restraint spring set as above per INITIAL SPRING ADJUSTMENT.

The relay should be preheated for at least one hour in the case with closed cover to compensate for effects of self-heating.

Adjust P3A so that 3φ -unit trips at following values:

Relay Range	KD-10 or KD-11 with C3C S#14C9400H26	KD-10 with C3C S#1481B83H01*
.2 - 4.55	3.10 - 3.30 amp	1.55 - 1.55 amp
.75 - 21.2	0.55 - 0.60 amp	0.28 - 0.30 amp
1.23 - 36.7	0.30 - 0.35 amp	0.15 - 0.18 amp

*This capacitor is stamped "No PCB" on the oval side, as compared to other capacitors which may be stamped on the flat side, or do not have "No PCB" stamp. (S#14C9400H26 is not stamped as "No PCB"). If S#14C9400H26 is replaced by S#1481B83H01, P3A should be adjusted to the column "3" limits.

Remove current. The three-phase-unit should stay open. If P3A does not have proper range to make proper adjustment use R3F – resistor to bring P3A within adjustable range.

This calibration point is temperature sensitive and will change with time but relay should stay open when terminals 7 and 9 are shorted and rated voltage applied to terminals 7 and 8, with no current applied.

This test assures proper response of 3-phase-unit for CA faults.

D. FOR KD-10 ONLY

This check is done to prevent contact closing on current-only. (THE KD-11 relay is purposely biased to produce current-only contact-closing torque and will open its right hand contact at a current value of 3 amperes or less when T is on maximum tap.

For .2-4.55 ohm range relay the current only operation will occur at $I_A = 5 \angle 0^\circ$ amp and $I_B = 5 \angle -120^\circ$ if two-phase current is available.)

Check it as follows:

1. Short circuit relay terminals 7, 8 and 9 together.
2. Pass 5 amperes in the current circuit in terminal 18 out terminal 19 and increase the current to 30 amperes in convenient steps.
3. Relay contacts should stay open. If contacts close, turn core further 90 degrees and repeat part A, B and C.

MAXIMUM TORQUE ANGLE CHECK

1. Use test connection #1.
2. Adjust voltages V_{1F-2F} and V_{1F-3F} , and current as per table below.
3. Check maximum torque angle using procedure described below:

Relay Range	0.2-4.55	.75-21.2	1.3-36.7
$V_{1F-2F} = V_{1F-3F}$	15	30	30
I_T Test Current	13	7	4
Adjust P3 for Max. Torque Angle, θ_m (Nominal) (if necessary)	60°	75°	75°

Rotate the phase-shifter to find the angles, θ_1 and θ_2 , at which the bottom unit contacts just close. The maximum torque angle θ_m for the

three-phase-unit then is $(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - 30)$ degrees.

The 30° degree correction is made to account for the fact that test set up angle measurements are made with reference to phase-to-phase voltage instead of line-to-neutral voltages. The 3-phase-unit maximum torque angle is always referred to as phase-to-neutral.

Δ -Test current for other than nominal torque angle setting should be

$$I_\theta = \frac{I_T \sin \theta_m}{\sin \beta} \tag{12}$$

Where β = new maximum torque angle

Example, For $\theta_m = 75^\circ$, $I_{test} = 7$ amp.

if $\beta = 60^\circ$

$$\text{new } I_{test} = \frac{7 \times \sin 75^\circ}{\sin 60^\circ} = 7.8 \text{ amps.}$$

Increasing P3 Value increases maximum torque angle, and, conversely, decreasing the P3 value results in smaller angle.

For lower maximum torque angle adjustment below 70 degrees, for medium and long ranges, and for short range for settings below 55 degrees move red lead on fixed phase-shifting resistor R3, to the opposite terminal; where R3 is adjustable resistor use it in combination with P3 setting without moving the lead.

CONTACT ADJUSTMENT

KD-10 RELAY: With moving-contact arm against right-hand backstop, screw the stationary contact in until it just touches the moving contact. (Check for contact by using an indicator lamp.) Then back the left-hand contact out two-thirds (2/3) of one turn to give 0.020-inch gap between contacts.

KD-11 RELAY: With moving-contact arm against right-hand side of bridge, screw the right-hand contact in to just touch the moving contact and then continue for one more complete turn. Adjust left-hand contact as described above, except back off one (1) turn to give approximately 0.31 inch gap.

SPRING RESTRAINT

Reconnect for a three-phase fault, Test No. 1. and set the phase-shifter so that the current lags voltage by the

- 90° for .2-4.55 range
- 105° for .75-21.2 and 1.27-36.7 ranges



Adjust the spring so that the current required to close the left-hand contact is as follows:

Relay Range	0.2-4.55	0.75-21.2	1.3-36.7
V _{1F-2F} = V _{1F-3F}	2.5	10	10
I trip KD-10	1.55-1.65	1.22-1.28	.710-.750
KD-11	1.55-1.65	1.22-1.30	.710-.765

De-energizing the relay spring should open the contacts. Friction in the movement, relay level, electrostatic attraction may contribute to difficulties in adjusting this point. To avoid these difficulties it is recommended to level the relay properly, at this point omit light indicating circuit, and look for smooth contact action. Friction in bearings or dirt in cylinder will cause improper action.

IMPEDANCE CHECK

A. Use test connections #1 and set V_{1F2F} = V_{1F3F} = 30 volts. The current required to close contacts of the bottom unit should be:

Relay Range	.2-4.55	.75-21.2	1.3-36.7
Δ Trip Current	15.3-17.6	3.3-3.65	1.90-2.16
φ Phase-Shifter Set at	90°	105°	105°
The Nominal M-T-Angle	60°	75°	75°

φPhase-shifter settings are always set for 30° higher than nominal maximum torque angle to account for phase difference between phase-to-phase and phase-to-neutral quantities. 3φ unit maximum torque angle is always referred to phase-to-neutral since it receives only one single-phase current.

ΔTo determine the limits for current when θ is not equal to nominal maximum torque angle specified, multiply the nominal values tabulated above by the ratio $\frac{\sin \theta_m}{\sin \theta}$, where

θ_m = original maximum torque angle

θ = recalibrated maximum torque angle.

REVERSE REACH CHECK FOR KD-11 (.2-4.55 OHM RANGE ONLY)

Use voltage test connection #1 and set voltages V_{1F2F} = 50 volts V_{2F3F} = 2 volts: connect current lead "23" to "terminal 15, and current lead "22" to lead marked "21". Let phase-shifter for current to lag V_{1F2F} voltage by 30° this current connection is equivalent to phase B current lagging V_{BN} -voltage by 60° in the reverse directions. Adjust current for 3-phase unit to operate between 10.5-12.7 amperes.

I. PHASE-TO-PHASE UNIT (TOP UNIT)

PHASE-TO-PHASE UNIT (TAB AND TBC COMPENSATORS) MAXIMUM SENSITIVITY ANGLE ADJUSTMENT

1. Use "#5 Test" connection for TAB-compensator, and "#6 Test" connection for TBC compensator.
2. Measure voltage across C_{2A} for TAB and across C_{2C} for TBC adjustment.
3. Set current and voltages equal to:

Relay Range	0.2-4.55	.75-21.2	1.3-36.7
V _{fault} = V _{1F-2F} (volts)	30	30	30
Δ Trip Current (amps)	13.9	2.97	1.72
Phase-Shifter Set at current lagging V _{1F-2F} (θ _m)	75°	75°	75°

Δ For current limits when θ_m maximum torque angle, is not 75° multiply the values above by $\frac{\sin 75}{\sin \beta}$ where β= new maximum torque angle for which the relay was recalibrated.

4. Vary the phase angle in both directions of the set value, to see that a low voltage across C_{2A} (Test No. 5) or C_{2C} (Test No. 6) capacitor (below 1 volt) is obtained at the maximum torque angle setting. If within ±2 degrees, it can be left undisturbed. If the minimum voltage is obtained at some other angle, readjust phase-shifting resistor or potentiometer P_{2A} or P_{2C} at the desired angle.

● CORE AND REACTOR (XL_{AC}) ADJUSTMENTS ●

Set restraint spring as above per INITIAL SPRING SETTING (clockwise).

A. Connect terminals 7 and 8 together and apply rated ac voltage between terminals 8-9. Adjust core until contact arm floats in the middle of the gap. Use a screwdriver with insulated blade to avoid accidental contact with tap plate inserts.

B. Use test connection #5 Set $V_{1F-2F} = 2$ volts = V_{fault} . Note that to set this voltage you have to set voltages $V_{A-1F} = V_{B-2F}$ first where

●
$$V_{A-1F} = V_{B-2F} = \frac{V_{\text{in}} - V_{\text{fault}}}{2}$$

if $V_{\text{in}} = 120$ volts

$V_{\text{fault}} = 2$ volts

● $V_{A-1F} = V_{B-2F} = \frac{120-2}{2} = 59$ volts. Now trim up either voltage to get $V_{\text{fault}} = 2$ volts.

The current required to close contacts of the top unit should be

Range	.24.55	.75-21.2	1.3-36.7
Trip Current Amperes	0.9-1.10	0.202-0.227	.115-.135
Phase-Shifter Set at Current Lag	75°	75°	75°

With no current, relay contacts should stay open. If relay contacts are closed recheck voltage settings, incorrect voltage setting may result in negative sequence voltage phasing.

Set phase-shifter for maximum torque angle. Check pickup current. It should be within the limits specified above if not rotate core slightly until pickup current falls within specified range. Connect relay for 2-3 fault (Test No. 6) and recheck pickup. It should be within limits specified. For best trip calibration results adjust core so that trip current for Test No. 5 and No. 6 are equal.

Connect relay for Test No. 7. Check trip current. Use XL_{AC} adjustable reactor to bring relay response within the specified limits. Moving re-lead from front terminal to rear terminal or from rear terminal to front terminal of the reactor will reverse contact action of the unit. Screwing in or out the adjustable core should bring unit response within the limits. There are three possible connections for reactor coils; series (loose coil termination leads connected together), parallel (each loose lead connected to the fixed terminals of the other coil), single front coil (omit loose lead of the rear coil from the circuit, bury it in insulation tubing). The reactor connections, should not require any changes unless some of the components of the phase-to-phase unit circuitry have been exchanged. Tighten up the locking nut when finished.

MAXIMUM TORQUE ANGLE CHECK

1. Use the No. 2 test switch position and lead connections. This connection is for checking the maximum torque angle of the TAB compensator.

Set voltages and currents as per Table below

Relay Range	.24.55	.75-21.2	1.27-36.7
$V_{1F-2F} = V_{2F-3F}$ (Volts)	10	50	50
ΔI_{test} (amp)	12	10.0	6.0

Rotate the phase-shifter to find two angles θ_1 and θ_2 , at which the top unit contacts just close. The maximum torque angle θ for the phase-to-phase unit then is $(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - 30)$ degrees. Do not allow more than ± 2 degrees error in this adjustment. Tighten the locking nut.

ΔI_{test} - for other than nominal maximum torque angle, current should be

$$I_{\theta} = \frac{I_T \sin \theta_m}{\sin \beta}$$
 (12)

Where θ_m = original maximum torque angle
 β = recalibrated maximum torque angle

Example: For $\theta_m = I_{\text{test}} = 10$ amps

For new $\beta = 60^\circ$

$$\text{new } I_{\text{test}} = \frac{10 \times \sin 75^\circ}{\sin 60} = 11.1 \text{ amps}$$

Increasing P2A or P2C-value, rotation in clockwise direction increases maximum torque angle, and conversely, decreasing the P2A or P2C-value results in smaller angles.

For lower maximum torque angle than 70-degrees move red lead on fixed phase-shifting resistor R2A and R2C to the opposite terminal. Where R2A and R2C are adjustable; use it in combination with P2A and P2C without moving the lead.

2. Use the No. 4 test connection and repeat the procedure above for checking the TBC-compensator.

SPRING RESTRAINT

1. Use test No. 1 connections except reverse the voltage phase sequence by interchanging the Brush connections so that Brush 1 is connected to 3F and Brush 2 is connected to 1F.
2. Adjust the voltage V1F2F and V2F3F for 3.5 volts each with Brush No. 2 and Brush No. 1 respectively. Position the moving-contact spring adjuster so that the contact just floats and then return the circuit connections to normal with Brush 1 to 1F and Brush 2 to 3F. DE-ENERGIZE RELAY. Spring should reset the contacts.

CONTACT ADJUSTMENT

The procedure for contact adjustment for the phase-to-phase unit is identical to that described for three-phase unit.

IMPEDANCE CHECK

Using the connections for Test Nos. 5, 6, and 7, set the phase-shifter so that the current lags voltage by θ_m . The current required to trip the phase-to-phase unit should be within the limits specified for each of the voltages. Note that for the phase-to-phase unit the impedance measured by the relay is $Z_R = \frac{V_{L-L}}{2I_L}$ where V_{L-L} is phase-to-phase fault voltage and I_L is phase current.

The current required to close contacts of the top unit should be:

Relay Range	0.2-4.55	.75-21.2	1.3-36.7
$V_{\text{fault}} = V_{1F-2F}$ (Volts)	30	30	30
Δ Trip Current (Amps)	13.3-14.7	2.85-3.15	1.63-1.80
Phase-Shifter Set at Current Lagging $V_{1F-2F} (\theta_m)$	75° <i>Max torque</i>	75°	75°

For test voltages to be of correct sequence and values, use equations $V_{1-1F} = V_{2-2F} = \frac{V_{\text{in}} - V_{\text{fault}}}{2}$

- Δ For current limits when θ_m maximum torque angle is not 75° , multiply the values above by $\frac{\sin 75}{\sin \beta}$ where $\beta =$ new maximum torque angle for which the relay was calibrated.

INDICATING CONTACTOR SWITCH (ICS)

Close the main relay contacts and pass sufficient dc current through the trip circuit to close the contacts of the ICS. The current should not be greater than the particular ICS tap setting being used for the 0.2-2.0 ampere ICS. The operation indicator target should drop freely.

The contact gap should be approximately 0.047" for the 0.2/2.0 ampere unit between the bridging moving contact and the adjustable stationary contacts. The bridging moving contact should touch both stationary contacts simultaneously.

II. COMPENSATOR CHECK,

Accuracy of the mutual impedance Z_C of the compensators is set within very close tolerances at the factory and should not change under normal conditions. The mutual impedance of the compensators can be checked with accurate instruments by the procedure outlined below.

- A. Set T, TA, TB, TB and TC on the 1.23 tap for .2 - 4.50 range
5.80 tap for .75-21.0 range
10.0 tap for 1.3 -36 range

- B. Disconnect the "L" leads of sections M, M_A, and M_C and the red-marked leads of R₃, R_{2A}, and R_{2C} (with resistor loading removed $\theta = 90^\circ$).
- C. Connect terminals 12 to 14, 15 to 17, 16 to 18 and pass 10 amperes ac current in terminal 19 and out of terminal 13.
- D. Measure the compensator voltage V_C with a high resistance voltmeter (5,000 ohm/volt) as tabulated below. REFER TO FIG. 1 FOR THE LOCATION OF R₃, R_{2A} AND R_{2C}.

MEASURE V_C BETWEEN		Voltmeter Reading
Lead	and Fixed End of	
"L" of M	R ₃	$V_C = 1.5 I T \left(\frac{\sin \theta}{\sin 75^\circ} \right) \Delta$
"L" of M _A	R _{2A}	$V_C = 2 I T \left(\frac{\sin \theta}{\sin 75^\circ} \right)$
"L" of M _C	R _{2C}	

Δ Use $\sin 60^\circ$ for .2-4.5 range

For example: For .75-21 ohm range $T = 5.8$ relay 3-phase compensator will read $V_C = 90.1$ volts and for phase-to-phase compensators where $T=5.8$ the voltages are:

$V_C = 120$ volts (phase A)
 $V_C = 120$ volts (phase C)

Accuracy of the measurement will depend on the instrumentation used. Factory adjusted compensator is within $\pm 0.5\%$ on maximum tap and $\pm 1\%$ on all other taps. A realistic tolerance should be allowed for accuracy of the primary current measurement, and the accuracy of the voltmeter to be used to arrive at what is "good" compensator. No voltage reading may be caused by open potentiometer or compensator.

Additional measurements using compensator can be made to check the compensator tap sequence, and to check on the condition of all (ex-

cept terminals 8-9-circuit of the 3-phase unit) relay circuits.

With relay energized with 120 Vac only, and all S-settings set = 1, and $M = +15$, check voltage drops starting at the minimum tap and each successive tap -T. Voltage readings will start at millivolt level, and increase with successive tap values. Erratic voltage reading will indicate open tap. These type of readings could be taken at any relay setting except when comparing two relays, or readings from the same relay at different times it should be clear that relay settings for which measurements are taken should be identical. The table below gives typical readings for settings specified above. Use this table as guide only.

0.2-4.5 OHMS RANGE	
T _A , T _B , T _C	T
.003 - .006	.008 - .016
.008 - .011	.018 - .031
.017 - .021	.044 - .063
.026 - .031	.066 - .088
.040 - .047	.100 - .138
.060 - .068	.145 - .210
.75-21.2 OHMS	
T _A , T _B , T _C	T
.015 - .026	.033 - .050
.032 - .054	.072 - .092
.072 - .110	.145 - .190
.125 - .190	.260 - .190
.200 - .290	.400 - .340
.295 - .470	.645 - .800
1.3-36.7 OHMS	
T _A , T _B , T _C	T
.038 - .052	.055 - .070
.080 - .100	.105 - .150
.150 - .200	.220 - .300
.290 - .340	.390 - .540
.450 - .535	.600 - .850
.700 - .860	.950 - 1.30

APPENDIX I

SWITCHBOARD TESTING WITH
KD-10 AND KD-11 RELAYS

External connections may be checked at the relay provided there is sufficient load current flow at a known power factor angle. Relay current should be at least $\frac{7}{T}$ amperes (1.2 amps when $T = 5.8$). This check is appropriate prior to commissioning the relay or when trouble shooting.

POTENTIAL CIRCUIT CHECK

Close the three relay potential switches numbered 7, 8, and 9, (Fig. 19). The connection for the proper phase sequence will be indicated by a strong contact-opening torque. Closing torque will indicate reverse-phase sequence.

CURRENT VERIFICATION

To verify the proper current connections use the following procedure:

1. Set $T = 5.8$, $S = 1$ for maximum sensitivity. (Lower or higher taps may be used, provided current exceeds $7/T$). Open current switches first for safety.
2. Read watts, vars and amperes.
3. Plot watts and vars on the diagram in Fig. 27. Draw a line at the load angle determined by this plot. Designate this line as I_{REF} . See Fig. 28 for example.
4. Perform the 9 switching combinations in Table IV, recording the relay contact position for each combination. (Actually only 6 combinations are needed to verify the currents, so that any group of three need not be used. This is important where the load angle falls too close to the zero torque line. If the indicated power-factor angle is within 3° of the test limit for any group of three tests, these should be ignored.
5. Verify the currents using the procedure illustrated in Table V. Here the "correct contact position" is determined by observing whether the I_{REF} line in Fig. 28 intersects

the solid or dashed part of circle. (For example, test 1b shows a solid circle indicating that the contacts should close.) Next compare the actual contact positions to the correct ones.

6. If the contact positions are proper, the current connections are correct and the test is complete, otherwise proceed to identify the currents using the following procedure.

CURRENT IDENTIFICATION

If the verification check discloses incorrect current connections, the following procedure may be used to determine what is wrong. However, if one set of three switching combinations places the relay too close to the zero-torque line, use conventional techniques, instead, since identification requires all 9 switching combinations.

1. Plot aI_{REF} and a^2I_{REF} at 120° angles from I_{REF} . See Fig. 28 for example. These currents are related to the Phase currents as shown in the following table:

Phase Receiving Current	I_{REF}	a^2I_{REF}	aI_{REF}
1	$I_{PH.A}$	$I_{PH.B}$	$I_{PH.C}$
2	$I_{PH.B}$	$I_{PH.C}$	$I_{PH.A}$
3	$I_{PH.C}$	$I_{PH.A}$	$I_{PH.B}$

2. Prepare Table VI similar to Table V using Fig. 28. For example, for test 1b the contacts were open. Such a result would occur if I_{REF} of the wrong polarity is actually flowing in the phase A circuits of the relay. This conclusion is drawn by noting that I_{REF} in Fig. 28 intersects the solid part of the test 1b circle. This says that if $+I_{REF}$ is flowing the contacts would close. Since the contacts actually open, then $-I_{REF}$ could be flowing. Similarly, for test 1b, $-a^2I_{REF}$ could be flowing, since the a^2I_{REF} line also intersects the solid part of the test 1b circle. By the process of elimination for each set of 3 tests, the actual current is identified. For example, in Table V, phase A receives $-I_{PH.A}$ whereas $+I_{PH.A}$ should be flowing. In phase B $+I_{PH.C}$ is

TABLE V
VERIFICATION EXAMPLE USING ASSUMED LOADING OF FIG. 29

PHASE TO BE VERIFIED	SWITCHING COMBINATION	CORRECT CONTACT POSITION	ACTUAL CONTACT POSITION	
			IF WIRING IS CORRECT	EXAMPLE WITH INCORRECT WIRING
A	1b	C	C	O
	2a	C	C	O
	4	O	O	C
B	2b	C	C	C
	3a	C	C	O
	5	O	O	C
C	3b	C	C	O
	1a	C	C	O
	6	O	O	O

TABLE VI
IDENTIFICATION EXAMPLE USING ASSUMED LOADING OF FIG. 29

I _{REF} PHASE RECEIVING CURRENT	SWITCHING COMBINATION	EXAMPLE OF CONTACT POSITION	CURRENT & POLARITY WHICH CAN PRODUCE OBSERVED CONTACT POSITION		
			I _{REF.}	a ² I _{REF.}	a ¹ I _{REF.}
A	1b	O	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> - - - </div>	-	+
	2a	O		+	+
	4	C		+	-
B	2b	C	+	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> + + + </div>	-
	3a	O	-		+
	5	C	-		-
C	3b	O	-	-	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> + + + </div>
	1a	O	-	+	
	6	O	+	-	

†See Fig. 30 for actual connections.

flowing as shown in Fig. 29. To extract this bit of information from Table V, use the above table relating the phase currents to I_{REF} , $a^2 I_{REF}$ and $a I_{REF}$.

Note in Table V that $a^2 I_{REF}$ is flowing in the phase B circuits of the relay. The above table shows for this set of 3 tests that $a^2 I_{REF} = I_{PH.C}$.

3. Correct the external connections and then verify the currents.

APPENDIX II

TYPE KD COMPENSATOR DISTANCE RELAYS CALIBRATION AND MAINTENANCE PROCEDURES

A calibration and maintenance program should involve two steps: 1) a receiving acceptance check and 2) a routine (periodic) maintenance program. These two steps are outlined below:

RECEIVING ACCEPTANCE

Received relays should be subjected to the checks outlined in the applicable I.L. These checks will insure that there is no shipping damage and that the relay has been received in the same calibrated condition as it left the factory. They will insure that set-up procedures such as removing contact blocking has been accomplished. A receiving acceptance check should include the following steps:

1. Perform all of the mechanical and electrical tests listed in the receiving acceptance section of the applicable I.L., include the maximum torque angle test, even if it is not called for in some I.L.'s.
2. Follow the appropriate test procedures outlined in I.L.'s covering the K-DAR FIELD TEST UNIT. It is suggested that all dial test readings in each test be recorded for future reference. This information will be very helpful in recognizing possible drift of electrical characteristics.
3. If the settings to be applied to the relay when it is installed are known, the relay should be set to these settings and checked with the

field test units as noted in step 2 above. record for future reference should be taken. The relay test values using the KDAR test unit should check to be within ± 7 percent of the relay settings.

ROUTINE MAINTENANCE

The relay should be checked periodically at time intervals dictated by previous experience and practices. Westinghouse recommends that the time interval between checks be a maximum of two years. Routine maintenance should include at least the following steps:

1. Repeat step 2 or 3 under Receiving Acceptance and record test results.
2. Compare test results with previous results. If any test values deviate from previous checks by more than ± 5 percent, recheck relay performance in line with the receiving acceptance checks outlined above step 1.
3. Retain records of test results on each particular relay. During each routine maintenance the records should be analyzed to determine if there is any evidence of drift; i.e., continuous change in characteristic in the same direction. Evidence of drift should be traced to the particular element involved, usually a capacitor or resistor and this element replaced.
4. Some of the more common component problems may be detected as follows:

With the relay mounted on a panel and energized by station C. T.'s & P. T.'s, open all trip circuits and all current switch positions 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, and, phase C voltage switches (terminal 9) and if applicable additional switch position on the separately energized 3 ϕ unit. Check the internal schematic for your particular relay. Jumper terminal to terminal 9 and to any other applicable switch normally connected to phase C, on the relay side (upper half of the switch). The contacts of both operating units should stay open. If the 3-phase unit contact closes, it indicates misadjustment of resistor, R3A, or potentiometer, P3A (most common cause), or a defective capacitor, C3C, follow the instructions for troubleshooting in Section E for KD-4 and

KD-5 relays and the proper instruction leaflet for KD, KD-1, and KD-10 and KD-11 relays.

If phase-to-phase unit closes, recheck for:

KD & KD-1 relays	RMA & RMC-Calibration
KD-4, KD-5, & KD-41 relay	RAC-Calibration
KD-10 & KD-11	XLAC-Adjustment

CALIBRATION AND TROUBLESHOOTING HINTS:

A. Experience has shown that calibration of the relay for maximum torque angle is the procedure most susceptible to error. Two potential sources of error are most common:

1. Instrumentation errors — Be sure of the accuracy of calibration of all instruments and phase-shifters used. Instruments should be chosen and ranges selected so that readings are taken with the instrument reading in the top third of the scale.

When a phase-shifter is used, attention should be paid to the fact that voltage and current settings will change as the angle is varied. To avoid inaccuracies due to this effect, check the voltage and current settings when contact operation indicates that maximum torque angle check point has been reached.

2. Failure or miscalibration of components not connected with angle adjustment: To distinguish between the two sources of error it is recommended to perform compensator nulling test as follows:

B. For KD-4, 41, 5, 10, and 11 Relays

Phase-to-Phase Unit (TAB and TBC Compensators) Maximum Sensitivity Angle

1. Use "PH-PH-1-2 Phase Test" — connection for TAB-compensator, and "PH-PH-2-3" Test connection for TBC compensator. Refer to the figure in the I.L. titled "Test Connections."

2. Measure voltage across C2A for TAB and across C2C for TBC.

3. Set current equal to:

$$\frac{V_{1F2F}}{2X \text{ Relay Setting}}$$

The current should be high enough to provide an accurate phase angle meter reading, or any convenient value if a phase-shifter is used for direct angle reading.

4. Set the phase-shifter for the desired maximum torque angle value.

Note the voltage.

5. Vary the phase angle in both directions of the set value, to see that a low voltage (below 1. volt) is obtained at the maximum torque angle setting. If within ± 2 degrees, it can be left undisturbed. If the minimum voltage is obtained at some other angle, readjust phase-shifting resistor or potentiometer at the desired angle.

C. For KD and KD-1 Relays

Follow procedure above except:

1. For T₂ compensator, use connection #2, omit voltage connection to terminal 9, disconnect LA-lead, insert voltmeter to measure open circuit voltage and use twice the current value obtained for KD-10 tests. Follow procedure outlined above except adjust R2A when required.

2. For T_B compensator, use procedure outlined above, except use #3 connection and adjust R2B when required.

3. For T_C compensator, use connection #4, omit voltage connection to terminal 7, disconnect LC-lead, and adjust R2C when required as per Part I.

D. Three-Phase Unit (T Compensator) of all KD Type Relays:

1. Use connection #1.

2. Measure voltage across C3A.

3. Set the current equal to:

$$\frac{V_{1F2F}}{1.5 \text{ Relay Setting}}$$

The current should be high enough to provide an accurate phase angle meter reading, or any convenient value if a phase-shifter is used for direct angle reading.

4. Set the phase-shifter for the desired maximum torque angle value.

Note the voltage.

5. Vary phase angle in both directions of the set value, to see that a low voltage (below 1 volt) is obtained at the maximum torque angle setting. If minimum voltage is within ± 2 degrees, do not readjust. If the minimum voltage is obtained at some other angle readjust phase-shifting resistor or potentiometer at the desired angle.

E. Suggested Procedure for Detecting and Replacing Defective C3C Capacitor

For KD-4, KD-5 and KD-10 Relays

STEP 1

Set S = 1 for the 3-phase unit.

Apply approximately 120 volts to relay terminal 7 and 8 and short out terminals 7 and 9 (for KD-5 between terminals 6 and 9 and some short reach KD-4).

If contacts of the 3-phase unit close, then, the C3C capacitor is under suspicion but improperly adjusted R3A can be suspected, as well.

STEP 2

Remove the connections made in Step 1.

Apply approximately 120 volts (i.e., 100-130 volts) to: terminals 8 and 9 = V89.

Measure the voltage across the C3C capacitor with a high impedance voltmeter - 5000 OHMS/volt.

- For .75-20 OHM reach KD-4 relays, the minimum voltage should be $V_{min} = 3.5 \times V_{89}$. If
- V_{min} less than $3.5 \times V_{89}$ replace capacitor C3C.

For .2-4.35 OHM reach KD-4 and KD-5 relays, the minimum voltage should be $V_{min} = 2.82 \times V_{89}$ if V_{min} less than $2.82 \times V_{89}$, replace capacitor C3C.

For all ranges KD-10 use same procedure as for .75-20 OHM reach.

STEP 3

Relays which fail either step 1, or have C3C capacitor replaced after failing step 2, or after C3A capacitor is replaced, require readjustment of R3A or P3A. Repeat step 1 and adjust R3A or P3A so that contacts just open.

Measure total R3F and R3A resistance.

Omit this procedure for KD-10 relays.

- a) for .75-20 OHM reach KD-4 relays

- when the relay is preheated as per I.L., decrease R3A setting by 10% of total R3F and R3A resistance.

or

- for a cold relay repeat step 1 and adjust R3A so that the contact just opens. No further adjustment is required.

- b) for .2-4.35 OHM reach KD-4 relays with sub "A" in the style number.

- for a cold relay, decrease R3A setting 8% of total R3A + R3F resistance.

- for a hot relay, decrease R3A setting 8% of total R3A + R3F resistance.

- c) for .2-4.35 OHM relays without sub "A" in style number.

- for a cold relay, decrease R3A setting 7% of total R3A + R3F resistance.

- for a hot relay, decrease R3A setting 4% of total R3A + R3F resistance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

NOTE: R3A range of adjustment may occasionally be insufficient. If so, set R3F for maximum resistance, or replace R3F resistor with higher value.

d) For KD-10 follow instruction leaflet to adjust R3A or P3A.

F. Suggested Procedure for C3C for KD-1, KD-41, KD-11 Relays

a) No voltage test is required across the C3C capacitor.

b) If C3C has been found bad (shorted or leaky) repeat P3A or R3A adjustment above.

G. Suggested Procedure for Replacement of C2C, C2A Capacitors

After the capacitors have been replaced:

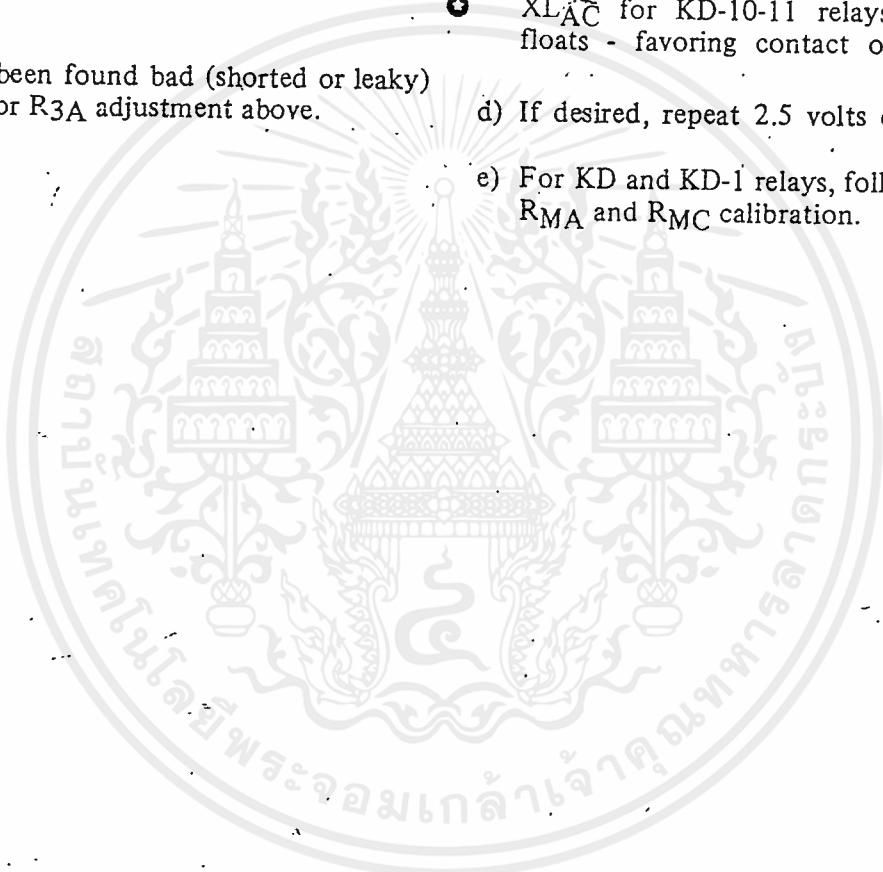
a) Open relay switch 9 (phase C-potential).

b) Short terminals 7 and 9 on relay side and apply approximately 120 volts to terminals 7 and 8.

c) Adjust R_{CA} resistor for KD-4-41 relays and X_{LAC} for KD-10-11 relays so contact just floats - favoring contact opening direction.

d) If desired, repeat 2.5 volts calibration point.

e) For KD and KD-1 relays, follow procedure for R_{MA} and R_{MC} calibration.



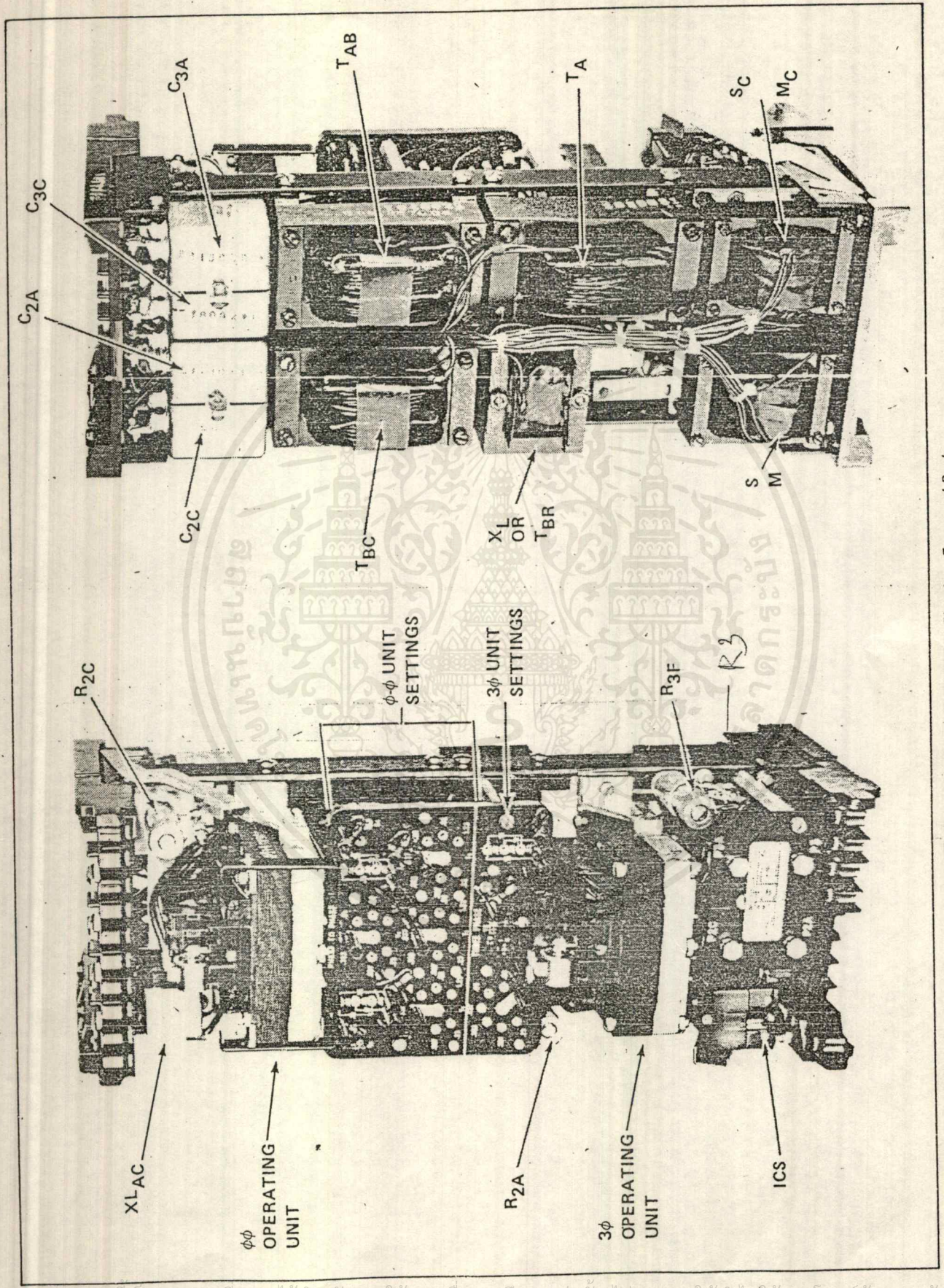
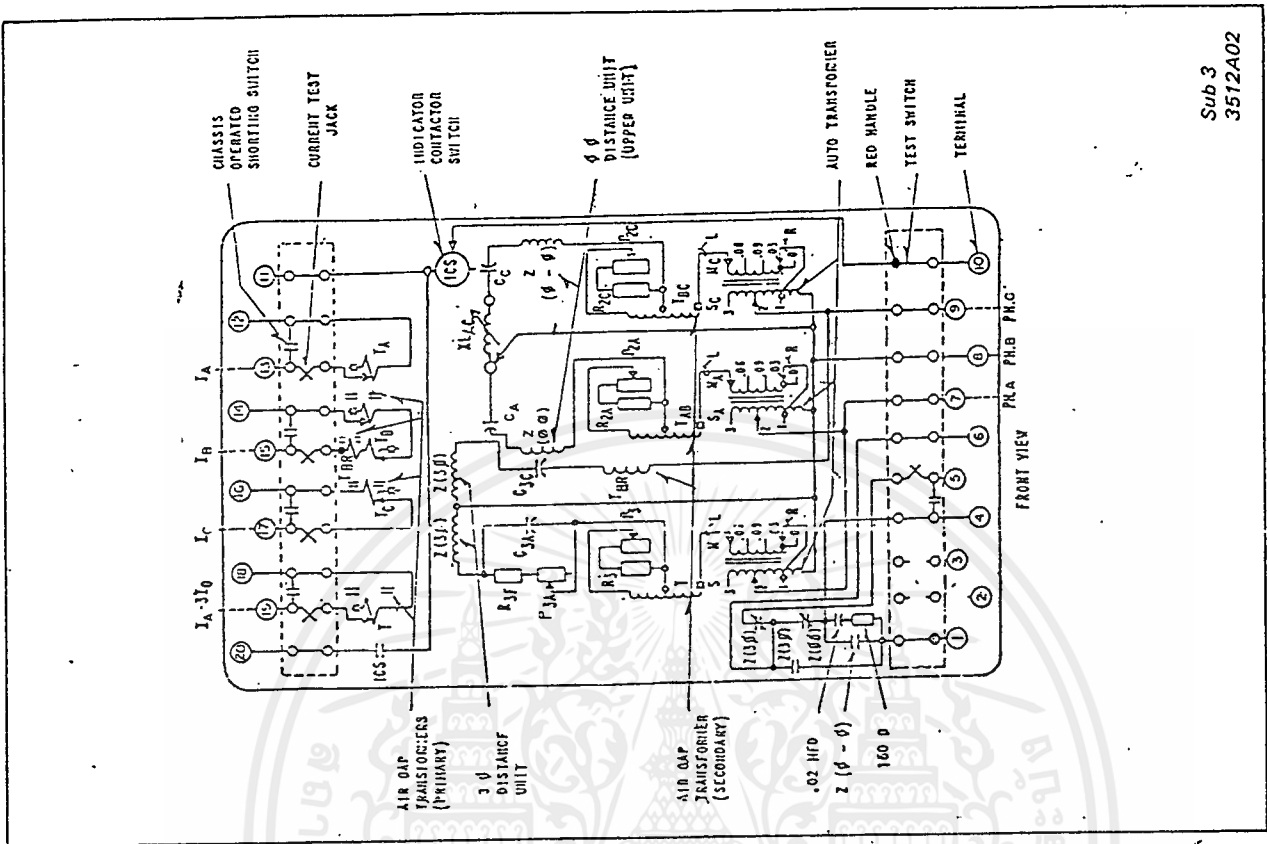


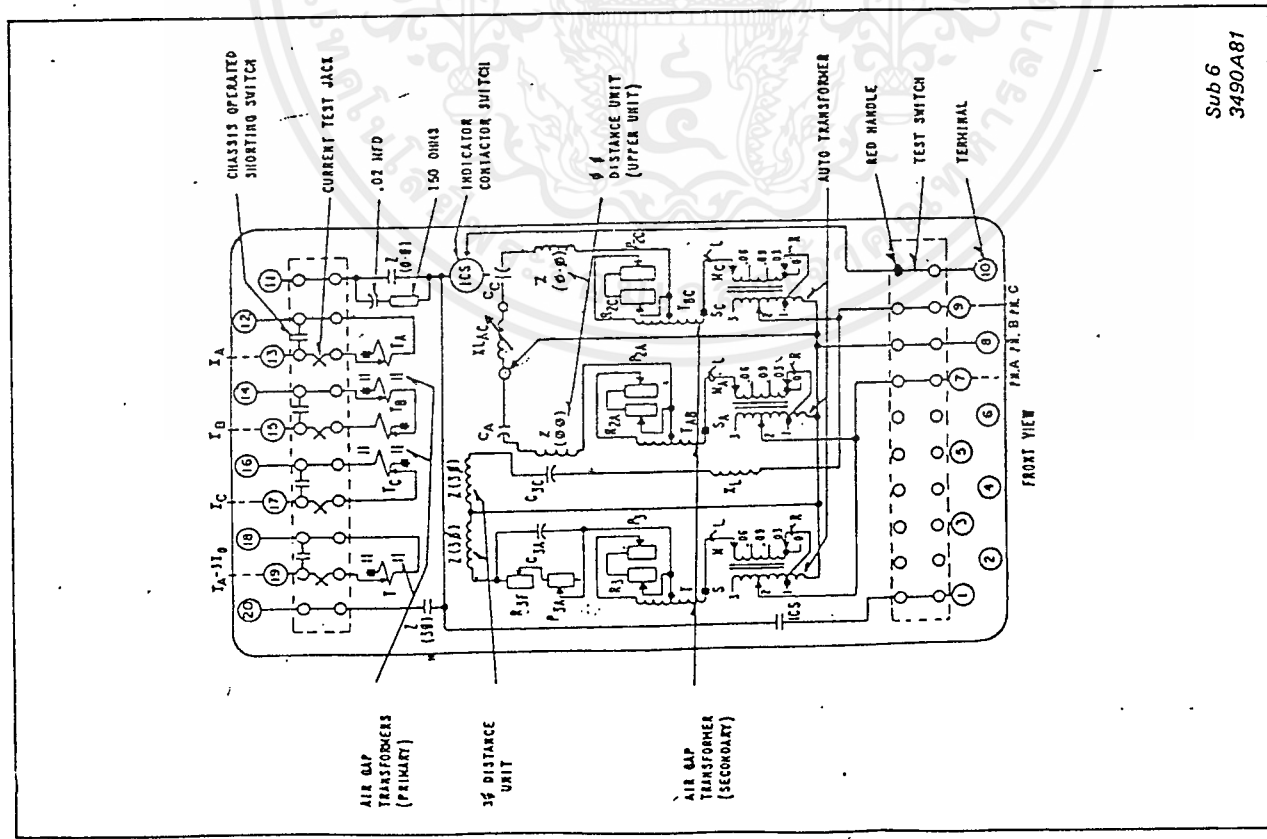
Fig. 1. Type KD-10 Relay Chassis - Front and Back

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 32 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Sub 3
3512A02

Fig. 4B. Internal Schematic of KD-11 Relay (2.4-.95 Ohm Range)



Sub 6
3490A81

Fig. 4A. Internal Schematic of KD-10 Relay (.25-4.5 Ohm Range)

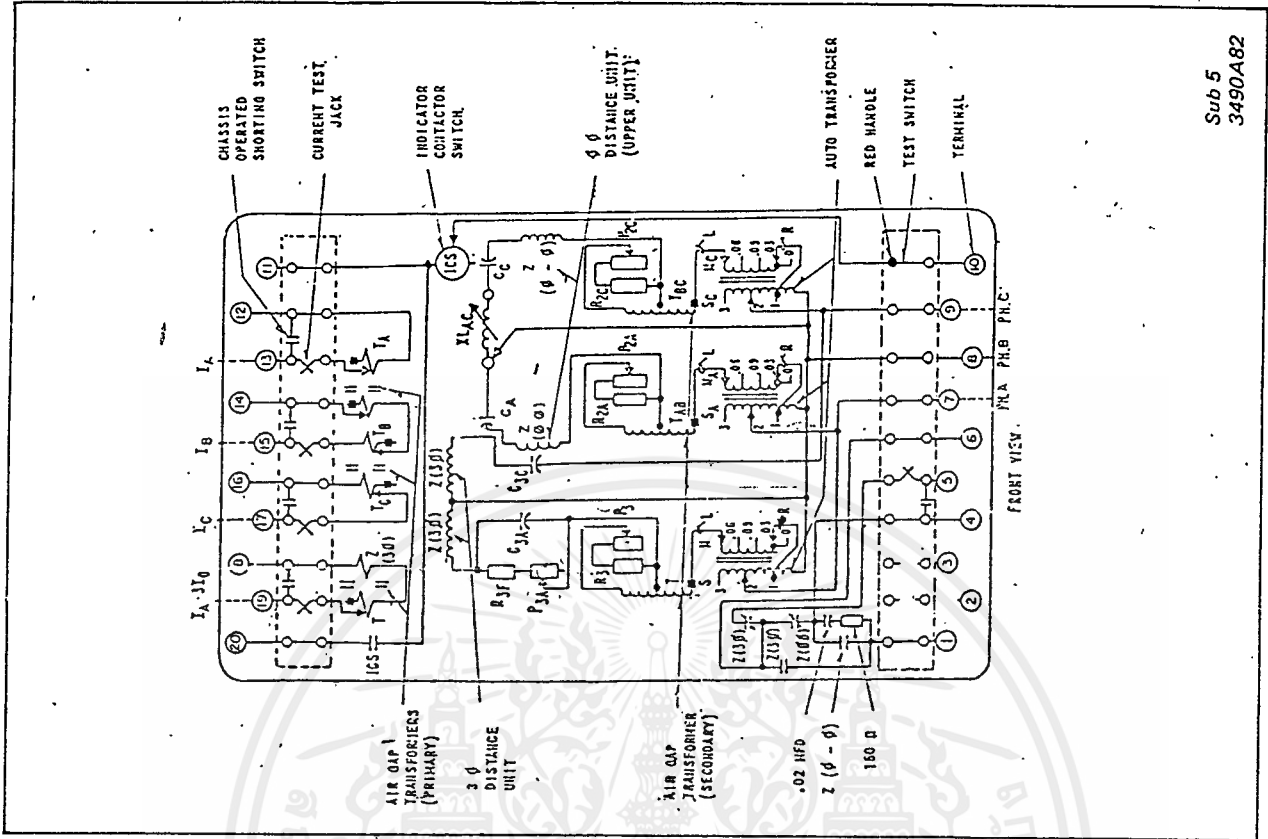


Fig. 5B. Internal Schematic of KD-11 Relay (1.75-21.0 Ohm Range)

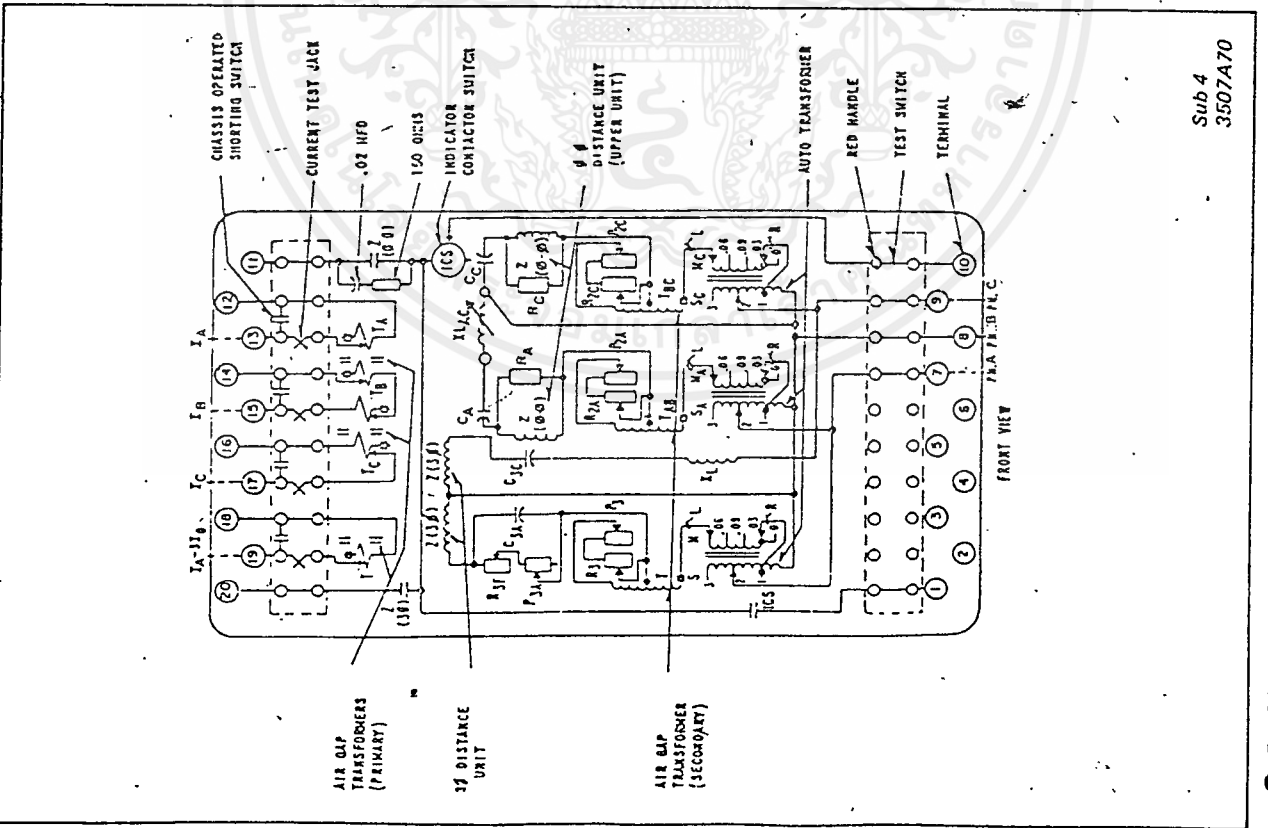
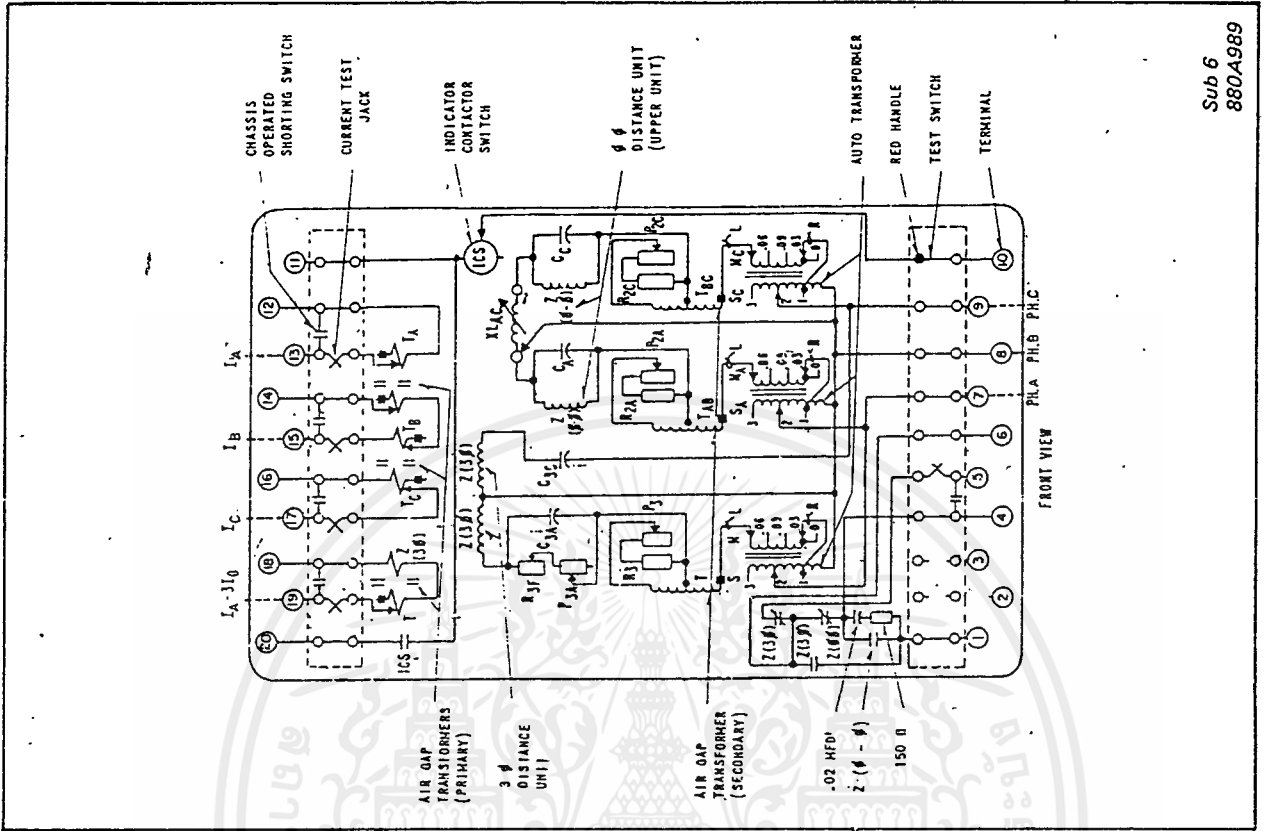
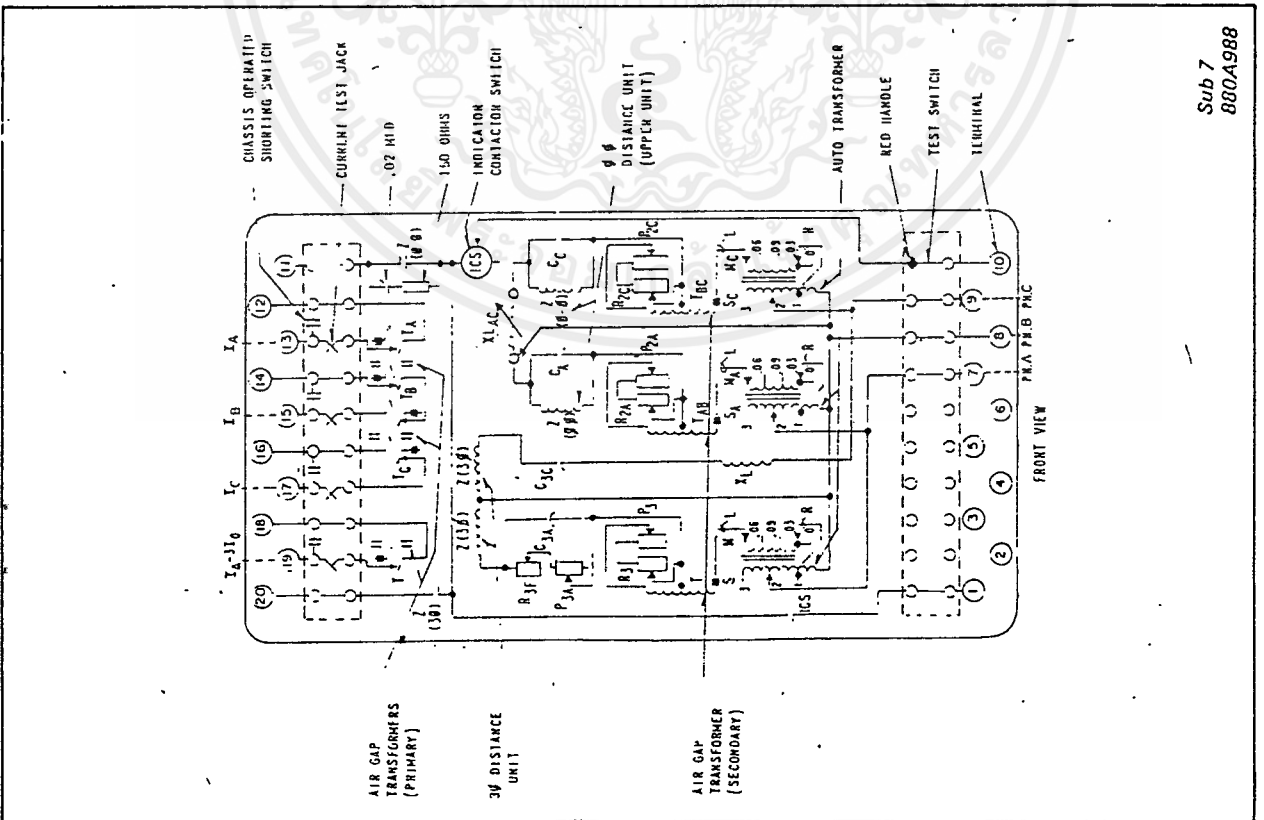


Fig. 5A. Internal Schematic of KD-10 Relay (1.75-21.0 Ohm Range)



Sub 6
880A989

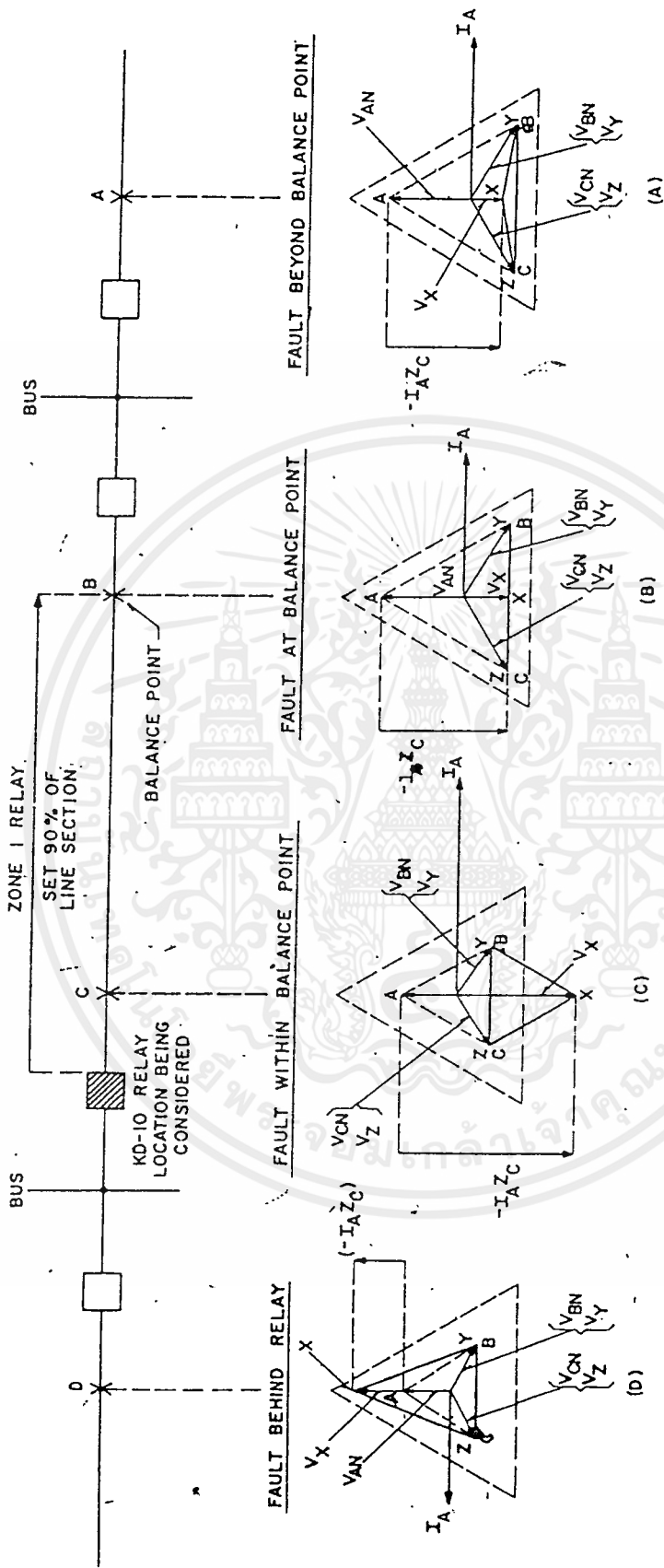
Fig. 7. Internal Schematic of KD-11 Relay (1.3-36.0 Ohm Range)



Sub 7
880A988

Fig. 6. Internal Schematic of KD-10 Relay (1.3-36.0 Ohm Range)

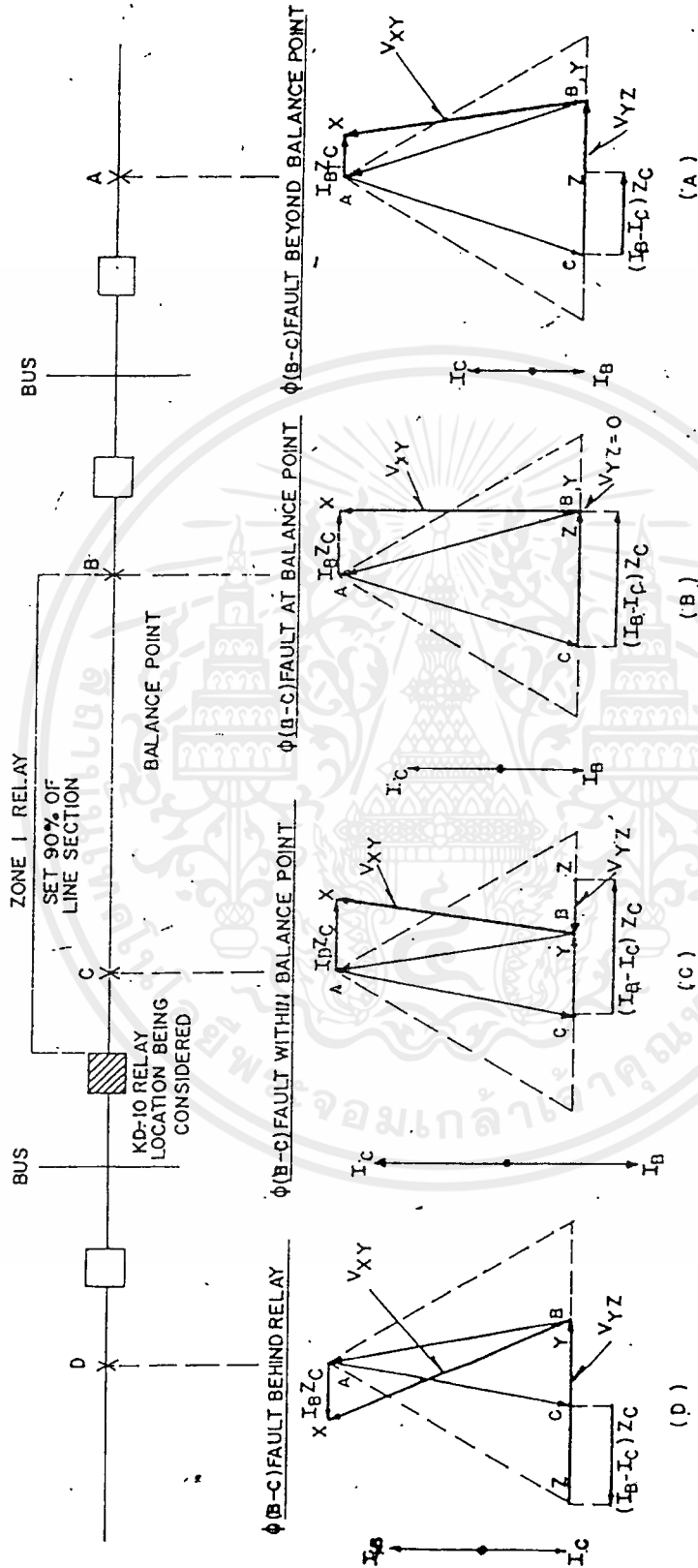
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



NOTE: THE VOLTAGE TRIANGLES AT EACH FAULT LOCATION (A,B,C&D) REPRESENT THE VOLTAGES SEEN BY THE KD-10 RELAY TERMINAL LOCATED AT THE SHADED BREAKER FOR 3 PHASE FAULTS OCCURRING AT EACH LOCATION (A,B,C&D).

Sub 2
407C459

Fig. 8. Voltage and Current Conditions for the Three-Phase Unit at the Shaded Breaker for Three-Phase Faults at Various Locations



NOTE: THE VOLTAGE TRIANGLES AT EACH FAULT LOCATION (A, B, C, & D) REPRESENT THE VOLTAGES SEEN BY THE KD-10 RELAY TERMINAL LOCATED AT THE SHADED BREAKER FOR ϕ TO ϕ FAULTS AT EACH LOCATION (A, B, C & D)

Sub 3
408C161

Fig. 9. Voltage and Current Conditions for the Phase-to-Phase Unit at the Shaded Breaker for B-C Faults at Various Locations

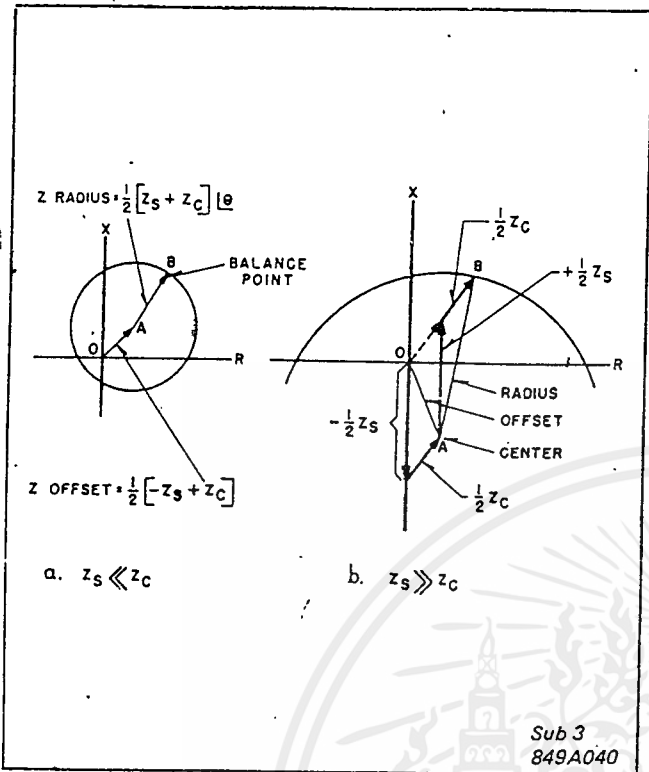


Fig. 10. Impedance Circles for Phase-to-Phase Unit in the Type KD-10 and KD-11 Relay

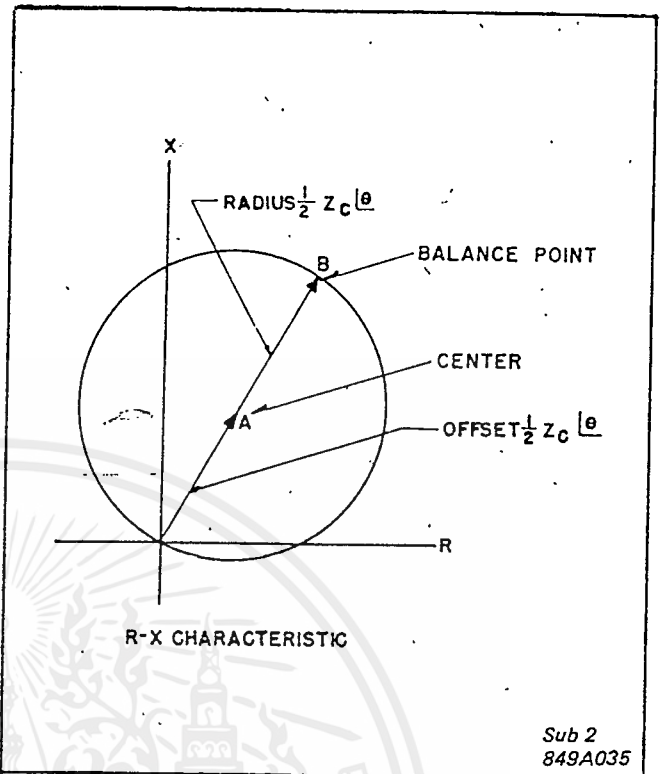
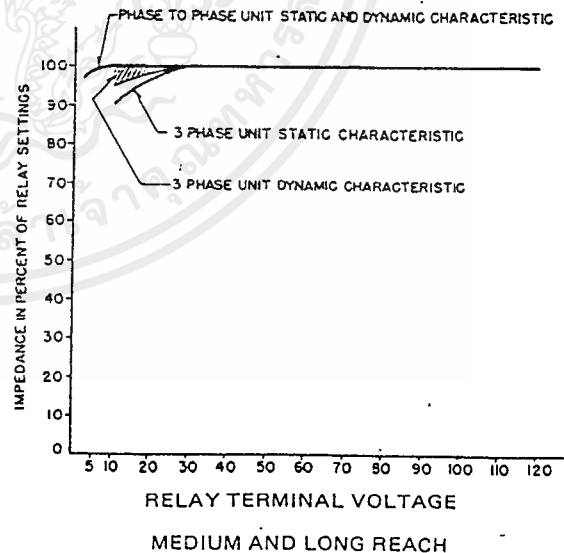
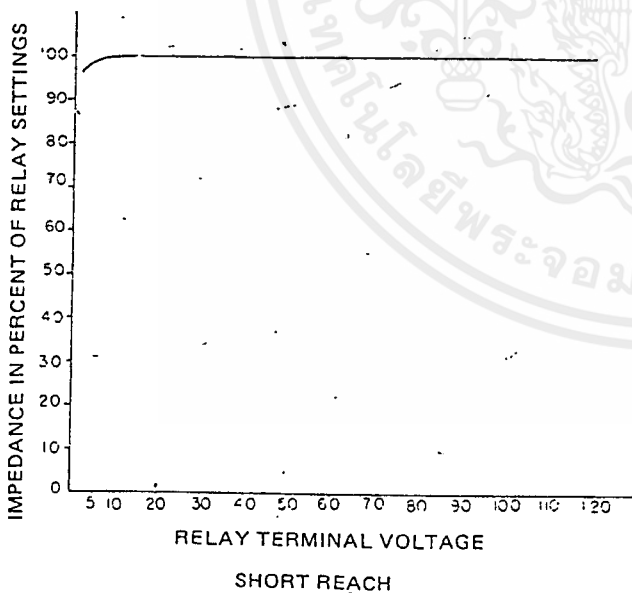


Fig. 11. Impedance Circle for Three-Phase Unit in the Type KD-10 Relay

TYPICAL IMPEDANCE CURVE FOR STATIC DISTANCE RELAY



Sub 3
188A295

762A684

Fig. 12. Impedance Curves for KD-10 Relay

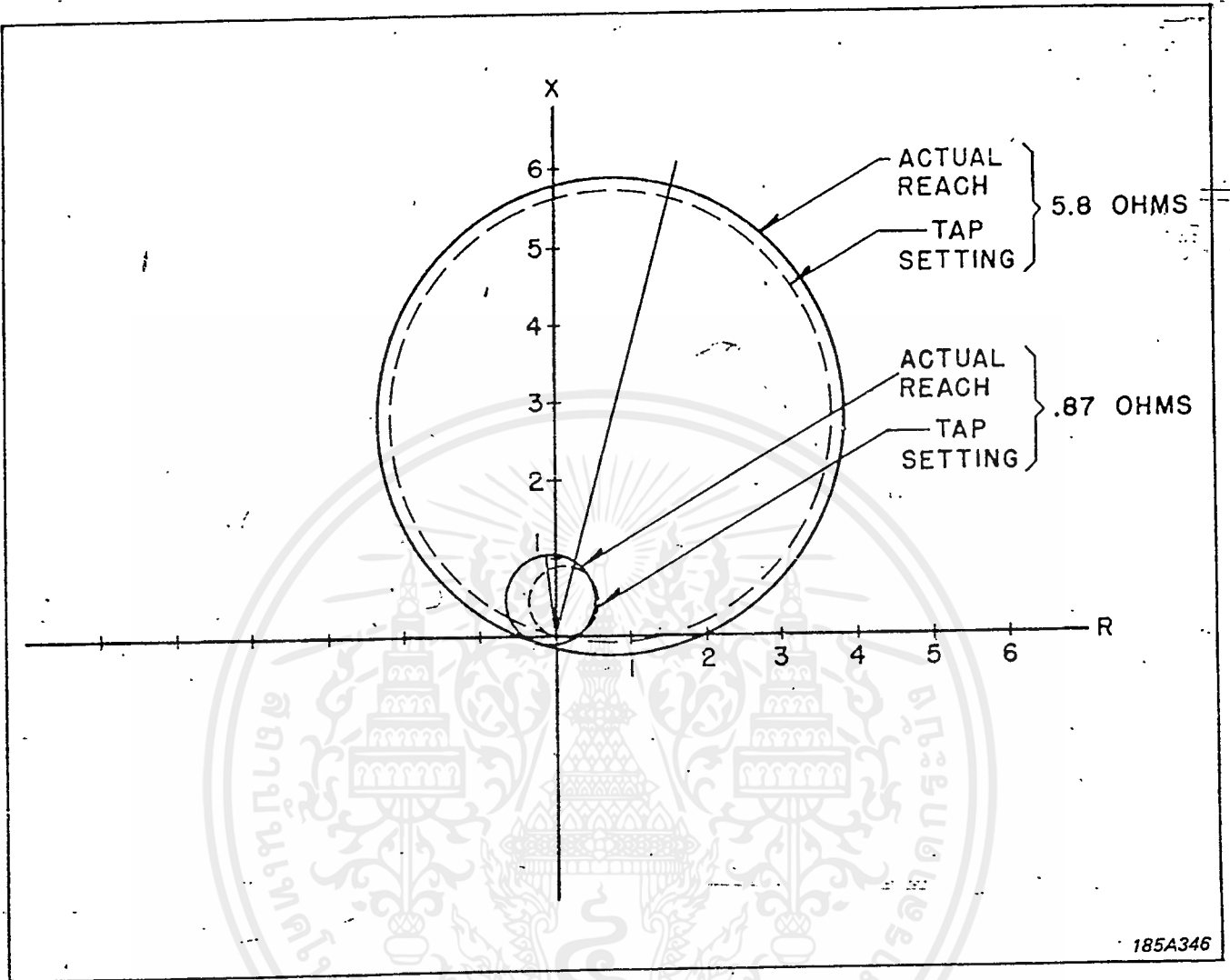
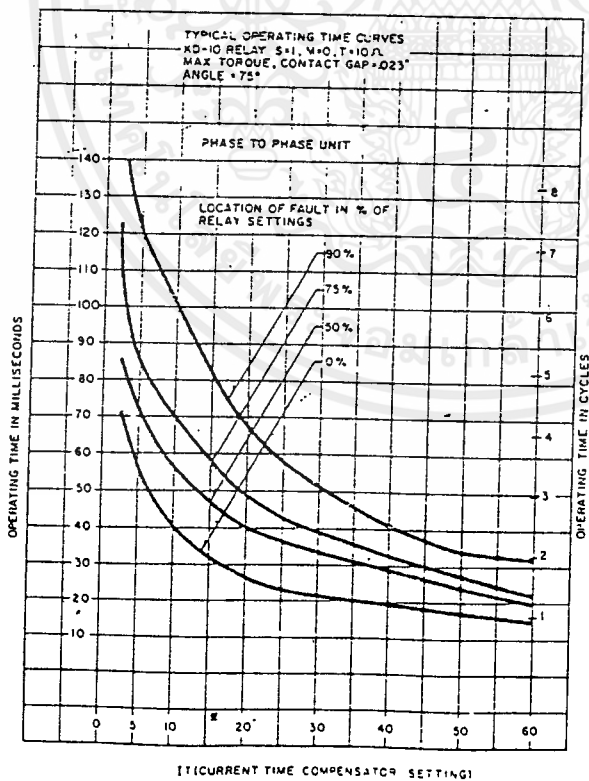
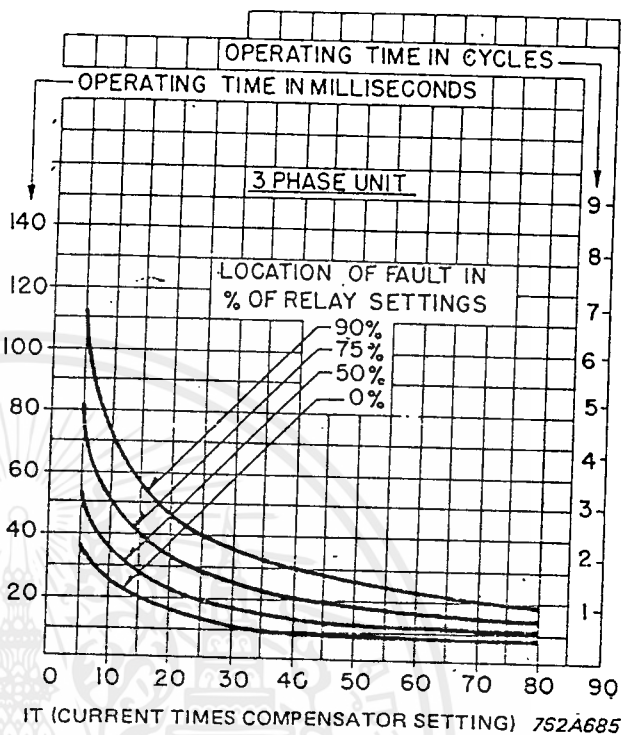
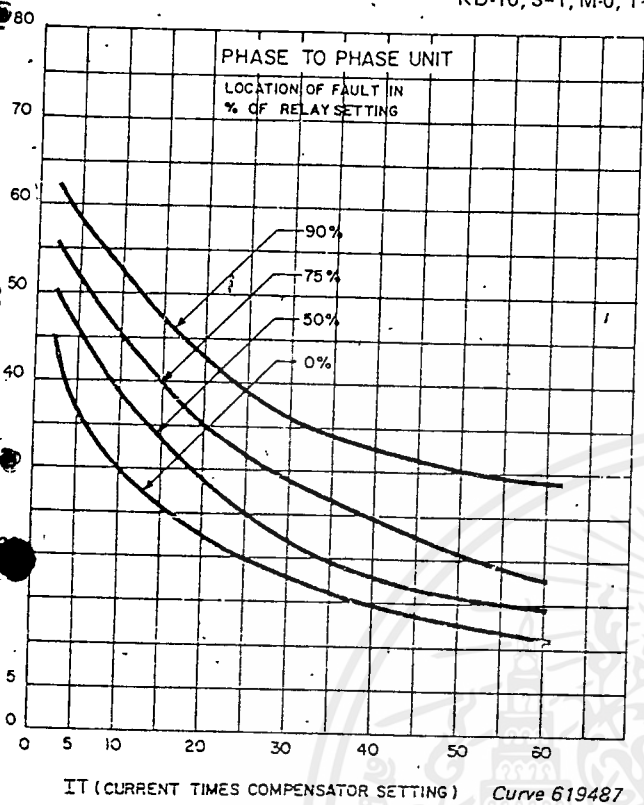


Fig. 13. Impedance Circle for Three-Phase Unit in Type KD-11 Relay

KD-10, S=1, M-0, T=5.8, Max Torque < 75°



619465

Fig. 14. Typical Operating Time Curves Normal Voltages Before Fault 120 Volts, Phase-to-Phase Unit

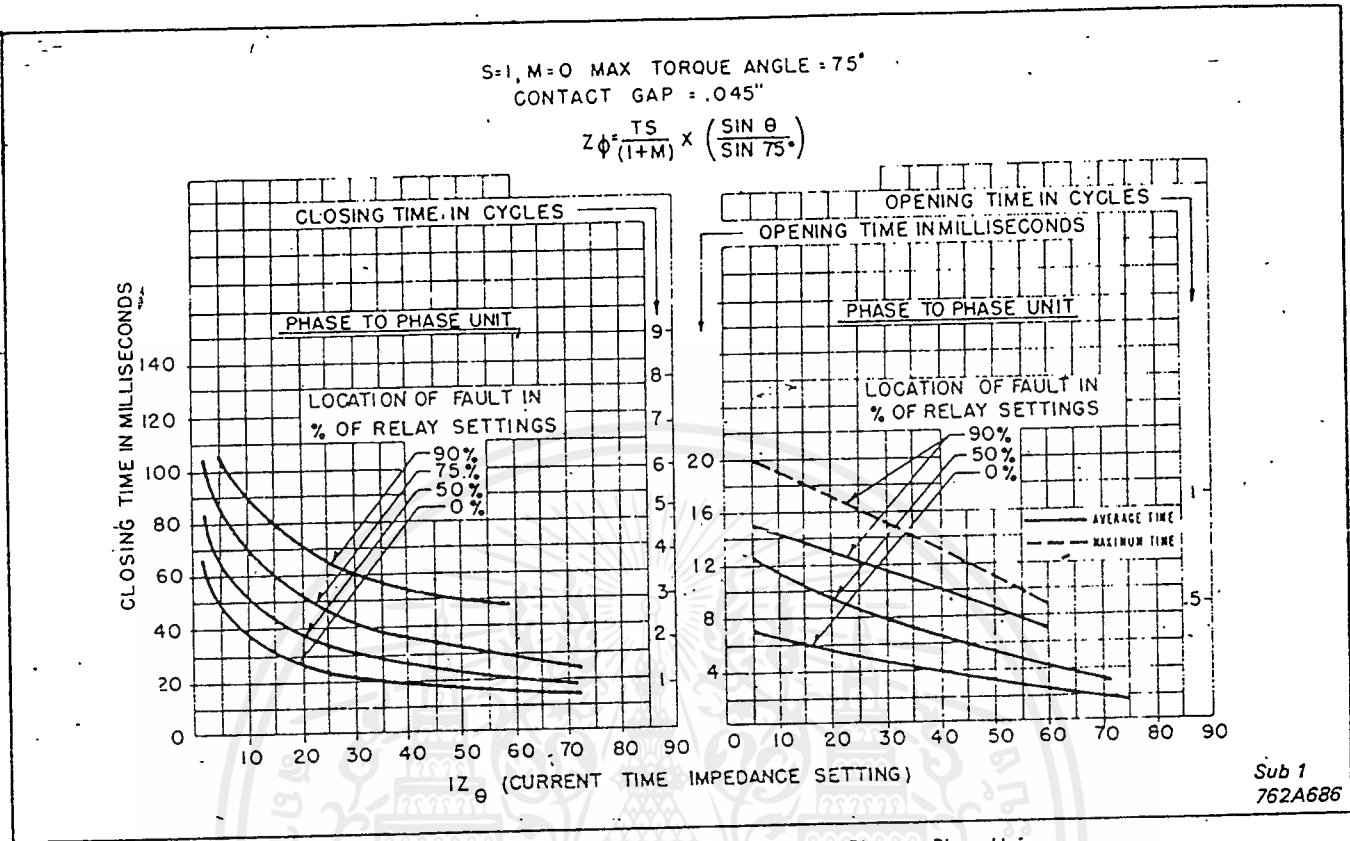


Fig. 15. Typical Operating Time Curves for KD-11 Phase-to-Phase Unit

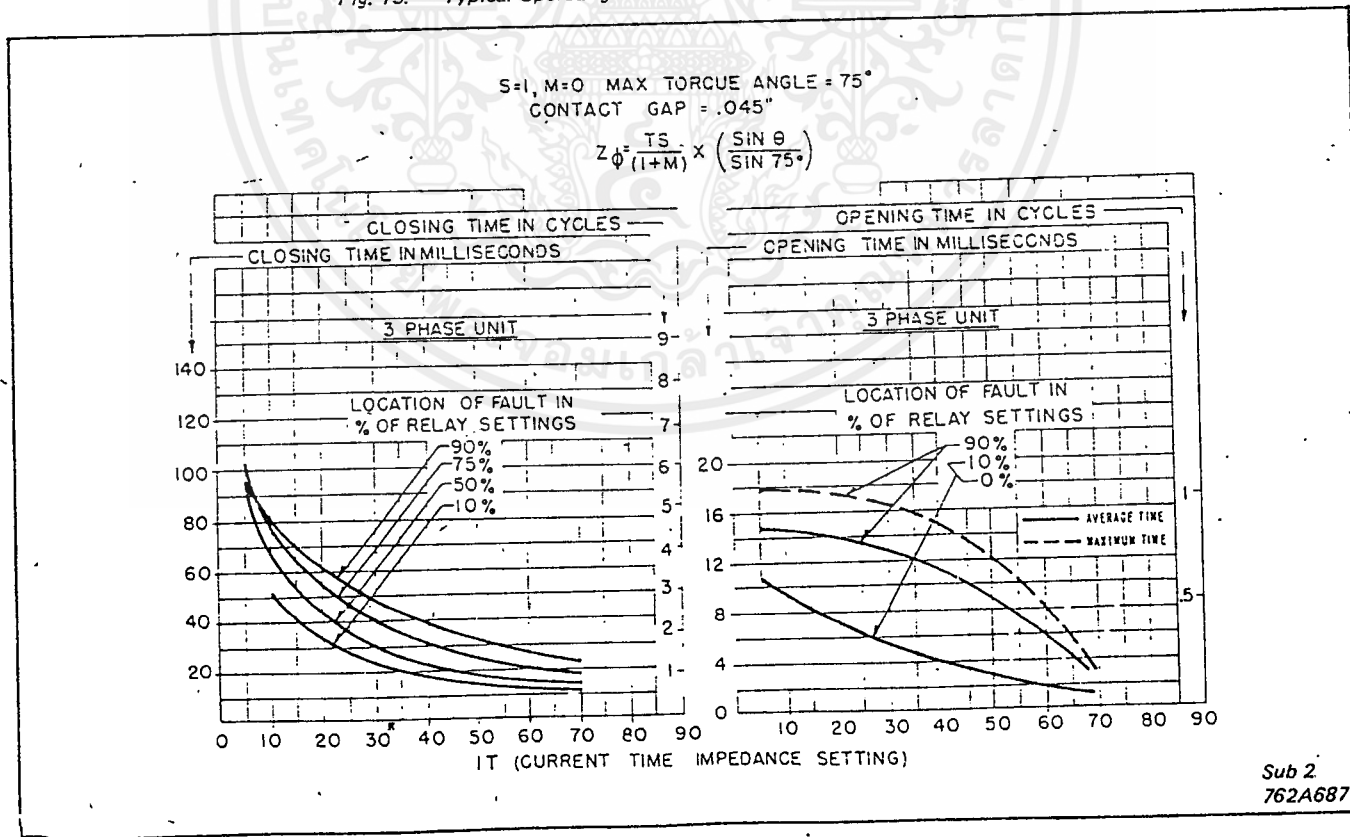
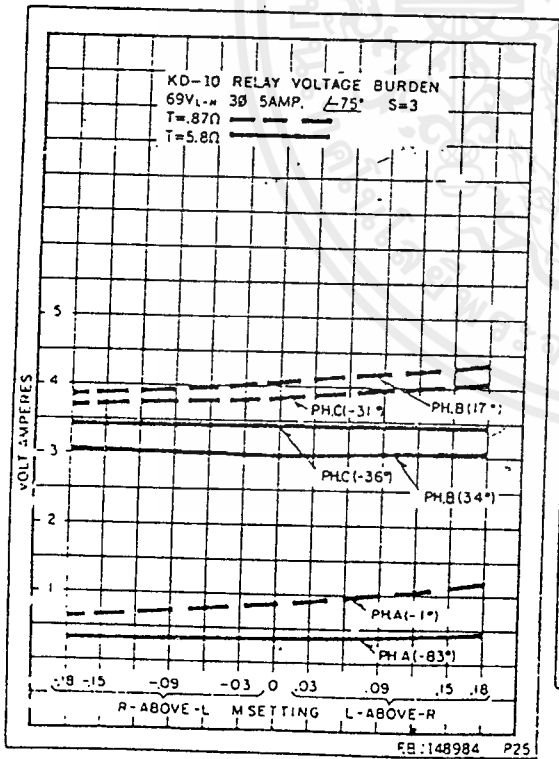
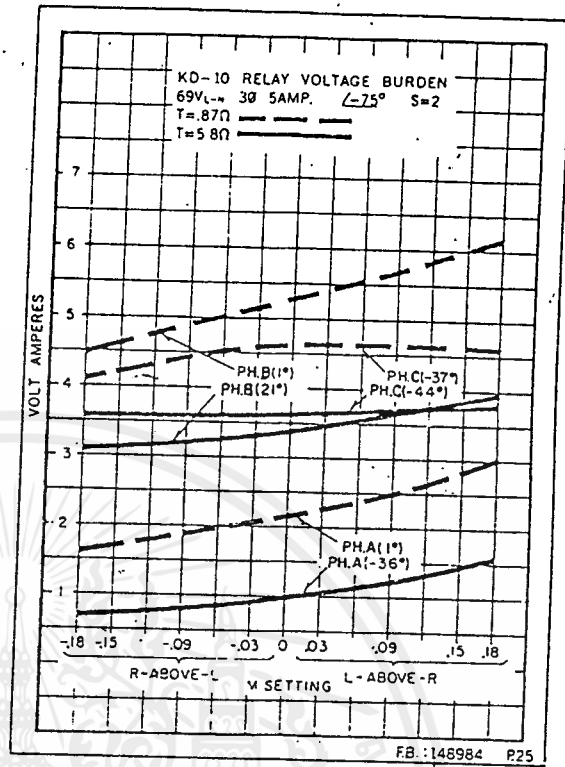
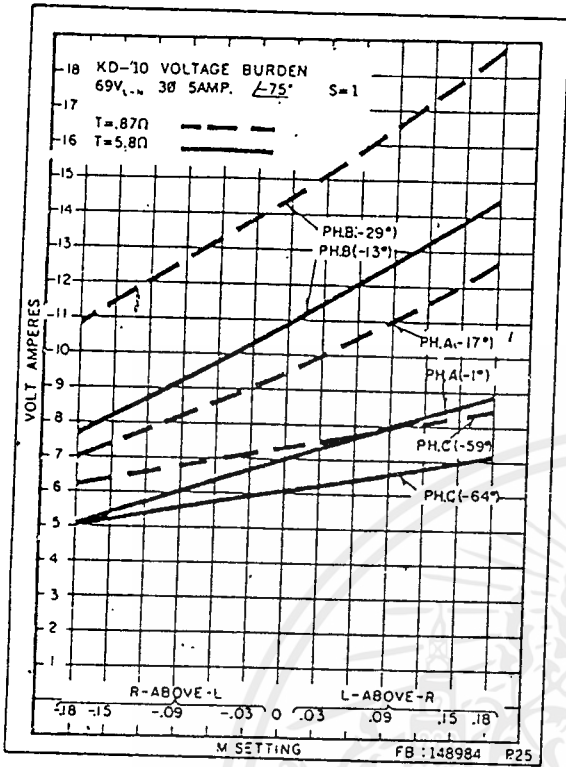


Fig. 16. Typical Operating Time Curves of Type KD-11 Relay Three-Phase Unit (.75-20 Ohms)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



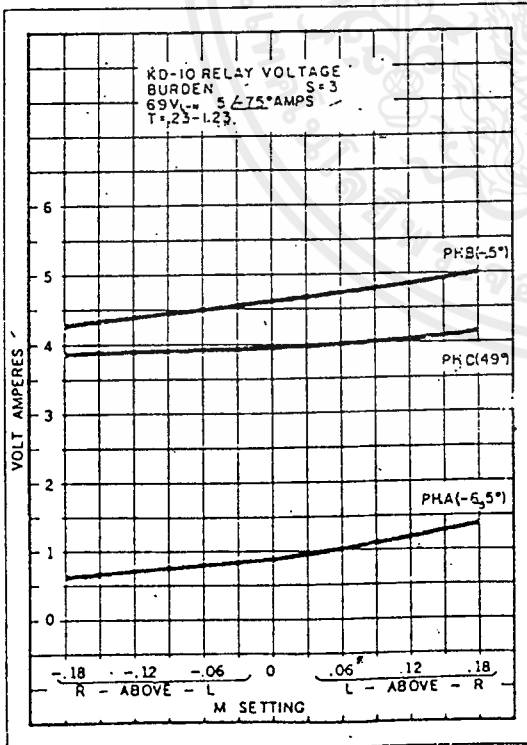
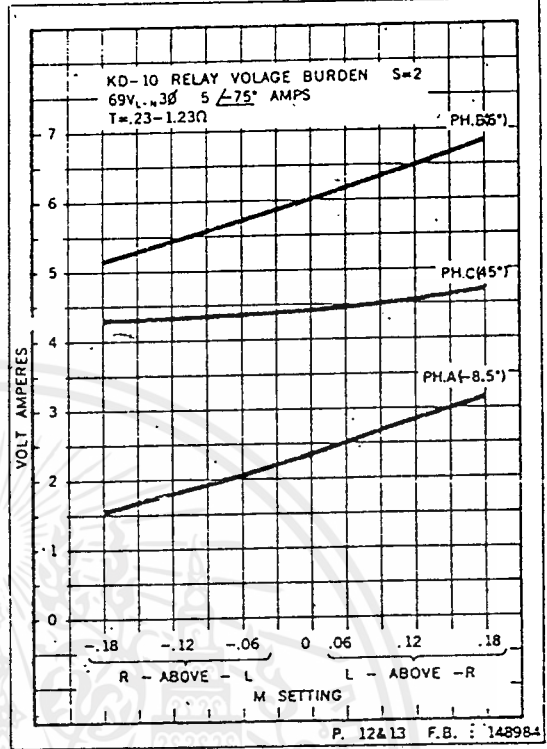
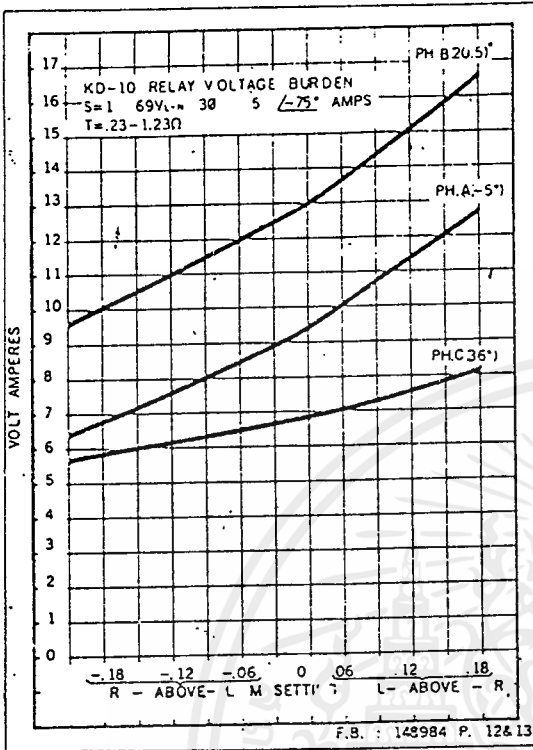
RELAY
KD-10 CURRENT BURDEN TABLE
POTENTIAL CIRCUIT 69V_{L-N} 3Ø CURRENT=5.75 AMPS. S=1

TAP SET	I _a			I _b			I _c			I		
	V A	VARS	WATT	V A	VARS	WATT	V A	VARS	WATT	V A	VARS	WATT
.87	4.92	.303	.387	1.00	.515	.857	.644	.242	.597	.449	.416	.168
1.16	.594	.434	.405	1.23	.740	.983	.806	.315	.742	.618	.611	.096
1.45	.644	.552	.332	1.48	.990	1.10	.966	.423	.868	.838	.837	.044
2.03	.930	.841	.410	2.04	1.44	1.44	1.32	.640	1.155	1.37	1.36	.144
2.9	1.41	1.37	.341	3.09	2.33	2.03	1.93	1.03	1.64	2.39	2.39	0.00
4.06	2.24	2.22	.311	4.66	3.76	2.74	2.91	1.63	2.41	4.13	4.12	.289
5.8	3.76	3.75	.263	7.52	6.31	4.10	4.57	2.62	3.74	7.42	7.41	.126

FB:148984 P27

Fig. 17A. Type KD-10 Burden Curves

Sub 2
1426C53



RELAY
KD-10 CURRENT BURDEN TABLE

POTENTIAL CIRCUIT 69V_{L-N} 30 CURRENT=5 $\angle 75^\circ$ AMPS

M=0
S=1

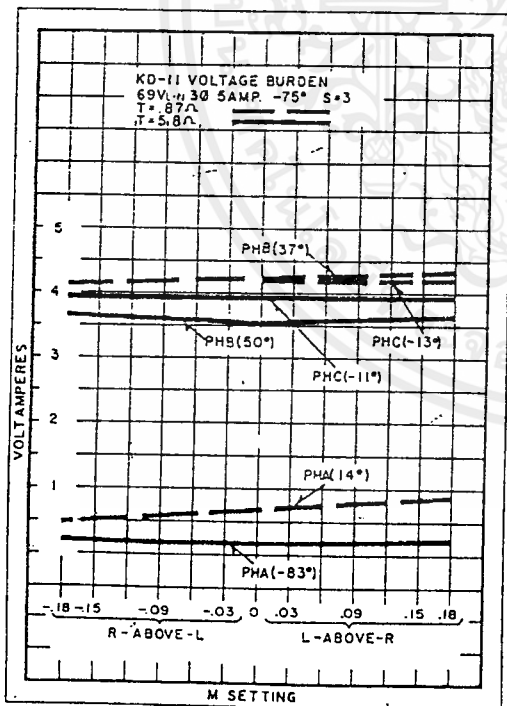
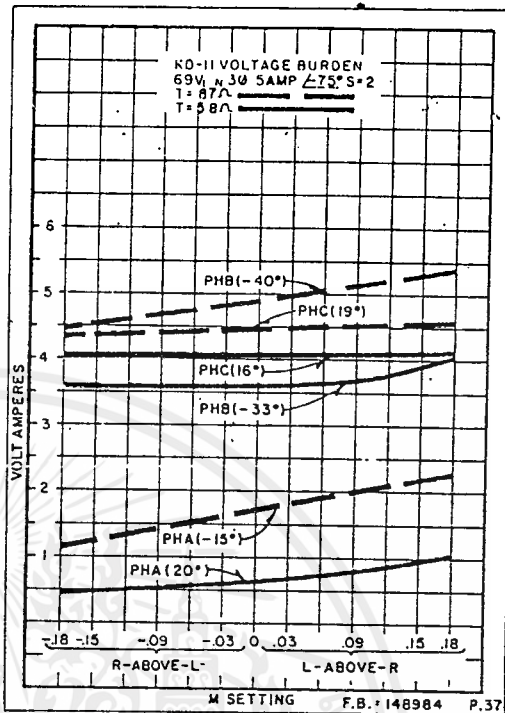
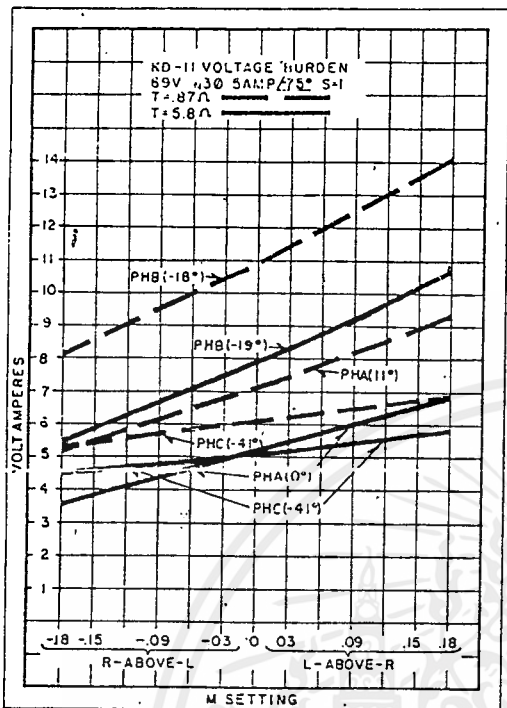
TAP SET	T _a			T _d BOTH			T _c			T		
	V.A	VAR	WATT	V.A	VAR	WATT	V.A	VAR	WATT	V.A	VAR	WATT
.23	.433	.038	.431	.560	.135	.543	.441	.084	.433	.495	.169	.465
.307	.489	.093	.480	.886	.229	.856	.470	.137	.450	.499	.234	.440
.383	.456	.163	.426	.804	.352	.723	.540	.193	.504	.550	.323	.445
.537	.478	.314	.361	1.580	.692	1.420	.706	.364	.605	.654	.462	.462
.690	.615	.538	.298	1.469	1.039	1.039	.974	.559	.798	.809	.654	.476
.920	1.166	.943	.685	2.140	1.834	1.102	1.438	.943	1.086	1.098	.969	.514
1.23	1.658	1.656	.058	3.477	3.126	1.523	2.212	1.509	1.616	1.590	1.440	.673

F B 148984
P2

Fig. 178. Type KD-10 Burden Curves

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

44 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



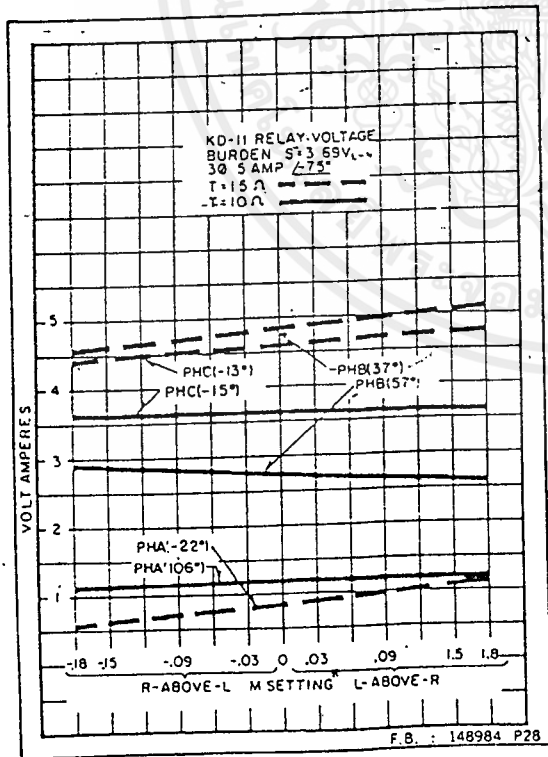
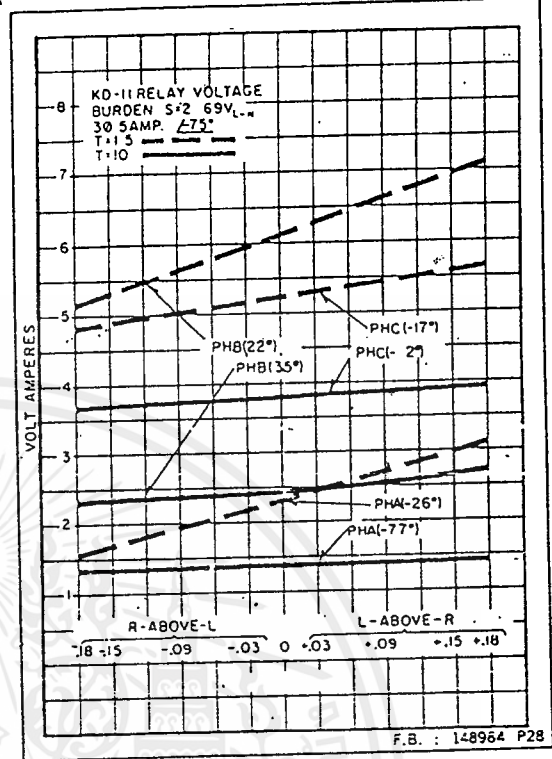
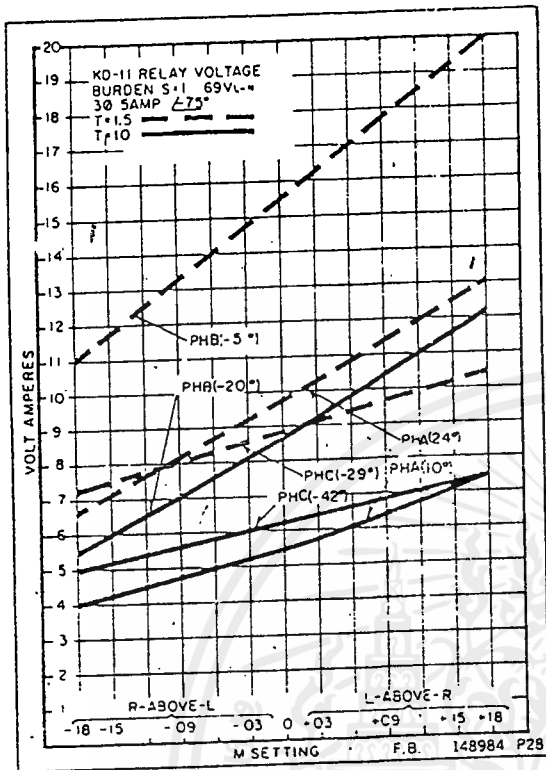
RELAY
KD-11 CURRENT BURDEN TABLE

POTENTIAL CIRCUIT 69V, -N 30 CURRENT=5A, 75° AMPS S=1

TAP SET	T _a			T _b (EOTM)			T _c			T		
	V A	VAR	WATT	V A	VAR	WATT	V A	VAR	WATT	V A	VAR	WATT
.87	.369	.232	.287	1.28	.415	1.21	.562	.164	.537	.649	.373	.532
1.16	.487	.338	.350	1.45	.591	1.33	.705	.230	.657	.725	.531	.495
1.45	.560	.453	.330	1.66	.752	1.47	.853	.306	.796	.854	.700	.490
-2.03	.792	.700	.372	2.14	1.16	1.79	1.15	.485	1.04	1.25	1.15	.487
2.90	1.24	1.18	.384	3.02	1.94	2.31	2.40	.821	2.26	2.08	2.00	.574
4.06	2.01	1.96	.418	4.46	3.2	3.09	2.59	1.33	2.22	3.68	3.58	.891
5.80	3.45	3.43	.361	7.05	5.74	4.17	4.15	2.26	3.48	6.85	6.65	1.66

F.B. : 148984
P2

● Fig. 18A. Type KD-11 Burden Curves



RELAY
KD-11 CURRENT BURDEN TABLE

POTENTIAL CIRCUIT 69V L-N 30 CURRENT= $\angle 75^\circ$ AMPS. S=1

TAP SET	T _a			T _b (BOTH)			T _c			T		
	V.A.	VARS	WATT	V.A.	VARS	WATT	V.A.	VARS	WATT	V.A.	VARS	WATT
1.5	416	411	065	1.05	.965	.409	.771	.573	.516	664	.616	249
2.0	577	576	020	1.40	1.31	478	.998	.765	642	942	.906	260
2.5	768	748	.173	1.75	1.67	.510	1.22	.964	.753	1.28	1.26	.245
3.51	1.16	1.12	.282	2.51	2.40	733	1.68	1.32	1.03	2.20	2.17	.383
5.0	1.82	1.79	348	3.79	3.56	1.30	2.45	1.82	1.64	4.07	4.01	.708
7.02	2.82	2.80	344	5.68	5.19	2.31	3.56	2.48	2.56	7.39	7.17	1.79
10	4.66	4.66	0.00	9.11	7.98	4.42	5.54	3.33	4.43	14.27	13.64	4.17

F.B. : 148984 P29

Fig. 18B. Type KD-11 Burden Curves

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 46 ภารกิจใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sub 5
265C199

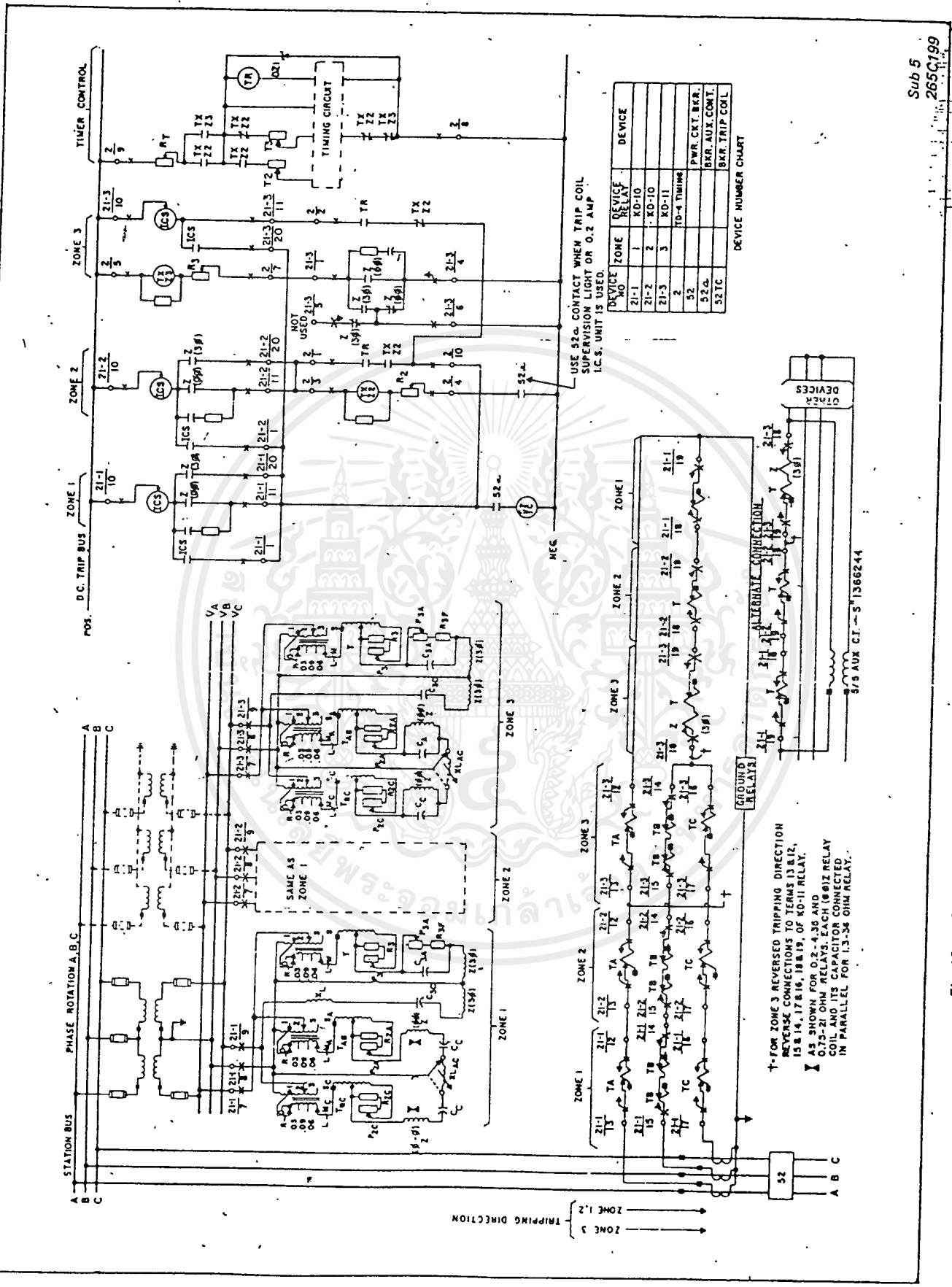


Fig. 19. External Schematic - Two KD-10 Relays, One KD-11, and a Type TD-4 Timing Relay

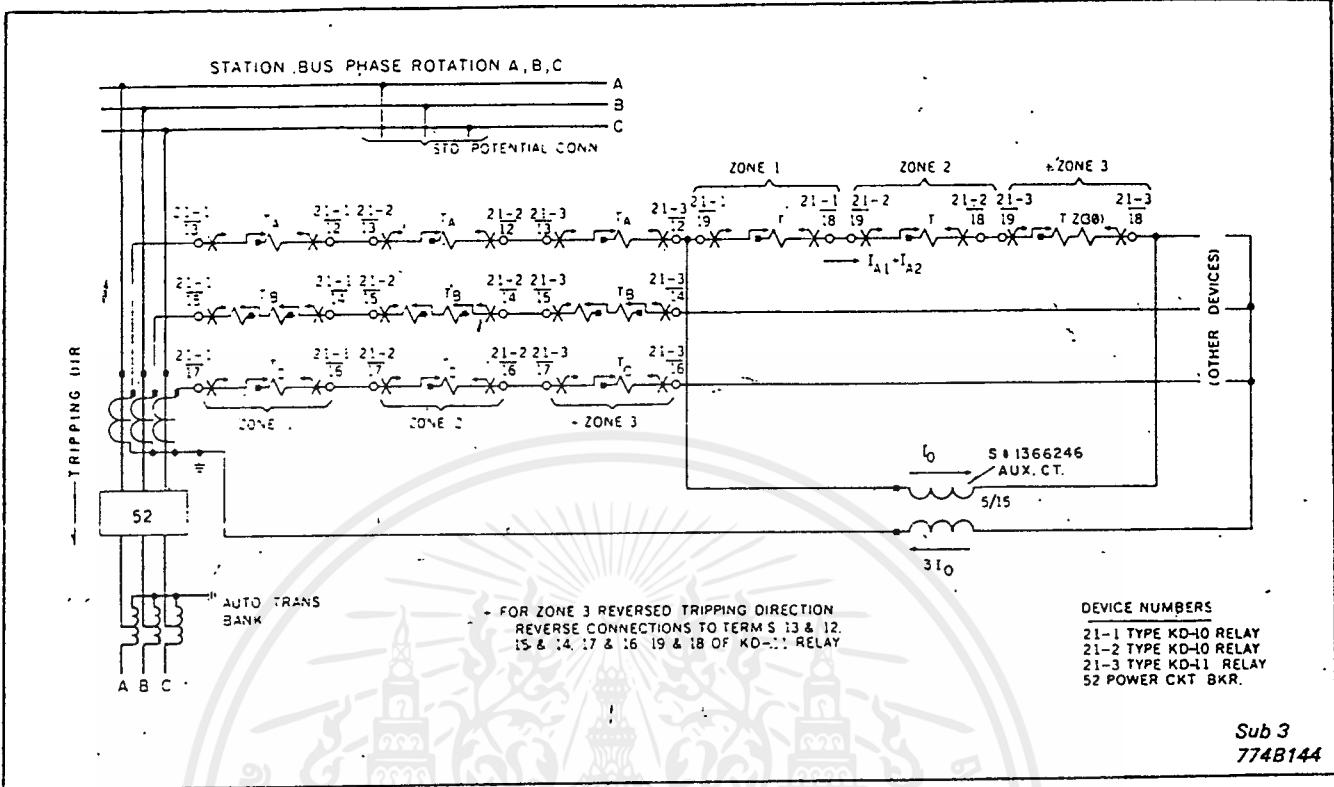


Fig. 20. External Schematic — Two KD-10 Relays, One KD-11 Relay, Autotransformer Termination.

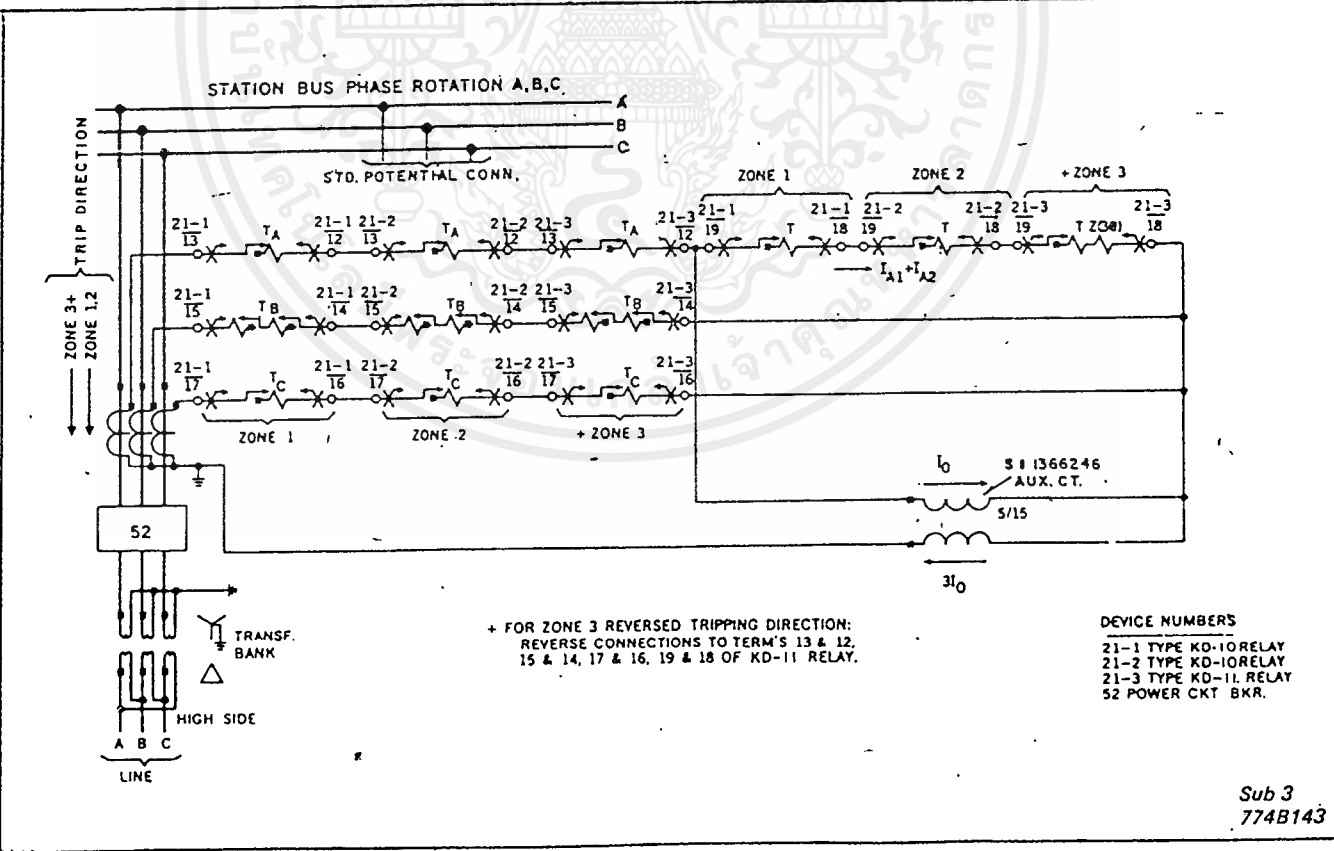


Fig. 21. External Schematic — Two KD-10 Relays, One KD-11 Relay, Wye-Delta Bank Termination with Grounded Wye on Relay Side

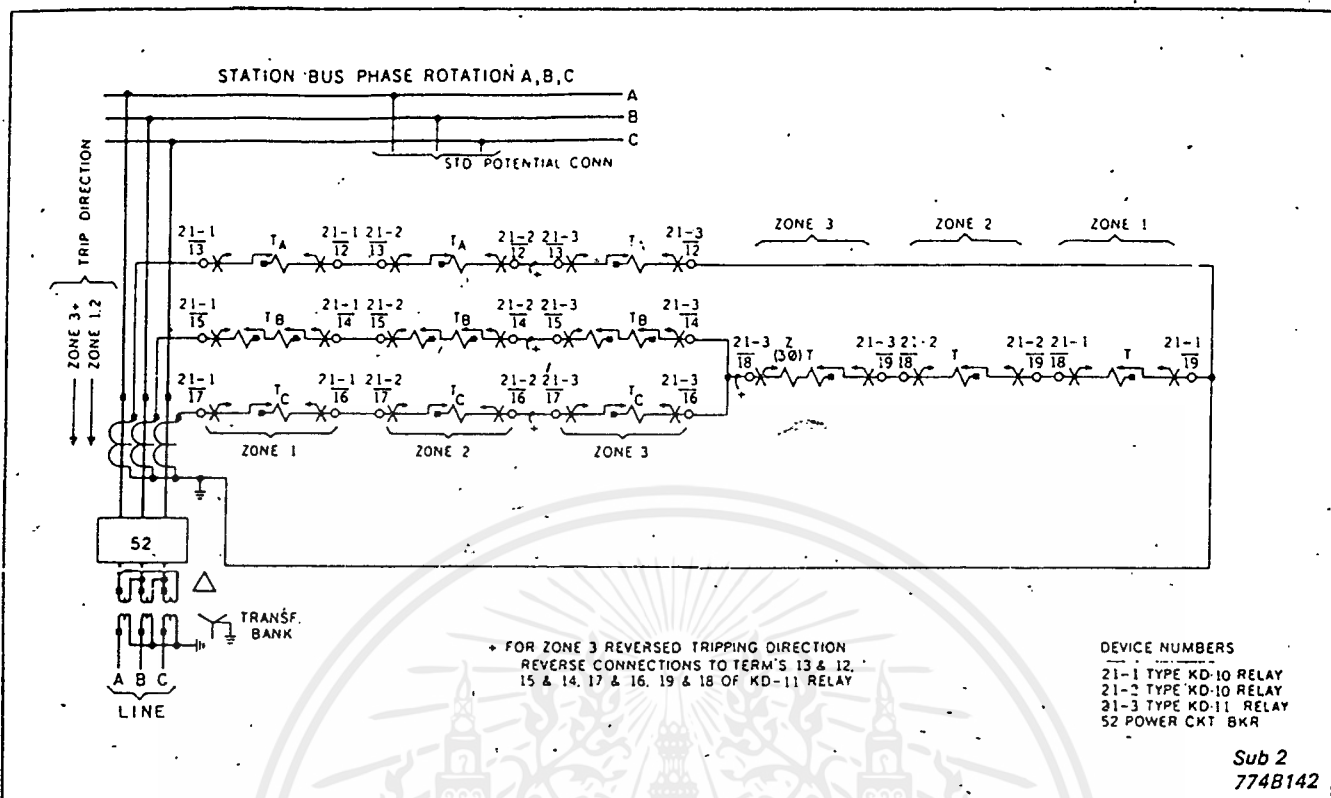


Fig. 22. External Schematic — Two Type KD-10 Relays, One KD-11 Relay, Wye-Delta Bank Termination with Delta on Relay Side

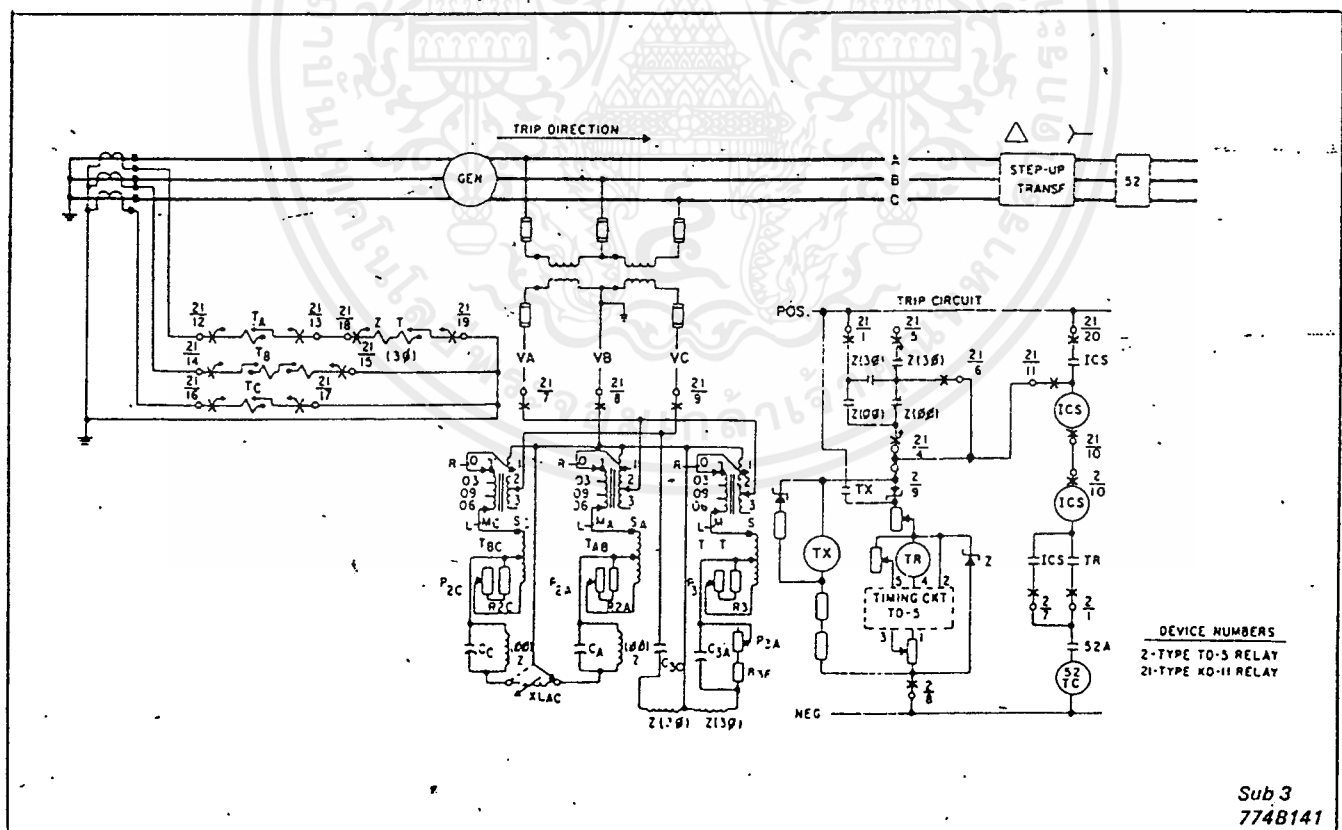
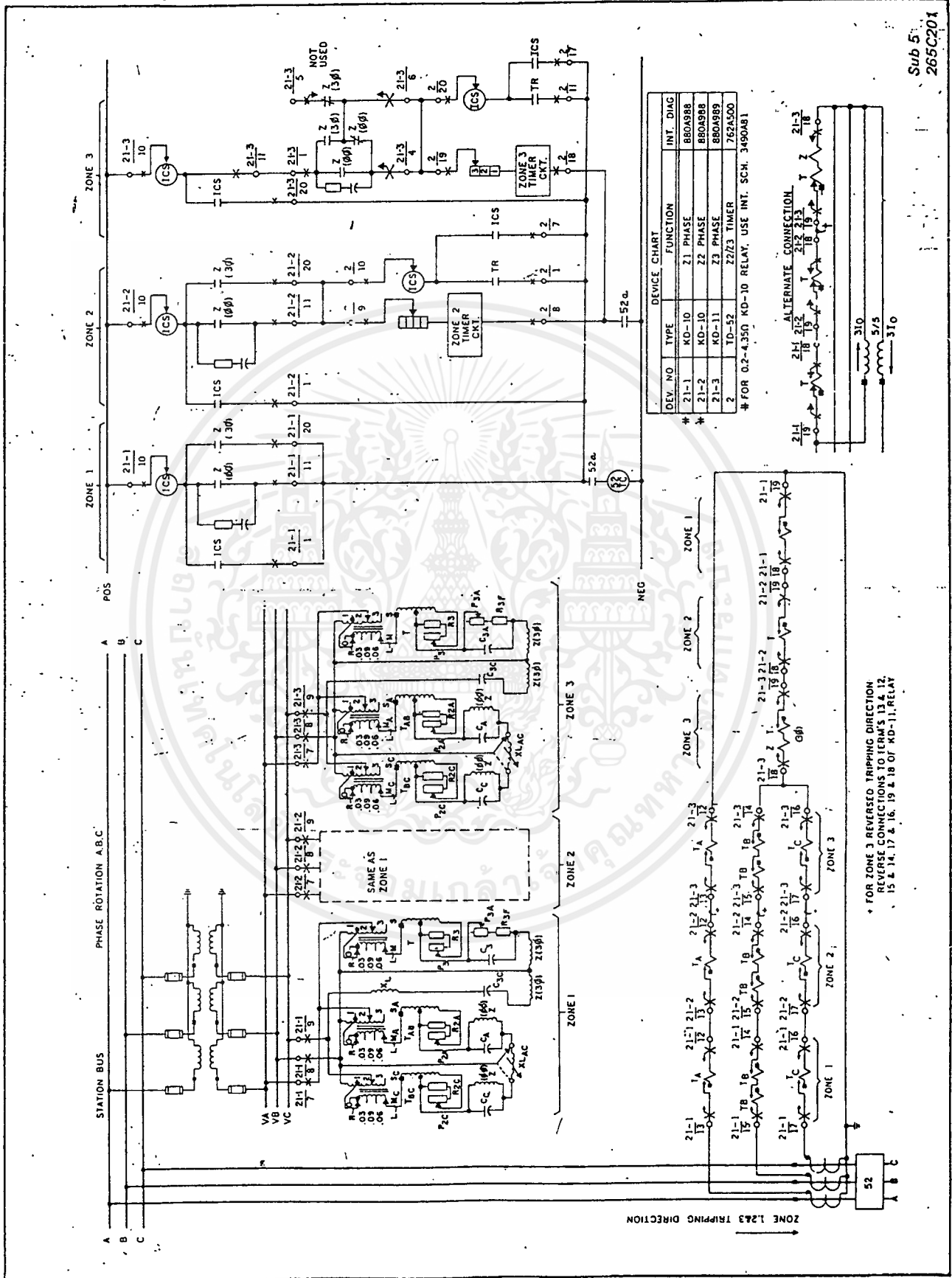


Fig. 23. External Schematic — Type KD-11 Relay with Type TD-5 Timing Relay for Generator Back Up Protection

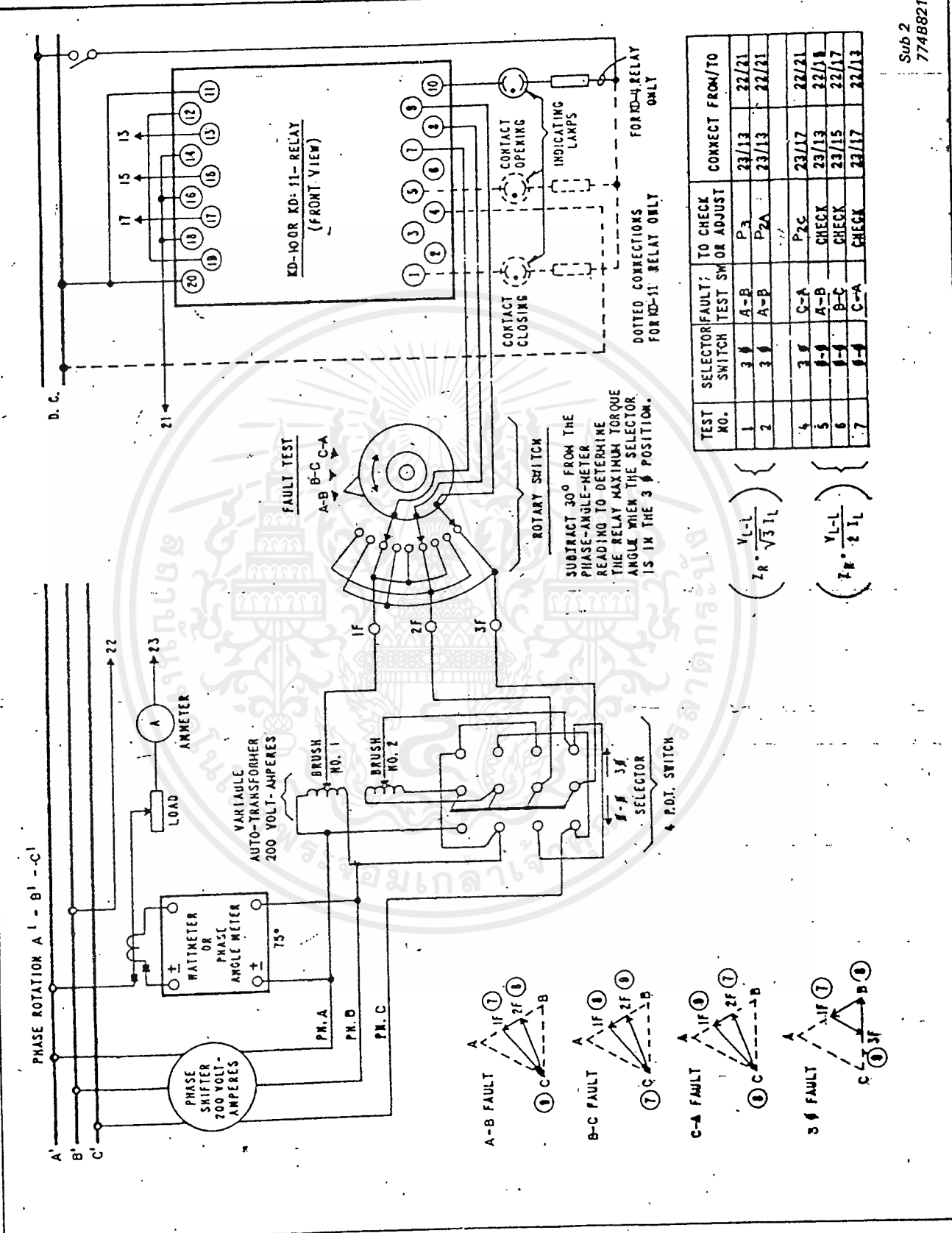
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ภาคณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Sub 5
265C201

Fig. 24. External Schematic - Two Type KD-10 Relays, One Type KD-11 with TD-52 Timing Relay.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TEST NO.	SELECTOR/FAULT; SWITCH TEST SW OR ADJUST	TO CHECK	CONNECT FROM/TO
1	3 Φ A-B	P1	23/13 22/11
2	3 Φ A-B	P2A	23/13 22/11
4	3 Φ C-A	P2C	23/17 22/21
5	3 Φ A-B	CHECK	23/13 22/11
6	3 Φ B-C	CHECK	23/15 22/17
7	3 Φ C-A	CHECK	23/17 22/13

$$\left(Z_R \cdot \frac{V_L - L}{\sqrt{3} I_L} \right)$$

$$\left(Z_R \cdot \frac{V_L - L}{2 I_L} \right)$$

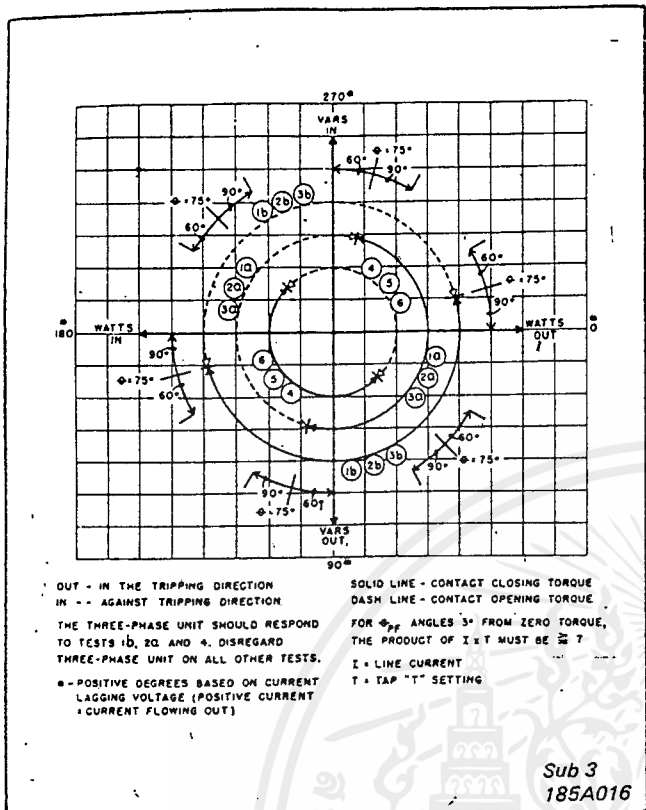


Fig. 27. Phase Diagram for Current Circuit Verification and Identification

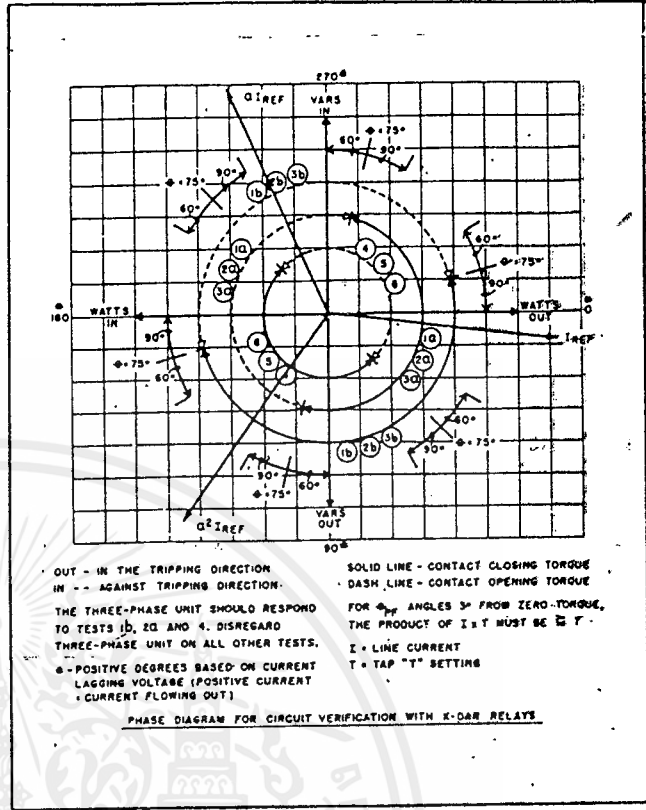


Fig. 28. Phase Diagram Showing Assumed Load Conditions

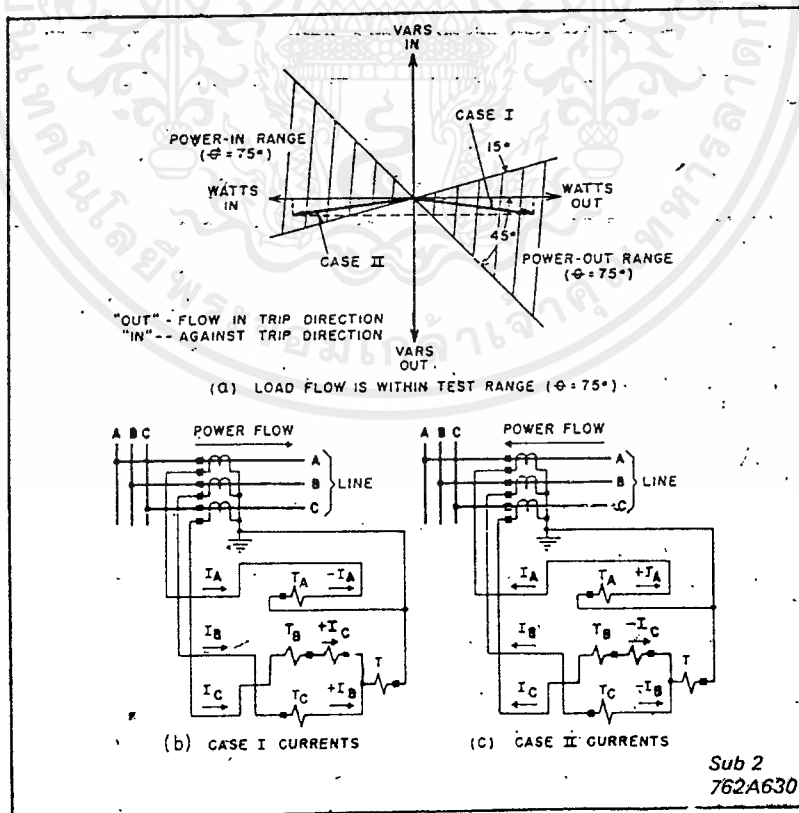


Fig. 29. Actual Wiring for the Assumed Test Results