

การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ
แบบกังหัน ในงานตรวจรับ

ELECTRICAL CHARACTERISTIC TESTING OF
HYDRAULIC

TURBINE AC GENERATOR IN COMMISSIONING JOB



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2536
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033338

ปริญญาโทปีการศึกษา 2536

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบกังหันในการตรวจรับ
ELECTRICAL CHARACTERISTIC TESTING OF HYDRAULIC TURBINE AC
GENERATOR IN COMMISSIONING JOB

ผู้จัดทำ

1. นาย ภาณุพล ขนิภากรณ์ รหัส 34190009
2. นาย ประยูร วิลัย รหัส 34190018
3. นาย วชิรเมธี อารีราษฎร์ รหัส 34190023

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ศิริวัฒน์ โนติเวชกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณบุคคล และ หน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการจัดทำปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ จนแล้วเสร็จจุล่งไปด้วยดี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- อาจารย์ ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำ และ ตอบปัญหาต่างๆ

- อาจารย์ นิชิต ล้ายอง อาจารย์ วีรศักดิ์ วงษ์วิวัตติ อาจารย์ อานันธวัฒน์ คุณากร อาจารย์ สมภพ ผลไม้ และคณะ ที่เดินทางไปเยี่ยมชม และให้คำแนะนำในการทดสอบที่หน่วยงาน (เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก)

- คุณ อธิราชูทธิ วัตรกิจไพศาล หัวหน้าแผนกประเมินสถิติ และคาคคเนโหลด การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

- คุณ สุรเดช ดวงมณี การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เอื้อเพื่อช่วยจัดทำเอกสารต่างๆ

- คุณ ชัยรัตน์ สัจจะวัฒนวิมล การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ช่วยออกแบบ และ จัดทำแผ่นปก

- คุณ เจริญศักดิ์ สัจจิตภัทร ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกรักษาไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล และคณะ ที่ช่วยจัดถ่ายรูป วิดีโอ และที่ปัก

- คุณ สุรศักดิ์ รัตนกำพล ผู้ช่วยหัวหน้ากองบำรุงรักษาไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังน้ำฝ่ายบำรุงรักษาไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่อำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำปรึกษา

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ส่วนกลาง และ ที่เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่เอื้อเพื่อสถานที่อำนวยความสะดวกที่ปัก อีกทั้งช่วยจัดเจ้าหน้าที่วิทยากรบรรยายเรื่องต่างๆ ขณะที่ทำการทดสอบ

ด้วยความจริงใจ

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กระแสสลับ แบบกังหันน้ำในงานตรวจรับ

Electrical Characteristic Testing of Hidralic Turbine

AC Generator in Commissioning Job

โดย นายภาณุพล ชุณิกากรณ์

นายประยูร วิลัย

นายวชิรเมธี อารีราษฎร์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นแนวทางในการตรวจรับ ทดสอบ และ ทดลองใช้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโรงจักรพลังน้ำ ที่ติดตั้ง หรือปรับปรุงใหม่ ก่อนนำเข้าไปใช้งานอย่างถาวร การดำเนินการ หัวข้อ วิธีการในการทดสอบ และการสรุปผล จะต้องเป็นไปตาม การบ่งไว้ใน Specification หรือ การตกลงร่วมกัน ระหว่าง ผู้จ้าง วิศวกรที่ปรึกษา และบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์

เนื้อหาในวิทยานิพนธ์นี้ จะกล่าวเน้นถึงการเตรียมการทดสอบ การดำเนินการ วิธีการทดสอบ การวิเคราะห์ และ สรุปผลการทดสอบช่วง Dry test และ Wet test ส่วนของ Generator เท่านั้น โดยอ้างอิง จากเอกสาร มาตรฐานที่เชื่อถือได้ หรือ มาตรฐาน ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ยอมรับ

ABSTRACT

The objective of this thesis is the guideline for the inspection, test and trial of installed or developed generator of Hydro Power Plants before actual operating. The testing process, operation and testing result must be followed either its specification or the agreement between employer, consultants and manufacturers.

The details of the thesis is emphasized only on the preparation of testing, operation, testing process as well as analysis and the result of Dry test and Wet test for generator by relying on the EGAT standard document as

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่มีการเผยแพร่ ทั้งสิ้น ยกเว้นหากมีการแก้ไขหรือปรับปรุงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

กิตติกรรมประกาศ

บทที่ 1 บทนำ

ขอบเขตและวัตถุประสงค์..... 1

บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปและการปรับปรุงโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

1. วิวัฒนาการของ Water Turbine..... 2

2. ชนิดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ..... 3

3. ชนิดของ Hydraulic Turbine..... 4

4. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)..... 10

5. การคำนวณการผลิต..... 11

6. ข้อมูลทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าเขื่อนภูมิพล เครื่องที่ 1 และ 2 15

7. การประกอบ Stator winding..... 18

บทที่ 3 1. การทดสอบเพื่อการตรวจรับ

1.1 การวัดความต้านทานของฉนวน..... 40

1.2 การทดสอบคุณสมบัติขณะลัดวงจร..... 40

1.3 การทดสอบการเป็นฉนวน..... 42

1.4 การทดสอบคุณสมบัติขณะเปิดวงจร..... 43

1.5 การตรวจสอบลำดับของเฟส..... 44

1.6 การตรวจสอบรูปคลื่น..... 45

1.7 การวัดแรงดันตกค้าง..... 46

1.8 การทดสอบความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 46

1.9 การวัดหาค่าคงที่ของเครื่อง..... 48

2. การทดสอบหาค่าความสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1 วัตถุประสงค์..... 49

2.2 No Load No Excite Run..... 50

2.3 Open Circuit Run..... 51

2.4 Short Circuit..... 52

2.5 ผลการทดสอบ Turbine power output และ

Generator efficiency..... 55

3. Temperature rise by indirect method

3.1 No load-No excite (TRo)..... 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการ
ไม่ว่ากรณีใด ห้ามขึ้นชื่อหน่วยงานให้คำปรึกษาหรือเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 No load excite (TRe).....56

3.3 Short circuit (TRS).....56

บทที่ 4 ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การทดสอบความต้านทานฉนวนและความเป็นฉนวน.....58

การทดสอบคุณสมบัติขณะลัดวงจร.....60

การทดสอบคุณสมบัติขณะเปิดวงจร.....61

การทดสอบรูปคลื่น63

การตรวจสอบแรงดันตกค้างและลำดับของเฟส.....67

การทดสอบกราฟความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....68

การทดสอบหาอุณหภูมิที่สูงขึ้นขณะเดินเครื่องอย่างต่อเนื่อง.....72

Lay out of measurement on Gen. cover.....76

Data of no-load no-excite.....77

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบของการตรวจรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. Insulation Resistance Test.....98

2. Dry-Out.....98

3. Short Circuit Characteristic.....98

4. Dielectric Test.....98

5. Open Circuit Characteristic Test.....100

6. Phase Sequence Check.....100

7. Residual Voltage Measurement.....101

8. No-Load No-Excitation Run.....101

9. Temperature Rise of Continuous Operation Test....101

10. Generator Total Loss.....102

ภาคผนวก 1 การเตรียมการตรวจรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. การเตรียมการตรวจรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....103

2. การทดสอบ.....104

3. การสรุปรายงานการทดสอบ.....106

4. เอกสารนี้เป็นเอกสารที่การทดสอบความต้านทานกระแสตรง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านกร.....107

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์ของฉบับนี้สงวนไว้เพื่อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.....112

6. การทดสอบความจุไฟฟ้า.....115

7.	การทดสอบความต้านทานของฉนวน.....	118
8.	การทำให้แห้ง (Dry-out).....	131
9.	การทดสอบการเป็นฉนวน.....	136
10.	การทดสอบคุณสมบัติขณะลัดวงจร.....	142
11.	การทดสอบคุณสมบัติขณะเปิดวงจร.....	147
12.	การหาค่าจากกราฟคุณสมบัติขณะเปิดและลัดวงจร.....	150
13.	การทดสอบรูปคลื่น.....	153
14.	การทดสอบอุณหภูมิ.....	156
15.	กราฟแสดงความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	168
16.	การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	171
17.	การทดสอบ Output ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยวิธีอ้อม.....	177
ภาคผนวก 2	หมายกำหนดการทดสอบ.....	179
ภาคผนวก 3	หมายเลขรหัส ความหมายและหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลัง..	184
ภาคผนวก 4	หนังสืออ้างอิง.....	197

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กระแสสลับ แบบกังหันน้ำในงานตรวจรับ

Electrical Characteristic Testing of Hidraulic Turbine

AC Generator in Commissioning Job

บทที่ 1

บทนำ

ขอบเขตและวัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบกังหันน้ำ ในโรงไฟฟ้า เป็นงานด้านหนึ่งในการตรวจรับอุปกรณ์ทั้งหมด จะต้องทำเพื่อเป็นการยืนยันว่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงไฟฟ้านั้น เป็นไปตามมาตรฐาน และความต้องการที่กำหนดไว้ในสัญญา การติดตั้งกับบริษัทรับเหมา

ในงาน Commissioning เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบกังหันน้ำนี้ได้ทำการ Commissioning โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพลเครื่องที่ 2 ซึ่งอยู่ในโครงการปรับปรุงโรงไฟฟ้า (Renovation) เครื่องที่ 1 และ 2 ซึ่งเครื่องที่ 1 แล้วเสร็จไปแล้วเมื่อเดือนพฤศจิกายน 2535 และเครื่องที่ 2 แล้วเสร็จเมื่อเดือน พฤศจิกายน 2536 ขนาดกำลังผลิตเครื่องละ 75.3 MW.

เครื่องกังหันเป็นแบบ Vertical francis turbine และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแบบ Umbrella type โดยมี Guide bearing และ Thrust bearing อยู่ใต้ rotor และระบบระบายความร้อนเป็นแบบ Enclosed water air-cooled เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อโดยตรงกับเครื่องกังหัน

ในปฏิญานี้ฉบับนี้ เนื้อหาการ Commissioning จะบอกถึงการเตรียมการ การทดสอบ การดำเนินการ วิธี การทดสอบ การบันทึกผลการทดสอบ การวิเคราะห์ และการสรุปผลในช่วง Dry test และ wet test ของทางด้านตัว Generator ซึ่งจะไม่มีส่วนของ Turbine และ Equipment อื่น ๆ โดยมีการอ้างอิงจากเอกสารมาตรฐานที่เชื่อถือได้หรือการไฟฟ้าฯ ใช้เป็นมาตรฐาน หรือเป็นไปตามการตกลงร่วมระหว่างการผลิตฯ วิศวกรที่ปรึกษา (EPDCI) และบริษัทผู้ผลิต (Elin) และกล่าวถึง วิศวกรรม การของ Water Terbine ชนิดของ Turbine การคำนวณงานพลังงานจากพลังงานน้ำ เป็นพลังงานไฟฟ้า การติดตั้ง Stator-rotor winding และผลการทดสอบในการไม่อาจรวมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ตรวจรับ

บทที่ 2

ความรู้ทั่วไปและการปรับปรุงโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

1. วิวัฒนาการของ Water turbine

ในปัจจุบัน กังหันพลังน้ำเป็นที่ยอมรับกันว่า เป็นต้นกำลังที่มีประสิทธิภาพสูง ตัวเครื่องไม่ยุ่งยาก ควบคุมง่าย อีกทั้งมีอายุการใช้งานยาวนาน ในระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ เครื่องกังหันพลังน้ำใช้เป็นเครื่อง Standby ได้เหมาะสมกว่าเครื่องกังหันชนิดอื่นทั้งหมด เนื่องจากสามารถเดินเครื่องได้ทันทีแม้ขณะเครื่องเย็น และรับ Load ได้รวดเร็ว อาจใช้เวลาเพียง 4-10 วินาที ในการเดินเครื่องรับ load จาก Speed-no-load ไปจนถึง Full load และยังสามารถลด Load ได้อย่างรวดเร็ว โดยปราศจากอันตรายที่จะเกิดแก่ตัวเครื่อง

กังหันพลังน้ำมีระบบควบคุมที่ไม่ยุ่งยากจึงได้รับการพัฒนาให้สามารถเดินเครื่องด้วยระบบอัตโนมัติทั้งหมด รวมทั้งระบบ Remote control และระบบ Joint control เป็นต้น และเนื่องจากกังหันพลังน้ำมีคุณสมบัติได้เปรียบหลายประการ ในระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่จึงใช้กังหันไอน้ำจ่าย Load คงที่ (Block load) โดยมีกังหันพลังน้ำจ่าย Peak load ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวัน

มนุษย์เริ่มรู้จักใช้พลังงานจากน้ำตั้งแต่สมัยโบราณ เช่น ในประเทศจีนใช้กังหันแบบ Peddle เป็นเครื่องผ่อนแรงในการวิดน้ำเข้านา ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนากังหันพลังน้ำ ขั้นตอนการวิวัฒนาการของกังหันพลังน้ำพอสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

ค.ศ.1827 Fourneyron turbine ประดิษฐ์โดย M.Fourneyron ชาวฝรั่งเศส ซึ่งมีลักษณะเป็นกังหันแบบ Open flume radial flow-out

ค.ศ.1843 Jonval turbine ประดิษฐ์โดย Jonval ชาวฝรั่งเศสเป็นแบบ Open flume axial flow

ค.ศ.1849 Francis turbine ประดิษฐ์โดย Jame bichems Francis ชาว American ซึ่งในแบบต้น ๆ เป็นแบบ Open flume inward flow ต่อมาได้รับการปรับปรุงเรื่อง Spiral case และ Gate mechanism โดย S. Tomson ชาวอังกฤษ

ค.ศ.1880 Pelton turbine ประดิษฐ์โดย Laster A.Pelton ชาว American โดยปรับปรุงจาก "Hardy-Gurdy wheel" ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น
ค.ศ.1922 Kaplan turbine ประดิษฐ์โดย Professor Kaplan เหมาะสำหรับ head ต่ำ

ค.ศ.1952 Deriaz turbine ประดิษฐ์โดย P.Deriaz ชาวอังกฤษซึ่งเหมาะสมที่จะใช้เป็น pump turbine

ที่กล่าวมานี้เป็นเพียงก้าวสำคัญ ด้านวิวัฒนาการของกังหันพลังน้ำ เมื่อสงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุดลง ทุกประเทศในโลกมีความต้องการพลังงาน เพื่อการพัฒนาประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับปัญหาจากราคาของถ่านหิน และน้ำมันสูงขึ้นและเริ่มขาดแคลนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจึงมุ่งความสนใจมาสู่พลังน้ำ แม้ในประเทศที่มีถ่านหินและน้ำมันเป็นของตัวเองก็เน้นที่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานน้ำให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ กังหันพลังน้ำจึงมีการพัฒนาจนมีรูปร่าง และประสิทธิภาพสูงดังที่เห็นอยู่ในปัจจุบัน

ในอนาคตพลังงานนิวเคลียร์จะเป็นแหล่งพลังงานหลักที่มีความสำคัญในการผลิตกระแสไฟฟ้ามากที่สุด แต่ถึงแม้การใช้พลังงานนิวเคลียร์จะเพิ่มขึ้นเช่นไร ก็จะไม่เป็นผลให้เกิดการลดหรือเลิกใช้พลังน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าแต่อย่างใดกลับได้รับการปรับปรุงรูปแบบของการผลิตไฟฟ้า เพื่อให้เหมาะสมกับแนวโน้มในอนาคตโดยใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพื่อผลิต Base load ในขณะที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำจะติดตั้งเป็นแบบโรงไฟฟ้าสูบน้ำกลับ Pump storage station เพื่อผลิตไฟฟ้าให้ได้เพียงพอในช่วง Peak load ส่วนในช่วง Load ต่ำ ก็จะนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตเหลือ จากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำมาใช้เดินเครื่องเป็น Pump สูบน้ำจากท้ายน้ำขึ้นไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำ โรงไฟฟ้าแบบนี้เหมาะสำหรับระบบไฟฟ้ามาก ด้วยเหตุผลข้อนี้เพียงอย่างเดียวก็ดูเหมือนว่า การผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำจะยังคงเป็นที่ยอมรับและมีใช้ต่อไปอีกเป็นเวลายาวนาน

2. ชนิดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Type of Hydro Plants)

1. Run of river plants without pondage จะตั้งขวางทิศทางการไหลของน้ำไม่สามารถเก็บกักหรือรวบรวมปริมาณน้ำไว้เพื่อใช้ในช่วง Peak load

2. Base load plants สามารถเดินเครื่องติดต่อกันตลอดปี มีกำลังผลิตสูง

3. Run of river hydro plants with pondage มีอ่างน้ำอยู่เหนือโรงจักรใช้ท่อสำหรับน้ำเข้าไปหมุน Turbine

4. Peak load hydro plants มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ Head สูง พื้นที่ผิวหน้าต่ำ ข้อดีช่วยลดการระเหยของน้ำและพื้นที่ที่ถูกลบท่วม
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก่อน ในอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชนิดของ Hydraulic Turbine

กังหันน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ Impulse และ Reaction turbine

1. Impulse turbine

กังหันพลังน้ำแบบ Impulse Turbine ที่มีใช้กันในปัจจุบันของประเทศไทย คือ Pelton Turbine และ Cross Flow Turbine

1.1 Pelton turbine

เป็นกังหันแบบ Impulse ที่มีใช้อยู่มากที่สุดในปัจจุบัน โดยเฉพาะสำหรับกรณี head สูง turbine ถูกขับเคลื่อนด้วยพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ของน้ำที่พุ่งเป็นลำ (Jet) จากหัว Nozzle พุ่งมากระทบกับ Bucket ซึ่งติดอยู่รอบ Runner แล้วถูกผลักดันให้หมุนไปโดย Bucket ตัวถัดมาก็จะหมุนมาอยู่ในตำแหน่งที่ถูก Jet พุ่งชนอีกเช่นนี้โดยต่อเนื่องกันทำให้ Runner หมุนด้วยความเร็วรอบและแรงบิด (Torque) ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป ส่วนประกอบสำคัญที่แตกต่างจากกังหันชนิดอื่นได้แก่ Runner nozzle & Needle และ Deflector

1.2 Cross-flow turbine

เป็นกังหันแบบ Impulse ขนาดเล็ก Power output ไม่เกิน 1000 KW ใช้ได้กับ Head ตั้งแต่ 7-100 เมตร มีโครงสร้างง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน เหมาะสำหรับใช้เป็นต้นกำลัง เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้แก่ชนบทหรือท้องถิ่นห่างไกล ซึ่งการเดินทางส่งกำลังไฟฟ้าทำได้ยาก หรือต้นทุนสูงไม่คุ้มทุน แต่ในกรณี Head สูงกว่า 100 เมตรควรจะใช้แบบ Francis หรือ Pelton จะดีกว่า

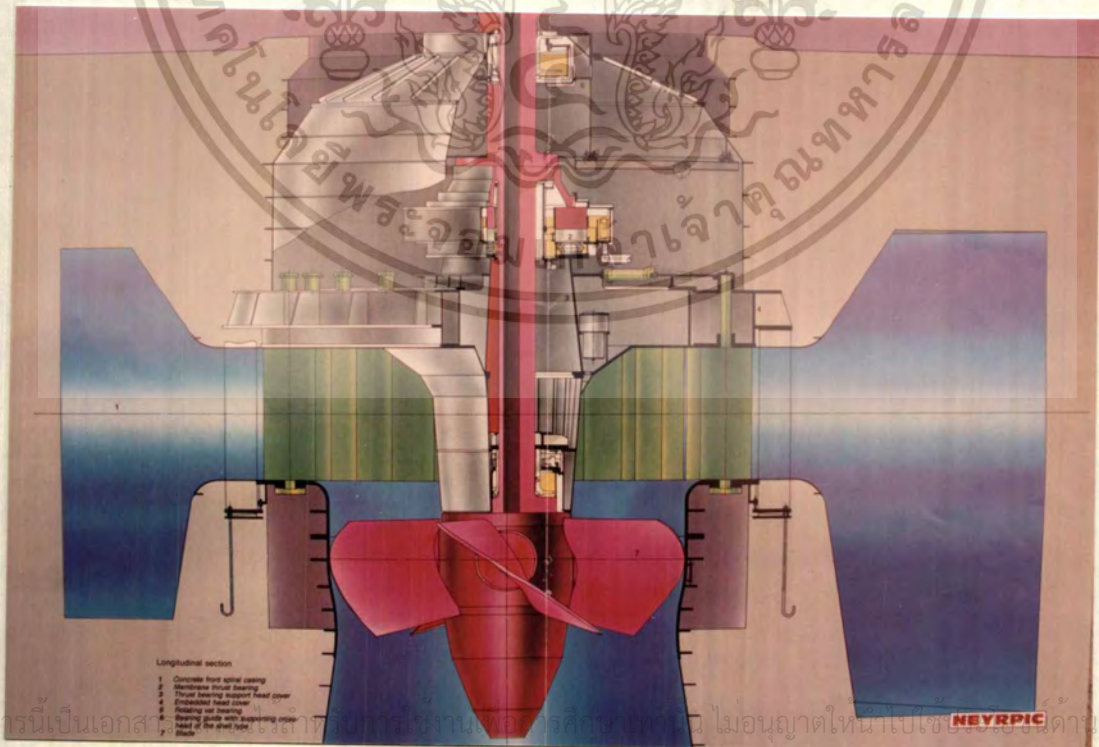
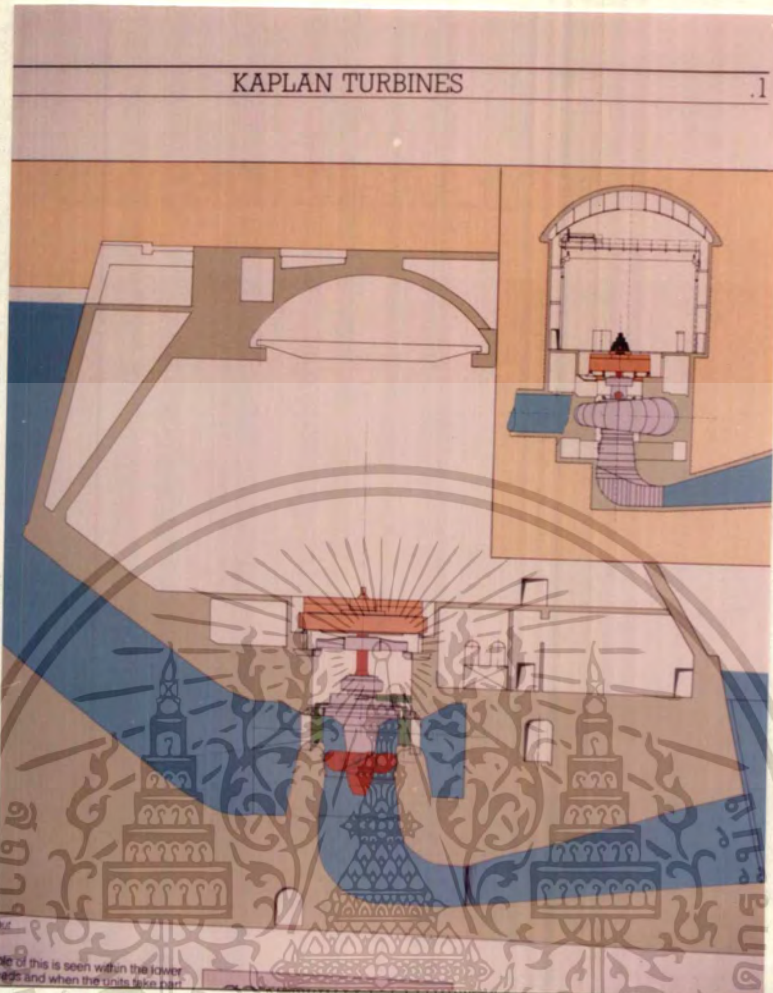
2. Reaction turbine

แบ่งตามลักษณะการไหลของน้ำเข้าสู่ Runner มี 3 ชนิด

1. Radial flow turbine คือ ที่น้ำไหลเข้าสู่ Runner ในแนวรัศมีได้แก่ Francis turbine

2. Axial flow turbine คือ Turbine ที่น้ำไหลเข้าสู่ Runner ตามแนวแกนของ Shaft turbine ชนิดนี้ยังแบ่งได้อีกเป็น Propeller Turbine (Fixed blade) และ Kaplan Turbine (Adjustable blade)

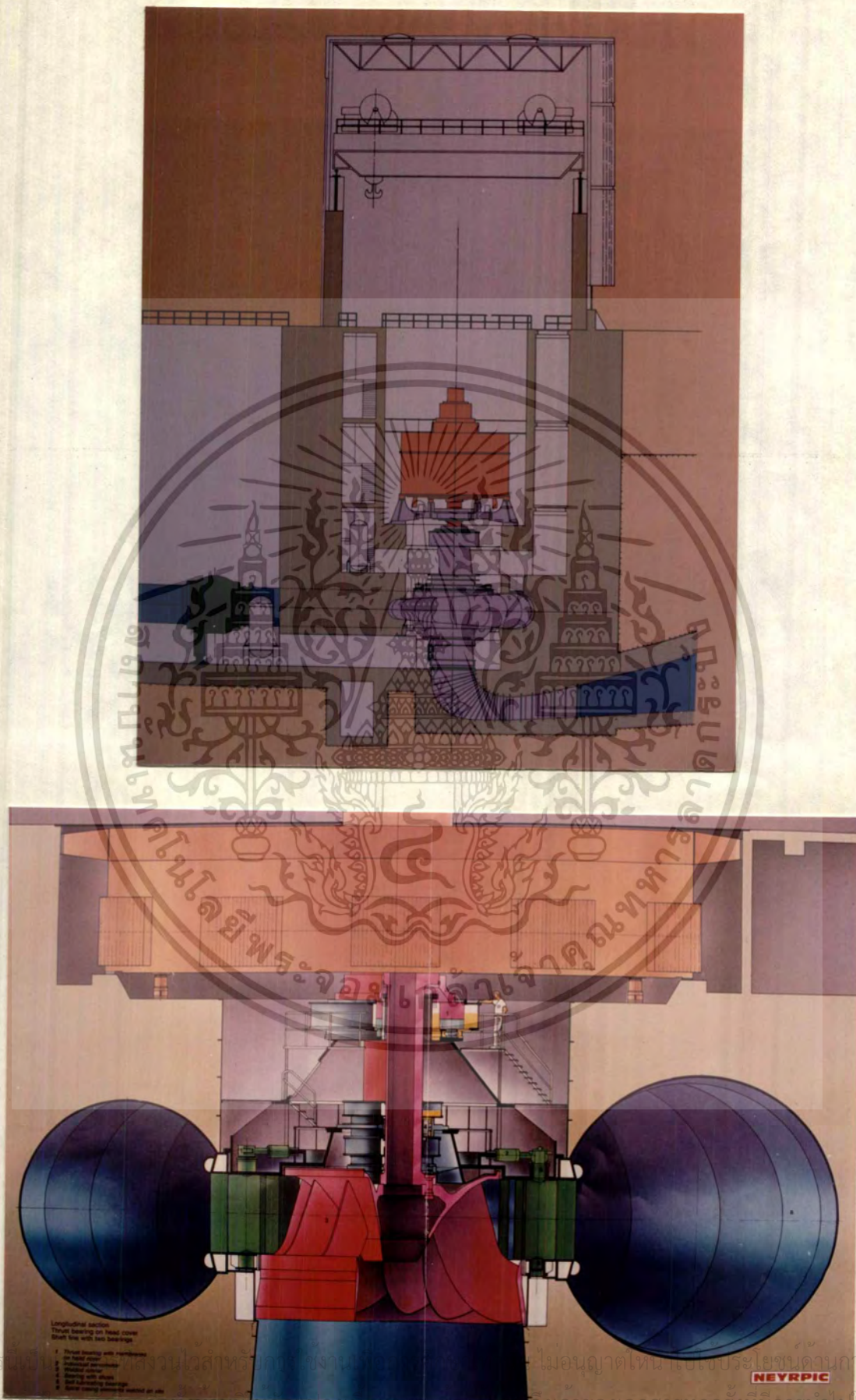
3. Diagonal flow turbine เป็นแบบผสมระหว่าง Radial และ Axial flow turbine ได้แก่ Deriaz Turbine มีส่วนประกอบยุ่งยากซับซ้อน ยังไม่มีใช้ใน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผลิตขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ในประเทศไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า

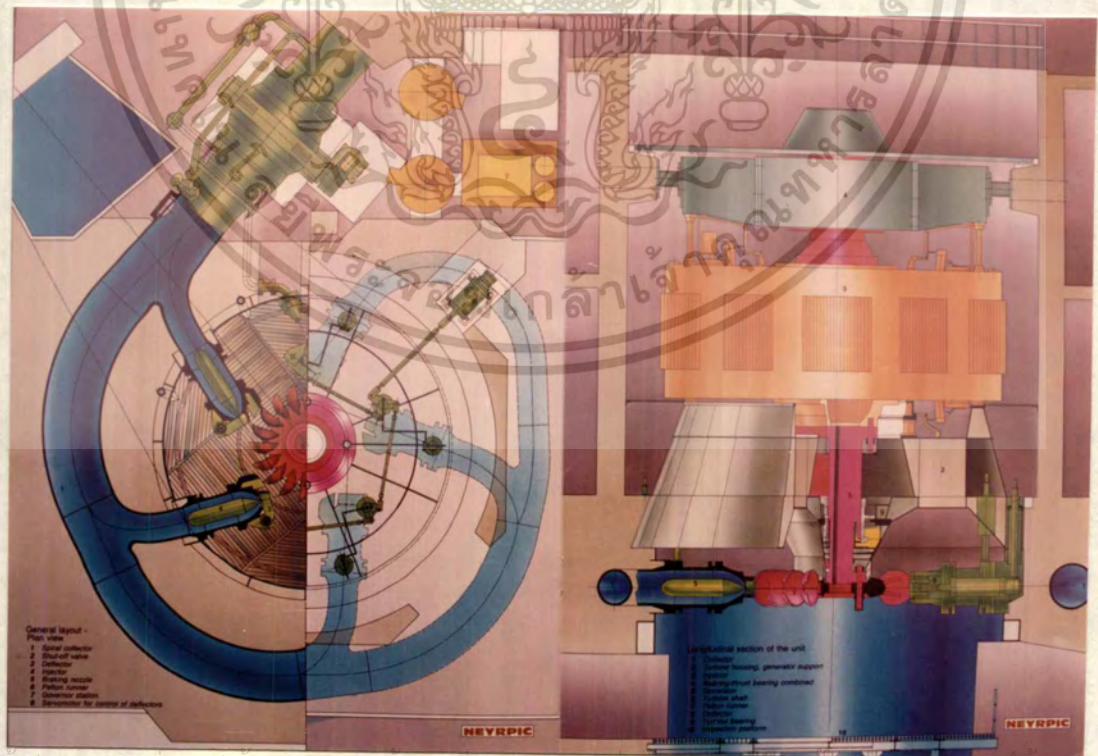
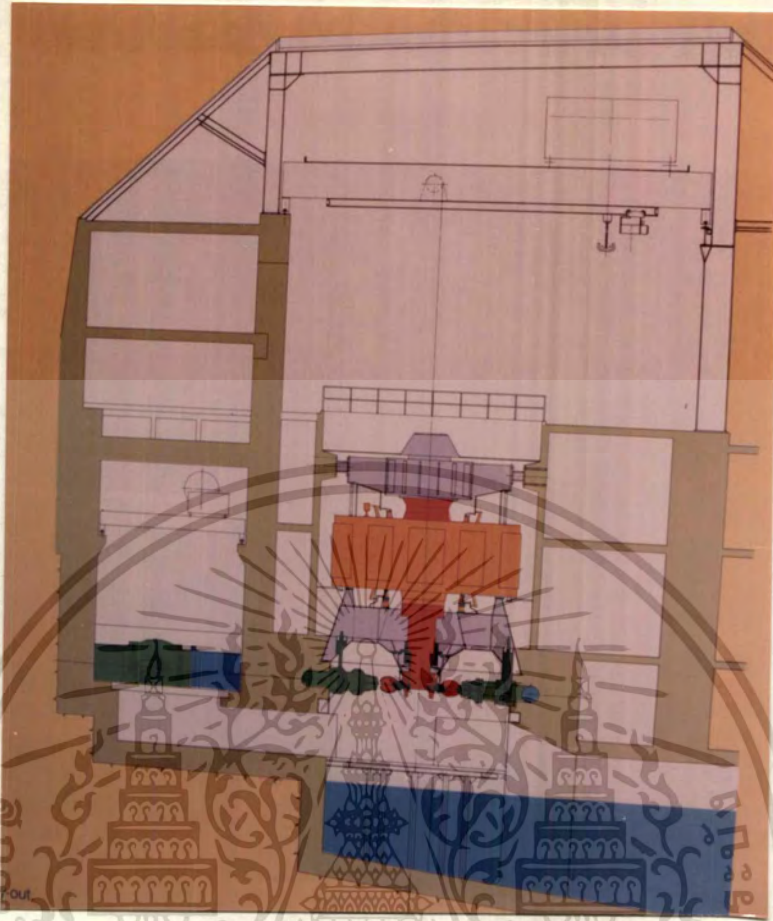
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กึ่งहनพลังนำชนิด Kaplan Turbine



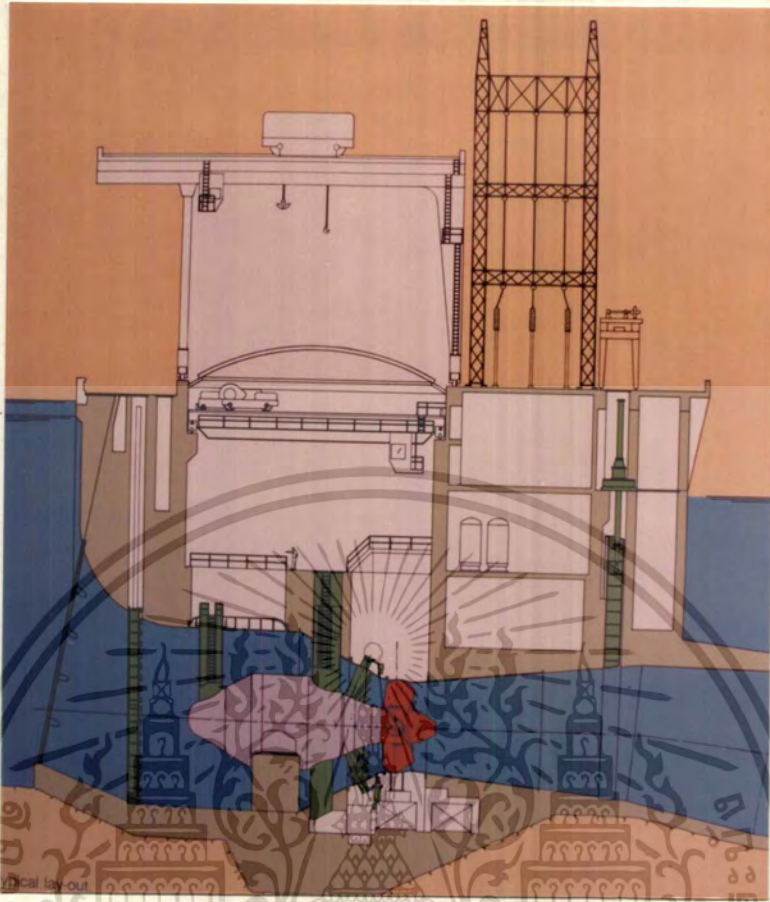
เอกสารนี้เป็นเอกสารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ

กังหันพลังน้ำชนิด Francis Turbine

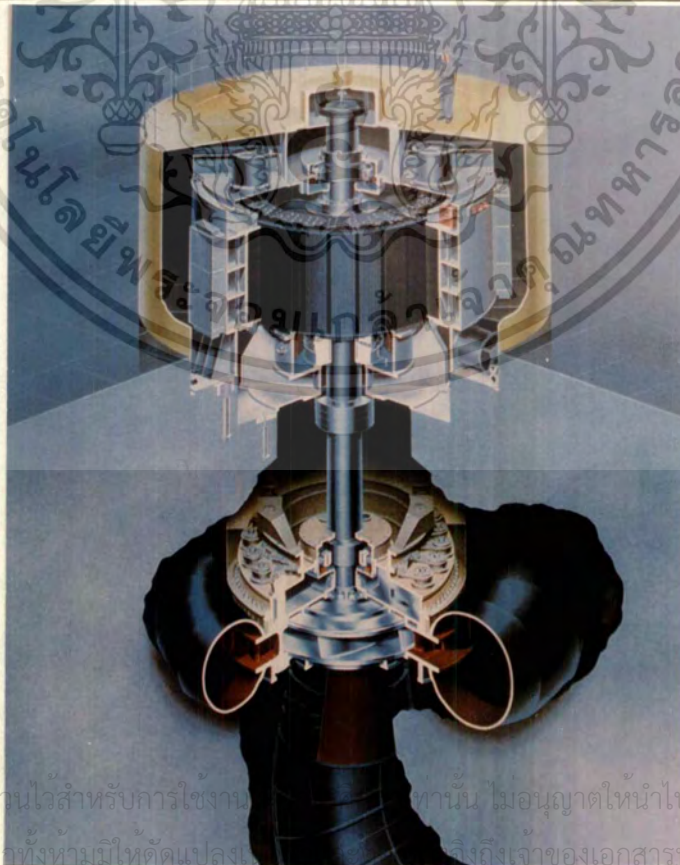
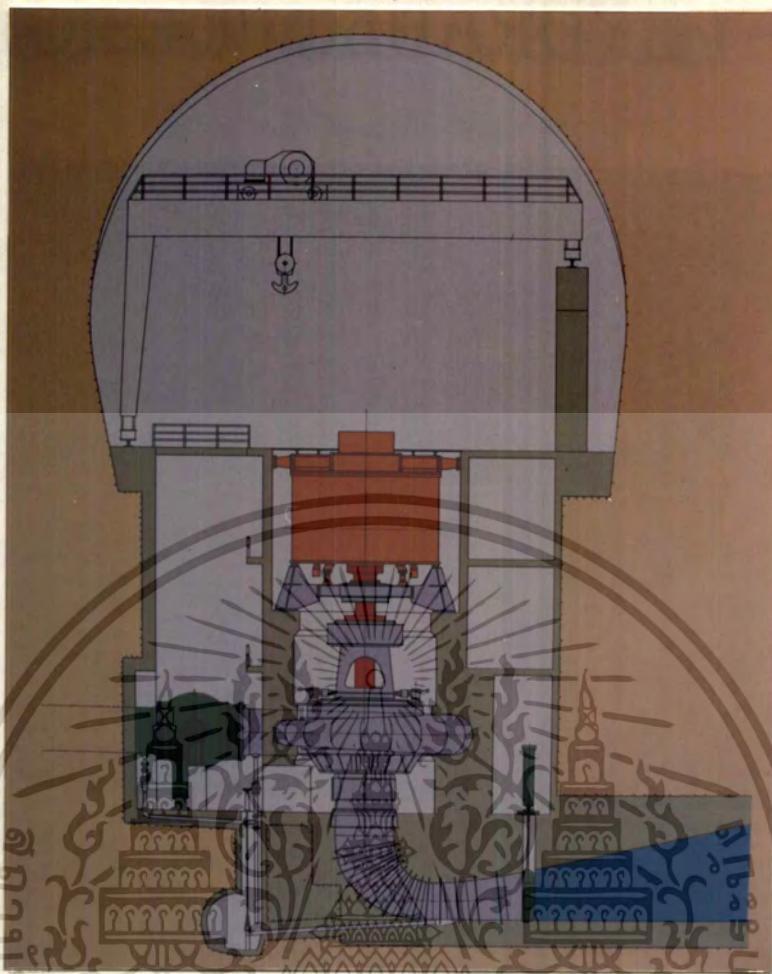


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนงานวิชาการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กังหันพลังน้ำชนิด Pelton Turbine



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ปรึกษาหารือ... ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
กังหันพลังน้ำชนิด Bulb Turbine



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กังหันพลังน้ำชนิด Pump Turbine

033338

Francis turbine เป็นกังหันที่มีใช้มากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากส่วนประกอบง่าย ให้ประสิทธิภาพสูงและสามารถใช้กับ Head ค่อนข้างต่ำจนถึง Head สูง แต่ในกรณี Head ต่ำ Kaplan turbine จะให้ประโยชน์สูงสุด เนื่องจากสามารถปรับมุม Blade ได้ จึงทำให้ประสิทธิภาพสูงในทุก ๆ ช่วงของ Load

Reaction turbine อีกชนิดหนึ่งคือ Bulb turbine ซึ่งมีใช้อย่างมากสำหรับในประเทศไทย กำลังติดตั้งอยู่ที่เขื่อนปากมูล จ.อุบลราชธานี Bulb turbine ก็คือ Kaplan turbine ซึ่ง Turbine มีลักษณะเป็น Package type คือมี Turbine และ Generator อยู่ใน Caseing ที่มีรูปร่างคล้ายกะเปาะ (Bulb) และ Caseing นี้จมอยู่ในน้ำ

2.1 Francis turbine

เป็นกังหันแบบ Radial flow คือ น้ำภายใต้ Pressure ไหลเข้าสู่ Runner ทางด้านข้างโดยรอบแล้ว Discharge ออกทาง Axial หรือ แนวแกนของ Shaft การหมุนของ Runner จะทำให้เกิดแรงเหวี่ยง ซึ่งส่งถ่ายให้แก่ น้ำที่ไหลเข้า Runner Pressure น้ำที่ Runner inlet จึงต้องสูงเพียงพอที่จะเอาชนะแรงเหวี่ยงนี้ และ Pressure ยังต้องทำให้เกิดความเร่งของน้ำใน Runner อย่างเพียงพอที่จะ Discharge น้ำผ่าน runner vanes จากการที่ pressure ของน้ำตกลงระหว่างผ่าน runner Francis turbine จึงจัดอยู่ใน Water turbine แบบ Reaction

2.2 Kaplan and propeller turbine

Kaplan turbine มีส่วนประกอบคล้ายกับ Francis turbine มาก Kaplan turbine น้ำที่ผ่าน Guide vane ในแนวรัศมี (Radial) จะถูกบังคับให้เปลี่ยนเป็นการไหลในแนวแกนโดย Turbine cover แล้วจึงเข้าสู่ Runner และออกสู่ Draft tube ในแนวแกน Kaplan จะมีระดับ Head ประมาณ 150-200 ฟุต ส่วน Propeller จะมี Head ไม่เกิน 90 ฟุต

4. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนด้วยกังหันน้ำ จำแนกตามความเร็ว (Speed) และขนาดอย่างกว้าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เครื่อง High speed ขนาดเล็ก คือ ขนาด 200-2,000 KVA. หมุน 1,000-750 รอบต่อนาที (หรืออาจต่ำกว่านี้) ส่วนมากเป็นชนิดเพลาแนวนอน (Horizontal shaft) ต่อตรงกับ Impulse turbine

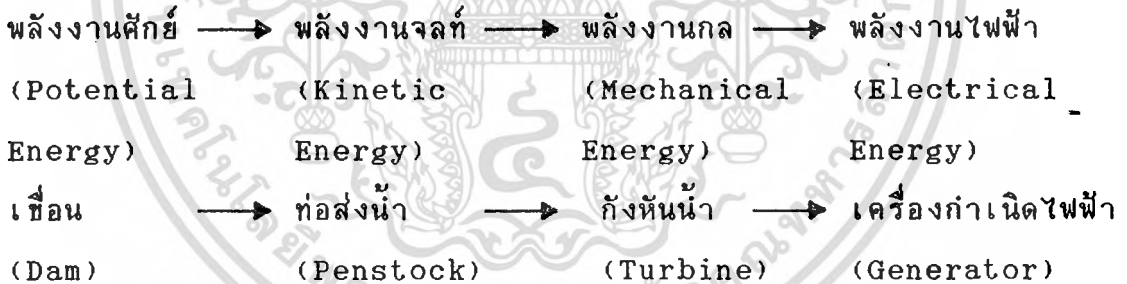
2. เครื่อง High speed ขนาดใหญ่ คือ ขนาด 3,000 - 100,000 KVA. (หรือสูงกว่านี้) หมุน 750-330 รอบต่อนาที มีทั้งชนิดเพลานอนและเพลาดิ่ง เหมาะกับ Impulse หรือ Reaction turbine

3. เครื่อง Low speed ขนาดเล็ก คือ ขนาด 200-2,000 KVA หมุน 250 รอบต่อนาทีลงมา จนถึงขนาด 5,000-10,000 KVA หมุน 125 รอบต่อนาทีลงมา ส่วนมากเป็นชนิดเพลาดิ่ง เหมาะกับ Francis หรือ Kaplan turbine

4. เครื่อง Low speed ขนาดใหญ่ คือ ขนาด 5,000-250,000KVA. หรือ สูงกว่านี้ หมุน 250-75 รอบต่อนาที เป็นชนิดเพลาดิ่ง เหมาะกับ Francis หรือ Kaplan turbine

5. การคำนวณกำลังการผลิต

การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ คือการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำจากสถานะพลังงานศักย์ เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อน



การแปรสภาพจากพลังน้ำมาเป็นพลังไฟฟ้า โดยอาศัยกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นไปตามสูตรดังนี้

$P = 9.8 * H * Q$ KW.

หรือ $P = 9.8 * n_p * n_t * n_g * H * Q$ KW.

เมื่อ $P =$ กำลังผลิตเป็นกิโลวัตต์

$H =$ ความสูงของระดับน้ำแจ้งผล (effective head) เป็นเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ $Q =$ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านกังหันน้ำ (Discharge) เป็น ลิตร/วินาที

ไม่ว่ากรณีใดๆ $n_p =$ ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ มีค่า 93% $n_t =$ ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

n_g = ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีค่า 97%

n_p = ประสิทธิภาพของท่อส่งน้ำ 90%

พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี = $2730 D * H * n_T * n_p * 10^{-6}$ (ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

เมื่อ D = จำนวนน้ำที่ปล่อยผ่านกังหันต่อปีเป็นล้าน ลบ. เมตร

และ $Q = 3479 * k * \sqrt{H} * d^2$

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อส่งน้ำ เป็นเมตร

k = ค่าคงที่ (มีค่าประมาณ 0.10-0.20)

คุณสมบัติทางชลศาสตร์ประการหนึ่ง กังหันน้ำ คือ Specific Speed ซึ่งมีค่านิยามว่า เป็นความเร็วรอบต่อหน้าที่ของกังหันน้ำที่ให้กำลังได้ 1 แรงม้า ภายใต้ Head 1 เมตร ขณะที่ Wicket gate (guide vane) เปิดเต็มที่ และกังหันน้ำทำงาน ณ จุดที่ประสิทธิภาพสูงสุดหรือเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$n_s = \frac{n \sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

เมื่อ n_s = Specific Speed

n = ความเร็วรอบต่อนาที

P = แรงม้าเมตริก

H = head เป็นเมตร (=0.7355 kW)

การเลือกใช้กังหันน้ำมีหลักเกณฑ์กว้าง ๆ ดังนี้

Turbine Type	Head เป็นเมตร	n_s	
Fixed blade propeller	1-30	8.3-300	Head ต่ำหมายถึงต่ำกว่า 30 เมตร
Kaplan	1-60	1,100-400	Head กลางหมายถึงระหว่าง 30-300 เมตร
Francis	25-450	400-50	Head สูงมากกว่า 300 เมตรขึ้นไป
Pelton	>250	50-30	(Multi Nozzle)
		30-13	(Single Nozzle)

ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

$$n_T = \frac{\text{Generator kW}}{1370 QH}$$

H = ผลต่างระหว่างระดับน้ำเหนือเชื่อมกับท้ายเชื่อมเป็นเมตร ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเข้ากังหันน้ำนี้จะเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิภาคตรงกับรากที่สอง (Square Root) ของ Head ดังนี้

$$Q = K_1 * \sqrt{H}$$

เมื่อ K_1 เป็นค่าคงที่

$$\text{แต่ } P = K_2 * Q * H$$

เมื่อ K_2 เป็นค่าคงที่

$$\text{พลังงาน } P = K_2 * K_1 * \sqrt{H} * H$$

$$\text{หรือ } P = K * H^{3/2}$$

$$\text{เมื่อ } K = K_1 * K_2$$

นั่นคือพลังงาน (Out-put energy) จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ Head

จากความสัมพันธ์ข้างต้น เราจะได้ว่า

"เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงของ head จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของพลังงานเปลี่ยนไปประมาณ 1 เท่า คือถ้า head เปลี่ยนไปจากเดิม (สูงขึ้นหรือต่ำลง) 1% พลังงานที่ได้จะมากขึ้นหรือน้อยลงตามไปด้วยประมาณ 1.5% จากจำนวนเดิม

Head Variation

โดยปกติแล้ว Head ของน้ำจะไม่คงที่ คือ มีการเปลี่ยนแปลงเป็นประจำตามฤดูกาล Turbine ต่าง ๆ สามารถสนองรับได้ ดังนี้

Turbine Type

Head Variation ไม่เกิน

Impulse

55%

Francis

70%

Kaplan

40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลีจิ่งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลโรงจักรพลังน้ำของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ.2536

ชื่อเขื่อน	ที่ตั้ง (จังหวัด)	ชนิดของ Turbine	จำนวน Unit	กำลังผลิต MVA
แก่งกระจาน	เพชรบุรี	Kaplan	1	21.2
เขาแหลม	กาญจนบุรี	Francis	3	69,92,115
ศรีนครินทร์	กาญจนบุรี	Francis	5	150*3,220*2
ท่าทุ่งนา	กาญจนบุรี	Kaplan	2	20*4
ช่องเกล้า	ปราจีนบุรี	Pelton	1	0.03
จุฬารามณ์	ชัยภูมิ	Pelton	2	22.5*2
ห้วยกุ่ม	ชัยภูมิ	Francis	1	1.5
สิรินธร	อุบลราชธานี	Francis	3	14*3
อุบลรัตน์	ขอนแก่น	Kaplan	3	12*3
น้ำพุง	สกลนคร	Francis	2	3.5*2
รัชชประภา	สุราษฎร์ธานี	Francis	3	89*3
บางกลาง	ยะลา	Francis	3	28.24*3
บ้านสันติ	ยะลา	Francis	1	1.5
ภูมิพล	ตาก	Francis	7	80.3*2, 73.7*4,121.7
สิริกิต	อุตรดิตถ์	Francis	3	132*3
แม่จืด	เชียงใหม่	Kaplan	2	5*2
บ้านขุนกลาง	เชียงใหม่	Cross Flow	2	0.1125*2
บ้านยาง	เชียงใหม่	Cross Flow	2	0.07*2

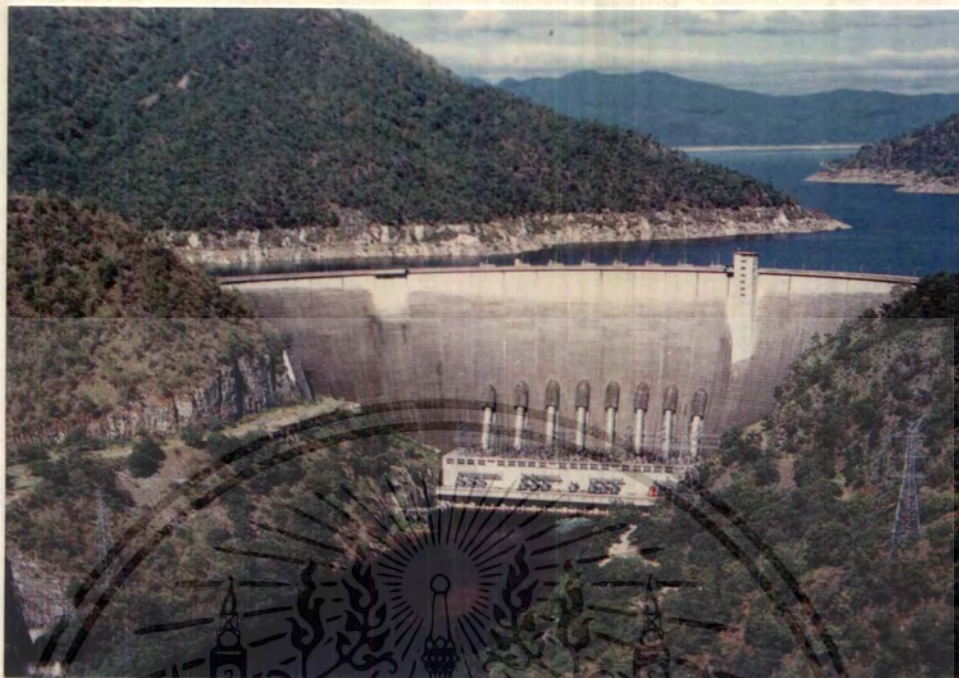
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลทางเทคนิค

ข้อมูลทางเทคนิคของงานปรับปรุงโรงไฟฟ้าเขื่อนภูมิพล เครื่องที่ 1 และ 2
ที่ตั้ง โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล บ้านท่าปุย ต. เขาแก้ว
 อ.สามเงา จ.ตาก

รายการ	ลักษณะ/ข้อมูล ก่อนทำการปรับปรุง	ลักษณะ/ข้อมูล หลังทำการปรับปรุง	อุปกรณ์ที่ เปลี่ยนแปลง
กำลังผลิต			
สูงสุด	84.5 MW. (Head 123.2 M, Discharge 75.8 cms.)	96.0 MW. (Head 123.2 M, Discharge 84.0 cms.)	
พิกัด	72.34 MW. (Head 100.0 M, Discharge 79.5 cms.)	77.5 MW. (Head 100.0 M, Discharge 84.0 cms.)	Runner, อุปกรณ์ ประกอบเครื่อง กักทันน้ำ, ชุดควบคุม ความเร็ว
ต่ำสุด	38.03 MW. (Head 71.8 M, Discharge 61.0 cms.)	42.5 MW. (Head 71.8 M, Discharge 61.0 cms.)	(Spec, Schedule I.)
ความเร็วรอบ	150 รอบ/นาที	150 รอบ/นาที	
Speed Governor	Mechanical type	Electro-hydrau- lic PID. type	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
สายส่งระบบจำหน่ายแรงสูงจากเขื่อนภูมิพล

รายการ	ลักษณะ/ข้อมูล ก่อนทำการปรับปรุง	ลักษณะ/ข้อมูล หลังทำการปรับปรุง	อุปกรณ์ที่ เปลี่ยนแปลง
<p><u>เครื่องกำเนิดไฟฟ้า</u></p> <p>แบบ</p> <p>จำนวน</p> <p>กำลังผลิต</p> <p>สูงสุด</p> <p>พิกัด</p> <p>พิกัดเพาเวอร์แฟคเตอร์</p> <p>พิกัดแรงดัน</p> <p>ความเร็วรอบ</p> <p>พิกัดความถี่</p> <p>ระดับชั้นของฉนวน</p> <p>Excitation</p>	<p>กระแสสลับ 3 เฟส</p> <p>ซิงโครนัส, แกนตั้ง,</p> <p>ระบายความร้อนด้วย</p> <p>อากาศ, umbrella</p> <p>type</p> <p>2 เครื่อง</p> <p>84.7 MVA.</p> <p>73.7 MVA.</p> <p>0.95 lag</p> <p>13.8 kv.</p> <p>150 รอบ/นาที</p> <p>50 Hz</p> <p>B</p> <p>Amplidyne type</p>	<p>กระแสสลับ 3 เฟส</p> <p>ซิงโครนัส, แกนตั้ง,</p> <p>ระบายความร้อนด้วย</p> <p>อากาศ, umbrella</p> <p>type</p> <p>2 เครื่อง</p> <p>99.5 MVA.</p> <p>80.3 MVA.</p> <p>0.95 lag</p> <p>13.8 kv.</p> <p>150 รอบ/นาที</p> <p>50 Hz</p> <p>F</p> <p>Static type</p>	<p>Stator core,</p> <p>Stator coil,</p> <p>Field coil,</p> <p>อุปกรณ์ระบบ</p> <p>excitation</p> <p>(Spec,</p> <p>Schedule</p> <p>II.)</p>
<p><u>อุปกรณ์และระบบควบคุม</u></p> <p>ระบบควบคุม</p> <p>Generator CB.</p>	<p>Manual operation</p> <p>Air-Blast type</p>	<p>One-man control</p> <p>(computerized</p> <p>control)</p> <p>SF-6 Gas type</p>	<p>อุปกรณ์ควบคุม,</p> <p>Gen. CB</p> <p>(spec,</p> <p>Schedule</p> <p>III.)</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่
 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 841. 842. 843. 844. 845. 846. 847. 848. 849. 850. 851. 852. 853. 854. 855. 856. 857. 858. 859. 860. 861. 862. 863. 864. 865. 866. 867. 868. 869. 870. 871. 872. 873. 874. 875. 876. 877. 878. 879. 880. 881. 882. 883. 884. 885. 886. 887. 888. 889. 890. 891. 892. 893. 894. 895. 896. 897. 898. 899. 900. 901. 902. 903. 904. 905. 906. 907. 908. 909. 910. 911. 912. 913. 914. 915. 916. 917. 918. 919. 920. 921. 922. 923. 924. 925. 926. 927. 928. 929. 930. 931. 932. 933. 934. 935. 936. 937. 938. 939. 940. 941. 942. 943. 944. 945. 946. 947. 948. 949. 950. 951. 952. 953. 954. 955. 956. 957. 958. 959. 960. 961. 962. 963. 964. 965. 966. 967. 968. 969. 970. 971. 972. 973. 974. 975. 976. 977. 978. 979. 980. 981. 982. 983. 984. 985. 986. 987. 988. 989. 990. 991. 992. 993. 994. 995. 996. 997. 998. 999. 1000.

| รายการ | ลักษณะ/ข้อมูล
ก่อนทำการปรับปรุง | ลักษณะ/ข้อมูล
หลังทำการปรับปรุง | อุปกรณ์ที่
เปลี่ยนแปลง |
|--------------------|--|------------------------------------|---------------------------|
| <u>ลานไกวไฟฟ้า</u> | | | |
| แบบ | flattop, strain-bus with double bus switching arrangement | - | ไม่มีการเปลี่ยนแปลง |
| ขนาด | กว้าง 34.0 ม.*
ยาว 44.5 ม. | - | |
| ขนาดแรงดัน | 230 kV.& 69 kV. | - | |
| <u>ระบบสายส่ง</u> | จากลานไกวไฟฟ้า ถึง สถานีย่อยนครสวรรค์ ด้วยระบบแรงดัน 230 kV. | - | ไม่มีการเปลี่ยนแปลง |

7. การประกอบ Stator winding (Frabrication of stator winding)

- แบบการติดตั้งขดลวด stator
- การต่อขดลวด stator
- Winding diagram
- การติดตั้งตัวตรวจจับอนุกรมที่ stator เครื่องมือและ/หรืออุปกรณ์พิเศษที่ต้องการ
- ตัวรองรับในแนวเพลลาของ Bar ends
- Pressure pieces สำหรับยึด Bars ใ้แน่น

เอกสารนี้เป็น Dosing equipment ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ อุปกรณ์ Pneumatic ดัฟพร้อม Jet สำหรับผสมเรซินกับ Hardener

7.1.1 การเตรียมการสำหรับการติดตั้งขดลวด

- . จำนวน Slot ตรงตาม Stator winding diagram
- . ตรวจสอบ Winding bars ในส่วนที่มองเห็นได้
- . ตรวจสอบ Function ของ Dosing device เพื่อนำ Elastomer มาใช้ (ต้องได้รับการตรวจสอบตลอดเวลาที่งานจะถูกเริ่มขึ้นอีกครั้ง)
- . เลือกปริมาณของ Elastomer ที่พอเหมาะด้วยคิ้วไม้ที่มี Diameter เท่ากับ Bars ซึ่งจะต้องทำโดย Supervisor

ปริมาณที่พอเหมาะคือ ปริมาณที่มากที่สุดของ Elastomer ซึ่งควบคุมพื้นผิวมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ของผนังด้านข้างของ Slot โดยไม่ล้นเลยเข้าไปในห้องระบายอากาศของแกนเหล็ก และปริมาณนี้จะต้องรักษาให้คงที่ตลอดไปในการติดตั้งขดลวด

หมายเหตุ ELASTOMER เป็นสารกึ่งตัวนำ ที่บริษัท ELIN ผลิตขึ้นมาโดยมีจุดประสงค์ 2 ประการคือ

1. ช่วยยึด Stator coil และรับแรง ยึดหย่อน ที่เกิดขึ้นขณะเดินเครื่อง
2. ช่วยไม่ให้มีช่องว่างระหว่าง ขดลวดและแกนเหล็ก ถ้ามีช่องว่างจะทำให้เกิด Partial discharge และการสั่นทำให้เกิดการสูญเสีย

7.1.2 การบรรจุ Lower layer

- . Set up อุปกรณ์ในการติดตั้ง Stator bars และ รองรับในแนวแกนเพลลา
- . ฉีด Elastomer ลงที่ด้านสารของ Slot ด้วยปริมาณที่เหมาะสมในตอนกลางของ Single part stack
- . บรรจุ Lower bars โดยจัดทิศทางเดียวกับแกนเพลลา
- . Bars จะถูกปรับแต่งได้เล็กน้อยตามแนวแกน
- . ยึด bars โดยใช้คิ้วไม้แข็งและ Pressure pieces ตามแบบ "Pressure pieces for fixing the bars" โดยเริ่มต้นจากจุดกึ่งกลางของ Stack clamp bolts ต้องถูกขันอัดเพื่อให้แน่ใจว่า Elastomer นั้น กระจายอย่างสม่ำเสมอ ที่ด้านล่างของ Slot และผนังข้าง
- . กั้นแยก Bars ด้านล่างโดยใช้ Siliconized glass - fibre-filled glass fabric tube ตามแบบ "Stator winding mounted"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตรวจสอบรูปร่างของ Coil end นั้น และทำความเข้าใจหรือมัดตรวจสอบ Slots ธรรมดาๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง การนำเอาตัว Fixing ของ Bottom layer ออกต้องกระทำหลังจาก 2 วันที่ได้ทำการอัดยึดแล้ว (Fixation)

7.1.3 การเตรียม Slot thermometers

แนวการติดตั้ง Slot thermometer ต้องเป็นไปตามแบบ "Installation of stator temperature detector" และปิดด้วย Silicon protection tube แทรกตัวตรวจจับอุณหภูมิเข้าไปในช่องว่างระหว่างชั้น (Interlayer) และเติม Elastic silicon compound ลงไป หลังจากที่ได้ Compound แข็งตัวแล้ว ส่วนที่เป็นช่องว่างใน Interlayer ต้องปิดด้วย NOMEX adhesive tape

7.1.4 การติดตั้ง Slot thermometer และการวางแนวการต่อ เป็นไปตามแบบ

7.1.5 การบรรจุ Upper layer

- จัดสาร Elastomer ลงบน Bottom bar ในปริมาณเท่า ๆ กับที่ใช้ในหัวข้อก่อน
- ใส่ Interlayer
- ฉีด Elastomer ลงบน interlayer ในปริมาณเท่ากับครั้งก่อน
- บรรจุ upper bars ตามแนวแกนเหมือนกับ Lower bar และอัดให้แน่นด้วย Pressure pieces

ข้อควรระวัง การนำเอา Pressure pieces ออกต้องกระทำหลังจาก 2 วัน นับแต่วันเริ่มอัด

7.1.6 การใส่ Slot wedges

- . ทำความสะอาด Wedges และ Dove-tail slot ของแกนเหล็กด้วยน้ำยา
- . ช่องว่างระหว่าง Wedge และ Upper bar 0-0.4 mm ทำได้โดยการขัดถูด้านข้างของ Wedge ทำการปรับแต่งถ้าจำเป็น Wedge จะต้องไม่ยื่นเลยเข้าไปในช่องของ Stator
- . ใส่ Wedges เข้าไปในหลาย Slots
- . ยึด Wedges ให้แน่นโดยใช้ Elastomer ฉีดเข้าไปในช่อง Wedge รอยนูนเล็กน้อยควรโผล่ออกมาที่ปลายช่อง Wedge

7.1.7 ขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการบรรจุ Upper layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเฉพาะของกรมเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ได้
เกินเอกสารนี้ เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเฉพาะของกรมเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ได้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ถือทั้งหมดยังเป็นข้อมูลลับและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
glass fabric tube

. ตรวจสอบรูปร่างของขดลวด

7.1.8 การบัดกรีจุดต่อระหว่าง Upper และ Lower bars ด้วยเงิน

7.1.9 การใช้ Insulating caps กับจุดต่อปลายขดลวดการ Filling ให้กับ Insulation caps การผสมยาง Silicon กับด้วยส่วนประกอบ 2 ชนิด ที่ Ambient temperature

Base compound : Silicon rubber RTV 622 AB

Fire protection compound : Martinal OL-104

อัตราส่วนผสม

| | | |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| ส่วนประกอบ A
(silicone rubber) | ส่วนประกอบ B
(silicone rubber
hardener) | ส่วนประกอบกันไฟ |
| 100 ส่วนโดยมวล | 10 ส่วนโดยมวล | 40 ส่วนโดยมวล |

ช่วงเวลาของขบวนการ : ประมาณ .50 นาที

ช่วงเวลาแข็งตัว : ประมาณ 24 ชั่วโมง

Grounding Adhesive agent (901)

กรรมวิธี :

- . ทำความสะอาดและลัดจุดเชื่อม
- . ใช้ Grounding บนจุดที่จะเชื่อมและ Insulation caps

ข้อควรระวัง ปล่อยให้แห้งประมาณ 90 นาที

. ผสม Filling component อย่างพอเหมาะ

. ใช้ Insulating caps ที่ได้คำนวณปริมาณของ filling แล้วต่อมา

7.1.10 การฉีดยา Spacer ระหว่างปลายขดลวด Upper และ Lower

การเติม Siliconized glass-fibre filled glass fabric tube ซึ่งเป็นส่วนผสมของ Epoxy-resin ซึ่งจะแข็งตัวที่อุณหภูมิ Ambient

วัสดุ Epoxy-resin : Cy 8043

Hardener : Hy 242

อัตราส่วนผสม

Resin

Hardener

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 100% ส่วนโดยมวล งานเพื่อ 40% ส่วนโดยมวล ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธี

. อุ่น Resin ให้มีอุณหภูมิ 35° - 40° c และผสม Hardener ที่ Ambient temperature ในปริมาณ 200 g. - 300 g.

. เติมส่วนผสมลงในลูกสูบ Pneumatic

ข้อควรระวัง Pot life ที่ 30° c มีค่าประมาณ 40 นาที เวลาแข็งตัว Chardening time ที่ 30° c ประมาณ 15 hrs.

. ฉีดส่วนผสมของ Resin-hardener เข้าไปใน Glass-fibre filled Glass fabric tube ด้วย Pheumatic pistol และหัวฉีด (jet)

7.2 การติดตั้ง Stator winding การต่อ การทดสอบ และการให้สี

แบบที่ต้องการ -stator winding connection

-stator terminals

แบบการประกอบ -Generator neutral lead

-Winding diagram

7.2.1 การตัดแปลง การต่อขดลวด

. ติดตั้ง Connection ring segment ตามแบบ "Stator winding connections"

. ติดตั้งขั้ว Stator และ Neutral point CT

. ปรับการต่อขั้วและหม้อแปลง

. ถอด Connection ring segment terminal and transformer connection เพื่อการปรับแต่งและขบวนการเชื่อมทองเหลือง

. ทำการฉนวนจุดเชื่อมของการต่อหม้อแปลงกระแสและการต่อ Terminal ด้วย Cold-setting wet-winding insulation material

วัสดุ : เทปฉนวน (Insulation tape) : Volta flex F 0.15

Resin : CW 2245

Hardener : HY 956

อัตราส่วนผสม

Resin Hardener

100 ส่วนโดยมวล 9 ส่วนโดยมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารร่างเวลากรรมวิธีใช้ๆเพื่อ ประมาณ 60 นาที อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ช่วงเวลาการแข็งตัวเวลานี้ ประมาณ 24 hrs ที่ Ambient temperature

กรรมวิธี :

- . การรองพื้นส่วนที่จะถูกฉนวนด้วย ส่วนผสม Resin-hardener
- . พื้นเทปฉนวนให้เหลื่อมกันเล็กน้อย
- . ใช้ส่วนผสม Resin-hardener หลักทุก ๆ ชั้นของเทปฉนวน

7.2.2 การต่อขดลวด

. ปกคลุมช่องว่างสำหรับรองรับการต่อด้วย Smino compounded Silicone rubber และปล่อยให้แห้ง

วัสดุ : Silicone rubber A33

กรรมวิธี :

- . ใช้ยาง Silicone กับท่อและแผ่นด้วยเกรียวขนาดเล็ก
- . ติดตั้ง Connection ring segment ตามแบบ
- . การต่อขดลวดด้วยเงิน ทำการฉนวนจุดต่อที่ถูกเชื่อมด้วย Hard-setting Wet-winding insulation (ดู 7.2.1)

. ชั้นหัวของ CT
terminal . ติด Terminal connection และ Screw เข้าด้วยกันด้วย Network

Insulation . เชื่อมจุดต่อด้วยเงิน
Insulation . ฉนวนจุดต่อ หัวต่อและจุดต่อของหม้อแปลงด้วยวัสดุ Wet-winding

bar ด้วยเงิน . ติดตัวต่อ Coil group ของ Lower bar และเชื่อมเข้ากับ Lower

inculation (ดู 7.2.1) . ฉนวน Coil group connector ของ Lower bar ด้วย Wet-winding

Upper bars . ติดตั้ง Coil group connector ของ Upper bars และเชื่อมเข้ากับ

winding insulation (ดู 7.2.1) . ทำการฉนวน Coil group connector ของ Upper bars ด้วย Wet-

. การทดสอบทางไฟฟ้าครั้งสุดท้ายของขดลวดทั้งหมด

. เคลือบขดลวด ของ Stator (Stator bore) และ Stator bask ด้วย Insulation varnish

7.3 การประกอบ Pole Winding ใหม่ (Fabrication of the new pole windings)

7.3.1 การเตรียม Pole core สำหรับการพันลวดใหม่

- . ถอดฉนวน Core ออก
- . ถอด Holding angle ของ Upper insulation frame โดยการตัดออก
- . ทำความสะอาด Pole core และทำให้แห้งด้วย High pressure cleaner "Lospl"
- . ตรวจสอบ Pole core และชุดลวด Damper
- . ทาสีดำให้กับ Pole core ด้วย Insulation varnish
วัสดุ : 1-varnish D 1120 SW

7.3.2 แบบและอุปกรณ์เพื่อการตกแต่ง Pole

- Pole winding
- Pole complete
- Pole winding support
- อุปกรณ์พิเศษ
- Pole winding lifting device
- Pole-press frame pressing device
- Pressure plate

7.3.3 การใช้ Core insulation

- . ใช้ Epoxy glass indurated laminate, NOMEX และ Epoxy glass indurated plate 2 ชั้น ลงบน Pole core ด้วยเทปกาว และ Cold-setting epoxy resin และในระหว่างที่รอให้แข็งตัว ให้กดด้วย Pressure plate และ Screw clamp 8 ตัว (กว้าง 400 mm. รัศมี 300 mm.)

ข้อที่ควรสนใจ จุดสัมผัสของฉนวน 2 ชั้นต้องทำให้เหลื่อมกัน 30 มม. ความสูงของ Pole coil ที่ใช้ร่วมต้องถูกพิจารณาในระหว่างการใช้งานวัสดุฉนวน

อัตราส่วนผสม

Resin

Hardener

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 100 ส่วนโดยมวลเพื่อการศึกษ 25 ส่วนโดยมวล นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลากรรมวิธี : 10-20 นาที

ระยะเวลาแข็งตัว : 24 ชม. ที่ 25° c

. จับยึด Support flame โลหะเข้ากับขั้วในจำนวนที่ถูกต้องเหมาะสม

. ปรับส่วนของ Insulation flame เข้ากับ Pole core และติดกาว

ส่วนด้านหน้าเข้ากับด้านข้าง

วัสดุ : Resin : EP resin AV 138

Hardener : EP hardener HV 998

อัตราส่วนผสม : Resin Hardener

100 ส่วนโดยมวล 40 ส่วนโดยมวล

ระยะเวลาในการแข็งตัว : 8 ชม. ที่ 20° c

. เจาะรูสลักหลังกรอบนวน (Insulation frame)

. แขนงตะขอสําหรับรองรับ Pole winding

. ใช้สลักยึดลงบนแผ่นปิด (Covering plate) เช่นเดียวกับการจะถูกใช้

สําหรับ Insulation frame

7.3.4 การยึด Pole coils

. เลือก Pole coils ที่เหมาะสมกับจำนวน Pole core ตามแบบ

. ตรวจสอบ Pole coil

. ทำนวนตามขอบบนด้านข้างของ Pole shoe เพื่อนวน Coil และยึด

ด้วยเทปกาว

วัสดุ : KLBD 0.05x15 NOMEX W-F

. ยึด Coil เข้ากับเครื่องยก Pole winding ระวางตำแหน่งของการต่อ

Coil ด้วย

. แทรกใส่การนวนของด้านบนลงใน Slot ระหว่าง Core insulation กับ Pole coil และยึดให้แน่นด้วยเทปกาว

. ปรับส่วนของ Insulation frame ให้เข้ากับ Pressing frame ต่อจากนั้นติดกาวด้านหน้าเข้าด้วยกันกับด้านข้าง (EP resin AV 138 และ EP hardener HV 998)

. เจาะรูสลักหลัง Insulating frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เฉพาะที่ควรระวังอย่าให้ผู้อื่นไปเผยแพร่ (เช่นเดียวกับการใช้กาวกับ Insulating frame) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

. ทำให้แน่นขึ้นโดยใช้ Glass fibri string เส้นผ่าศูนย์กลาง 2*3 มม. หรือ 1*6 มม. (ขึ้นอยู่กับมุมลาดของ Pressing frame และ Gap ที่จะให้มีขึ้นระหว่าง Pole core) รอบ ๆ Core

. ยึด Pressing frame กับ Insulating frame

7.3.5 การยึด Pole coil

. กด Coil ลงบน Pressing frame โดยการใช้นิว Pole pressing frame-pressing device

. เชื่อม Pressing frame และ Supporting bracket ลงบน Pole and plate

. ทำความสะอาดจุดที่ถูกเชื่อม

. การทดสอบทางไฟฟ้าขั้นสุดท้าย

. ใช้ส่วนผสมของ Resin-mica เติมระหว่างช่องว่างระหว่าง Pole core และ Pressure plate การรวมกันขึ้น อยู่กับความกว้างของ Gap ควบคุมโดย Mica sand

วัสดุ : Mica sand

Stock number 5000140

EP resin CY205

BP hardener HY956

7.3.6 การทำ Pole winding support ให้เรียบร้อยสมบูรณ์

. ปรับและไขวัดตะขอลงสำหรับ Pole winding support

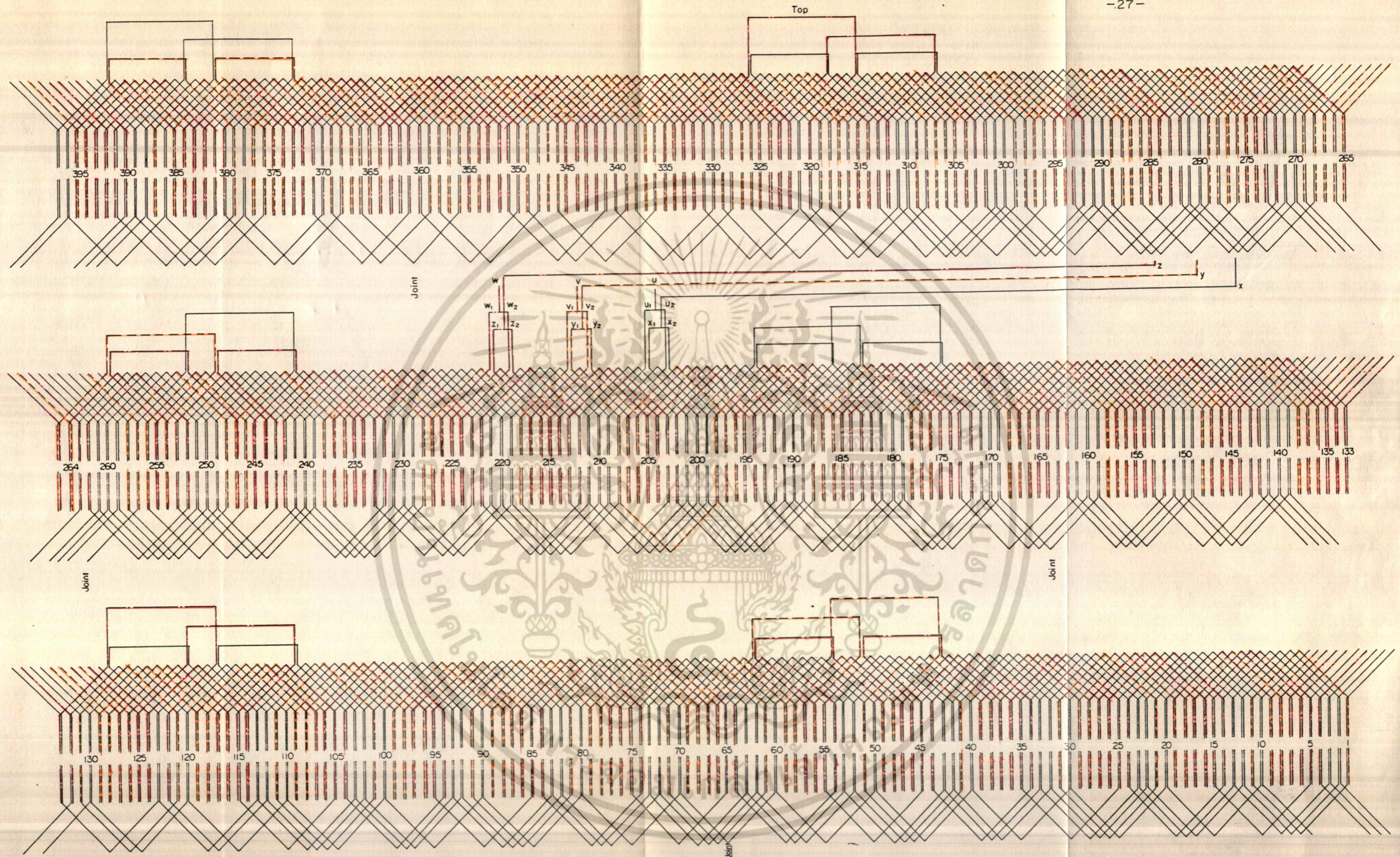
. เจาะรูสำหรับ Rivet หลัง Holding fish-plates

. ยึด Holding fish-plate เข้ากับตะขอด้วยหมุดย้ำ

. ติดตั้ง Pole winding support logs และยึดตะขอลงบน Pole core ด้วยสกรู

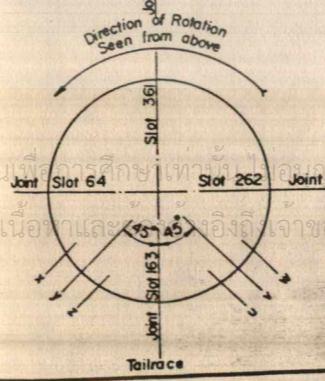
7.3.7 การเคลือบ Pole winding (รวมทั้ง Pressing frame) และ Pole shoe ด้วย Insulation varnish

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



396 Slots
 40 Poles
 3 3/10 Slots per Pole and Phase
 Winding Pitch 1-11-21
 2 Parallel Circuits

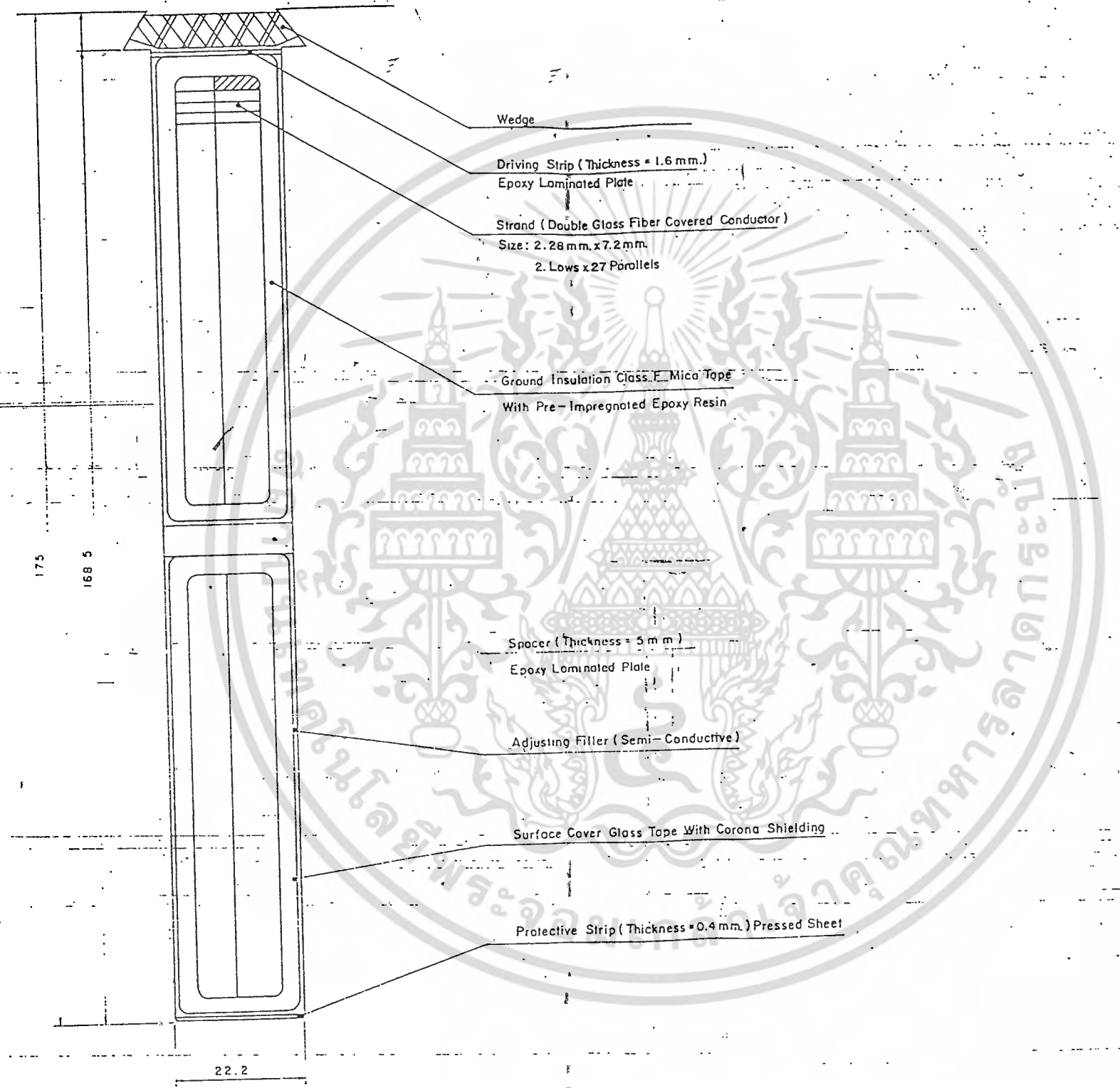
— U (x)
 - - - V (y)
 — W (z)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่ควรเปิดเผยแก่บุคคลภายนอกโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ควรกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและข้อมูลใดๆ จากเอกสารหรือรูปที่ปรากฏในเอกสาร

| | | | |
|--|--|--------------------------------|--|
| (EXISTING) | | | |
| ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND | | | |
| BHUMIBOL HYDROPOWER PLANT
RENOVATION UNIT 1 & 2 PROJECT | | | |
| WINDING SCHEME | | | |
| EGAT | E.P.D.C. INTERNATIONAL LTD.
TOKYO JAPAN | | |
| DESIGNED: <i>T. Sawamoto</i> | D.R.: 7.0 | SUBMITTED: <i>Y. Hiraga</i> | |
| DIRECTOR: NPE DEPT. | T.R.: 7.0 | RECOMMENDED: <i>Y. Kamachi</i> | |
| CONCURRED: <i>S. A.</i> | C.R.: 4.4 | APPROVED: <i>S. Marukawa</i> | |
| DEPUTY GEN. MGR. (EPT. SYS. DEV.) | | | |
| APPROVED: <i>C. P. J.</i> | | | |
| GENERAL MANAGER | DWG. NO. B-019 | DATE JAN. 1990 | |

| LOCATION | DATE | DESCRIPTION | BY |
|----------|------|-------------|----|
| | | | |
| | | | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ. ถ้าเห็น ข้อขัดแย้งให้ตัดเนื้องานนี้ออกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่ยื่นกลับมาใช้

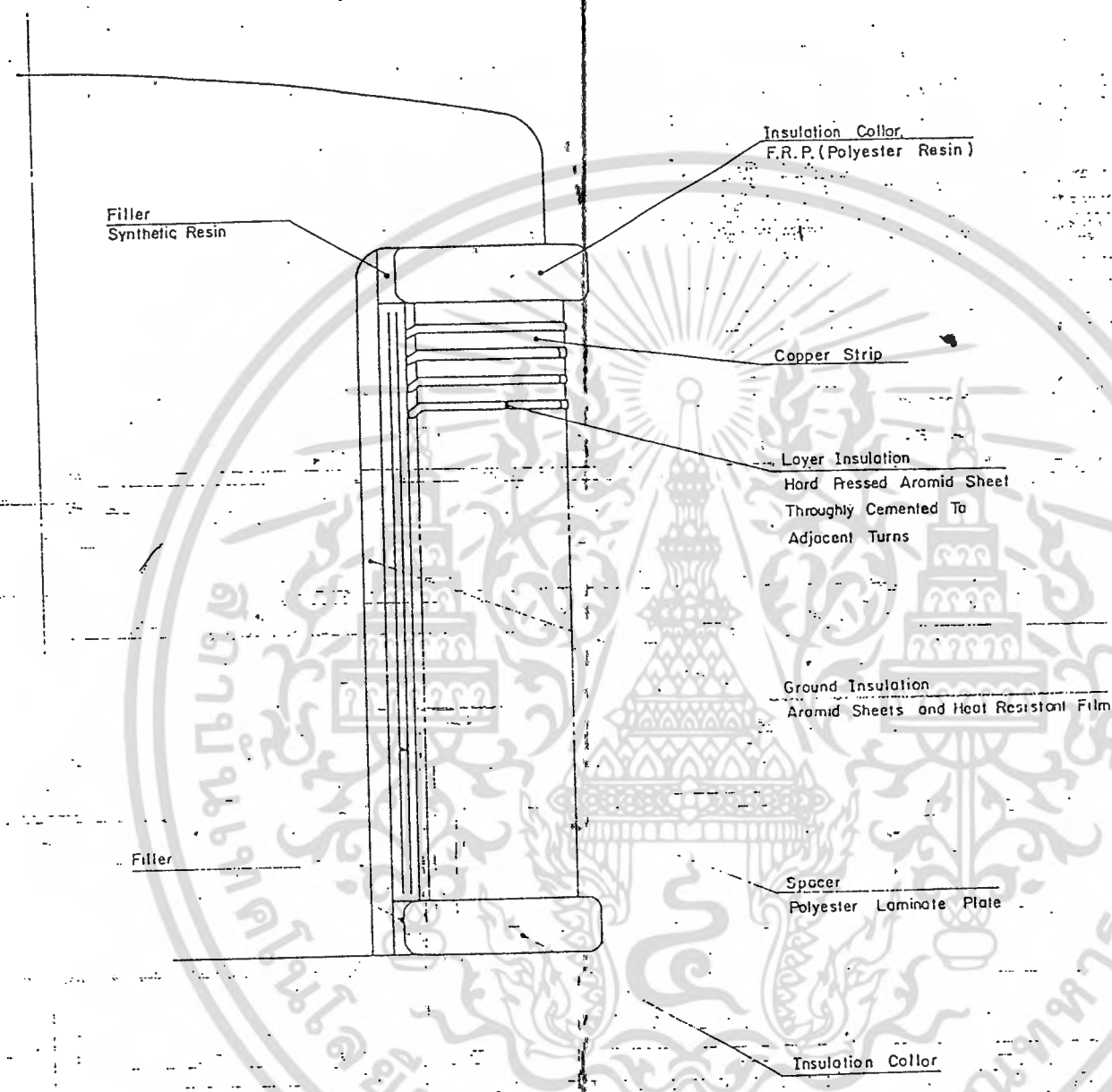
(EXISTING)

ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
BHUMIBOL HYDROPOWER PLANT
RENOVATION UNIT 1 & 2 PROJECT
CROSS SECTION OF
STATOR WINDING

EGAT E.P.D.C. INTERNATIONAL LTD
TOKYO JAPAN

| | | | |
|-----------------|--------|-------------|----------|
| APPROVED | DR. 70 | SUBMITTED | 5/1/80 |
| DIRECTOR | DR. 70 | RECOMMENDED | 5/1/80 |
| GENERAL MANAGER | DR. 44 | APPROVED | 5/1/80 |
| DATE | 5/1/80 | DATE | JAN 1980 |

| LOCATION | DATE | DESCRIPTION | BY |
|----------|------|-------------|----|
| | | | |
| | | | |

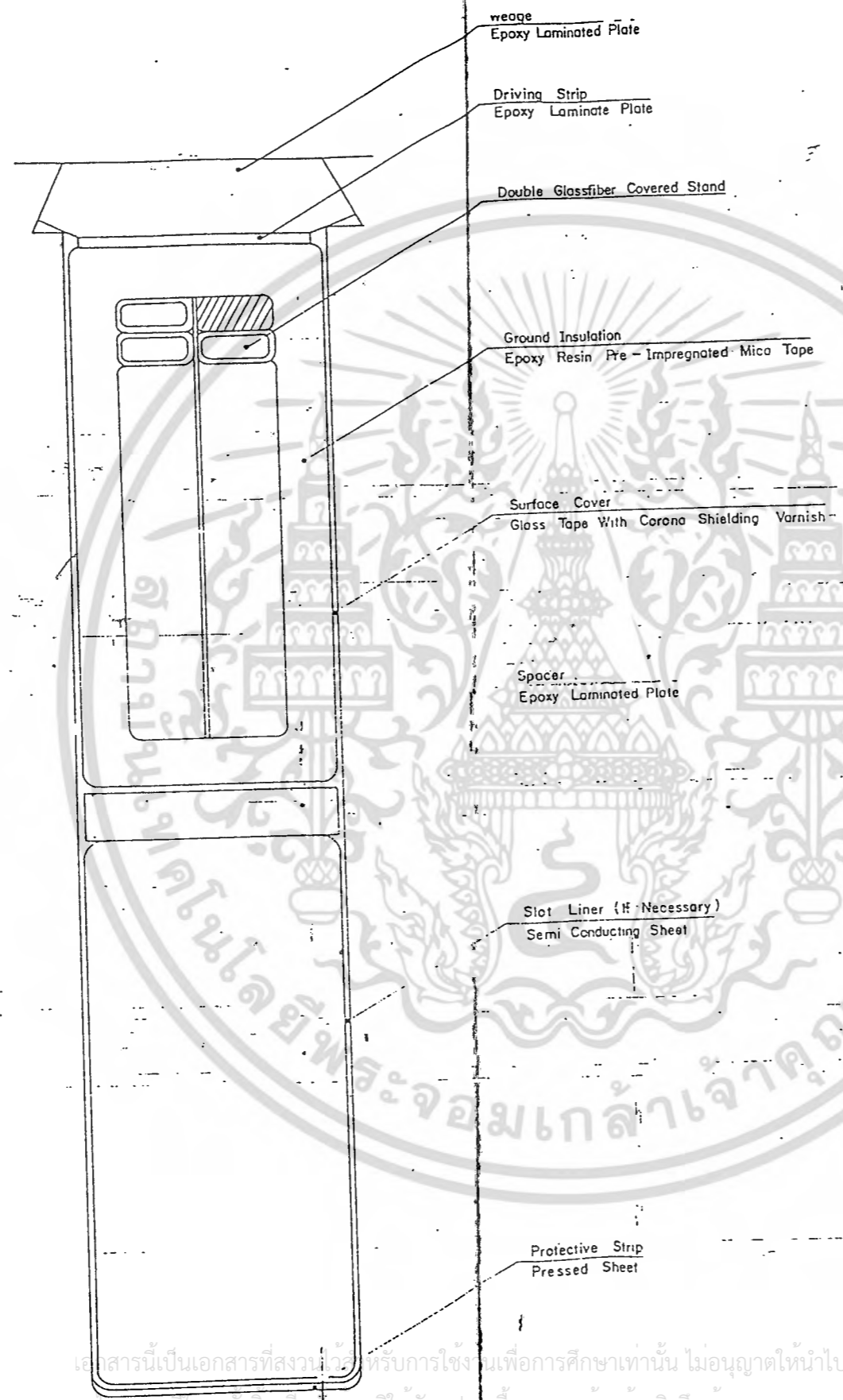


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(EXISTING)

| | | | |
|--|--|-------------|------------------|
| ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND | | | |
| BHUMIBOL HYDROPOWER PLANT
RENOVATION UNIT 1 & 2 PROJECT | | | |
| INSULATION METHOD OF
FIELD WINDING | | | |
| EGAT | E.P.C. INTERNATIONAL LTD.
TOKYO JAPAN | | |
| DESIGNED
<i>T. Suzuki</i> | D.R. T.O. | SUBMITTED | <i>S. Maruwa</i> |
| CHECKED
<i>S. Maruwa</i> | T.R. T.O. | RECOMMENDED | <i>T. Suzuki</i> |
| APPROVED
<i>S. Maruwa</i> | C.K. U.S. | APPROVED | <i>S. Maruwa</i> |
| DWG NO | B-021 | | DATE JAN. 1990 |

| LOCATION | DATE | DESCRIPTION | BY |
|----------|------|-------------|----|
| | | | |
| | | | |

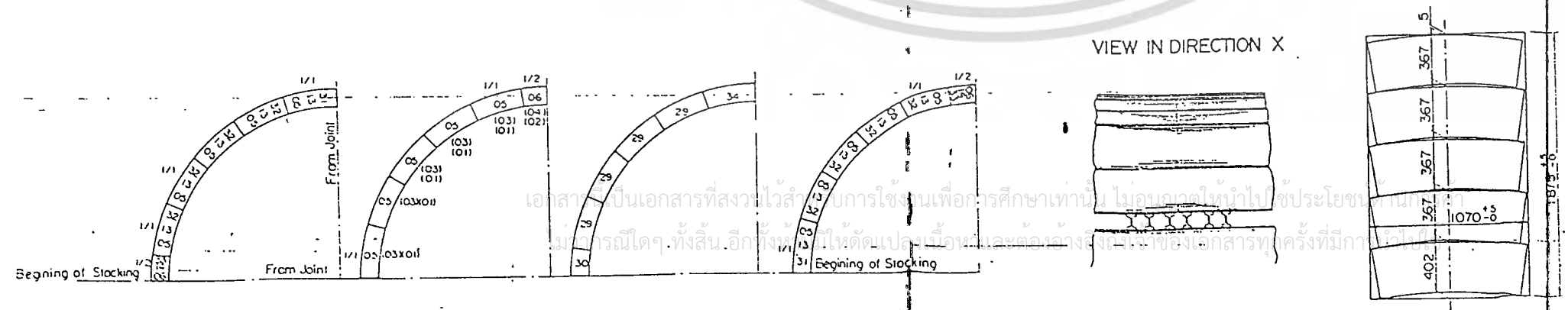
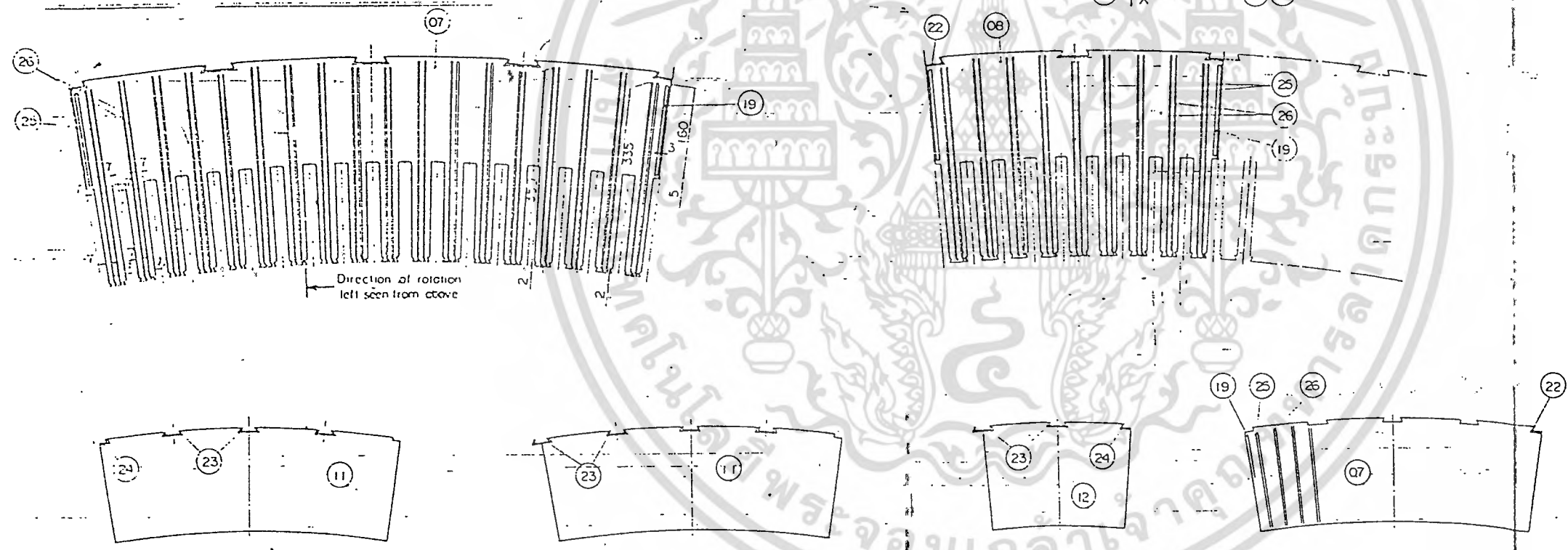
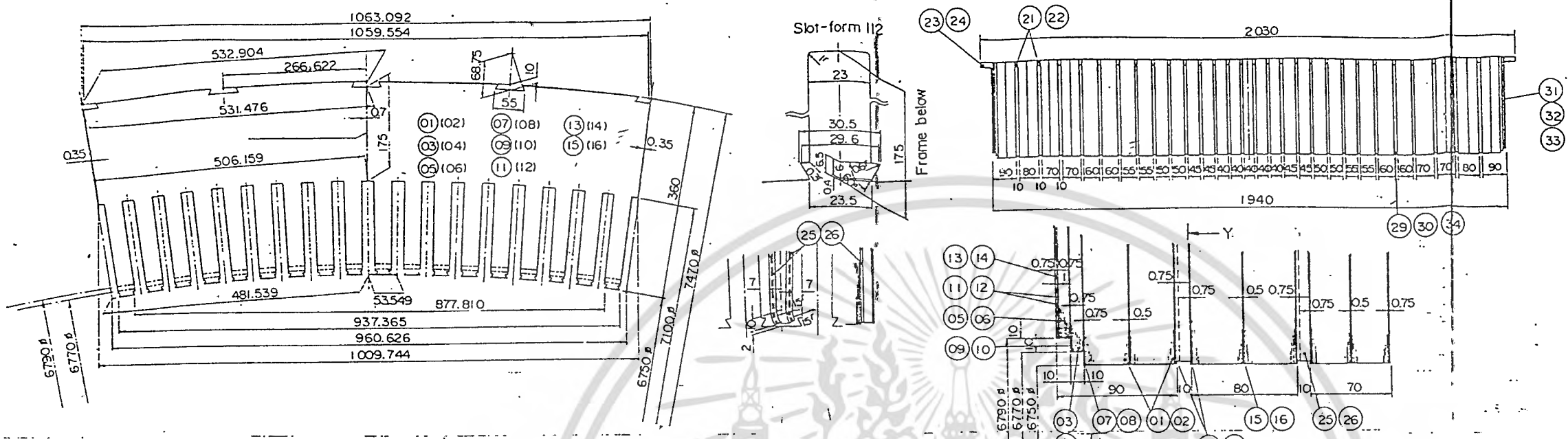


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ในทศวรรษที่ ๑๙๖๐ นี้จะมีอีกทั้งหมดให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

(EXISTING)

| | | | |
|---|-------------|----------------------|-------------|
| ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND | | | |
| BHUMIBOL HYDROPOWER PLANT RENOVATION UNIT 1 & 2 PROJECT | | | |
| INSULATION METHOD OF STATOR COIL | | | |
| EGAT | E.P.D.C. | INTERNATIONAL L.T.C. | TOKYO JAPAN |
| DR. TO | SUBMITTED | G. Hara | |
| TR. TO | RECOMMENDED | S. Kawachi | |
| CK: CH | APPROVED | S. Moriwaka | |
| DWG NO. B-023 | | DATE JAN. 1990 | |

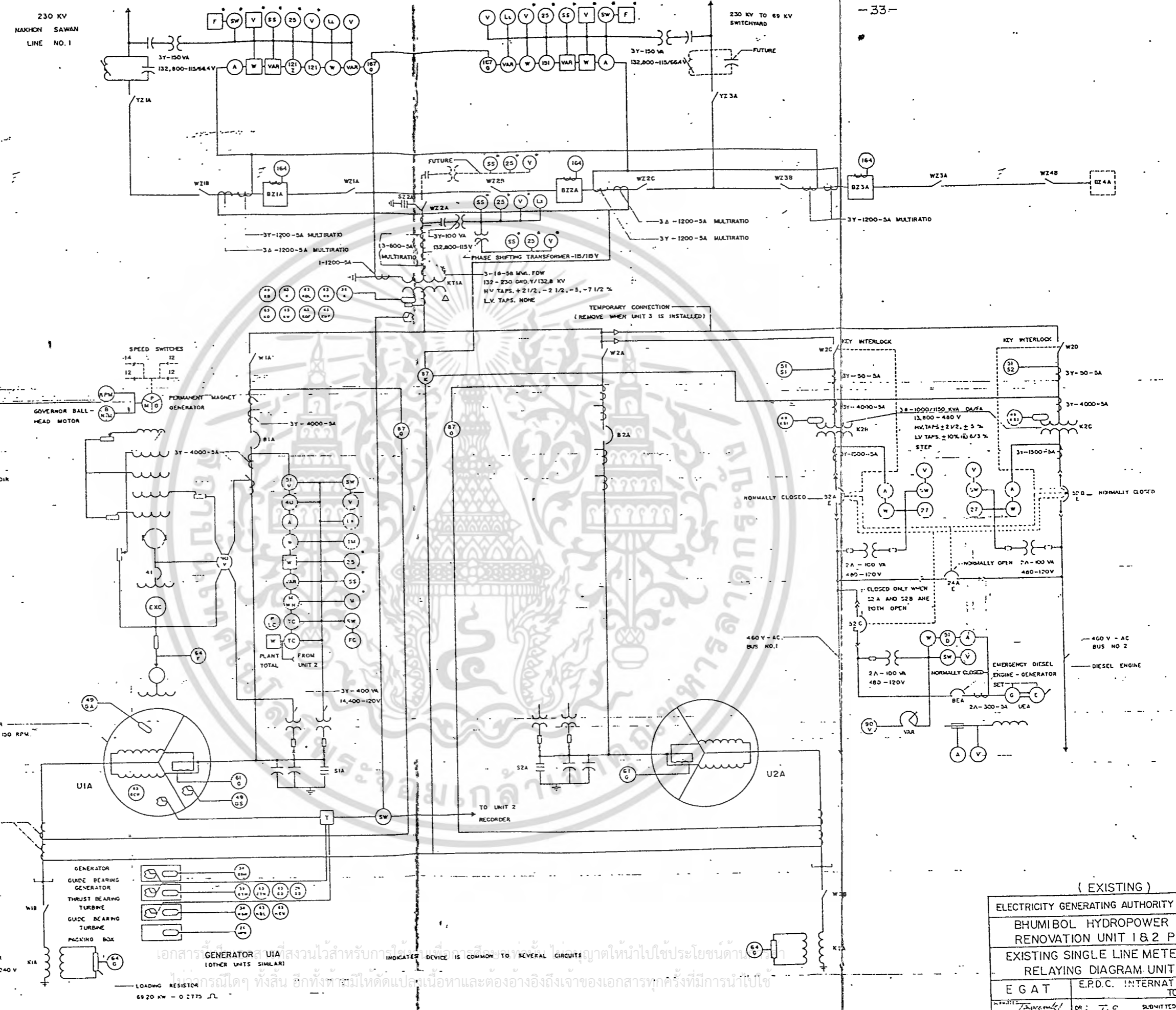
| LOCATION | DATE | DESCRIPTION | BY |
|----------|------|-------------|----|
| | | | |
| | | | |



| LOCATION | DATE | DESCRIPTION | BY |
|--|-------------|--|----|
| REVISION | | | |
| ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND | | | |
| BHUMIBOL HYDROPOWER PLANT
RENOVATION UNIT 1 & 2 PROJECT | | | |
| STATOR LAMINATIONS | | | |
| EGAT | | E.P.D.C. INTERNATIONAL LTD.
TOKYO JAPAN | |
| DR. TO | SUPPLIED | [Signature] | |
| TR. TO | RECOMMENDED | [Signature] | |
| CR. TO | APPROVED | [Signature] | |
| DWG NO B-025 | | DATE JAN. 1990 | |

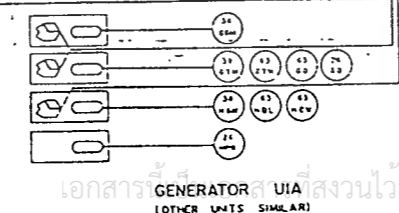
(EXISTING)

- A AMPMETER
- F FREQUENCY METER
- FC FREQUENCY CONTROLLER
- Lg INDICATING LAMP - GENERATOR
- Ll INDICATING LAMP - LINE
- Lk INDICATING LAMP - TRANSFORMER
- M MOTOR
- MWH WATT HOUR METER
- PLC PROPORIONATE LOAD CONTROLLER
- RPM SPEED INDICATOR
- SS SYNCHRONIZING SWITCH
- SW CONTROL SWITCH
- T TEMPERATURE
- TC THERMAL CONVERTER
- TM TIME METER
- V VOLT - METER
- VAR VARMETER
- W WATTMETER
- ZS AUTOMATIC SYNCHRONIZER
- Z6 GO THERMAL RELAY - GENERATOR BEARING OIL
- Z6 HPB TEMPERATURE RELAY - TURBINE PACKING BOX
- Z6 K WINDING TEMPERATURE RELAY
- Z7 AC UNDERVOLTAGE RELAY
- Z8 OGM GENERATOR GUIDE BEARING THERMAL DEVICE
- Z8 DTM GENERATOR THRUST BEARING THERMAL DEVICE
- Z41 FIRED BREAKER
- Z49 GA THERMAL RELAY - GENERATOR AIR
- Z49 GS WINDING TEMPERATURE RELAY
- Z49 K THERMAL RELAY
- Z49 KO DIAL TYPE LIQUID THERMOMETER
- Z51 OVERCURRENT RELAY
- Z51 V GENERATOR OVERCURRENT RELAY (VOLTAGE RESTRAINED)
- Z51 D OVERCURRENT RELAY
- Z61 GC CURRENT BALANCE RELAY
- Z63 GCW FLOW METER - GENERATOR COOLING WATER
- Z63 GO OIL LEVEL RELAY - GENERATOR BEARING
- Z63 STW WATER FLOW METER - GENERATOR BEARING COOLING WATER
- Z63 HCW COOLING WATER PRESSURE GAUGE - TURBINE BEARING OIL RESERVOIR
- Z63 HK FLEAT SWITCH - TURBINE IN ANNING OIL RESERVOIR
- Z63 K PRESSURE RELIEF DEVICE
- Z63 KU HIGH PRESSURE RELAY
- Z63 KU COOLING OIL PRESSURE GAUGE
- Z63 KUI LOCKING OIL FLOW SWITCH
- Z63 KUL OIL LEVEL GAUGE
- Z63 KW COOLING WATER PRESSURE GAUGE
- Z63 PWF COOLING WATER FLOW SWITCH
- Z64 F GENERATOR FIELD GROUND DETECTOR RELAY
- Z64 G GENERATOR GROUND RELAY
- Z67 G GENERATOR DIFFERENTIAL RELAY
- Z67 K TRANSFORMER DIFFERENTIAL RELAY
- Z90 V GENERATOR VOLTAGE REGULATOR
- Z121 IMPEDANCE RELAY
- Z121'2 DIRECTIONAL DISTANCE RELAY
- Z151 OVERCURRENT RELAY - TRANSMISSION LINE
- Z164 GROUND RELAY
- Z167 G A/C POWER DIRECTIONAL RELAY



73,684 KW, 30 GENERATOR
0.93 P.F., 30 - 13.8 KV, 100 RPM.

DISTRIBUTION TRANSFORMER
73 KVA - 10 - 13.8 KV - 120/240 V

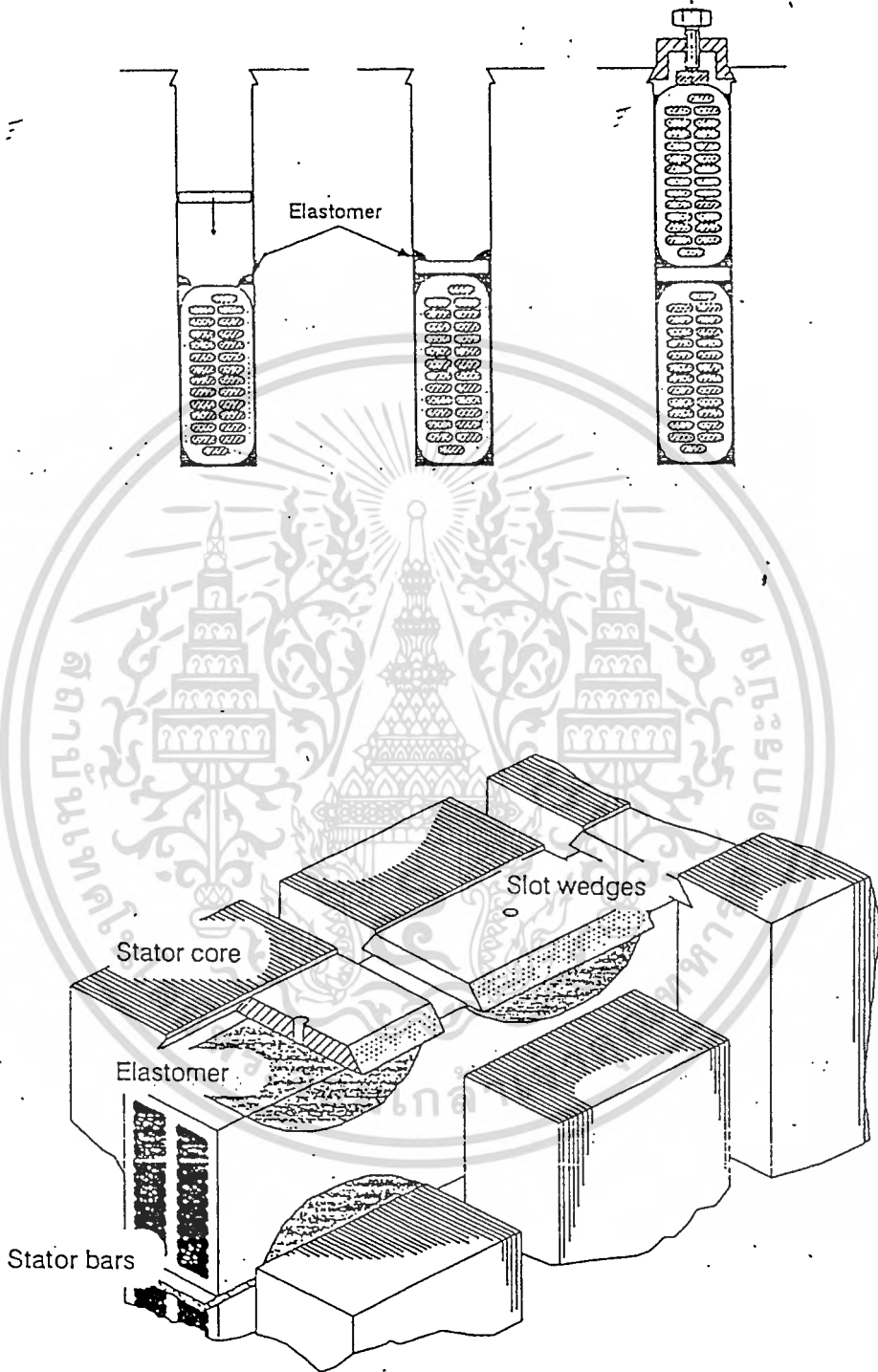


GENERATOR SUIA
LOADING RESISTOR
69,200 KW - 0.2775 JL

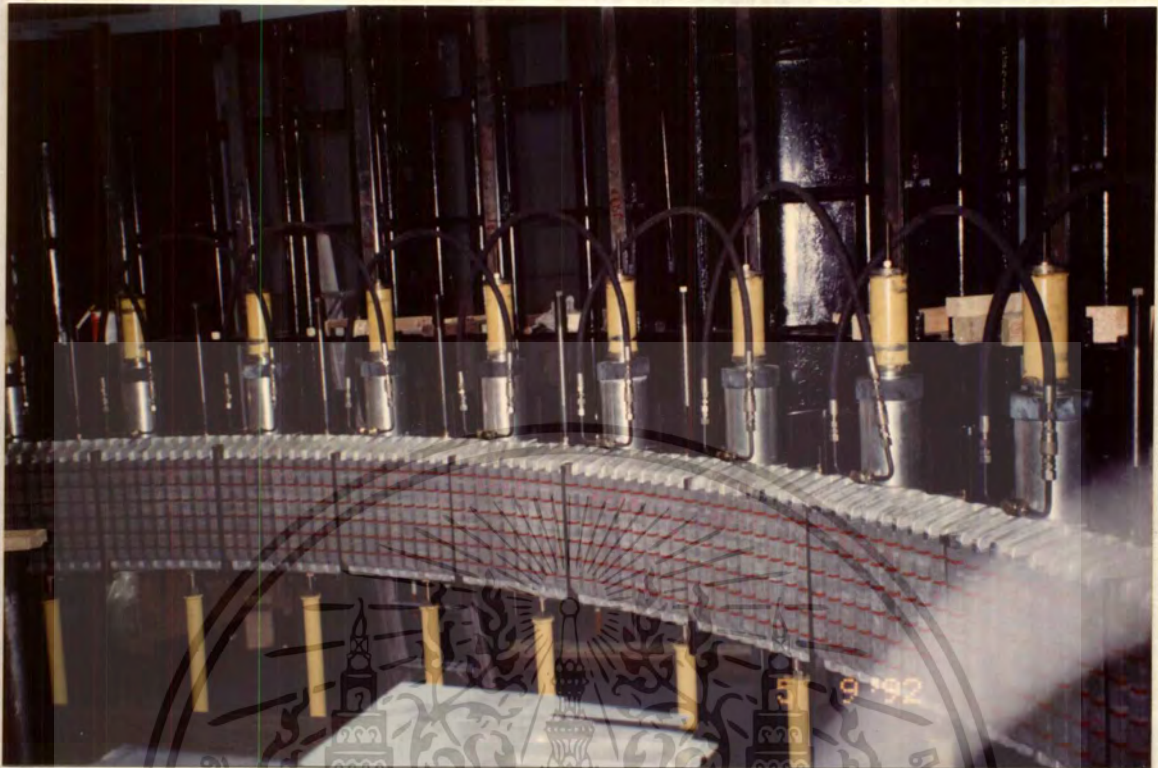
เอกสาร GENERATOR SUIA ที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้ร่วมกันเพื่อการดำเนินงานที่คล้ายกันนี้ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน...
ในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(EXISTING)

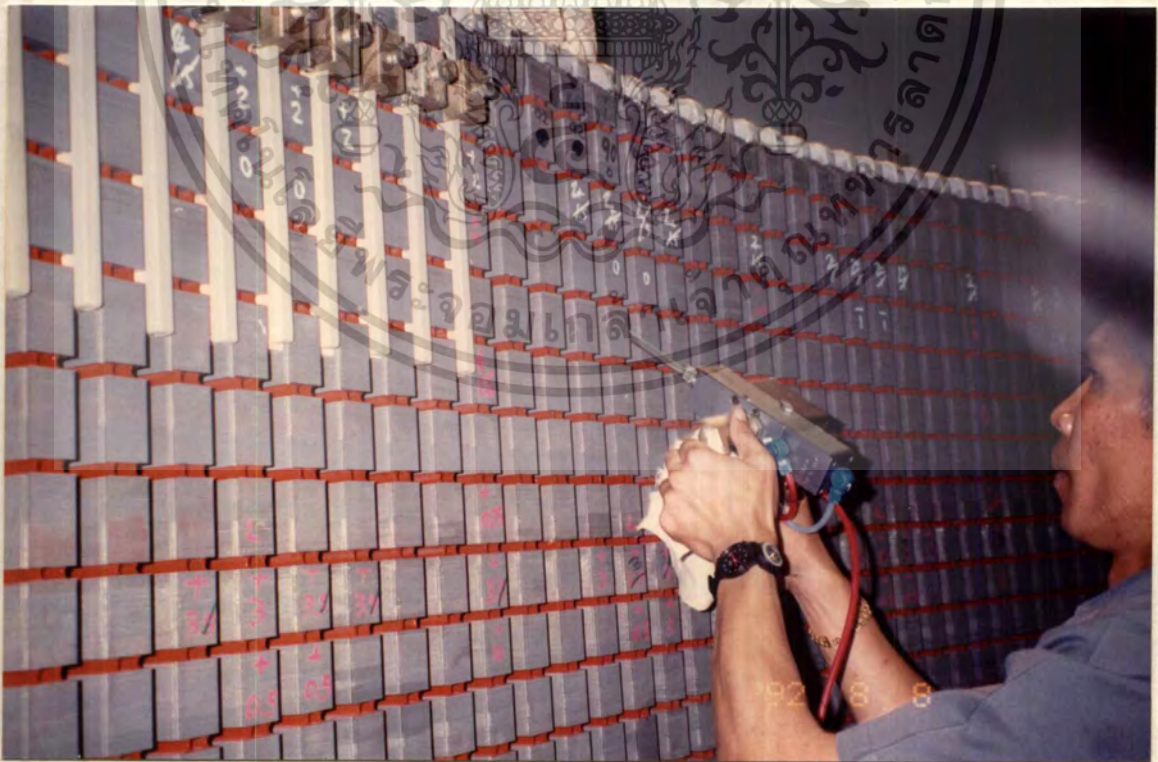
| | | | |
|---|--|---------------|----|
| ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND | | | |
| BHUMBOL HYDROPOWER PLANT | | | |
| RENOVATION UNIT 1 & 2 PROJECT | | | |
| EXISTING SINGLE LINE METERING AND RELAYING DIAGRAM UNIT 1 & 2 | | | |
| E G A T | E.P.D.C. INTERNATIONAL LTD.
TOKYO JAPAN | | |
| DR: T.O | SUBMITTED: S. Srinuan | | |
| TR: T.O | RECOMMENDED: S. Srinuan | | |
| CE: U.S. | APPROVED: S. Srinuan | | |
| LOCATION | DATE | DESCRIPTION | BY |
| | | | |
| DRAWING NO. B-035 | | DATE JAN 1990 | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
การประกอบ Stator Winding
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การอัดแผ่น Stator Core



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
การฉีด Elastomer ในร่อง Slot ของ Stator Core

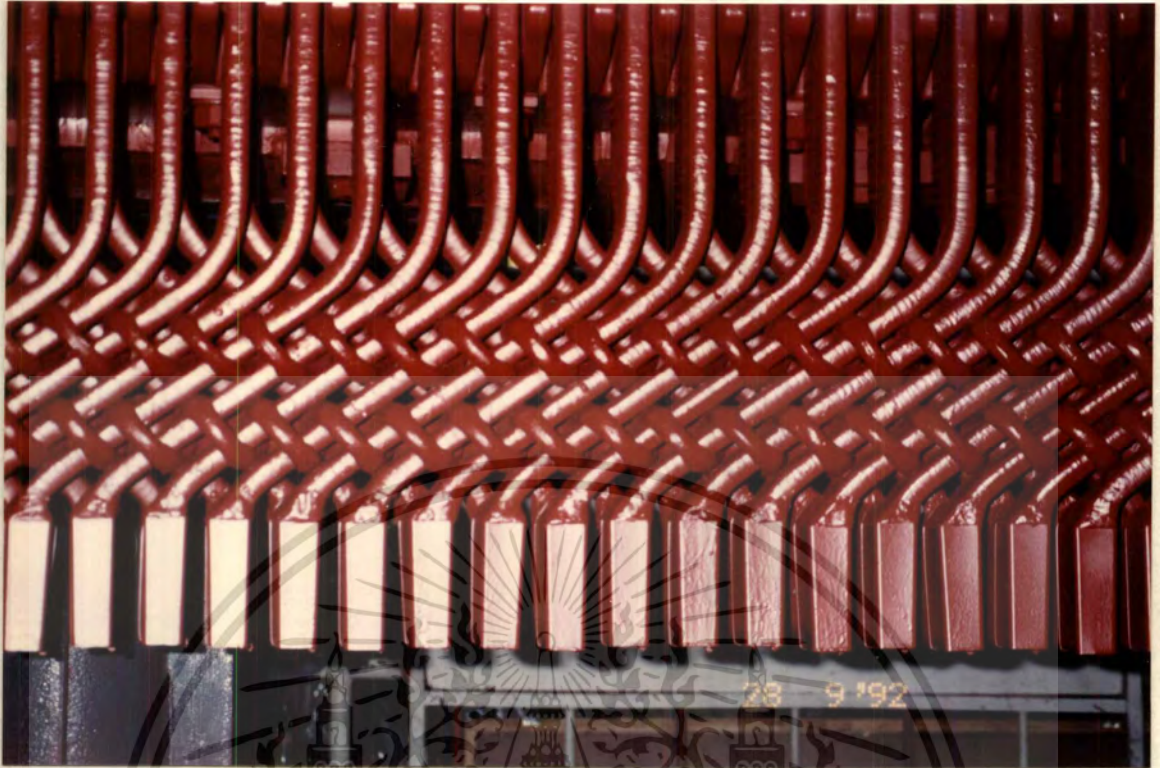


การฉีด Epoxy - Resin ใน Glass Fabric Tube

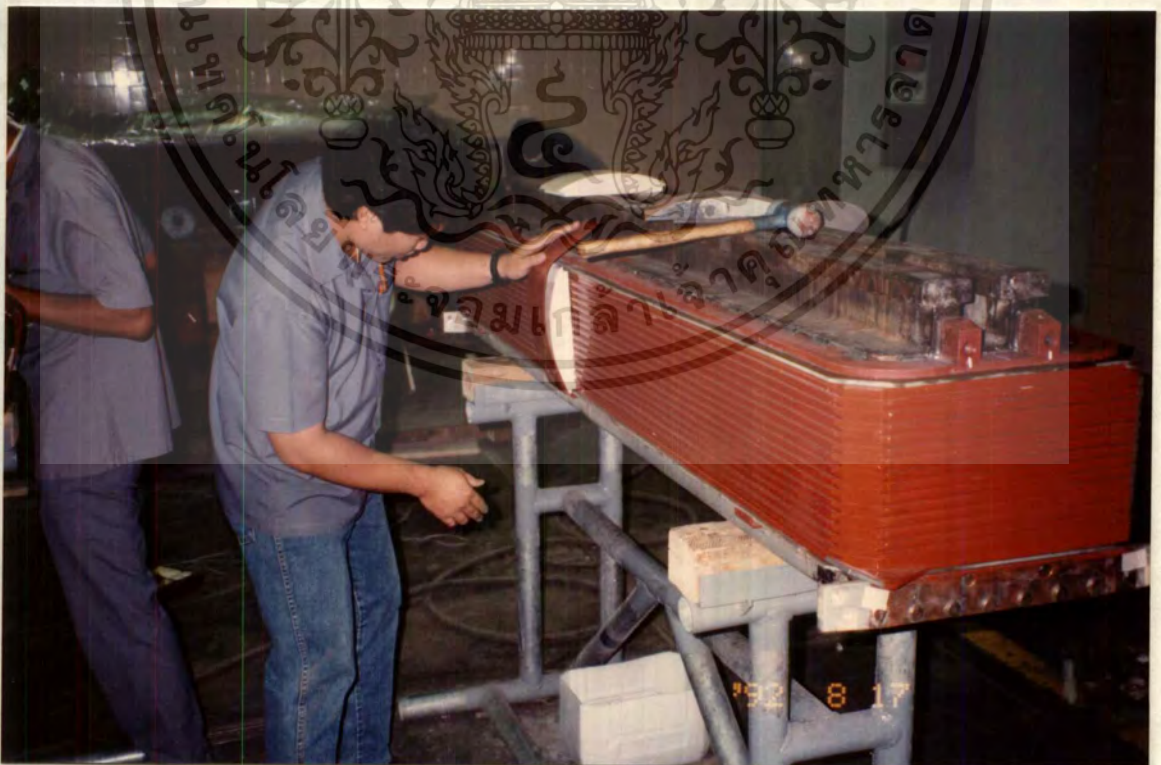


เอกสารถนเป็นเอกสารถนเวลาเตรียมการงาน เพื่อการรักษาท่อนั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าเป็เซ็จะเซ็จนทนการร่ำค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกอบ Insulation Caps



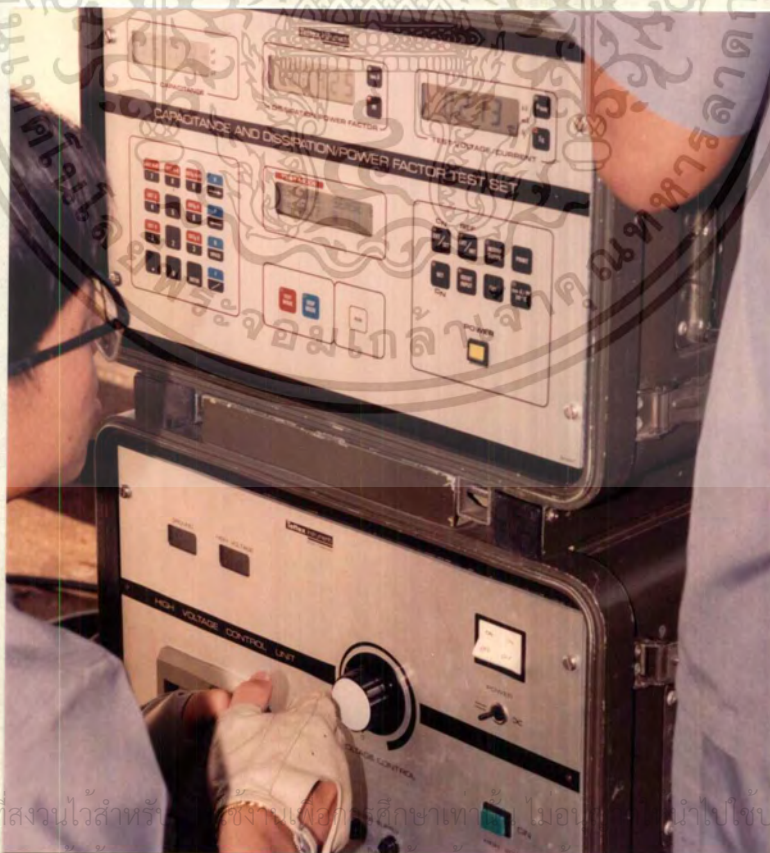
Stator Winding ที่พ่น Red Vanish แล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
การประกอบ Winding ของ Rotor Pole



เครื่องทดสอบ INSULATION RESISTANCE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทดสอบ CAPACITANCE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทดสอบ HIGH VOLTAGE (HI-POT)

บทที่ 3

การทดสอบเพื่อการตรวจรับ

1. วิธีการทดสอบเพื่อการตรวจรับ

1.1 การวัดความต้านทานของฉนวน

(Measurement of Insulation Resistance)

1.1.1 จุดประสงค์

เพื่อยืนยันสภาพฉนวนของขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.1.2 เงื่อนไขการทดสอบ

1. เครื่องต้องหยุด และอุณหภูมิของขดลวดต้องใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง แต่ต้องไม่น้อยกว่า 5°C
2. ต้องเอา Carbon bus ของ Slip ring ออก
3. ต้องเอา DS (Disconnecting Switch) ของ Neutral ออก (star point DS)

1.1.3 วิธีการ ทดสอบ (Test Method)

วัดความต้านทานของฉนวน ที่ 1 นาที และ 10 นาที ด้วย DC 1,000 V สำหรับวัด Stator coil (EGAT ใช้ 2,500 DC.V 1 นาที) และ DC. 500 V. สำหรับ rotor coil

1.2.5 บันทึกการทดสอบ ข้อมูลการทดสอบอยู่ที่ Testsheet no.TN 2-14

1.2 การทดสอบคุณสมบัติในการลัดวงจร

(Short Circuit Characteristic Test)

1.2.1 จุดประสงค์

เพื่อหา Curve ของการอิ่มตัวของ การ Short circuit และเพื่อกำหนดหาสัดส่วนของการ Short circuit และ Synchronouse reactance ของแกน D โดยพิจารณาผลร่วมกับคุณสมบัติในขณะ Open circuit

1.2.2 เงื่อนไขการทดสอบ

1. การควบคุมการเดินเครื่องเป็นแบบ "Semi-Auto"
2. อุปกรณ์ทาง Mechanical และ Electrical ต้องอยู่ตำแหน่ง Auto
3. Power source ของวงจร Excitation จะใช้ Tie circuit breaker E1B-MCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้งานภายในเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่
ออกสู่สาธารณะได้
4. วงจร AVR จะ set ไว้ที่ตำแหน่ง "Local-Manual" ด้านการค้ำ
ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น
5. ปลดให้ Protective Relay 87G และ 87T ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปลด Unit Breaker GCB (52G) และ DE (89G) ไว้ที่ตำแหน่ง OFF-LOCK

7. ระบบ synchroniz ให้อยู่ตำแหน่ง OFF

8. Switch ควบคุม Exciter Current 70G อยู่ตำแหน่งต่ำสุด

1.2.3 วิธีการทดสอบ

1. Start เครื่องที่ Rated speed (150 rpm.) No load

2. หลังจากเครื่องเดินได้ Rated speed จะต้องให้ Dynamic brake switch (57DB) อยู่ตำแหน่ง Manual

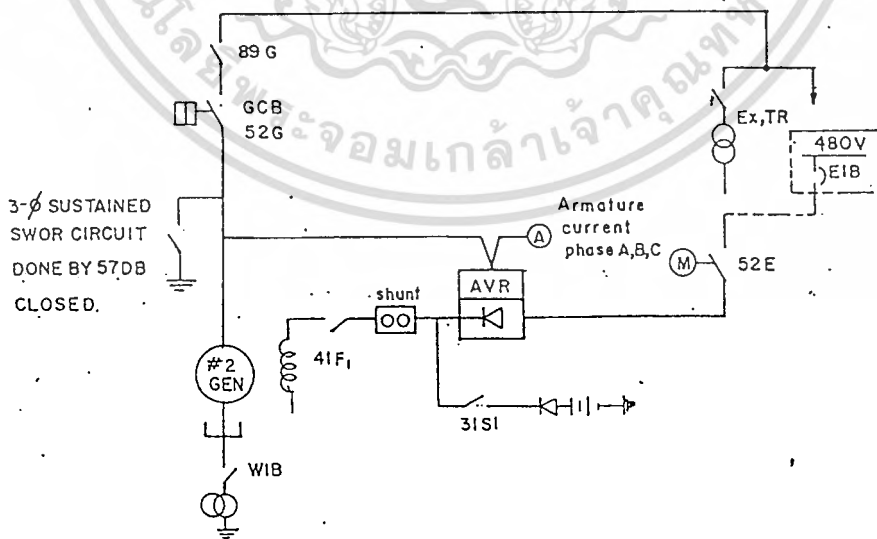
3. Field circuit breaker (52E, 41F1) จะต้องหมุนไปตำแหน่ง On ตามลำดับ และกระแสของ Exciter และ Generator จะเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่ม 70E

4. อ่านค่า Field current และ Armature current ที่ 25 % 50 % 75 % 100 % และ 125 % ของ Armature rate current

5. หลังจากเสร็จสิ้นการวัดหาคณสมบัตินี้แล้ว จะต้องปรับ 70E ลดมาอยู่ตำแหน่งต่ำสุด Field breaker (41F1, 52E) จะต้องหมุนไปตำแหน่ง OFF โดย Manual และ Dynamic brake switch (57DB) จะต้อง open โดย Manual

6. หลังจากนั้น จะหยุดเครื่องโดยกดปุ่ม "STOP" ที่แผงควบคุมเครื่อง

1.2.4 วงจรถ่ายทอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ 1.2.5 บันทึกการทดสอบ ข้อมูลการทดสอบอยู่ที่ Test sheet no. TN 2-16

1.3 การทดสอบการเป็นฉนวน (Dielectric test of generator)

1.3.1 จุดประสงค์

เพื่อยืนยันสภาพคงทนทางไฟฟ้าของขดลวด stator และ rotor

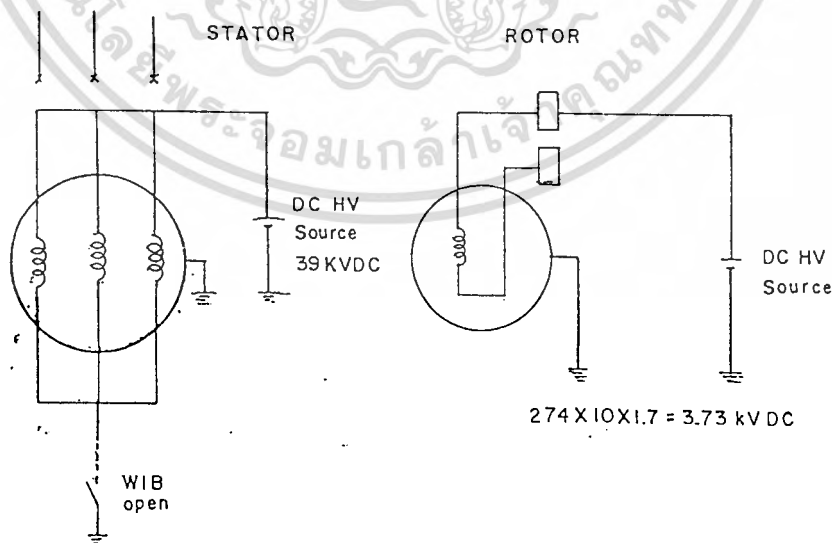
1.3.2 เงื่อนไขการทดสอบ

1. เครื่องต้องหยุด และอุณหภูมิของขดลวดจะต้องใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง
2. วงจรที่ไม่ได้ทดสอบจะต้องต่อลง Ground
3. จะต้องเอา Slip ring brush ออกทั้งหมด
4. Neutral DS (W1B) จะต้อง Open
5. ทำการวัดความต้านทาน และ P1 ratio ของฉนวน

1.3.3 วิธีการทดสอบ

1. ป้อน DC voltage 100 % และ 80 % ของ $1.7 (2E+1) \text{ kV}$,
เข้าที่ขดลวด Stator (3 phase to earth) เป็นเวลา 5 นาที และ 1 นาที ตามลำดับ
 $100 \% \text{ Test Voltage} = 1.7(2*13.8+1)*1.0 = 49 \text{ kVDC.}$
 $80 \% \text{ Test Voltage} = 1.7(2*13.8+1)*0.8 = 39 \text{ kVDC.}$
2. ป้อน DC voltage 10 เท่าของ Rated excite voltage แต่
ไม่น้อยกว่า 5 kV เข้าไปที่ขดลวดของ Rotor กับดินเป็นเวลา 1 นาที
 $\text{Test Voltage} = 1.7*10*274 = 3.73 \text{ kVDC.}$

1.3.4 วงจรการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสาร 1.3.5 บันทึกการทดสอบ ข้อมูลการทดสอบอยู่ที่ Test sheet no. TN 2-14
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 การทดสอบคุณสมบัติขณะเปิดวงจร

(Open circuit characteristic test)

1.4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหา Curve ของการอิ่มตัวของ การ Open circuit และเพื่อกำหนด สัดส่วนของการ Open circuit และ Synchronous reactance ของแกน D โดย พิจารณาผลร่วมกับคุณสมบัติในขณะ Short circuit

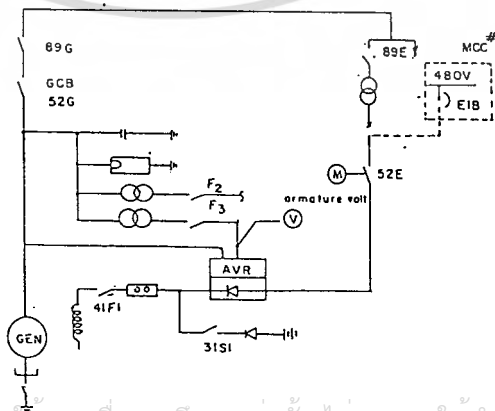
1.4.2 เงื่อนไขการทดสอบ

เงื่อนไขการทดสอบ เหมือนกับการทดสอบคุณสมบัติการลัดวงจร ยกเว้น ขั้นตอนที่ 5 relay ป้องกัน 87G, 87T ยังให้ทำงานอยู่

1.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เดินเครื่องโดยกดปุ่ม "Start" ที่แผงควบคุมการเดินเครื่อง
2. หลังจากเดินเครื่องที่ Rated speed แล้ว Field breaker (52E, 41F1) จะบิดไปที่ตำแหน่ง On ตามลำดับและ Current ของ Excite และ Generator จะเพิ่มโดยการปรับ 70E
3. อ่าน Field current กับ armature voltage ที่ประมาณ 20 % 40% 60% 75% 90% 100% และ 120% ของ Rated armature voltage และบันทึก
4. หลังจากการวัดคุณสมบัติแล้ว จะต้องลด 70E มาอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด และ Field breaker (41F1, 52E) จะบิดมาที่ตำแหน่ง OFF โดย Manual
5. หลังจากนั้นจะหยุดเครื่องโดยกดปุ่ม "Stop" ที่แผงควบคุม

1.4.4 วงจรการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ 1.4.5 บันทึกการทดสอบ ข้อมูลการทดสอบอยู่ที่ Test sheet no. TN 2-19

1.5 การตรวจสอบลำดับของ Phase (Phase sequence check)

1.5.1 วัตถุประสงค์

เพื่อยืนยันทิศทางการหมุนของ Phase voltage ของ Generator

1.5.2 เงื่อนไขการทดสอบ

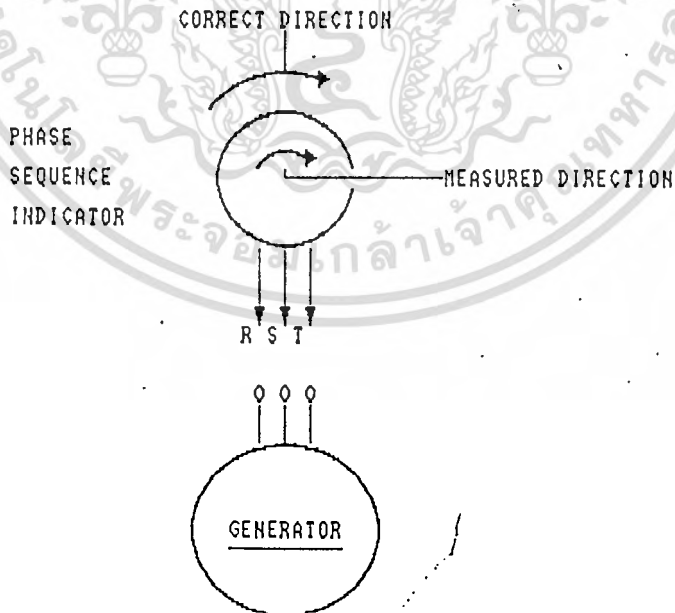
1. เดินเครื่องที่ No-load no-excite และ Field breaker (41F1) จะต้อง Open (ทำหลังจากทำการตรวจสอบคุณสมบัติของ Open circuit characteristic test)

2. วัด Terminal voltage ของ Generator ว่า ต่ำกว่า Rated voltage ของ Phase rotation meter หรือไม่ ถ้า Voltage สูงกว่า จะต้องปรับความเร็วของ Turbine ให้ต่ำลง

1.5.3 วิธีการทดสอบ

ต่อ Phase rotation meter กับ Terminal voltage ของ Generator ซึ่งเกิดจาก Residual voltage

1.5.4 วงจรถ่ายทอดสอบ



1.6 การตรวจสอบรูปคลื่น (Wave Form)

1.6.1 วัดถุประสงค์

ตรวจสอบโดยการบันทึกโดย Oscillographของรูปคลื่น Generator voltage

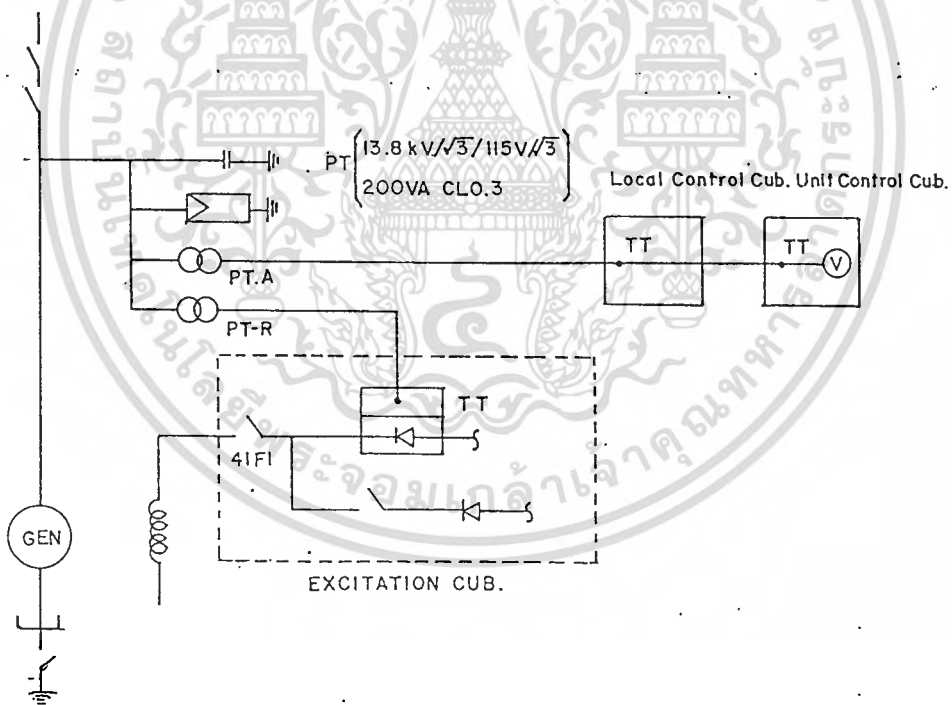
1.6.2 เงื่อนไขการทดสอบ

เดินเครื่องที่ Rated speed ที่ Rated voltage ที่ No-load

1.6.3 วิธีการทดสอบ

วัดและบันทึก Generator line to line voltage $V_{AB}-V_{BC}-V_{CA}$ จาก Potential transformer โดย Oscillograph

1.6.4 วงจรการทดสอบ



หมายเหตุ สัญญาณ Voltage wave form ที่จะใช้กับ Oscillograph

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเกล้ามาจาก PT กษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ 1.6.5 บันทึกการทดสอบ ข้อมูลการทดสอบอยู่ที่ Test sheet no. TN 2-20

1.7 การวัดแรงดันตกค้าง (Measurement of residual voltage)

1.7.1 วัดอุปกรณ์

วัดและบันทึกข้อมูลของแรงดันตกค้างของเครื่อง

1.7.2 เงื่อนไขการทดสอบ

เดินเครื่องที่ No load - no excite

1.7.3 วิธีการทดสอบ

หลังจากเสร็จจากการทดสอบ Open circuit characteristic ของขั้นตอนที่ 1.3 Field current จะลดลงโดย 70E มาที่ตำแหน่งต่ำสุดและ Field breaker (41F1) จะ Open ด้วย Manual แล้ว จะทำการวัดแรงดันตกค้าง ทางด้าน Primary ของ PT-A หรือ PT-B ที่ตู้ PT

1.7.4 บันทึกการทดสอบ ข้อมูลการทดสอบอยู่ที่ Test sheet no.TN2-22

1.8 การทดสอบความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(Generator Capability Test)

1.8.1 วัดอุปกรณ์

เพื่อตรวจสอบความสามารถของเครื่องว่าเป็นไปตามที่ออกแบบมาหรือไม่

1.8.2 เงื่อนไขการทดสอบ

อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและเครื่องกลต้องอยู่ในสภาวะปกติ

1.8.3 วิธีการทดสอบ

1. ความสัมพันธ์ระหว่าง Effective power (KW) และ Reactive power (KVAR) จะวัดทั้ง Lagging และ Leading power factor ในการทดสอบนี้จะพิจารณาเข้าไปถึงขีดจำกัดบน Lagging และ Leading Reactive power ตามข้อกำหนดของ Field current และควมมีเสถียรภาพของระบบตามลำดับ ตลอดจนคุณสมบัติของ Under excitation limit และ Over excitation limit ก็จะอยู่ในนี้

2. เดินเครื่องเป็นระบบอัตโนมัติและรับ Load โดยกดปุ่ม "Raise-Low" ที่แผงควบคุม (Semi-auto mode) หรือ Operator console (Auto-mode) จนถึง Maximum power และ Reactive power จะปรับให้ได้ประมาณศูนย์ (P.F.=100)

3. ทิศทางล่าหลัง (Lagging direction)

หลังจากบันทึก p.f. = 1.0 Effective power และ Reactive power จะควบคุมได้ตามลำดับต่อไปนี้ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกการทดสอบนี้จะทำให้ได้ถึงขีดจำกัดของ Generator terminal

voltage 110% ของ Rated voltage

| | Design | Wet Test |
|----------------|---------|----------|
| Effective Head | 100 M | 86 M |
| Out put | 77.5 MW | 60 MW |

กรณี a Effective power จะตั้งไว้ที่ประมาณ 0.75 PU ดังนั้น Reactive power จะตั้งที่ประมาณ 0.25 pu โดยเพิ่ม 90R

0.75 PU 60 MW
(P.F.=0.95) 0.25 PU 20.13 MVAR

กรณี b เหมือนกับข้างบน Effective power จะตั้งไว้ที่ประมาณ 0.75 PU ดังนั้น Reactive power จะตั้งที่ประมาณ 0.37 PU

0.75 PU 60 MW
(P.F.=0.90) 0.37 PU 29.79 MVAR

กรณี c เหมือนกับข้างบน Effective power จะตั้งไว้ประมาณ 0.62 PU ดังนั้น Reactive power ตั้งประมาณ 0.47 PU

0.62 PU 50 MW
(P.F.=0.80) 0.47 PU 37.84 MVAR

หลังจากเสร็จการบันทึก Reactive power จะตั้งไว้ประมาณ 0 โดยการลด 90R ตั้ง P.F. = 1.0

4. ทิศทางนำหน้า (Leading direction)

หลังจากเสร็จสิ้นการบันทึกที่ Power factor 1.0 Effective power และ Reactive power จะควบคุมได้ตามลำดับต่อไปนี้

กรณี a Effective power จะตั้งไว้ประมาณ 0.75 PU ดังนั้น Reactive power จะตั้งประมาณ 0.25 PU โดยลด 90R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 0.75 PU นั้น 60 MW ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นที่ต้องป้อนข้อมูลและค่าต่างๆ อิงกับข้อมูลเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
(P.F.) >= 0.95) 0.25 PU -20.13 MVAR

กรณี b เหมือนข้างบน Effective power จะตั้งที่ประมาณ 0.75 PU
ดังนั้น Reactive power จะตั้งไว้ที่ประมาณ 0.37 PU

0.75 PU 60 MW

(P.F. >= 0.90) 0.37 PU -29.79 MVAR

กรณี c เหมือนข้างบน Effective power จะตั้งไว้ที่ประมาณ 0.62 PU
ดังนั้น Reactive power จะตั้งไว้ที่ประมาณ 0.47 PU

0.62 PU 50 MW

(P.F. >= 0.80) 0.47 PU -37.84 MVAR

เมื่อเกิดภาวะผิดปกติเช่น power swing โดยธรรมชาติให้ปรับ 90R
ช่วยได้ทันที

หลังจากเสร็จสิ้นการบันทึกและจะหยุดเครื่องโดยอัตโนมัติ

1.8.4 บันทึกการทดสอบ ข้อมูลการทดสอบอยู่ที่ Test sheet no. TN 2-34

1.9 การวัดหาค่าคงที่ของเครื่อง (Measurement of machine constant)

1.9.1 จุดประสงค์ (Test object)

เพื่อยืนยันค่าคงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.9.2 เงื่อนไขการทดสอบ (Test condition) ทดสอบตามลำดับข้อย่อย

1.9.3 วิธีการทดสอบ (Test method)

1. Direct axis synchronous reactance (X_d)

จากการทดสอบ Open-short circuit characteristics

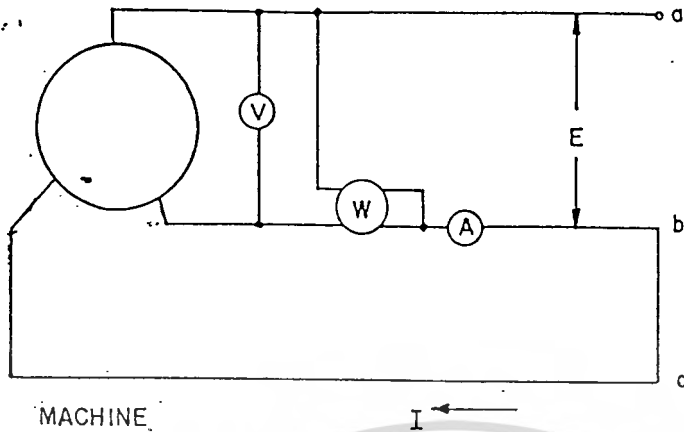
$$X_d \text{ (PU)} = I_{FEI} / I_{FO}$$

I_{FEI} = field current corresponding to rated armature current on the short circuit saturation curve

2. Negative-phase sequence reactance (X_2)

ก. ระหว่างการทำ Primary test ของ Negative phase sequence relay (46G) โดย Line to Line จะสนับสนุน Short circuit test, Watt, Volt, Amp-meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งให้เตรียมการตามวงจรข้างล่างนี้ถ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$X_2 = \frac{W}{\sqrt{3} I^2} \text{ ohm}$$

Diagram for determination of negative-sequence impedance

ข. Ammeter ต่อกัน Voltmeter และ Wattmeter สำหรับวัดค่าที่ Field current ค่าต่าง ๆ กันหลาย ๆ ค่า ตามที่สั่ง

2. การทดสอบหาค่าความสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(Generator loss determination testing)

2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่ากำลังงานที่สูญเสียในส่วนต่าง ๆ ของ Generator

ข้อมูลของ Generator (General data of generator)

| | | |
|---------------------------|-------|------|
| Rated voltage | 13.8 | kV. |
| Rated output | 80300 | kVA. |
| Exciter output | 147 | kW. |
| Rated of field current | 674 | A. |
| Rated of armature current | 3360 | A. |

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ Generator (Testing data of generator)

Resistance stator winding 0.0050179 ohm./phase at 25 °C

Resistance rotor winding 0.28378 ohm./pahse at 25 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 No Load No Excite Run

Date test : November 1,1993-November 2,1993

Time test : 19:00-02:00

Data of testing

| | | |
|-------------------------------|--------|----------------------|
| Cooling water temperature in | 28 | °C |
| Cooling water temperature out | 28.6 | °C |
| Cooling water flow | 3.24 | m ³ /min. |
| Surface temperature | 28.06 | °C |
| Ambient temperature | 23.88 | °C |
| Rotor speed | 150.15 | rpm. |

Calculation

Loss in air cooler (P_{aa})

$$\begin{aligned} \Delta t &= 0.6 && \text{K} \\ C_p &= 4.1782 && \text{kJ. (kg K)} \\ \rho &= 996.5 && \text{kg/m}^3 \\ P_{aa} &= (3.24/60)*0.6*4.1782*996.5 && \text{kW.} \\ &= \underline{134.9} && \text{kW.} \end{aligned}$$

Radiation loss (P_{hc})

$$\begin{aligned} \Delta t &= 4.18 && \text{K} \\ h &= 15 && \text{W/(m}^2\text{K)} \\ \text{Area} &= 89.9 && \text{m}^2 \\ P_{hc} &= 15*89.9*4.18*10^{-3} && \text{kW.} \\ &= \underline{5.636} && \text{kW.} \end{aligned}$$

Windage loss (P_o)

$$P_{mw} = P_{aa} + P_{hc}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 ไม่ควรกรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาเอกสารนี้ 140.5 kW. คร่า
 ไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการ 140.5 kW. ใช้

2.3 Open Circuit Run

Date test : November 2, 1993–November 3, 1993

Time test : 21:00–06:00

Data of testing

| | | |
|-------------------------------|--------|----------------------|
| Cooling water temperature in | 27 | °C |
| Cooling water temperature out | 28.7 | °C |
| Cooling water flow | 3.236 | m ³ /min. |
| Surface temperature | 28.96 | °C |
| Ambient temperature | 24.07 | °C |
| Rotor speed | 150.11 | rpm. |
| Field voltage | 125.59 | Volt |
| Field current | 435 | A. |
| Generator voltage | 13.858 | kV. |

Calculation

Loss in air cooler (P_{aa})

$$\begin{aligned} \Delta t &= 1.7 && \text{K.} \\ C_p &= 4.1782 && \text{kJ. (kg K)} \\ \rho &= 996.5 && \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{aa} &= (3.236/60) * 1.7 * 4.1782 * 996.5 \text{ kW.} \\ &= \underline{381.74} \text{ kW.} \end{aligned}$$

Radiation loss (P_{hc})

$$\begin{aligned} \Delta t &= 4.89 && \text{K.} \\ h &= 15 && \text{W/(m}^2 \text{ K)} \\ \text{Area} &= 89.9 && \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$P_{hc} = 15 * 89.9 * 4.89 * 10^{-3} \text{ kW.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 6.59 kW. ค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rotor loss (W_r)

$$I_r = 435 \quad \text{A.}$$

$$V_r = 125.59 \quad \text{V.}$$

$$W_r = 435 * 125.59 * 10^{-3} \quad \text{kW.}$$
$$= \underline{5.46} \quad \text{kW.}$$

Core loss (P_c)

$$P_c = P_{\text{out}} - P_{\text{mw}} + P_{\text{hec}} - W_r$$
$$= 381.74 - 140.5 + 6.59 - 5.46 \quad \text{kW.}$$
$$= \underline{242.37} \quad \text{kW.}$$

2.4 Short Circuit

Data test : November 3, 1993

Time test : 14:00-22:00

Data of testing

| | | |
|-------------------------------|--------|----------------------|
| Cooling water temperature in | 27.5 | °C |
| Cooling water temperature out | 29.8 | °C |
| Cooling water flow | 4.44 | m ³ /min. |
| Surface temperature | 31.5 | °C |
| Ambient temperature | 25.45 | °C |
| Rotor speed | 150.12 | rpm. |
| Field voltage | 125.75 | Volt |
| Field current | 533.33 | A. |
| Generator current | 4175 | A. |
| Temperature winding | 74.9 | °C |
| Temperature air | 32.21 | °C |

Calculation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ Loss ใน air cooler นี้ (P_{air}) ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัด Δt ลงเนื้อหาและ 2.3 ไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการแก้ไข

$C_p = 4.1782$ kJ. (kg K)

$\rho = 996.5$ kg/m³

$P_{aa} = (4.44/60)*2.3*4.1782*996.5$ kW.

$= \underline{708.64}$ kW.

Radiation loss (P_{hc})

$\Delta t = 6.05$ K

$h = 15$ W/(m² K)

Area = 89.9 m²

$P_{hc} = 15*89.9*6.05*10^{-3}$ kW.

$= \underline{8.158}$ kW.

Rotor loss (W_r)

$I_r = 533.33$ A.

$V_r = 158.75$ V.

$W_r = 533.33*158.75*10^{-3}$ kW.

$= \underline{84.666}$ kW.

Stator loss (W_s)

$I_a = 4175$ A.

$R_a = 0.0050179$ ohm./phase at temp.15°C

$R_{at} = ((234.5+74.9)/(234.5+25))+0.0050179$

$= 0.0059828$ ohm./phase

$W_s = 3*4175^2*0.0059828*10^{-3}$ kW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 312.581 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ kW วรรค
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stray load loss (P_s)

$$P_s = 708.64 + 8.158 - 312.851 - 84.666 - 140.5$$
$$= \underline{178.781} \quad \text{kW.}$$

Stray load loss at 3360 A.

$$P_{st} = 178.781 * (3360^2 / 4175^2) \quad \text{kW.}$$
$$= \underline{115.79}$$

Armature winding at 75 °C

$$R_a (75^\circ\text{C}) = ((234.5 + 75) / (234.5 + 25)) * 0.0050179$$
$$= 0.0059847 \quad \text{ohm./phase}$$

$$\text{Armature winding loss} = 3 * 3360^2 * 0.0050179$$
$$= \underline{202.69} \quad \text{kW.}$$

Field loss at 75 °C

If 674 A. at PF. = 1.00
790 A. at PF. = 0.95

$$R_a (75^\circ\text{C}) = ((234.5 + 75) / (234.5 + 25)) * 0.238378$$
$$= 0.33845 \quad \text{ohm./phase}$$

$$\text{Field loss} = 674^2 * 0.33845 * 10^{-3} \quad \text{kW.}$$
$$= \underline{153.749} \quad \text{kW. (PF.=1.0)}$$

$$\text{Field loss} = 790^2 * 0.33845 * 10^{-3} \quad \text{kW.}$$
$$= \underline{211.226} \quad \text{kW. (PF.=0.95)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ผลการทดสอบ Turbine power output และ Generator efficiency

Turbine power output

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Unit no | 2 |
| Guide vane opening (%) | 100 |
| Guide vane opening (mm) | 230.4 |
| Guaranteed turbine power output (MW) | 59.20 |
| Testing turbine power output (MW) | 60.37 |
| Diff. of turbine power output (%) | +1.98 |
| Accuracy of power measurement (%) | +/-0.6082 |

Generator efficiency

| Power factor | 1 | | 0.95 | |
|----------------------|-----------|---------|-----------|----------|
| Description | Guarantee | Testing | Guarantee | Testing |
| Load current (A)* | 3360 | 3360 | 3360 | 3360 |
| Field current (A)* | 674 | 674 | 790 | 790 |
| Mechanical Loss(kW)* | 270 | 270 | 270 | 270 |
| Core loss (kW) | 280 | 242.37 | 280 | 242.38 |
| Armature loss (kW) | 172 | 202.69 | 172 | 202.69 |
| Stray load loss (kW) | 120 | 115.79 | 120 | 115.79 |
| Field loss (kW) | 145 | 153.749 | 200 | 211.226 |
| Excitation loss(kW)* | 13 | 13 | 18 | 18 |
| Total loss (kW) | 1000 | 997.772 | 1060 | 1060.076 |
| Efficiency | 98.77 | 98.772 | 98.63 | 98.629 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Remark: * is the design data

3. Temperature rise by indirected method

3.1 No load-no excite (TRo)

$$\text{Temperature of winding} = 32.25 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperature of air} = 28.57 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{TRo} = 32.25 - 28.57 \quad ^\circ\text{C}$$

$$= \underline{3.49} \quad ^\circ\text{C}$$

3.2 No load excite (TRe)

$$\text{Temperature of winding} = 45.8 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperature of air} = 29.57 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{TRe} = 45.8 - 29.57 \quad ^\circ\text{C}$$

$$= \underline{16.23} \quad ^\circ\text{C}$$

3.3 Short circuit (TRs)

$$\text{Temperature of winding} = 74.9 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperature of air} = 32.21 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{TRs} = 74.9 - 32.21 \quad ^\circ\text{C}$$

$$= \underline{46.69} \quad ^\circ\text{C}$$

At max. load 99.5 MVA.

$$\text{Temperature rise of generator} = \text{TRs} + \text{TRe} - \text{TRo}$$

$$= 42.69 + 16.23 - 3.49$$

$$= \underline{55.43} \quad ^\circ\text{C at max.load}$$

At rated load 86.5 MVA.

$$\text{Temp.rise of generator} = (\text{T.rise max load} - \text{T.rise no load excite}) *$$

$$(\frac{86.5}{99.5})^2 + \text{T.rise no load excite}$$

$$= (55.43 - 16.23) * (\frac{86.5}{99.5})^2 + 16.23$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 45.855 องศาเซลเซียสที่ at rated load ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Generator temperature rise

| | | |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Load | Max. load
(99.5 MVA) | Rated load
(86.5 MVA) |
| Temperature rise at test (°C) | 55.43 | 48.85 |
| Temperature rise guaranteed (°C) | 80 | 60 |

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ Gen.Efficiency testing and temperature rise

| No. | Tool | Tool range | Accuracy | Set |
|-----|---|-------------|----------|-----|
| 1. | Acoustic flow meter (Fuji model Portaflow FLB small sensor) | φ25-350 mm. | 1.5% | 1 |
| 2. | Alcohol thermometer | 0-100°C | 0.1% | 2 |
| 3. | Surface temperature | - | 0.1% | 1 |
| 4. | Digital multimeter (FLUX Model 8060 A) | - | - | 1 |
| 5. | Ampere meter | - | 0.5% | 1 |
| 6. | Digital power meter (YEW Model 2533 12-7/F-RS232 C/INTEG) | - | 0.1% | 1 |
| 7. | Tachometer | - | - | 1 |
| 8. | RTD | - | - | 1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 หน่วยงานใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงหน่วยงานของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

DATA OF GENERATOR EFFICIENCY TEST

AND

TEMPERATURE RISE BY INDIRECTED

METHOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | |
|---|---|-------------------------------|----------------------|-------------|------|
| BHUMIBOL DAM

PROJECT | TEMPERATURE RISE
OF CONTINUOUS
OPERATION TEST
(Generating) | | UNIT NO. BB#2 | | |
| | | | TEST NO. 2 - 36 | | |
| | | | SHEET NO. 1 / 4 | | |
| | | | DATE | | |
| TESTING CONDITION | | | TEMPERATURE MAX (°C) | | |
| ACTIVE POWER (MW.) | 60.8 | STATOR | WINDINGS | 68.6 | |
| REACTIVE POWER (M.var) | 20.8 | | CORE | 66.1 | |
| ARMATURE | VOLTAGE (KV.) | 14.33 | FIELD WINDING | | |
| | CURRENT (A.) | 2447 | BEARINGS | GEN. THRUST | 67.2 |
| FIELD CURRENT (A.) | 700 | TEMPERATURE
(°C) | | GEN. THRUST | 70.0 |
| POWER FACTOR (COS) | 0.946 | | TUR. GUIDE | GEN. GUIDE | 54.9 |
| AMBIENT TEMP. (°C) | 26.5 | TUR. GUIDE | | 45.0 | |
| AIR OUTLET TEMP. (°C) | | | | | |
| WATER INLET TEMP. (°C) | 27.5 | TEMPERATURE RISE (°C) | | | |
| COOLING WATER FLOW (l/min) | GEN. EXTERNAL OIL COOLER 8.1x200 | STATOR | WINDING | 37 | |
| | TUR. EXTERNAL OIL COOLER 7.5 x 20 | | CORE | 34.6 | |
| | GEN. AIR COOLER 6.0x800 | | | | |
| OIL FLOW (l/min) | GEN. EXTERNAL OIL COOLER 9.0 x 80 | SPECIFIED TEMP. RISE (Deg °C) | | | |
| | TUR. EXTERNAL OIL COOLER 6.0 x 20 | | 86.5 MVA. | 99.5 MVA | |
| | | STATOR WINDING | 60.0 | 80.0 | |
| | | STATOR CORE | | 80.0 | |
| DURATION OF TEST (Hr:min) | 2 : 50 | BEARING TEMPERATURE MAX (°C) | | 70.0 | |
| ESTIMATED TEMPERATURE RISE FOR RATED AND MAXIMUM OUTPUT | | | | | |
| 1) STATOR WINDING (Ts) | | | | | |
| a) RATED OUTPUT (86.5 MVA.) = 54.12 (°C) | | | | | |
| b) MAXIMUM OUTPUT (99.5 MVA.) = 66.35 (°C) | | | | | |
| 2) CORE (Te) | | | | | |
| a) RATED OUTPUT (86.5 MVA.) = 49.85 (°C) | | | | | |
| b) MAXIMUM OUTPUT (99.5 MVA.) = 60.59 (°C) | | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|----------------------------|---|--------------------|
| BHUMIBOL
DAM
PROJECT | INSULATION RESISTANCE
& DIELECTRIC TEST
OF ROTOR WINDINGS | UNIT NO. BB#2 |
| | | TEST NO: 2 - 14 |
| | | SHEET NO. 2/2 |
| | | DATE OCT. 20 '1993 |

TEST CONDITION : AMBIENT TEMP. = 28.0 °C
 WINDING TEMP. = 35.5 °C (INSIDE OF AIR HOUSING)
 HUMIDITY = 71.0 %

1. INSULATION RESISTANCE

| BEFORE H.V. TEST
(M.ohm) | AFTER H.V. TEST
(M.ohm) | USED
MEGGER |
|-----------------------------|----------------------------|----------------|
| 59 | - | 500 V. |

2. DIELECTRIC TEST

| LEAKAGE CURRENT
(uA) | RESULT | TEST
VOLTAGE |
|-------------------------|--------|--------------------------|
| 110 | - | * DC. 3500 V.
(1 min) |

TEST VOLTAGE = (274 X 10) X 1.7 X 0.8

* LEAK CURRENT AT SLIP RING

TEST RESULT : GOOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHORT CIRCUIT CHARACTERISTIC

TEST

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|-----------------------------|--|--------------------|
| BHUMIBOL DAM

PROJECT | SHORT CIRCUIT

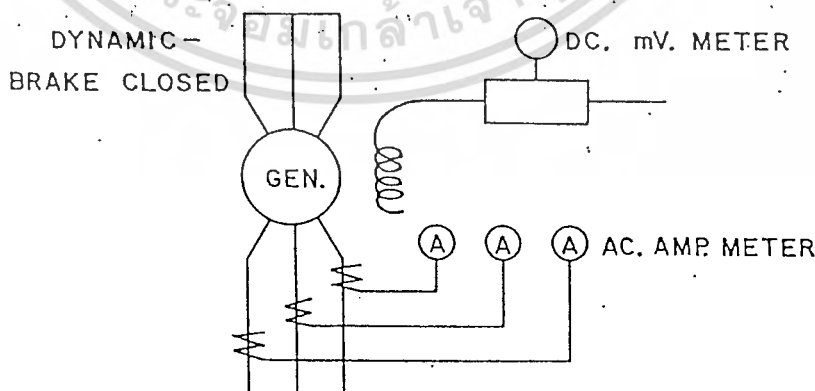
CHARACTERISTIC TEST | UNIT NO. BB # 2 |
| | | TEST NO. 2 - 16 |
| | | SHEET NO. 1 |
| | | DATE OCT. 20 '1993 |

| SPEED
(rpm.) | FIELD
CURRENT
(A) | FIELD
VOLTAGE
(V) | ARMATURE CURRENT (A) | | | AVERAGE
(A) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|---------|---------|----------------|
| | | | A PHASE | B PHASE | C PHASE | |
| 150 | 106.67 | 33 | 830 | 820 | 840 | 830.00 |
| 150 | 218.33 | 66 | 1680 | 1690 | 1670 | 1680.00 |
| 150 | 328.33 | 98 | 2530 | 2550 | 2520 | 2533.30 |
| 150 | 438.33 | 128 | 3380 | 3400 | 3350 | 3376.66 |
| 150 | 546.67 | 160 | 4220 | 4230 | 4200 | 4216.67 |

NOTE : Field current (A) measured by DC. digital multimeter FLUKE 77
Serial no. 35325782
Field voltage (V) measured by AC. volt. meter YEW, class 0.5
Serial no. 19354M

Armature current (A) measured by AC. amp. meter
A phase - YEW, class 0.5, Serial no. 196261M
B phase - YEW, class 0.5, Serial no. 65AG0768
C phase - YEW, class 0.5, serial no. 13470M

METERING CIRCUIT



TEST RESULT: GOOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPEN CIRCUIT CHARACTERISTIC

TEST



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

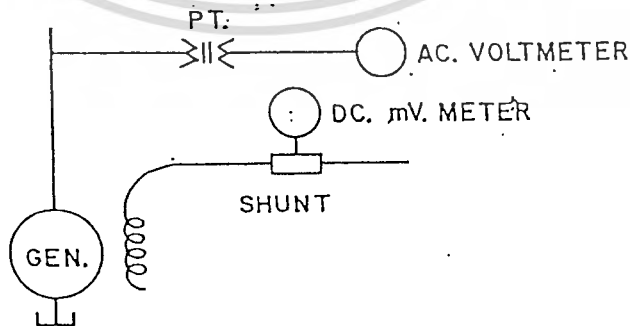
| | | |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|
| BHUMIBOL DAM

PROJECT | OPEN CIRCUIT | UNIT NO. BB#2 |
| | CHARACTERISTIC TEST | TEST NO. 2 - 19 |
| | | SHEET NO. 1/2 |
| | | DATE NOV. 4 ' 1993 |

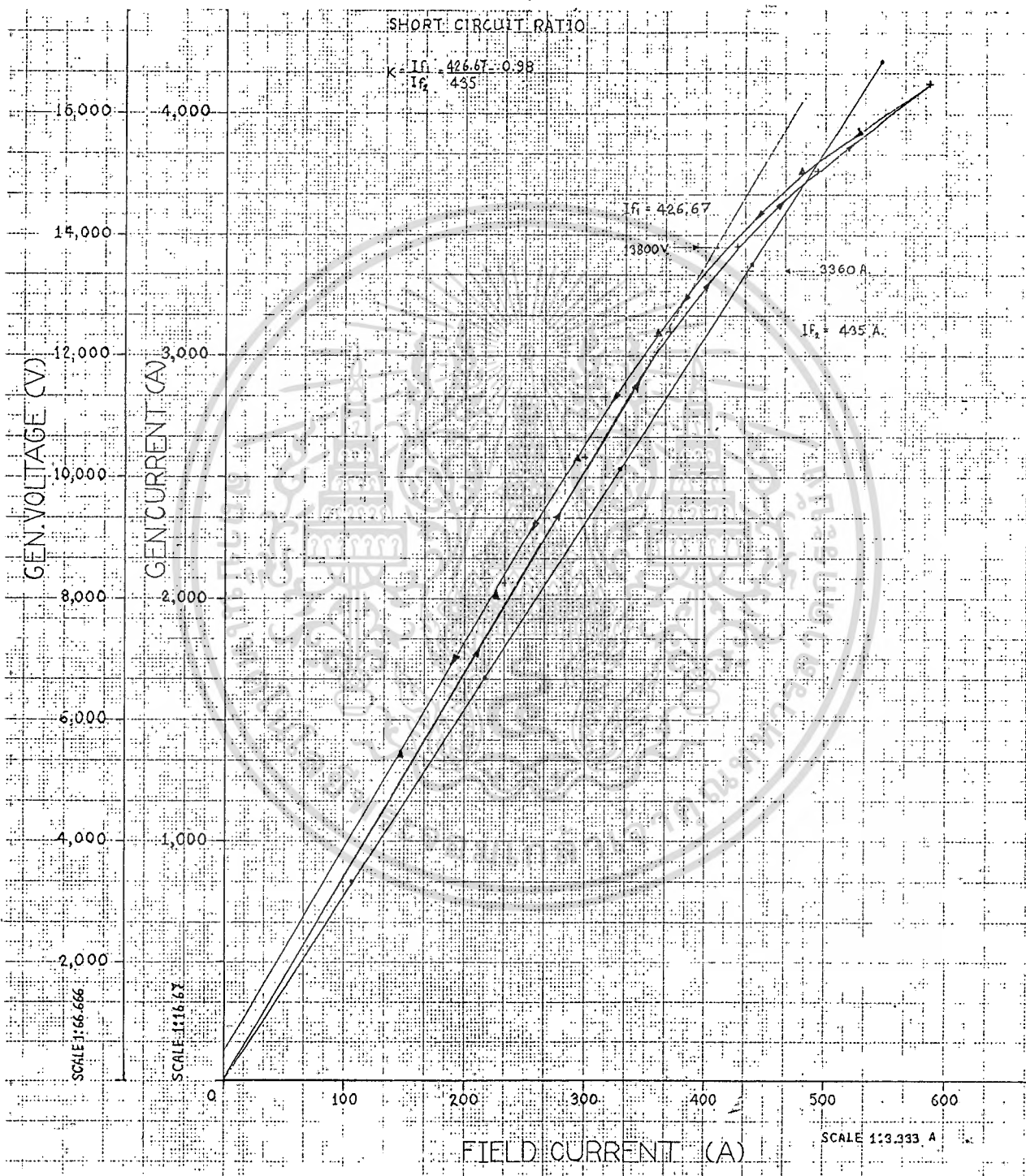
| SPEED
(rpm.) | FIELD | | TERMINAL VOLTAGE(V) | | | AVERAGE
(V) | SHAFT VOLTAGE | |
|-----------------|--------|-----|---------------------|-----------|-----------|----------------|---------------|-------|
| | (A) | (V) | PHASE A-B | PHASE B-C | PHASE C-A | | GEN.. | TUR. |
| 150 | 165.00 | 48 | 5,940 | 5,940 | 5,940 | 5,940 | 0.066 | .064 |
| 150 | 235.00 | 68 | 8,280 | 8,280 | 8,280 | 8,280 | 0.066 | 0.062 |
| 150 | 301.67 | 86 | 10,350 | 10,350 | 10,350 | 10,350 | 0.066 | 0.061 |
| 150 | 371.67 | 108 | 12,420 | 12,420 | 12,420 | 12,420 | 0.065 | 0.059 |
| 150 | 426.67 | 125 | 13,800 | 13,800 | 13,800 | 13,800 | 0.064 | 0.058 |
| 150 | 491.67 | 143 | 15,090 | 15,090 | 15,090 | 15,090 | 0.063 | 0.057 |
| 150 | 585.00 | 170 | 16,560 | 16,560 | 16,560 | 16,560 | 0.063 | 0.067 |
| 150 | 480.00 | 140 | 15,030 | 15,030 | 15,030 | 15,030 | 0.063 | 0.056 |
| 150 | 418.33 | 122 | 13,800 | 13,800 | 13,800 | 13,800 | - | - |
| 150 | 360.00 | 105 | 12,360 | 12,360 | 12,360 | 12,360 | - | - |
| 150 | 219.67 | 85 | 10,350 | 10,350 | 10,350 | 10,350 | - | - |
| 150 | 226.67 | 65 | 8,220 | 8,220 | 8,220 | 8,220 | - | - |
| 150 | 146.67 | 42 | 5,430 | 5,430 | 5,430 | 5,430 | - | - |

NOTE : Field current : measured by digital multimeter FLUKE 77-2 Serial no.54970710
Field voltage : measured by AC. voltmeter YEW class 0.5 Serial no. 19354M
Terminal voltage : measured by AC. voltmeter
 A-B : YEW class 0.5 Serial no. 18754M
 B-C : YEW class 0.5 Serial no. 18754M
 C-A : YEW class 0.5 Serial no. 18754M

METERING CIRCUIT



TEST RESULT: GOOD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

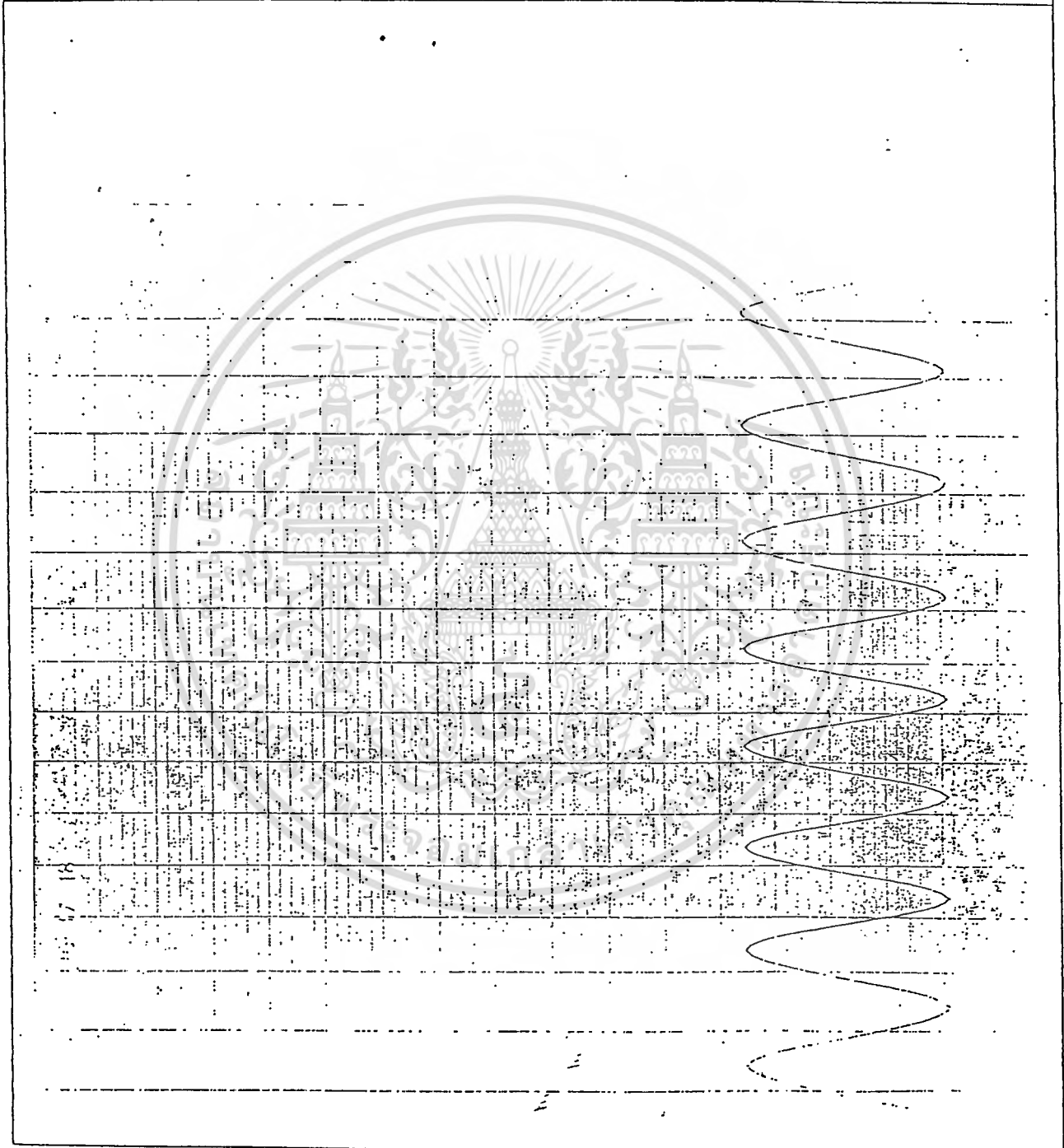


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|
| BHUMIBOL DAM

PROJECT | WAVE FORM RECORD

PHASE A | UNIT NO. BB # 2 |
| | | TEST NO. 2 - 20 |
| | | SHEET NO. 1/3 |
| | | DATE OCT. 29 '1993 |

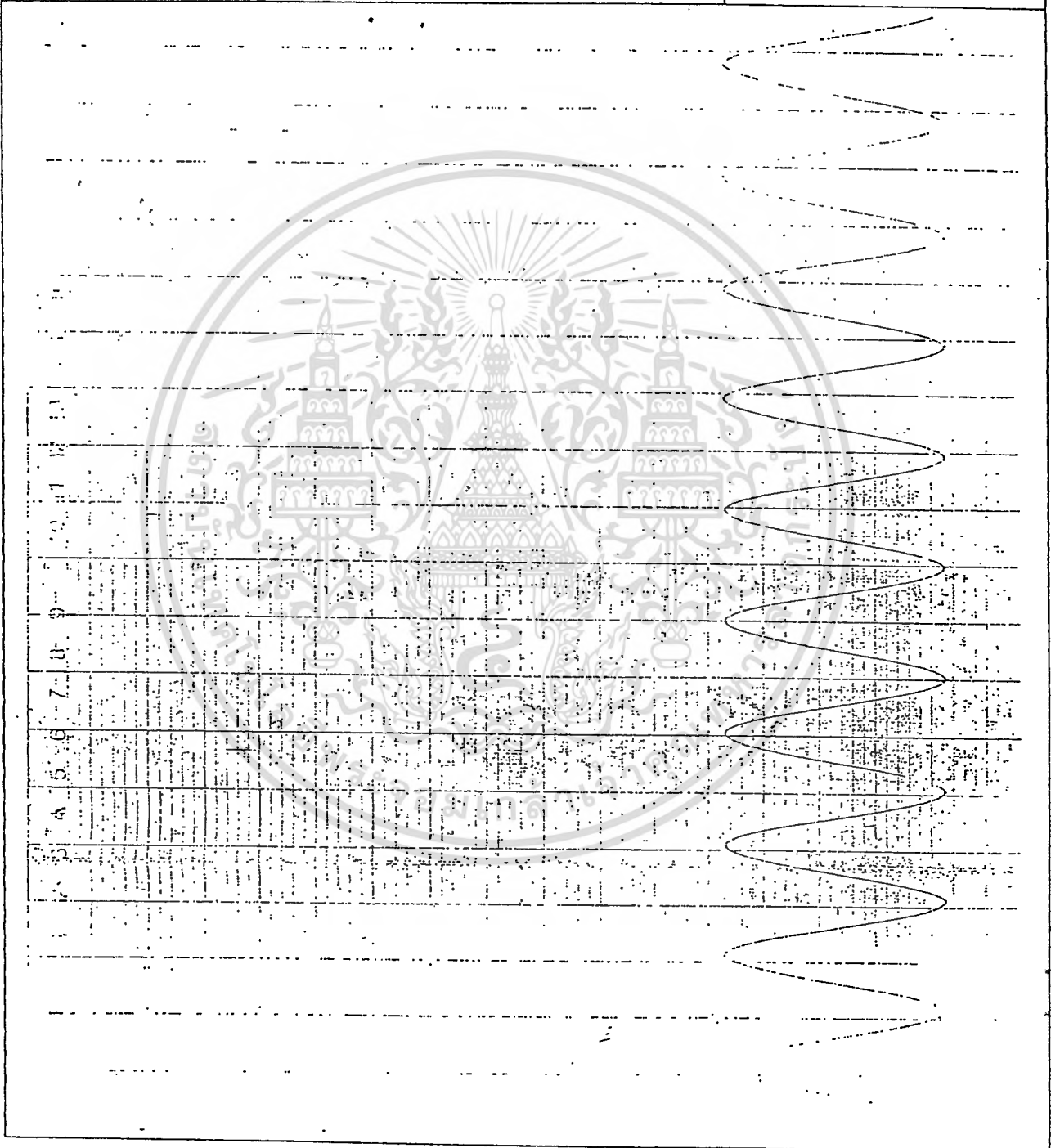


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ กรุณาขออนุญาต
EGAT. EPDCF. ELIN.
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|
| BHUMIBOL DAM

PROJECT | WAVE FORM RECORD

PHASE B | UNIT NO. BB # 2 |
| | | TEST NO. 2 - 20 |
| | | SHEET NO. 2/3 |
| | | DATE OCT. 29 '1993 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น สิทธิที่จะให้แก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและข้อมูลข้างต้นจึงเป็นของผู้เป็นเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีฉบับไปใช้

EGAT

EPDCI

ELIN

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| BHUMIBOL DAM

PROJECT | WAVE FORM RECORD

PHASE C | UNIT NO. BB # 2,
1 |
| | | TEST NO. 2 - 20 |
| | | SHEET NO. 3/3 |
| | | DATE OCT. 29 '1993 |

The main body of the form is a large grid. A faint watermark of a Thai temple with a central sunburst is visible in the background. On the right side of the grid, there is a wavy line graph, likely representing a wave form record. The grid lines are horizontal and vertical, creating a series of small squares.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงเจ้าของเอกสารหรือร่างที่เิกอกรไปใช้

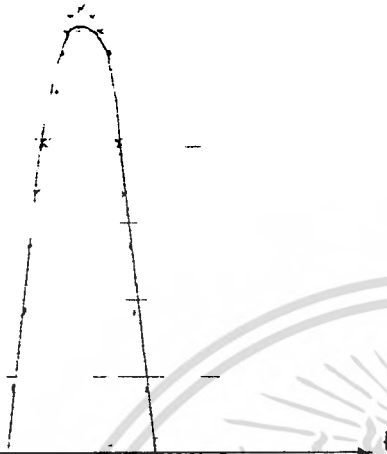
EGAT

EPDCI

ELIN

UNIT 2

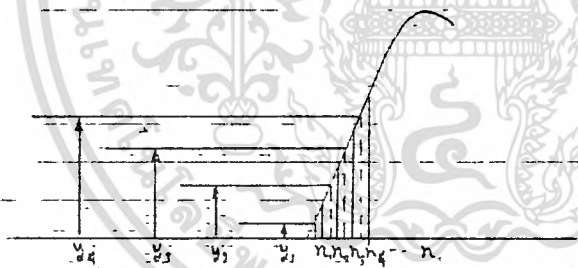
WAVE FORM PHASE (R)



ACTUAL WAVE FORM (R)

$$\sqrt{2} \cdot a \cos \theta = 58.03 \cos \theta$$

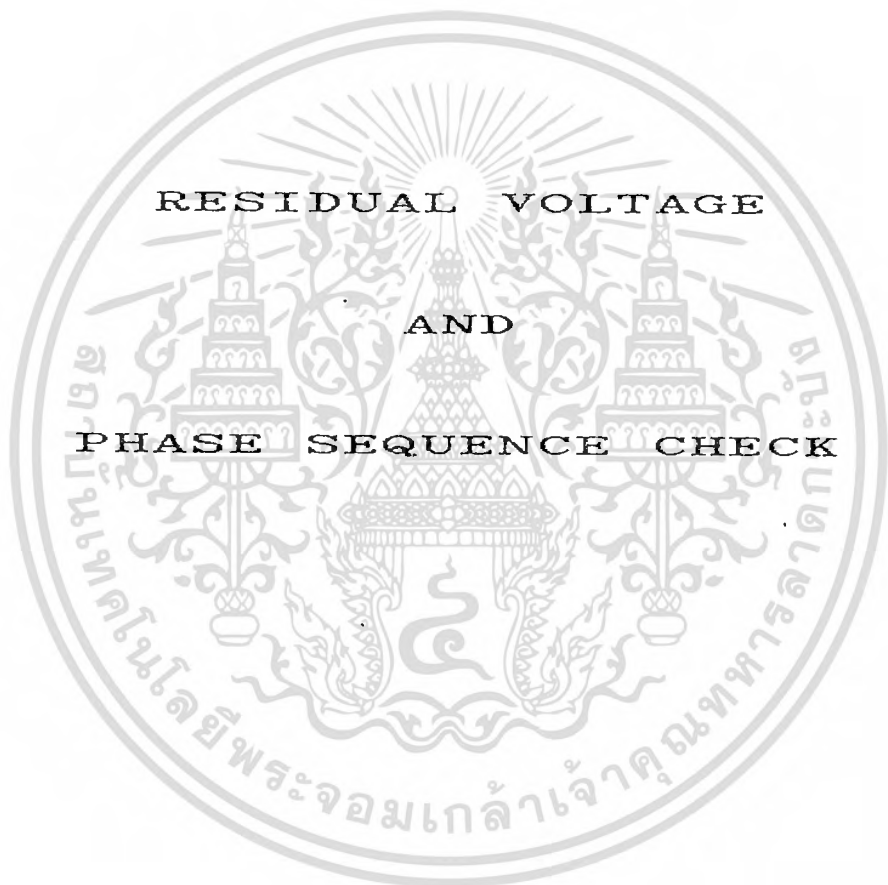
DEVIATION FACTOR $\frac{d}{\sqrt{2} \cdot a} \times 100\% = \frac{2.0}{\sqrt{2} \times 41.04} = 3.4\% < 10\%$



| | Y^2 | | Y^2 |
|-----------------|--------|-----------------|--------|
| $Y_1 = 6.5$ | 42.3 | $Y_{11} = 55.5$ | 3080.3 |
| $Y_2 = 16.0$ | 256.0 | $Y_{12} = 54.0$ | 2916 |
| $Y_3 = 23.5$ | 552.3 | $Y_{13} = 52.0$ | 2704 |
| $Y_4 = 31.5$ | 992.3 | $Y_{14} = 49.5$ | 2450.3 |
| $Y_5 = 38.0$ | 1444.0 | $Y_{15} = 46.0$ | 2116.0 |
| $Y_6 = 46.0$ | 2116.0 | $Y_{16} = 38.5$ | 1482.3 |
| $Y_7 = 50.0$ | 2500.0 | $Y_{17} = 32.0$ | 1024.0 |
| $Y_8 = 54.0$ | 2916.0 | $Y_{18} = 24.0$ | 576.0 |
| $Y_9 = 55.5$ | 3080.3 | $Y_{19} = 16.0$ | 256.0 |
| $Y_{10} = 56.0$ | 3136.0 | $Y_{20} = 6.5$ | 42.25 |

$$\sum Y^2 = 33682$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{20} (Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_{20}^2)} = \sqrt{\frac{1}{20} \times 33682} = 41.04$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

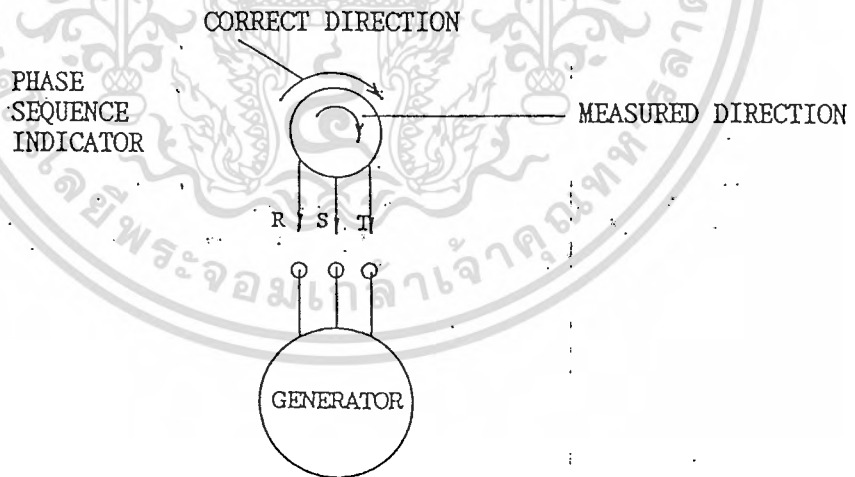
| | | |
|-------------------------|--|---------------------|
| BHUMIBOL DAM
PROJECT | RESIDUAL VOLTAGE &
PHASE SEQUENCE CHECK | UNIT NO. BB#2 |
| | | TEST NO. 2 - 21 ,22 |
| | | SHEET NO. 1/1 |
| | | DATE OCT. 28' 1993 |

1. RESIDUAL VOLTAGE

| PHASE | VOLTAGE (V) |
|-------|-------------|
| A - B | 186.12 |
| B - C | 186.12 |
| C - A | 186.12 |

2. PHASE SEQUENCE

RESULT : PHASE A - B - C
 MEASURING POSITION : INCOMMIING BUS FOR STATION SERVICE 52A
 USED INSTRUMENT : KEIHIN DENSOKI CO. LTD.
 SER. NO. 00399



Refer to DWG. NC. 100 203-286

TEST RESULT : GOOD

| EHUMIBOL DAM PROJECT | | | GENERATOR CAPABILITY CURVE TEST | | | | | | | | | | UNIT NO. BB# 2 | | |
|----------------------|------------------------------|----------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------|------|
| | | | | | | | | | | | | | TEST NO. 2-34 | | |
| | | | | | | | | | | | | | DATE NOV. 3 ' 1993 | | |
| LINE VOLTAGE (KV) | | | 247.00 | 248.80 | 249.20 | 250.60 | 247.10 | 246.90 | 245.80 | 246.10 | 245.90 | 252.30 | 250.70 | 246.10 | |
| GENERATOR | ACTIVE POWER (MW) | | 60.2 | 60.3 | 49.0 | 32.4 | 60.2 | 60.0 | 50.0 | 33.2 | 31.6 | 39.4 | 59.8 | 33.2 | |
| | VOLTAGE (KV) | | 13.87 | 14.21 | 14.28 | 14.32 | 13.68 | 13.60 | 13.47 | 13.47 | 13.40 | 14.49 | 14.24 | 13.47 | |
| | CURRENT (KA) | | 2451 | 2684 | 2426 | 1802 | 2648 | 2762 | 2538 | 2017 | 2208 | 2169 | 2540 | 2017 | |
| | REACTIVE POWER (M.var) | | 0.4 | 29.7 | 36.4 | 31.5 | - 21.7 | - 28.2 | - 34.4 | - 34.7 | - 41.2 | 38.8 | 22.5 | - 34.7 | |
| | POWER FACTOR (%) | | 0.999 | 0.897 | 0.8027 | 0.717 | 0.94 | 0.905 | 0.823 | 0.691 | 0.608 | 0.7125 | 0.935 | 0.691 | |
| EXCITER | VOLTAGE (V) | | 165 | 220 | 223 | 210 | 140 | 130 | 108 | 90 | 78 | 228 | 210 | 90 | |
| | CURRENT (A) | | 575 | 750 | 760 | 700 | 460 | 430 | 360 | 290 | 250 | 765 | 705 | 290 | |
| TURBINE | GUIDE VANE SERVOMOTOR | mm. | 304 | 304 | 252 | 188 | 305 | 305 | 256 | 192 | 189 | 218 | 290 | 192 | |
| | | % | 98.7 | 98.7 | 81.8 | 61.0 | 99.0 | 99.0 | 83.1 | 62.3 | 61.3 | 70.7 | 94.1 | 62.3 | |
| | SPIRAL CASE PRESSURE (m.Aq) | | 78.0 | 78.0 | 78.5 | 79.5 | 78.0 | 78.0 | 78.5 | 79.5 | 79.5 | 79.5 | 78.0 | 79.5 | |
| | DRAFT TUBE PRESSURE (m.Aq) | | - 1.5 | - 1.0 | - 1.7 | - 1.9 | - 1.2 | - 1.2 | - 1.4 | - 1.8 | - 1.8 | - 1.8 | - 1.0 | - 1.8 | |
| WATER LEVEL | FOREBAY LEVEL (m.MSL) | | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | 224.05 | |
| | TAILRACE LEVEL (m.MSL) | | 137.89 | 137.93 | 135.86 | 135.71 | 137.86 | 137.84 | 137.82 | 138.00 | 138.07 | 138.10 | 138.22 | 138.00 | |
| | STATIC HEAD (m) | | 86.16 | 86.12 | 88.19 | 88.34 | 86.19 | 86.21 | 86.23 | 86.05 | 85.98 | 85.95 | 85.83 | 86.05 | |
| TEMPERATURE (°C) | RTD. | STATOR WINDING | PHASE - R | 46 | 49.5 | 52 | 54 | 54.5 | 55.5 | 56.5 | 56.5 | 56 | 55.5 | 56.5 | 56.5 |
| | | | PHASE - S | 45 | 48.5 | 51 | 52.5 | 53.5 | 54.5 | 55.5 | 56 | 55.5 | 54.5 | 55 | 56 |
| | | | PHASE - T | 45.5 | 49 | 51.5 | 53 | 54 | 55 | 56 | 56.5 | 56 | 55 | 56 | 56.5 |
| | AIR COOLER | INLET | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 |
| | | OUTLET | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 |
| | *** OF GEN AIR COOLER (DIAL) | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | OIL MAIN TRANSFORMER | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | AMBIENT TEMP. | GROUND FLOOR | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 | 27.8 |
| | | TUR. FLOOR | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 |

EGAT

EPDCI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Screen Print :

OPERATOR DIAGRAM UNIT

15-Dec-93 18:46:54

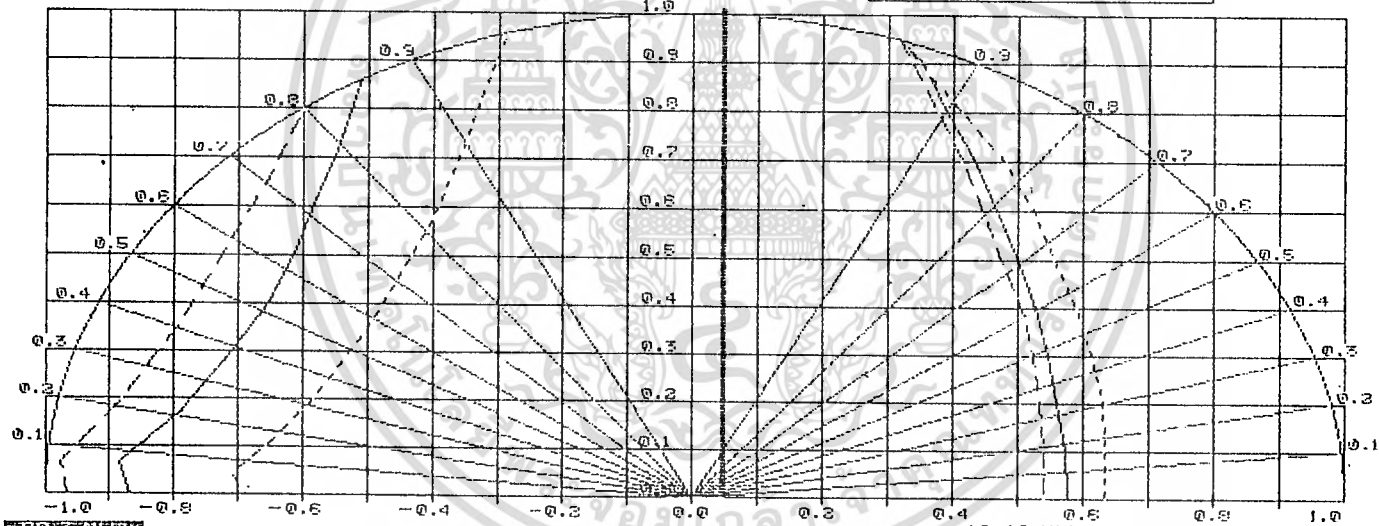
2403.0 KV

2403. A

MW >60.0 MVar >5.0

SINGLE

5000000



OPERATOR DIAGRAM UNIT

--- 12.42 KV
— 14.43 KV
- · - 13.80 KV

OPERATOR DIAGRAM UNIT

-16/0

18:31:12

2

Trend File 9 Overflow

GEN01
OPER 4

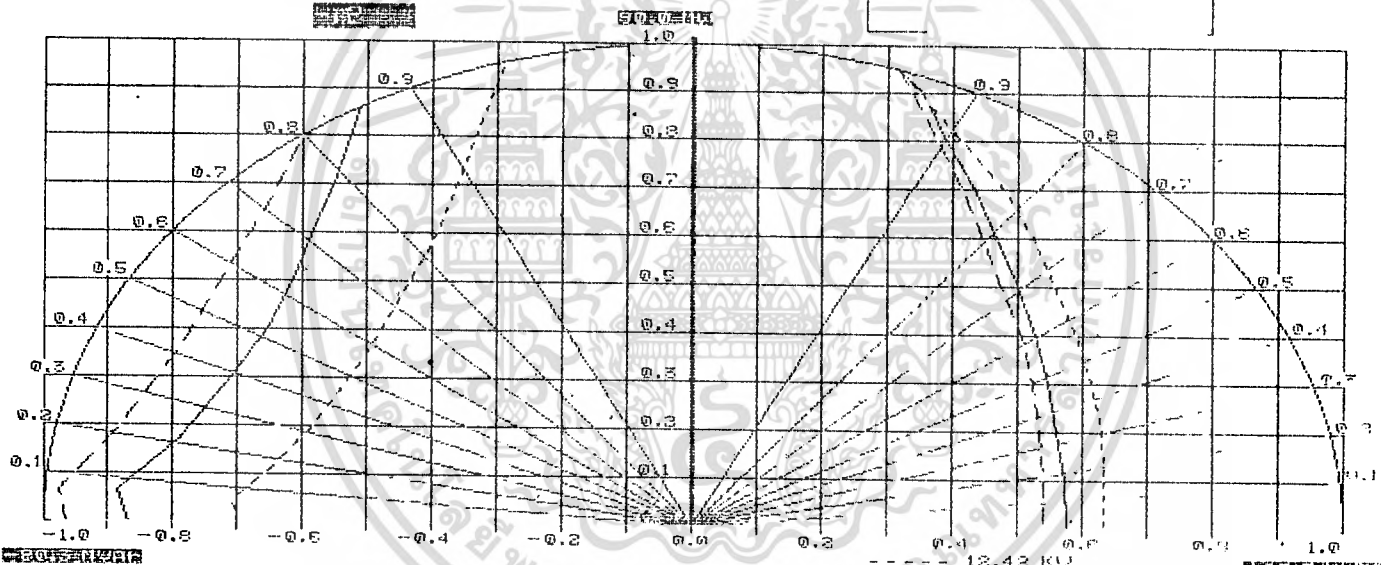
89

Screen Print :

OPERATOR: HABIRAM, UNIT: 2

14-Dec-93 14:20:20

702016 KW
0. A
MW >.0 MVAR SINGLE



SCHEMATIC

--- 12.42 KW
— 14.49 KW
... 13.60 KW

SCHEMATIC

GENCO
CONTR.

-16/0

- 71 -



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | |
|---|---|-------------------------------|----------------------|-----------------|------|
| BHUMIBOL DAM

PROJECT | TEMPERATURE RISE
OF CONTINUOUS
OPERATION TEST
(Generating) | | | UNIT NO. BB#2 | |
| | | | | TEST NO. 2 - 36 | |
| | | | | SHEET NO. 1 / 4 | |
| | | | | DATE | |
| TESTING CONDITION | | | TEMPERATURE MAX (°C) | | |
| ACTIVE POWER (MW.) | 60.8 | STATOR | WINDINGS | 68.6 | |
| REACTIVE POWER (M.var) | 20.8 | | CORE | 66.1 | |
| ARMATURE | VOLTAGE (KV.) | 14.33 | FIELD WINDING | | - |
| | CURRENT (A.) | 2447 | BEARINGS | GEN. THRUST | 67.2 |
| FIELD CURRENT (A.) | 700 | TEMPERATURE
(°C) | | GEN. THRUST | 70.0 |
| POWER FACTOR (COS) | 0.946 | | AMBIENT TEMP. (°C) | GEN. GUIDE | 54.9 |
| AIR OUTLET TEMP. (°C) | 26.5 | TUR. GUIDE | | 45.0 | |
| WATER INLET TEMP. (°C) | 27.5 | TEMPERATURE RISE (°C) | | | |
| COOLING WATER FLOW (l/min) | GEN. EXTERNAL OIL COOLER 8.1x200 | STATOR | WINDING | 37 | |
| | TUR. EXTERNAL OIL COOLER 7.5 x 20 | | CORE | 34.6 | |
| | GEN. AIR COOLER 6.0x800 | | | | |
| OIL FLOW (l/min) | GEN. EXTERNAL OIL COOLER 9.0 x 80 | SPECIFIED TEMP. RISE (Deg °C) | | | |
| | TUR. EXTERNAL OIL COOLER 6.0 x 20 | | 86.5 MVA. | 99.5 MVA | |
| | | STATOR WINDING | 60.0 | 80.0 | |
| | | STATOR CORE | | 80.0 | |
| DURATION OF TEST (Hr:min) | 2 : 50 | BEARING TEMPERATURE MAX (°C) | | 70.0 | |
| ESTIMATED TEMPERATURE RISE FOR RATED AND MAXIMUM OUTPUT | | | | | |
| 1) STATOR WINDING (Ts) | | | | | |
| a) RATED OUTPUT (86.5 MVA.) = 54.12 (°C) | | | | | |
| b) MAXIMUM OUTPUT (99.5 MVA.) = 66.35 (°C) | | | | | |
| 2) CORE (Te) | | | | | |
| a) RATED OUTPUT (86.5 MVA.) = 49.85 (°C) | | | | | |
| b) MAXIMUM OUTPUT (99.5 MVA.) = 60.59 (°C) | | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| BHMIBOL DAM

PROJECT | CONTINUOUS OPERATION TEST

(HEAT RUN TEST) | | | | | | | | | | | | | | UNIT NO. 2 | | | | | |
|----------------------------|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | TEST NO. 2 - 36 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | SHEET NO. 2/4 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | DATE NOV. 3 1993 | | | | | |
| TEST TIME | (H:min.) | 23:30 | 23:40 | 23:50 | 00:00 | 00:10 | 00:20 | 00:30 | 00:40 | 00:50 | 01:00 | 01:10 | 01:20 | 01:30 | 01:40 | 01:50 | 02:00 | 02:10 | 02:20 | |
| ELAPSED TIME | (min) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | |
| LINE VOLTAGE | (KV.) | | | | | 249.6 | 250.2 | 250.6 | 250.6 | 250.6 | 250.6 | 250.6 | 250.6 | 252.2 | 252.2 | 252.2 | 252.2 | 252.7 | 252.7 | |
| GENERATOR | ACTIVE POWER | (MW.) | 61.4 | 60.9 | 61.3 | 59.9 | 60.0 | 59.8 | 59.9 | 59.9 | 59.8 | 59.7 | 59.9 | 59.9 | 60.0 | 59.7 | 59.9 | 59.9 | 59.9 | 60.8 |
| | VOLTAGE | (KV.) | 14.15 | 14.14 | 14.15 | 14.16 | 14.16 | 14.16 | 14.21 | 14.22 | 14.23 | 14.23 | 14.22 | 14.23 | 14.32 | 14.32 | 14.33 | 14.32 | 14.33 | 14.33 |
| | CURRENT | (A.) | 2551 | 2562 | 2570 | 2482 | 2489 | 2500 | 2479 | 2470 | 2461 | 2464 | 2470 | 2469 | 2479 | 2468 | 2444 | 2470 | 2450 | 2447 |
| | REACTIVE POWER | (MVAR.) | + 19.3 | + 21.7 | + 21.3 | 19.6 | 19.9 | 18.5 | 20.1 | 18.6 | 18.1 | 18.4 | 18.9 | 18.8 | 22.3 | 20.6 | 20.4 | 21.3 | 20.1 | 20.8 |
| | POWER FACTOR | 0.954 | 0.942 | 0.945 | 0.950 | 0.950 | 0.955 | 0.946 | 0.955 | 0.957 | 0.955 | 0.953 | 0.954 | 0.937 | 0.945 | 0.946 | 0.942 | 0.946 | 0.946 | |
| | FREQUENCY | (Hz.) | 49.92 | 49.95 | 50.05 | 50.07 | 50.10 | 49.90 | 50.07 | 50.14 | 50.13 | 50.08 | 49.97 | 49.89 | 49.95 | 50.07 | 50.10 | 49.93 | 50.07 | 50.11 |
| | ELECTRIC ENERGY | (MWh.) | 162 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXCITER | VOLTAGE | (V.) | 220 | 225 | 230 | 225 | 220 | 225 | 225 | 225 | 220 | 225 | 225 | 225 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 |
| | CURRENT | (A.) | 700 | 700 | 710 | 700 | 690 | 700 | 700 | 690 | 690 | 690 | 690 | 700 | 710 | 710 | 700 | 710 | 700 | 700 |
| TURBINE | GUIDE VANE SERVOMOTOR | | (mm.) | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 |
| | STROKE | | (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESSURE | SPIRAL CASE (MWC.) | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 | 77.0 |
| | | DRAFT TUBE (MWC.) | - 2.6 | - 2.2 | - 2.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.6 |
| SHAFT | SLIPRING (BY DIAL GAUGE) (um.) | 32-35 | 30-33 | 30-32 | 30-33 | 30-32 | 30-32 | 30 | 30 | 30-32 | 30-32 | 30-32 | 30-32 | 30-32 | 30-32 | 30-31 | 30-31 | 30-31 | 30-31 | |
| RUN-OUT | TURBINE SHAFT (BY DIAL GAUGE) (um.) | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | |
| VIBRATION

(um.) | GEN. SHAFT | G 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | G 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | TUR. SHAFT | T 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | T 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | SHAFT VIBRATION
MONITOR | GEN. | 4-20 | 12-30 | 21-41 | 12-37 | 19-24 | 14-26 | 12-29 | 11-26 | 17-25 | 16-31 | 14-33 | 11-35 | 19-37 | 15-35 | 15-30 | 15-25 | 13-20 | 23-35 |
| | | TUR. | 22-37 | 19-29 | 23-32 | 17-19 | 22-33 | 18-30 | 19-33 | 19-30 | 22-35 | 19-35 | 35-27 | 22-34 | 21-30 | 19-31 | 20-30 | 30-25 | 23-31 | 25-36 |
| WATER
LEVEL | FOREBAY LEVEL (m.MSL) | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | 223.99 | |
| | TAILRACE LEVEL (m.MSL) | 136.65 | 136.67 | 136.66 | 136.66 | 136.66 | 136.65 | 136.66 | 136.66 | 136.65 | 136.65 | 136.65 | 136.65 | 136.66 | 136.66 | 136.65 | 136.66 | 136.66 | 136.66 | |
| | STATIC WATER PRESSURE (m.) | 87.34 | 87.32 | 87.33 | 87.33 | 87.33 | 87.34 | 87.33 | 87.33 | 87.34 | 87.34 | 87.34 | 87.34 | 87.33 | 87.33 | 87.34 | 87.33 | 87.33 | 87.33 | |

| PROJECT | CONTINUOUS OPERATION TEST
(HEAT RUN TEST) | | | | | | | | | | | | | | | | | | UNIT NO. 2 | | | | | | |
|---------------------|--|-----------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-----------------|-------|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TEST NO. 2 - 36 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | SHEET NO. 3/4 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | DATE NOV. 3 ' 1993 | | | | | | | |
| TEST TIME | (H:m:fn.) | 23:30 | 23:30 | 23:40 | 23:50 | 00:00 | 00:10 | 00:20 | 00:30 | 00:40 | 00:50 | 01:00 | 01:10 | 01:20 | 01:30 | 01:40 | 01:50 | 02:00 | 02:10 | 02:20 | | | | | |
| ELAPSED TIME | (H:m:fn) | 0 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | | | | | |
| TEMPERATURE
(-C) | RECORDER
(DAS) | STATOR WINDING | 1 | 60.8 | 60.8 | 62.2 | 63.6 | 64.5 | 65.1 | 65.1 | 65.8 | 66.1 | 62.2 | 66.2 | 66.4 | 66.5 | 66.7 | 66.9 | 61.2 | 67.3 | 67.5 | 67.6 | | | |
| | | | 4 | 59.7 | 59.7 | 61.1 | 63.0 | 64.0 | 64.6 | 64.9 | 65.2 | 65.5 | 65.7 | 65.8 | 65.9 | 66.1 | 66.3 | 66.4 | 66.5 | 66.7 | 66.7 | 68.6 | 68.6 | | |
| | | | 6 | 59.8 | 59.8 | 61.6 | 62.9 | 63.9 | 64.4 | 64.7 | 65.1 | 65.3 | 65.4 | 65.6 | 65.7 | 65.8 | 66.0 | 66.2 | 66.3 | 66.4 | 66.5 | 66.6 | 66.6 | 66.6 | |
| | | | 7 | 61.5 | 61.5 | 63.3 | 64.7 | 65.7 | 66.2 | 66.6 | 67.0 | 67.2 | 67.4 | 67.6 | 67.7 | 67.8 | 68.1 | 68.3 | 68.4 | 68.5 | 68.6 | 68.6 | 68.6 | 68.6 | |
| | | | 10 | 59.8 | 59.8 | 61.4 | 62.6 | 63.5 | 64.0 | 64.4 | 64.7 | 65.0 | 65.1 | 65.3 | 65.4 | 65.5 | 65.7 | 65.9 | 66.0 | 66.1 | 66.2 | 66.3 | 66.3 | 66.3 | 66.3 |
| | | | 11 | 59.6 | 59.6 | 61.2 | 62.5 | 63.4 | 63.9 | 64.3 | 64.5 | 64.8 | 64.9 | 65.1 | 65.2 | 65.3 | 65.5 | 65.8 | 65.7 | 66.1 | 66.1 | 66.1 | 66.2 | 66.2 | 66.2 |
| | | BEARING | GEN. THRUST NO.4 | 63.5 | 63.5 | 64.5 | 66.5 | 66.5 | 66.5 | 67.0 | 67.0 | 67.0 | 67.0 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | |
| | | | GEN. GUIDE NO.2 | 67.5 | 67.5 | 68.5 | 69.0 | 69.5 | 69.5 | 69.7 | 69.8 | 69.9 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | |
| | | | TUR. GUIDE NO.1 | 52.5 | 52.5 | 53.5 | 54.0 | 54.5 | 54.5 | 54.5 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | |
| | | AIR, OUTLET OF
GEN. AIR COOLER | 1 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | |
| | | | 3 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | |
| | 5 | | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | | |
| | 7 | | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | | |
| | 9 | | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | | |
| | 11 | | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | | |
| | 13 | | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | | |
| | DIAL TYPE | BEARING | GEN. THRUST NO.1 | 63.5 | 63.5 | 64.5 | 66.5 | 66.5 | 66.5 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | 67.2 | | |
| | | | GEN. THRUST NO.2 | 67.5 | 67.5 | 68.5 | 69 | 69.5 | 69.5 | 69.7 | 69.8 | 69.9 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | | |
| | | | GEN. GUIDE | 52 | 52 | 53.5 | 54 | 54.5 | 54.5 | 54.5 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | | |
| | | | TUR. GUIDE | 42.5 | 42.5 | 43.5 | 44 | 44.5 | 44.5 | 44.5 | 44.6 | 44.7 | 44.8 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | | |
| | OIL INLET OF GEN. EXTERNAL OIL COOLER | | 36.0 | 36.0 | 36.5 | 37.0 | 37.0 | 37.5 | 38.0 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | 38.5 | | | |
| | OIL OUTLET OF GEN. EXTERNAL OIL COOLER | | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 32.5 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | | | |
| | OIL INLET OF TUR. EXTERNAL OIL COOLER | | 36.0 | 36.0 | 36.5 | 37.0 | 37.0 | 37.0 | 37.0 | 37.5 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | | | |
| | OIL OUTLET OF TUR. EXTERNAL OIL COOLER | | 33.5 | 33.5 | 34.5 | 34.0 | 34.0 | 34.0 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | | | |

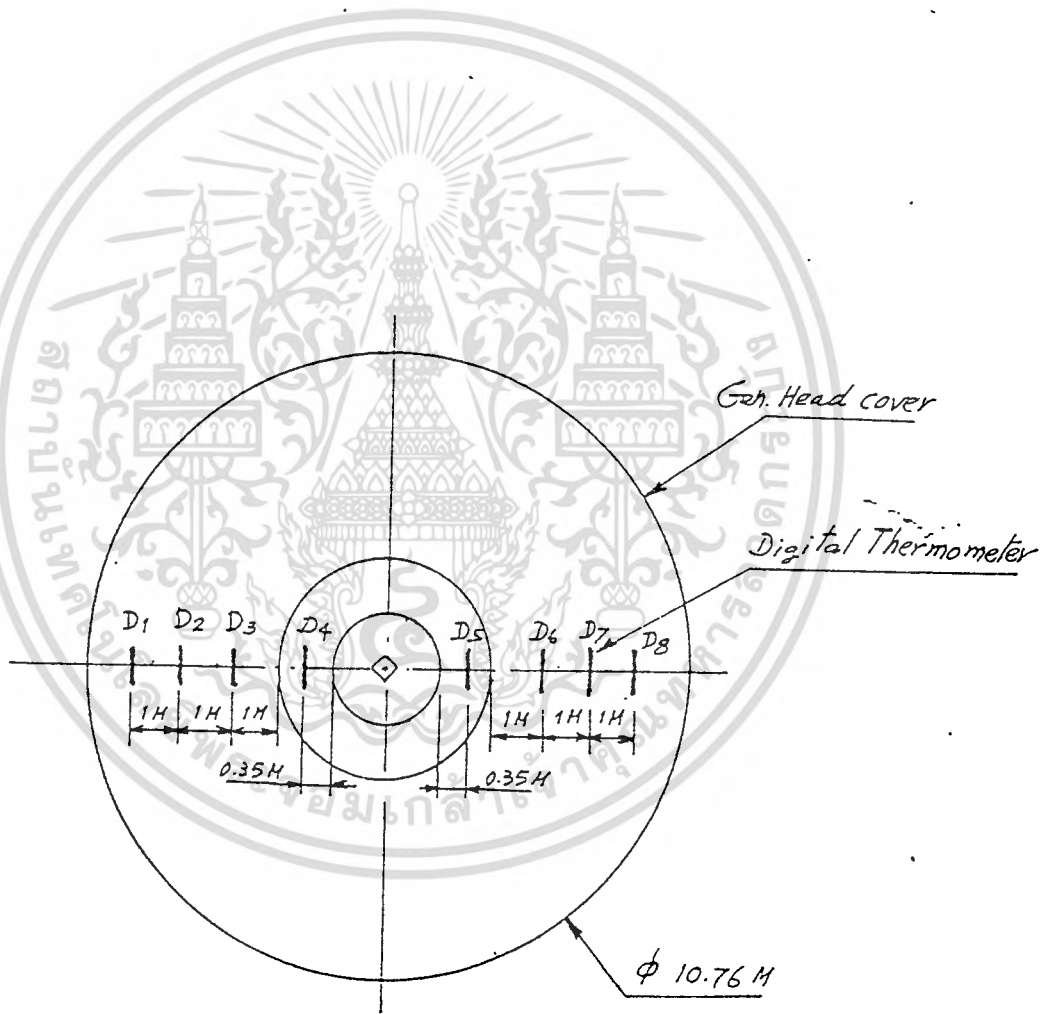
- 24 -

| EHLIHBOL DAM
PROJECT | CONTINUOUS OPERATION TEST
(HEAT RUN TEST) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | UNIT NO. 2 |
|-------------------------|--|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-----------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TEST NO. 2 - 36 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | SHEET NO. 4/4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | DATE NOV. 3 ' 1999 | |
| TEST TIME | (H:min.) | 23:30 | 23:40 | 23:50 | 00:00 | 00:10 | 00:20 | 00:30 | 00:40 | 00:50 | 01:00 | 01:10 | 01:20 | 01:30 | 01:40 | 01:50 | 02:00 | 02:10 | 02:20 | |
| ELAPSED TIME | (H:min) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | |
| TEMPERATURE
(°C) | COOLING WATER INLET | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | |
| | COOLING WATER OUTLET | GEN. EXTERNAL OIL COOLER | 28.5 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| | | TUR. EXTERNAL OIL COOLER | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 |
| | | GEN. AIR COOLER | 29.1 | 29.1 | 29.1 | 29.3 | 29.3 | 29.3 | 29.3 | 29.4 | 29.4 | 29.4 | 29.4 | 29.4 | 29.5 | 29.5 | 29.5 | 29.5 | 29.5 | 29.5 |
| | STATOR CORE | 1 | 60.4 | 60.6 | 61.0 | 61.5 | 62.1 | 62.6 | 63.0 | 63.3 | 63.6 | 63.9 | 64.3 | 64.3 | 64.5 | 64.7 | 64.9 | 65.1 | 65.2 | 65.3 |
| | | 2 | 61.0 | 61.2 | 61.6 | 62.2 | 62.8 | 63.2 | 63.6 | 64.0 | 64.3 | 64.6 | 64.8 | 65.0 | 65.3 | 65.5 | 65.7 | 65.9 | 66.0 | 66.1 |
| | | 5 | 60.1 | 60.4 | 60.9 | 61.6 | 62.0 | 62.5 | 62.9 | 63.2 | 63.5 | 63.8 | 63.9 | 64.1 | 64.3 | 64.5 | 64.7 | 64.8 | 65.0 | 65.1 |
| | | 6 | 60.3 | 60.5 | 60.9 | 61.6 | 61.9 | 62.4 | 62.8 | 63.1 | 63.4 | 63.6 | 63.8 | 64.0 | 64.2 | 64.4 | 64.6 | 64.7 | 64.8 | 65.0 |
| | OIL RESERVOIR | GEN. BEARING OIL PAN | 41.5 | 42.5 | 43.0 | 43.5 | 43.5 | 43.5 | 43.8 | 43.8 | 43.9 | 43.9 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 |
| | | TUR. BEARING OIL PAN | 42.5 | 43.5 | 44 | 44.5 | 44.5 | 44.5 | 44.6 | 44.7 | 44.8 | 44.8 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| | AMBIENT AIR | GROUND FLOOR | 26.3 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 |
| | | TURBINE FLOOR (B1) | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| | WATER FLOW
(l/min) | GEN. EXTERNAL OIL COOLER | 8.1 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| | | TUR. EXTERNAL OIL COOLER | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| GEN. AIR COOLER | | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | |
| OIL FLOW
(l/min) | GEN. EXTERNAL OIL COOLER | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | |
| | TUR. EXTERNAL OIL COOLER | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | |
| OIL LEVEL
(mm) | GEN. BEARING OIL RESERVOIR | NORMAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TUR. BEARING OIL RESERVOIR | NORMAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Lay out of measurment on gen. cover



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

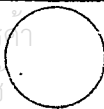


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data of no-load no-excite



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

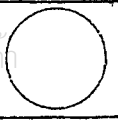
| | | | | | |
|-----------------------|----------|---|-----------|-------------------|---|
| Plant
BB # 2 | | Load | | Test
Gen. eff. | |
| Corrections | | No load - No excite | | Sheet | |
| | | Measur. place
B ₁ (cooling water) | | Cadence | |
| Meas. points | | C/W flow | | | |
| Time | Units | m ³ /M | | | |
| 1 | 01:45 | 3.183 | | | |
| 2 | 01:46 | 3.183 | | | |
| 3 | 01:47 | 3.171 | | | |
| 4 | 01:48 | 3.214 | | | |
| 5 | 01:49 | 3.251 | | | |
| 6 | 01:50 | 3.263 | | | |
| 7 | 01:51 | 3.316 | | | |
| 8 | 01:52 | 3.205 | | | |
| 9 | 01:53 | 3.171 | | | |
| 10 | 01:54 | 3.208 | | | |
| 11 | 01:55 | 3.248 | | | |
| 12 | 01:56 | 3.236 | | | |
| 13 | 01:57 | 3.257 | | | |
| 14 | 01:58 | 3.377 | | | |
| 15 | 01:59 | 3.248 | | | |
| 16 | 02:00 | 3.214 | | | |
| 17 | 02:01 | 3.257 | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Total | | | | | |
| Average | | 3.24 | | | |
| Date
Nov. 03, 1993 | Operator | | Protocate | |  |

| Plant
<u>3B # 2</u> | | Load | | Test
<u>Gen. eff.</u> | | | | | | | |
|------------------------|-------------|--|----------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| Corrections | | No load - No excite | | | | | | | | Sheet | |
| Mecs. points | | Measur. place
<u>Surface temp at Gen. cover plate</u> | | | | | | | | Cadence | |
| Time | Jnits | Surface Temp. | | | | | | | | | |
| | | °C | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ | D ₅ | D ₆ | D ₇ | D ₈ | |
| 1 | 01:45 | | 27.9 | 28.6 | 28.3 | 27.7 | 28.1 | 28.2 | 28.4 | 28.2 | |
| 2 | 01:46 | | 28.1 | 28.5 | 28.4 | 27.8 | 28.2 | 28.7 | 28.6 | 28.1 | |
| 3 | 01:47 | | 28.1 | 28.2 | 28.4 | 27.9 | 28.4 | 28.9 | 28.5 | 28.0 | |
| 4 | 01:48 | | 28.1 | 28.5 | 28.8 | 27.8 | 28.2 | 28.3 | 28.1 | 27.9 | |
| 5 | 01:49 | | 27.6 | 28.3 | 28.6 | 27.9 | 28.1 | 28.6 | 28.7 | 28.3 | |
| 6 | 01:50 | | 27.7 | 28.3 | 28.4 | 27.7 | 28.1 | 28.8 | 28.0 | 27.8 | |
| 7 | 01:51 | | 28.1 | 28.4 | 28.4 | 27.3 | 28.2 | 28.6 | 28.4 | 27.9 | |
| 8 | 01:52 | | 27.8 | 28.2 | 28.1 | 27.8 | 27.9 | 28.7 | 28.4 | 27.9 | |
| 9 | 01:53 | | 27.7 | 28.1 | 28.2 | 27.4 | 27.6 | 28.3 | 28.3 | 27.8 | |
| 10 | 01:54 | | 27.6 | 28.2 | 28.3 | 27.6 | 28.0 | 28.1 | 28.1 | 27.5 | |
| 11 | 01:55 | | 27.7 | 28.3 | 28.5 | 27.3 | 28.0 | 28.2 | 28.4 | 27.8 | |
| 12 | 01:56 | | 27.7 | 28.2 | 28.3 | 27.4 | 27.6 | 27.9 | 28.6 | 28.2 | |
| 13 | 01:57 | | 27.8 | 28.4 | 28.1 | 27.3 | 27.9 | 28.4 | 28.3 | 28.2 | |
| 14 | 01:58 | | 28.1 | 28.1 | 28.4 | 27.3 | 27.9 | 28.2 | 28.5 | 28.5 | |
| 15 | 01:59 | | 27.9 | 28.2 | 28.1 | 27.1 | 27.5 | 27.8 | 28.0 | 27.6 | |
| 16 | 02:00 | | 27.6 | 27.9 | 28.0 | 27.3 | 27.2 | 27.7 | 27.8 | 27.4 | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | | | |
| Average | | | 27.843 | 28.275 | 28.331 | 27.537 | 27.931 | 28.337 | 28.318 | 27.937 | |
| Date | Operator | | | | | | | | | Protocoe | |
| <u>Nov. 02, 1993</u> | [Signature] | | | | | | | | | | |

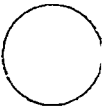
เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 เก็บรักษาไว้ที่ห้องเก็บเอกสาร
 หากต้องการนำออกไปใช้ ต้องขออนุญาตจากหัวหน้างาน
 Nov. 02, 1993

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|---------------------|--------------|-------|-------------|--------------|-------------------|---------|--|
| Plant
BB #2 | | | | Load | | | Test
Gen. eff. | | |
| Corrections | | No load - No excite | | | | | | Sheet | |
| | | Measur. place
B1 | | | | | | Cadence | |
| Meas. points | | Temp. Inlet | Temp. Outlet | | Temp. Inlet | Temp. Outlet | | | |
| Time | Units | °C | °C | Time | °C | °C | | | |
| 1 | 01:45 | 28.0 | 28.6 | 02:05 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 2 | 01:46 | 28.0 | 28.6 | 02:06 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 3 | 01:47 | 28.0 | 28.6 | 02:07 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 4 | 01:48 | 28.0 | 28.6 | 02:08 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 5 | 01:49 | 28.0 | 28.6 | 02:09 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 6 | 01:50 | 28.0 | 28.6 | 02:10 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 7 | 01:51 | 28.0 | 28.6 | 02:11 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 8 | 01:52 | 28.0 | 28.6 | 02:12 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 9 | 01:53 | 28.0 | 28.6 | 02:13 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 10 | 01:54 | 28.0 | 28.6 | 02:14 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 11 | 01:55 | 28.0 | 28.6 | 02:15 | 28.0 | 28.6 | | | |
| 12 | 01:56 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| 13 | 01:57 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| 14 | 01:58 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| 15 | 01:59 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| 16 | 02:00 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| 17 | 02:01 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| 18 | 02:02 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| 19 | 02:03 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| 20 | 02:04 | 28.0 | 28.6 | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | |
| Average | | | | | 28.0 | 28.6 | | | |
| Date
Nov. 02, 1993 | Operator | | | | | | Protocate | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี
 อีกรายงานฉบับนี้จัดทำโดยหน่วยงานและต่อจากรายงานฉบับก่อนของเอกสารชุดนี้ที่มีการแก้ไข



| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|---|--|--|--|-------------------|--|---------|--|
| Plant
BB # 2 | | Load | | | | Test
Gen. eff. | | | |
| Corrections | | No load - No excite | | | | | | Sheet | |
| | | Measur. place
Ambient temp at ground floor | | | | | | Cadence | |
| Mecs. points | | Ambient temp. | | | | | | | |
| Time | | °C | | | | | | | |
| 1 | 01:45 | 23.9 | | | | | | | |
| 2 | 01:46 | 24.0 | | | | | | | |
| 3 | 01:47 | 24.1 | | | | | | | |
| 4 | 01:48 | 24.0 | | | | | | | |
| 5 | 01:49 | 24.1 | | | | | | | |
| 6 | 01:50 | 24.1 | | | | | | | |
| 7 | 01:51 | 24.0 | | | | | | | |
| 8 | 01:52 | 23.7 | | | | | | | |
| 9 | 01:53 | 23.6 | | | | | | | |
| 10 | 01:54 | 23.9 | | | | | | | |
| 11 | 01:55 | 23.6 | | | | | | | |
| 12 | 01:56 | 23.8 | | | | | | | |
| 13 | 01:57 | 23.9 | | | | | | | |
| 14 | 01:58 | 23.4 | | | | | | | |
| 15 | 01:59 | 24.0 | | | | | | | |
| 16 | 02:00 | 24.0 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | |
| Average | | 23.881 | | | | | | | |
| Date
Nov. 02, 1993 | | Operator | | | | Protocole | | | |



| | | | |
|------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------|
| Plant
<u>BB #2</u> | | Load | Test
<u>Gen. eff.</u> |
| Corrections | | No load - No excite | Sheet |
| | | Measur. place
<u>Turbine Pit</u> | Cadence |
| Meas. points | Speed | | |
| Time \ Units | rpm. | | |
| 1 | 01:45 | 601 | |
| 2 | 01:46 | 601 | |
| 3 | 01:47 | 602 | |
| 4 | 01:48 | 601 | |
| 5 | 01:49 | 600 | |
| 6 | 01:50 | 600 | |
| 7 | 01:51 | 600 | |
| 8 | 01:52 | 601 | |
| 9 | 01:53 | 601 | |
| 10 | 01:54 | 601 | |
| 11 | 01:55 | 600 | |
| 12 | 01:56 | 600 | |
| 13 | 01:57 | 601 | |
| 14 | 01:58 | 600 | |
| 15 | 01:59 | 600 | |
| 16 | 02:00 | 600 | |
| 17 | 02:01 | 601 | |
| 18 | 02:02 | 601 | |
| 19 | 02:03 | 601 | |
| 20 | 02:04 | 600 | |
| | | | |
| | | | |
| Total | | | |
| Average | 600.6 | | |
| Date
<u>Nov. 02, 1993</u> | Operator
<u>ที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาติให้นำไปใช้</u> | | Protocole
<u>ระยชนดานกา</u> |

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROSEMOUNT
RS3
REPORT

*
* ACTUAL TEMPERATURE REPORT *
*
* 02-Nov-93 02:22:49 *

HEPP BHUMIBOL

| | | | | UNIT 1 | UNIT 2 |
|---------|------------------|--------------|--|------------|---------------|
| *26SW1 | STATOR WINDING | TEMP.1 | | 41.6 DEG C | 32.2 DEG C |
| *26SW3 | STATOR WINDING | TEMP.3 | | 42.4 DEG C | 32.4 DEG C |
| *26SW4 | STATOR WINDING | TEMP.4 | | 41.9 DEG C | 32.4 DEG C |
| *26SW6 | STATOR WINDING | TEMP.6 | | 42.1 DEG C | 32.2 DEG C |
| *26SW7 | STATOR WINDING | TEMP.7 | | 41.8 DEG C | 32.1 DEG C |
| *26SW9 | STATOR WINDING | TEMP.9 | | 42.4 DEG C | 32.2 DEG C |
| *26SC1 | STATOR CORE | TEMP.1 | | 41.3 DEG C | 32.0 DEG C |
| *26SC2 | STATOR CORE | TEMP.2 | | 41.4 DEG C | 31.6 DEG C |
| *26SC3 | STATOR CORE | TEMP.3 | | 41.2 DEG C | 32.1 DEG C |
| *26SC4 | STATOR CORE | TEMP.4 | | 41.4 DEG C | 32.2 DEG C |
| *26SC5 | STATOR CORE | TEMP.5 | | 42.5 DEG C | 32.3 DEG C |
| *26SC6 | STATOR CORE | TEMP.6 | | 41.1 DEG C | 32.4 DEG C |
| *26GA1 | GEN.AIR COOLER | TEMP.1 | | 37.8 DEG C | 29.1 DEG C |
| *26GA2 | GEN.AIR COOLER | TEMP.2 | | 36.6 DEG C | 29.1 DEG C |
| *26GA3 | GEN.AIR COOLER | TEMP.3 | | 36.5 DEG C | 28.5 DEG C |
| *26GA4 | GEN.AIR COOLER | TEMP.4 | | 36.7 DEG C | 29.2 DEG C |
| *26GA5 | GEN.AIR COOLER | TEMP.5 | | 37.9 DEG C | 28.6 DEG C |
| *26GA6 | GEN.AIR COOLER | TEMP.6 | | 36.6 DEG C | 28.5 DEG C |
| *26GA7 | GEN.AIR COOLER | TEMP.7 | | 36.8 DEG C | 28.5 DEG C |
| *26GA8 | GEN.AIR COOLER | TEMP.8 | | 36.7 DEG C | 28.6 DEG C |
| *26GA9 | GEN.AIR COOLER | TEMP.9 | | 36.7 DEG C | 28.7 DEG C |
| *26GA10 | GEN.AIR COOLER | TEMP.10 | | 36.8 DEG C | 28.8 DEG C |
| *26GA11 | GEN.AIR COOLER | TEMP.11 | | 36.7 DEG C | 28.8 DEG C |
| *26GA12 | GEN.AIR COOLER | TEMP.12 | | 36.7 DEG C | 28.9 DEG C |
| *26GA13 | GEN.AIR COOLER | TEMP.13 | | 36.6 DEG C | 28.9 DEG C |
| *26GA14 | GEN.AIR COOLER | TEMP.14 | | 36.3 DEG C | 28.6 DEG C |
| *26GA15 | GEN.AIR COOLER | TEMP.15 | | 36.7 DEG C | 28.9 DEG C |
| *26GA16 | GEN.AIR COOLER | TEMP.16 | | 35.8 DEG C | 28.5 DEG C |
| *26GTB1 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.1 | | 37.9 DEG C | 64.1 DEG C |
| *26GTB2 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.2 | | 26.1 DEG C | 58.8 DEG C |
| *26GTB3 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.3 | | 37.9 DEG C | 63.1 DEG C |
| *26GTB4 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.4 | | 37.8 DEG C | 99999.0 DEG C |
| *26GGB1 | GEN.GUIDE BEAR. | TEMP.1 | | 38.3 DEG C | 52.5 DEG C |
| *26GGB2 | GEN.GUIDE BEAR. | TEMP.2 | | 38.4 DEG C | 49.5 DEG C |
| *26TGB1 | TURB.GUIDE BEAR. | TEMP.1 | | 31.8 DEG C | 53.2 DEG C |
| *26TGB2 | TURB.GUIDE BEAR. | TEMP.2 | | 30.9 DEG C | 53.1 DEG C |
| *26W | COOLING WATER | TEMP. | | DEG C | DEG C |
| 26KQA | TRANSFORMER OIL | TEMP.PHASE A | | 42.9 DEG C | |
| 26KQB | TRANSFORMER OIL | TEMP.PHASE B | | 44.7 DEG C | |
| 26KQC | TRANSFORMER OIL | TEMP.PHASE C | | 43.4 DEG C | |

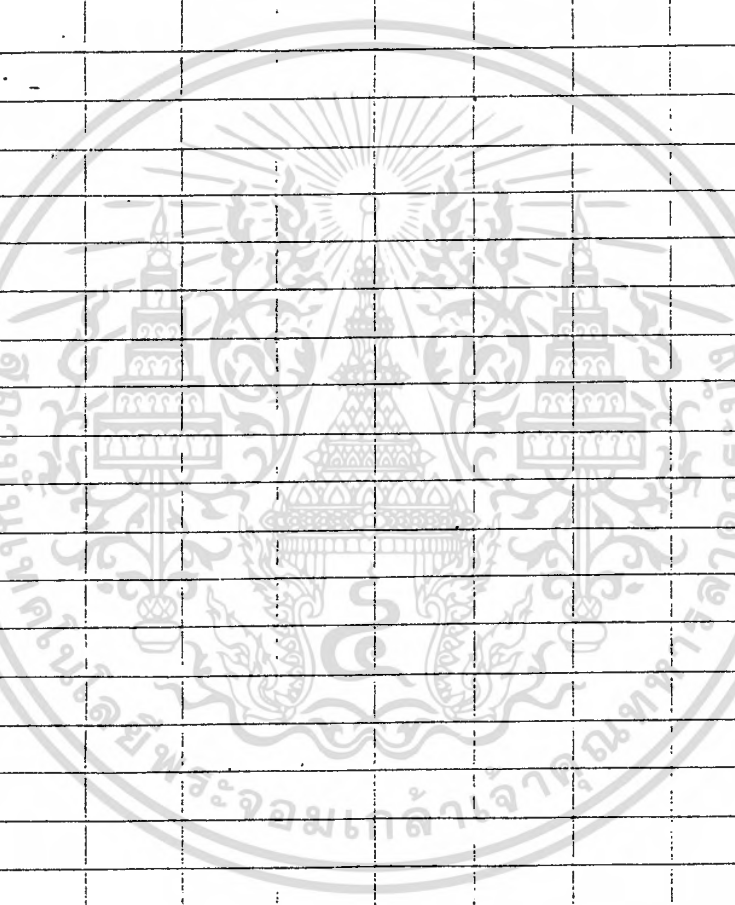
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data of no-load excite



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|--|--|
| Plant
<u>BB #2</u> | | Load
_____ | | Test
<u>Gen. Eff.</u> | |
| Corrections | | No-load Excite | | Sheet
1 | |
| | | Measur. place
<u>B1</u> | | Cadence | |
| Meas. points | C/W
Flow | | | | |
| Time | Units
m ³ /M | | | | |
| 1 | 05:50 | 3.313 | | | |
| 2 | 05:51 | 3.172 | | | |
| 3 | 05:52 | 3.227 | | | |
| 4 | 05:53 | 3.212 | | | |
| 5 | 05:54 | 3.089 | | | |
| 6 | 05:55 | 3.360 | | | |
| 7 | 05:56 | 3.336 | | | |
| 8 | 05:57 | 3.132 | | | |
| 9 | 05:58 | 3.224 | | | |
| 10 | 05:59 | 3.206 | | | |
| 11 | 06:00 | 3.338 | | | |
| 12 | 06:01 | 3.233 | | | |
| 13 | 06:02 | 3.166 | | | |
| 14 | 06:03 | 3.218 | | | |
| 15 | 06:04 | 3.252 | | | |
| 16 | 06:05 | 3.236 | | | |
| 17 | 06:06 | 3.267 | | | |
| 18 | 06:07 | 3.203 | | | |
| 19 | 06:08 | 3.270 | | | |
| 20 | 06:09 | 3.273 | | | |
| Total | | | | | |
| Average | | 3.2364 | | | |
| Date
<u>Nov. 3, 1993</u> | | Operator | | Protocole | |

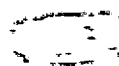


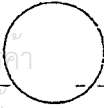
| Plant
BB #2 | | | | Load | | | Test
Gen. eff. | | |
|----------------------|-------|--------------------------------|--------------|-------|-------------|--------------|-------------------|--|--|
| Corrections | | No-load Excite | | | | | Sheet 2 | | |
| | | Measur. place
B1 (C/W flow) | | | | | Cadence | | |
| Meas. points | | Temp. Inlet | Temp. outlet | | Temp. Inlet | Temp. outlet | | | |
| Time | Units | °C | °C | Time | °C | °C | | | |
| 1 | 05:50 | 27.0 | 28.7 | 06:10 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 2 | 05:51 | 27.0 | 28.7 | 06:11 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 3 | 05:52 | 27.0 | 28.7 | 06:12 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 4 | 05:53 | 27.0 | 28.7 | 06:13 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 5 | 05:54 | 27.0 | 28.7 | 06:14 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 6 | 05:55 | 27.0 | 28.7 | 06:15 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 7 | 05:56 | 27.0 | 28.7 | 06:16 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 8 | 05:57 | 27.0 | 28.7 | 06:17 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 9 | 05:58 | 27.0 | 28.7 | 06:18 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 10 | 05:59 | 27.0 | 28.7 | 06:19 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 11 | 06:00 | 27.0 | 28.7 | 06:20 | 27.0 | 28.7 | | | |
| 12 | 06:01 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| 13 | 06:02 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| 14 | 06:03 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| 15 | 06:04 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| 16 | 06:05 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| 17 | 06:06 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| 18 | 06:07 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| 19 | 06:08 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| 20 | 06:09 | 27.0 | 28.7 | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | |
| Average | | | | | | 27.0 | 28.7 | | |
| Date
Nov. 3, 1993 | | Operator | | | | | Protocol | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่
 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
 111 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10710

| | | | |
|-----------------------|----------|--------------------------------|-------------------|
| Plant
33 #2 | | Load | Test
Gen. eff. |
| Corrections | | No-load Excite | Sheet 3 |
| | | Measur. place
Turbine room. | Cadence |
| Meas. points | | Speed | |
| Time | Units | rpm. | |
| 1 | 05:50 | 600 | |
| 2 | 05:51 | 600 | |
| 3 | 05:52 | 600 | |
| 4 | 05:53 | 601 | |
| 5 | 05:54 | 601 | |
| 6 | 05:55 | 600 | |
| 7 | 05:56 | 600 | |
| 8 | 05:57 | 600 | |
| 9 | 05:58 | 601 | |
| 10 | 05:59 | 601 | |
| 11 | 06:00 | 601 | |
| 12 | 06:01 | 600 | |
| 13 | 06:02 | 601 | |
| 14 | 06:03 | 601 | |
| 15 | 06:04 | 600 | |
| 16 | 06:05 | 601 | |
| 17 | 06:06 | 600 | |
| 18 | 06:07 | 600 | |
| 19 | 06:08 | 600 | |
| 20 | 06:09 | 601 | |
| | | | |
| | | | |
| Total | | | |
| Average | | 600.45 | |
| Date
Nov, 03, 1993 | Operator | | Protocole |

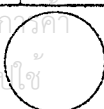
มหาวิทยาลัยสุโขทัยวิทยาธิการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 วิศวกรรมเทคโนโลยีบัณฑิตวิทยาลัยให้ติดต่อขอใช้และต้องยื่นเงินประกันของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|---|
| Plant
BB #2 | | | | Load | | | | Test
Gen. eff. | | | |
| Corrections | | No-load Excite | | | | | | | | Sheet
4 | |
| | | Measur. place
Gen. cover plate | | | | | | | | Cadence | |
| Meas. points | Ambient temp. | | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ | D ₅ | D ₆ | D ₇ | D ₈ | |
| Time | Jnits
°C | | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C |
| 1 | 05:50 | 23.9 | 28.8 | 28.9 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 29.2 | 29.2 | 28.4 | |
| 2 | 05:52 | 23.8 | 28.7 | 29.2 | 29.6 | 29.0 | 28.9 | 29.3 | 29.2 | 28.1 | |
| 3 | 05:54 | 23.9 | 28.4 | 29.3 | 29.3 | 28.6 | 28.5 | 29.9 | 29.6 | 28.8 | |
| 4 | 05:56 | 24.1 | 28.4 | 29.2 | 29.5 | 28.1 | 28.6 | 29.0 | 29.2 | 28.6 | |
| 5 | 05:58 | 24.0 | 29.0 | 29.5 | 29.6 | 28.2 | 28.4 | 29.3 | 29.3 | 28.8 | |
| 6 | 06:00 | 24.1 | 28.4 | 29.5 | 29.4 | 28.3 | 28.7 | 28.7 | 29.3 | 28.3 | |
| 7 | 06:02 | 24.1 | 28.8 | 28.9 | 29.1 | 28.9 | 28.7 | 29.3 | 29.0 | 28.3 | |
| 8 | 06:04 | 24.3 | 28.6 | 29.2 | 29.6 | 29.4 | 29.0 | 29.4 | 29.5 | 28.6 | |
| 9 | 06:06 | 24.3 | 28.6 | 29.2 | 29.5 | 28.5 | 28.8 | 29.4 | 29.3 | 28.6 | |
| 10 | 06:08 | 24.2 | 28.7 | 29.4 | 29.4 | 28.9 | 28.9 | 29. | 29.2 | 28.5 | |
| 11 | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | | | |
| Average | 24.07 | | 28.54 | 29.23 | 29.42 | 28.69 | 28.75 | 29.30 | 29.28 | 28.50 | |
| Date
Nov, 03, 1993 | Operator
S. S. S. | | | | | | | | Protocole | |  |

| Plant
<u>BB #2</u> | | Load
_____ | | Test
<u>Gen. eff.</u> | |
|------------------------------|-------|-----------------------------------|--|--|--|
| Corrections | | No-load Excite | | Sheet
6 | |
| | | Measur. place
<u>Slipping.</u> | | Codence | |
| Mecs. points | | excite
Voltage | | | |
| Time | Units | V. | | | |
| 1 | 05:50 | 125.52 | | | |
| 2 | 05:51 | 125.80 | | | |
| 3 | 05:52 | 125.40 | | | |
| 4 | 05:53 | 125.36 | | | |
| 5 | 05:54 | 125.71 | | | |
| 6 | 05:55 | 125.80 | | | |
| 7 | 05:56 | 125.82 | | | |
| 8 | 05:57 | 125.71 | | | |
| 9 | 05:58 | 125.59 | | | |
| 10 | 05:59 | 125.50 | | | |
| 11 | 06:00 | 125.68 | | | |
| 12 | 06:01 | 125.53 | | | |
| 13 | 06:02 | 125.48 | | | |
| 14 | 06:03 | 125.45 | | | |
| 15 | 06:04 | 125.53 | | | |
| 16 | 06:05 | 125.60 | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Total | | | | | |
| Average | | 125.593 | | | |
| Date
<u>Nov. 03, 1993</u> | | Operator | | Protocole | |
| | | | | | |

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกหนึ่งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Plant
<u>BB #2</u> | | Load | | | | Test
<u>Gen. eff.</u> | |
|-----------------------|---|--------------------------------------|--|--|---|--------------------------|--|
| Corrections | | No-load Excite | | | | Sheet
<u>7</u> | |
| | | Measur. place
<u>Control Room</u> | | | | Cadence | |
| Mécs. points | Gen. Voltage | | | | | | |
| Time | Jnits KV. | | | | | | |
| 1 | 05:50 | 13.858 | | | | | |
| 2 | 05:51 | 13.859 | | | | | |
| 3 | 05:52 | 13.858 | | | | | |
| 4 | 05:53 | 13.859 | | | | | |
| 5 | 05:54 | 13.857 | | | | | |
| 6 | 05:55 | 13.858 | | | | | |
| 7 | 05:56 | 13.858 | | | | | |
| 8 | 05:57 | 13.858 | | | | | |
| 9 | 05:58 | 13.857 | | | | | |
| 10 | 05:59 | 13.858 | | | | | |
| 11 | 06:00 | 13.858 | | | | | |
| 12 | 06:01 | 13.858 | | | | | |
| 13 | 06:02 | 13.858 | | | | | |
| 14 | 06:03 | 13.857 | | | | | |
| 15 | 06:04 | 13.858 | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| Average | | 13.858 | | | | | |
| Date | Operator | | | | Protocie | | |
| <u>Nov. 03, 1993</u> | เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อื่นใด อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ | | | |  | | |

ROSEMOUNT
RS3
REPORT

*
* ACTUAL TEMPERATURE REPORT *
*
* 03-Nov-93 06:07:01 *

HEPP BHUMIBOL

| | | | UNIT 1 | UNIT 2 |
|---------|------------------|---------|------------|------------|
| *26SW1 | STATOR WINDING | TEMP.1 | 42.6 DEG C | 46.0 DEG C |
| *26SW3 | STATOR WINDING | TEMP.3 | 43.2 DEG C | 45.5 DEG C |
| *26SW4 | STATOR WINDING | TEMP.4 | 42.7 DEG C | 45.9 DEG C |
| *26SW6 | STATOR WINDING | TEMP.6 | 43.0 DEG C | 45.7 DEG C |
| *26SW7 | STATOR WINDING | TEMP.7 | 42.7 DEG C | 46.8 DEG C |
| *26SW9 | STATOR WINDING | TEMP.9 | 43.0 DEG C | 45.0 DEG C |
| *26SC1 | STATOR CORE | TEMP.1 | 42.3 DEG C | 50.1 DEG C |
| *26SC2 | STATOR CORE | TEMP.2 | 42.5 DEG C | 50.3 DEG C |
| *26SC3 | STATOR CORE | TEMP.3 | 42.1 DEG C | 49.5 DEG C |
| *26SC4 | STATOR CORE | TEMP.4 | 42.3 DEG C | 48.9 DEG C |
| *26SC5 | STATOR CORE | TEMP.5 | 43.5 DEG C | 49.9 DEG C |
| *26SC6 | STATOR CORE | TEMP.6 | 42.0 DEG C | 49.9 DEG C |
| *26GA1 | GEN.AIR COOLER | TEMP.1 | 37.0 DEG C | 29.9 DEG C |
| *26GA2 | GEN.AIR COOLER | TEMP.2 | 35.8 DEG C | 30.3 DEG C |
| *26GA3 | GEN.AIR COOLER | TEMP.3 | 35.8 DEG C | 29.0 DEG C |
| *26GA4 | GEN.AIR COOLER | TEMP.4 | 35.9 DEG C | 30.7 DEG C |
| *26GA5 | GEN.AIR COOLER | TEMP.5 | 37.1 DEG C | 29.4 DEG C |
| *26GA6 | GEN.AIR COOLER | TEMP.6 | 35.9 DEG C | 29.0 DEG C |
| *26GA7 | GEN.AIR COOLER | TEMP.7 | 36.1 DEG C | 29.0 DEG C |
| *26GA8 | GEN.AIR COOLER | TEMP.8 | 36.0 DEG C | 29.5 DEG C |
| *26GA9 | GEN.AIR COOLER | TEMP.9 | 36.0 DEG C | 29.4 DEG C |
| *26GA10 | GEN.AIR COOLER | TEMP.10 | 36.1 DEG C | 29.7 DEG C |
| *26GA11 | GEN.AIR COOLER | TEMP.11 | 36.1 DEG C | 29.6 DEG C |
| *26GA12 | GEN.AIR COOLER | TEMP.12 | 36.0 DEG C | 30.0 DEG C |
| *26GA13 | GEN.AIR COOLER | TEMP.13 | 36.0 DEG C | 29.6 DEG C |
| *26GA14 | GEN.AIR COOLER | TEMP.14 | 35.6 DEG C | 29.2 DEG C |
| *26GA15 | GEN.AIR COOLER | TEMP.15 | 36.0 DEG C | 29.8 DEG C |
| *26GA16 | GEN.AIR COOLER | TEMP.16 | 35.1 DEG C | 28.9 DEG C |
| *26GTB1 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.1 | 37.9 DEG C | 63.9 DEG C |
| *26GTB2 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.2 | 26.0 DEG C | 57.8 DEG C |
| *26GTB3 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.3 | 37.9 DEG C | 62.8 DEG C |
| *26GTB4 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.4 | 37.9 DEG C | 78.3 DEG C |
| *26GGB1 | GEN.GUIDE BEAR. | TEMP.1 | 38.4 DEG C | 51.8 DEG C |
| *26GGB2 | GEN.GUIDE BEAR. | TEMP.2 | 38.5 DEG C | 48.8 DEG C |
| *26TGB1 | TURB.GUIDE BEAR. | TEMP.1 | 32.9 DEG C | 53.0 DEG C |
| *26TGB2 | TURB.GUIDE BEAR. | TEMP.2 | 32.2 DEG C | 52.9 DEG C |
| *26W | COOLING WATER | TEMP. | DEG C | DEG C |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

| | | |
|-------|------------------------------|------------|
| 26KQA | TRANSFORMER OIL TEMP.PHASE A | 42.5 DEG C |
| 26KQB | TRANSFORMER OIL TEMP.PHASE B | 44.3 DEG C |
| 26KQC | TRANSFORMER OIL TEMP.PHASE C | 42.9 DEG C |

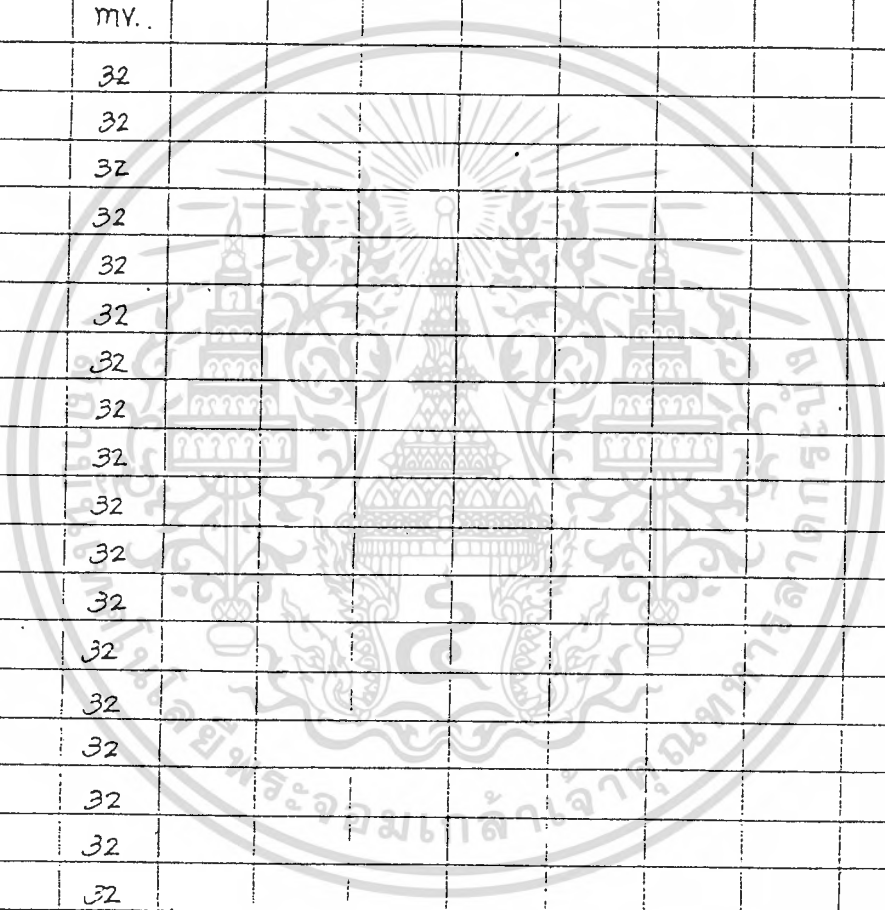
Data of short circuit



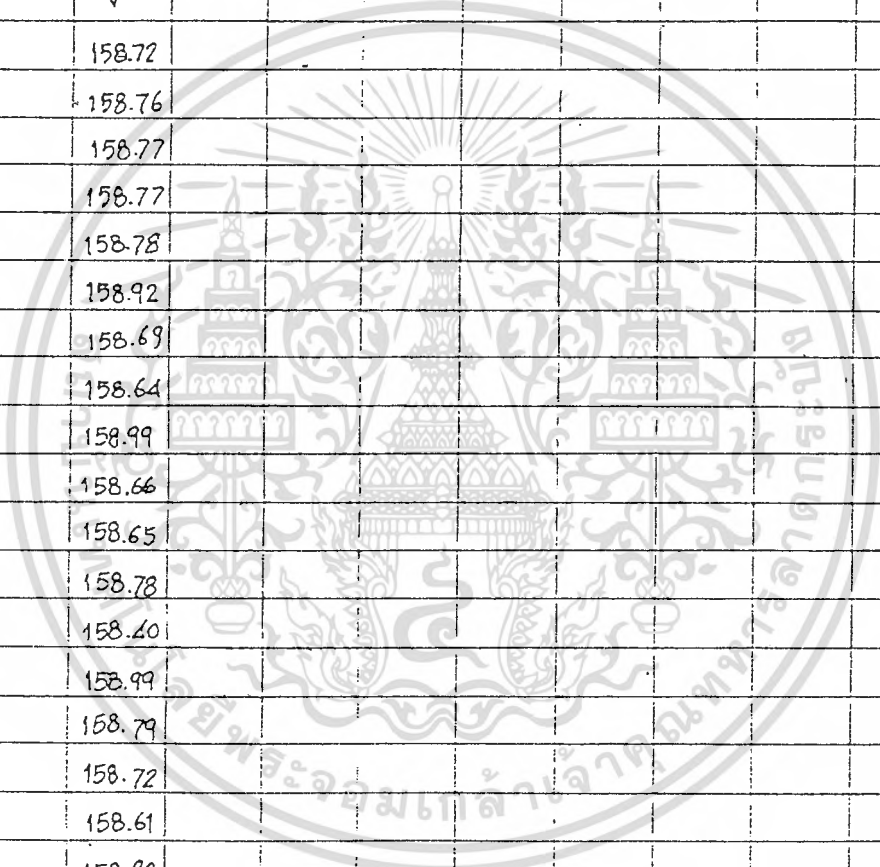
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

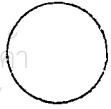
| Plant
<u>BB #2</u> | | Load | | | Test | | |
|-----------------------------------|-------|------------------------------------|-----|--|------|------------|--|
| Corrections

60 mV = 1000 A | | Short Circuit | | | | Sheet
1 | |
| | | Measur. place
AVR board | | | | Cadence | |
| Meas. points | Units | Excite current | mV. | | | | |
| Time | | | | | | | |
| 1 | 22:00 | 32 | | | | | |
| 2 | 22:01 | 32 | | | | | |
| 3 | 22:02 | 32 | | | | | |
| 4 | 22:03 | 32 | | | | | |
| 5 | 22:04 | 32 | | | | | |
| 6 | 22:05 | 32 | | | | | |
| 7 | 22:06 | 32 | | | | | |
| 8 | 22:07 | 32 | | | | | |
| 9 | 22:08 | 32 | | | | | |
| 10 | 22:09 | 32 | | | | | |
| 11 | 22:10 | 32 | | | | | |
| 12 | 22:11 | 32 | | | | | |
| 13 | 22:12 | 32 | | | | | |
| 14 | 22:13 | 32 | | | | | |
| 15 | 22:14 | 32 | | | | | |
| 16 | 22:15 | 32 | | | | | |
| 17 | 22:16 | 32 | | | | | |
| 18 | 22:17 | 32 | | | | | |
| 19 | 22:18 | 32 | | | | | |
| 20 | 22:19 | 32 | | | | | |
| | | $32 \text{ mV} = 533.33 \text{ A}$ | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| Average | | 32 | | | | | |
| Date
<u>Nov. 03, 1993</u> | | Operator | | | | Protocole | |

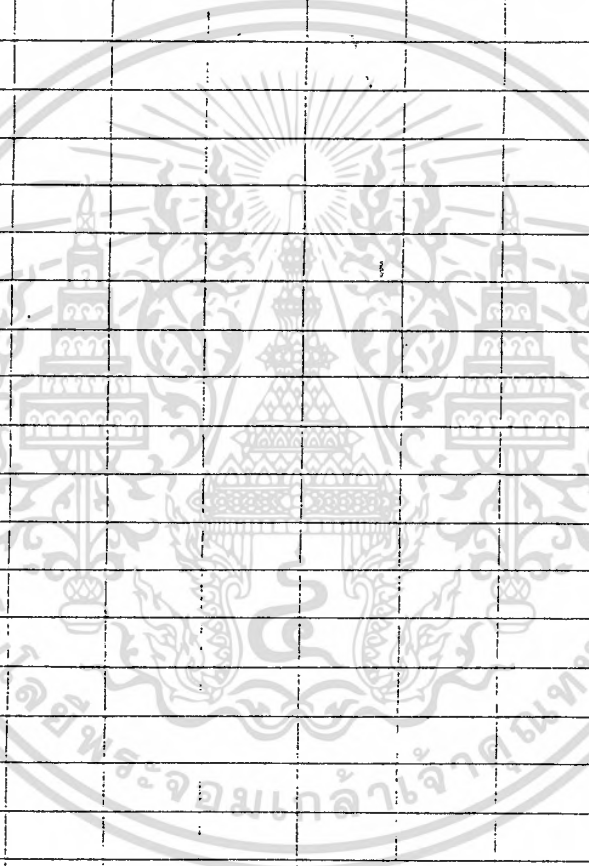


| Plant
<u>BB #2</u> | | Load
_____ | | Test
_____ | |
|------------------------------|-------|----------------------------------|--|---------------|--------------------|
| Corrections | | Short Circuit | | | Sheet
2 |
| | | Measur. place
<u>Slipping</u> | | | Cadence |
| Meas. points | Units | Excite Voltage | | | |
| Time | | V | | | |
| 1 | 22:00 | 158.72 | | | |
| 2 | 22:01 | 158.76 | | | |
| 3 | 22:02 | 158.77 | | | |
| 4 | 22:03 | 158.77 | | | |
| 5 | 22:04 | 158.78 | | | |
| 6 | 22:05 | 158.92 | | | |
| 7 | 22:06 | 158.69 | | | |
| 8 | 22:07 | 158.64 | | | |
| 9 | 22:08 | 158.99 | | | |
| 10 | 22:09 | 158.66 | | | |
| 11 | 22:10 | 158.65 | | | |
| 12 | 22:11 | 158.78 | | | |
| 13 | 22:12 | 158.40 | | | |
| 14 | 22:13 | 158.99 | | | |
| 15 | 22:14 | 158.79 | | | |
| 16 | 22:15 | 158.72 | | | |
| 17 | 22:16 | 158.61 | | | |
| 18 | 22:17 | 158.82 | | | |
| 19 | 22:18 | 158.69 | | | |
| 20 | 22:19 | 158.72 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Total | | 3175.07 | | | |
| Average | | 158.75 | | | |
| Date
<u>Nov. 03, 1993</u> | | Operator
_____ | | | Protocole
_____ |

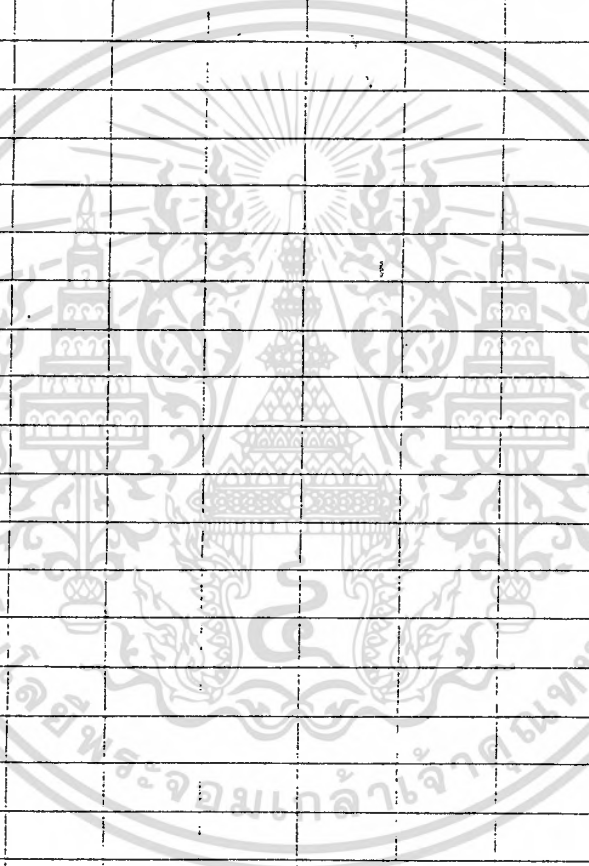


| Plant
BB #2 | | | Load | | | | Test | | | | | |
|-----------------------|-------|--------------|---------------|--------------|--|--|---------------------------------------|--|--|--|--------|--|
| Corrections | | | Short Circuit | | | | Sheet 3 | | | | | |
| | | | | | | | Measur. place
B ₁ (C/W) | | | | Coance | |
| Time | Units | Meas. points | Temp. Inlet | Temp. Outlet | | | | | | | | |
| | | | °C | °C | | | | | | | | |
| 1 | 22:00 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 2 | 22:01 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 3 | 22:02 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 4 | 22:03 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 5 | 22:04 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 6 | 22:05 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 7 | 22:06 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 8 | 22:07 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 9 | 22:08 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 10 | 22:09 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 11 | 22:10 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 12 | 22:11 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 13 | 22:12 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 14 | 22:13 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 15 | 22:14 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 16 | 22:15 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 17 | 22:16 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 18 | 22:17 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 19 | 22:18 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| 20 | 22:19 | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | | | | |
| Average | | | 27.5 | 29.8 | | | | | | | | |
| Date
Nov. 03, 1993 | | Operator | | | | Protocde  | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|-----------------------------------|----------|-------------------------------------|--|
| Plant
<u>BB #2</u> | | Load | Test |
| Corrections
$n = \text{rpm}/4$ | | Short Circuit | Sheet <u>4</u> |
| | | Measur. place
<u>Turbine Pit</u> | Cadence |
| Meas. points | | Speed | |
| Time | Units | rpm. | |
| 1 | 22:00 | 600 | |
| 2 | 22:01 | 601 | |
| 3 | 22:02 | 600 | |
| 4 | 22:03 | 600 | |
| 5 | 22:04 | 600 | |
| 6 | 22:05 | 601 | |
| 7 | 22:06 | 601 | |
| 8 | 22:07 | 601 | |
| 9 | 22:08 | 601 | |
| 10 | 22:09 | 600 | |
| 11 | 22:10 | 601 | |
| 12 | 22:11 | 600 | |
| 13 | 22:12 | 600 | |
| 14 | 22:13 | 601 | |
| 15 | 22:14 | 602 | |
| 16 | 22:15 | 601 | |
| 17 | 22:16 | 600 | |
| 18 | 22:17 | 600 | |
| 19 | 22:18 | 600 | |
| 20 | 22:19 | 600 | |
| Total = | | 12010 | } 150.125 rpm. |
| Average | | 600.5 | |
| Date
<u>Nov. 03, 1993</u> | Operator | | Protocole |

| Plant | | Load | | Test | |
|---------------|--------------|-------------------------------|---|------|---------|
| BB #2 | | | | | |
| Corrections | | Short Circuit | | | Sheet 5 |
| | | Measur. place
Control Room | | | Cadence |
| Meas. points | Gen. Current | | | | |
| Time | Units | A | | | |
| 1 | 22:00 | 4,175 | | | |
| 2 | 22:01 | 4,175 | | | |
| 3 | 22:02 | 4,175 | | | |
| 4 | 22:03 | 4,175 | | | |
| 5 | 22:04 | 4,175 | | | |
| 6 | 22:05 | 4,175 | | | |
| 7 | 22:06 | 4,175 | | | |
| 8 | 22:07 | 4,175 | | | |
| 9 | 22:08 | 4,175 | | | |
| 10 | 22:09 | 4,175 | | | |
| 11 | 22:10 | 4,175 | | | |
| 12 | 22:11 | 4,175 | | | |
| 13 | 22:12 | 4,175 | | | |
| 14 | 22:13 | 4,175 | | | |
| 15 | 22:14 | 4,175 | | | |
| 16 | 22:15 | 4,175 | | | |
| 17 | 22:16 | 4,175 | | | |
| 18 | 22:17 | 4,175 | | | |
| 19 | 22:18 | 4,175 | | | |
| 20 | 22:19 | 4,175 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Total | | | | | |
| Average | | 4,175 | | | |
| Date | Operator | | Protocole | | |
| Nov, 03, 1993 | | |  | | |

Nov, 03, 1993



| | | | | | | | |
|------------------------------|-------|---|------|---------------|-------|---|--|
| Plant
<u>BB#2</u> | | Load
_____ | | Test
_____ | | | |
| Corrections | | Short Circuit | | | | Sheet <u>6</u> | |
| | | Measur. place
<u>B1 (cooling water supply)</u> | | | | Cadence | |
| Meas. points | | C/W
flow | | C/W
flow | | | |
| Time | Units | m^3/M | Time | m^3/M | | | |
| 1 | 22:00 | 4.401 | - | 22:20 | 4.265 | | |
| 2 | 22:01 | 4.373 | | 22:21 | 4.570 | | |
| 3 | 22:02 | 4.527 | | 22:22 | 4.573 | | |
| 4 | 22:03 | 4.419 | | 22:23 | 4.450 | | |
| 5 | 22:04 | 4.259 | | 22:24 | 4.345 | | |
| 6 | 22:05 | 4.311 | | 22:25 | 4.512 | | |
| 7 | 22:06 | 4.419 | | 22:26 | 4.361 | | |
| 8 | 22:07 | 4.508 | | 22:27 | 4.234 | | |
| 9 | 22:08 | 4.518 | | 22:28 | 4.561 | | |
| 10 | 22:09 | 4.561 | | 22:29 | 4.450 | | |
| 11 | 22:10 | 4.447 | | | | | |
| 12 | 22:11 | 4.407 | | | | | |
| 13 | 22:12 | 4.555 | | | | | |
| 14 | 22:13 | 4.545 | | | | | |
| 15 | 22:14 | 4.408 | | | | | |
| 16 | 22:15 | 4.484 | | | | | |
| 17 | 22:16 | 4.358 | | | | | |
| 18 | 22:17 | 4.499 | | | | | |
| 19 | 22:18 | 4.490 | | | | | |
| 20 | 22:19 | 4.404 | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Total | | | | 133.208 | | | |
| Average | | | | 4.44 | | | |
| Date
<u>Nov. 03, 1993</u> | | Operator
_____ | | | | Protocol | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Plant
<u>3B #2</u> | | | Load | | | | | Test | | | | |
|------------------------------|-------|------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|--|
| Corrections | | | Short Circuit | | | | | | | | Sheet
7 | |
| | | | Measur. place
Gen. cover plate | | | | | | | | Ccdence | |
| Time | Jnits | Ambient
temp. | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ | D ₅ | D ₆ | D ₇ | D ₈ | | |
| | | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C | |
| 1 | 22:00 | 25.3 | - | 29.3 | 30.9 | 30.6 | 30.2 | 30.4 | 31.1 | 31.2 | 29.9 | |
| 2 | 22:01 | 25.4 | | 30.1 | 31.7 | 31.5 | 30.5 | 30.3 | 31.2 | 32.2 | 30.1 | |
| 3 | 22:02 | 25.2 | | 30.2 | 31.5 | 32.6 | 30.2 | 30.6 | 32.2 | 31.9 | 31.0 | |
| 4 | 22:03 | 25.2 | | 30.3 | 31.9 | 31.3 | 30.3 | 31.0 | 31.9 | 33.4 | 31.2 | |
| 5 | 22:04 | 25.4 | | 30.8 | 32.8 | 32.5 | 31.2 | 31.2 | 33.1 | 32.5 | 31.1 | |
| 6 | 22:05 | 26.2 | | 30.8 | 32.3 | 31.7 | 31.8 | 31.0 | 32.8 | 33.0 | 31.6 | |
| 7 | 22:06 | 26.1 | | 30.0 | 32.2 | 31.4 | 31.4 | 31.6 | 32.1 | 32.7 | 31.2 | |
| 8 | 22:07 | 25.3 | | 30.4 | 31.7 | 32.9 | 31.2 | 31.1 | 33.3 | 32.7 | 32.3 | |
| 9 | 22:08 | 25.3 | | 30.7 | 32.4 | 32.5 | 31.4 | 31.3 | 32.1 | 32.3 | 30.8 | |
| 10 | 22:09 | 25.3 | | 30.4 | 32.4 | 31.8 | 30.7 | 31.5 | 32.4 | 32.9 | 32.0 | |
| 11 | 22:10 | 25.9 | | 31.0 | 32.2 | 32.4 | 30.9 | 31.4 | 32.7 | 32.4 | 31.3 | |
| 12 | 22:11 | 25.3 | | 30.6 | 31.7 | 32.5 | 30.9 | 30.5 | 32.6 | 32.4 | 30.5 | |
| 13 | 22:12 | 25.3 | | 29.3 | 31.8 | 31.6 | 31.1 | 31.4 | 31.9 | 32.9 | 30.9 | |
| 14 | 22:13 | 25.3 | | 31.6 | 32.6 | 32.1 | 31.4 | 30.6 | 32.5 | 32.4 | 30.5 | |
| 15 | 22:14 | 25.3 | | 30.7 | 31.2 | 32.0 | 31.1 | 31.2 | 32.3 | 32.9 | 30.5 | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Total | | 381.8 | | 456.2 | 479.3 | 479.4 | 464.3 | 465.1 | 484.2 | 487.8 | 464.9 | |
| Average | | 25.453 | | 30.41 | 31.95 | 31.96 | 30.95 | 31.01 | 32.28 | 32.52 | 30.993 | |
| Date
<u>Nov. 03, 1993</u> | | | Operator | | | | | | | | Protocole | |

ROSEMOUNT
RS3
REPORT

97
* ACTUAL TEMPERATURE REPORT *
* 03-Nov-93 22:36:44 *

HEPP BHUMIBOL

| | | | UNIT 1 | UNIT 2 |
|---------|------------------|--------------|------------|------------|
| *26SW1 | STATOR WINDING | TEMP.1 | 56.4 DEG C | 75.3 DEG C |
| *26SW3 | STATOR WINDING | TEMP.3 | 56.8 DEG C | 74.5 DEG C |
| *26SW4 | STATOR WINDING | TEMP.4 | 56.8 DEG C | 74.9 DEG C |
| *26SW6 | STATOR WINDING | TEMP.6 | 58.6 DEG C | 74.3 DEG C |
| *26SW7 | STATOR WINDING | TEMP.7 | 57.8 DEG C | 77.1 DEG C |
| *26SW9 | STATOR WINDING | TEMP.9 | 56.6 DEG C | 73.3 DEG C |
| *26SC1 | STATOR CORE | TEMP.1 | 56.6 DEG C | 61.7 DEG C |
| *26SC2 | STATOR CORE | TEMP.2 | 59.2 DEG C | 62.6 DEG C |
| *26SC3 | STATOR CORE | TEMP.3 | 56.4 DEG C | 61.5 DEG C |
| *26SC4 | STATOR CORE | TEMP.4 | 57.0 DEG C | 60.6 DEG C |
| *26SC5 | STATOR CORE | TEMP.5 | 60.0 DEG C | 61.6 DEG C |
| *26SC6 | STATOR CORE | TEMP.6 | 56.5 DEG C | 61.4 DEG C |
| *26GA1 | GEN.AIR COOLER | TEMP.1 | 39.3 DEG C | 32.6 DEG C |
| *26GA2 | GEN.AIR COOLER | TEMP.2 | 37.4 DEG C | 33.0 DEG C |
| *26GA3 | GEN.AIR COOLER | TEMP.3 | 38.0 DEG C | 31.1 DEG C |
| *26GA4 | GEN.AIR COOLER | TEMP.4 | 37.7 DEG C | 33.8 DEG C |
| *26GA5 | GEN.AIR COOLER | TEMP.5 | 39.3 DEG C | 31.8 DEG C |
| *26GA6 | GEN.AIR COOLER | TEMP.6 | 37.6 DEG C | 31.6 DEG C |
| *26GA7 | GEN.AIR COOLER | TEMP.7 | 38.1 DEG C | 31.7 DEG C |
| *26GA8 | GEN.AIR COOLER | TEMP.8 | 37.7 DEG C | 32.3 DEG C |
| *26GA9 | GEN.AIR COOLER | TEMP.9 | 38.0 DEG C | 32.0 DEG C |
| *26GA10 | GEN.AIR COOLER | TEMP.10 | 37.8 DEG C | 32.4 DEG C |
| *26GA11 | GEN.AIR COOLER | TEMP.11 | 38.1 DEG C | 32.3 DEG C |
| *26GA12 | GEN.AIR COOLER | TEMP.12 | 37.8 DEG C | 32.6 DEG C |
| *26GA13 | GEN.AIR COOLER | TEMP.13 | 38.0 DEG C | 32.2 DEG C |
| *26GA14 | GEN.AIR COOLER | TEMP.14 | 37.4 DEG C | 31.7 DEG C |
| *26GA15 | GEN.AIR COOLER | TEMP.15 | 38.0 DEG C | 32.7 DEG C |
| *26GA16 | GEN.AIR COOLER | TEMP.16 | 36.7 DEG C | 31.2 DEG C |
| *26GTB1 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.1 | 42.5 DEG C | 64.2 DEG C |
| *26GTB2 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.2 | 30.6 DEG C | 58.2 DEG C |
| *26GTB3 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.3 | 42.5 DEG C | 63.1 DEG C |
| *26GTB4 | GEN.TRUST BEAR. | TEMP.4 | 42.4 DEG C | 69.1 DEG C |
| *26GGB1 | GEN.GUIDE BEAR. | TEMP.1 | 44.3 DEG C | 51.9 DEG C |
| *26GGB2 | GEN.GUIDE BEAR. | TEMP.2 | 44.4 DEG C | 48.9 DEG C |
| *26TGB1 | TURB.GUIDE BEAR. | TEMP.1 | 40.4 DEG C | 53.5 DEG C |
| *26TGB2 | TURB.GUIDE BEAR. | TEMP.2 | 39.7 DEG C | 53.1 DEG C |
| *26W | COOLING WATER | TEMP. | DEG C | DEG C |
| 26KQA | TRANSFORMER OIL | TEMP.PHASE A | | 44.3 DEG C |
| 26KQB | TRANSFORMER OIL | TEMP.PHASE B | | 45.6 DEG C |
| 26KQC | TRANSFORMER OIL | TEMP.PHASE C | | 44.8 DEG C |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

03-Nov-93 22:37:28

22:37:27.942 288QOF Governor Oil Pump 1..... Rising Edge Evt

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบของการตรวจรับ Generator

1. Insulation Resistance Test (Test No. 2-14)

วันที่ 20 ต.ค.36 ได้วัดค่า Insulation resistance ของ Stator และ Rotor นำผลมาพิจารณาว่า มีความจำเป็นต้อง Dry-Out หรือไม่ และเก็บเป็นค่าอ้างอิง

Stator Megger (2,500 Vdc.) ที่ Star-Point เทียบกับ Ground

1 นาที ได้ค่า 350 M.Ohm

10 นาที ได้ค่า 3,790 M.Ohm

ค่า P.I. = 10

Rotor Megger (1000 Vdc.) 1 นาที ได้ค่า 59 M.Ohm

2 Dry-Out

จากผลของการวัด Insulation resistance ได้ค่า PI. สูง (~10) Foundation เป็นของเดิม Concrete มีความชื้นต่ำ คณะกรรมการได้พิจารณาแล้วไม่มีความจำเป็นต้อง Dry-Out

Short Circuit Characteristic (Test No.2-16)

| | MIN. (AMP) | MAX. (AMP) |
|-------------------------|------------|------------|
| ทดสอบที่ Stator Current | 830 | 4216.67 |
| Field Current | 106.67 | 546.67 |

4 Dielectric Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารทำการทดสอบ Dielectric Test ที่ 100 % เมื่อวันที่ 15 โย.ย. 2536 หลังจากประกอบเสิร์จิก (Test No. ST5/5) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High voltage test $(2E+1) * 1.7 * 100\% = 48.62 \text{ kV.DC. } 5 \text{ min.}$

| Phase | Voltage
(kV) | Leakage current (micro Amp.) | |
|----------------|-----------------|------------------------------|-------|
| | | 1 min. | 5 min |
| U - <u>EVW</u> | 48.62 | 880 | 880 |
| V - <u>EUW</u> | 48.62 | 870 | 820 |
| W - <u>EUW</u> | 48.62 | 830 | 790 |

ทำการทดสอบ Dielectric Test ที่ 80 % (Test No.2-14)
 - Stator Megger ก่อน Hi-Pot (แยก phase)

| phase to ground | phase | 1 Min(M Ω) | 10 Min(M Ω) | P.I. |
|-----------------|-------|------------|-------------|-------|
| B+C | U | 900 | 6000 | 6.66 |
| A+C | V | 900 | 6500 | 7.22 |
| B+A | W | 900 | 5000 | 5.55 |
| Before Hi-Pot | U+V+W | 380 | 3950 | 10.31 |

High voltage test $(2E+1) \cdot 1.7 \cdot 100\% = 39.9 \text{ kV.DC. } 1 \text{ min.}$

| Phase | Leakage Current |
|-------|-----------------|
| U | 122 μ A |
| V | 120 μ A |
| W | 115 μ A |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำอย่างอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Megger 2500 V. หลัง Dielectric Test

| Phase | 1 Min(M) | 10 Min(M) | P.I |
|-------|-----------|------------|-------|
| U+V+W | 350 | 3950 | 11.20 |

Test Result : Good

5 Open Circuit Characteristic Test (Test No. 2-19)

ทดสอบ Gen. Voltage

| Average | Min. | Max. |
|---------|--------------|-------------|
| V_o | 2660.4 V. | 2768.4 V. |
| I_r | 78.33 A.25V. | 71.67A.22V. |

คำนวณค่า Short Circuit Ratio = 0.98 (จาก-curve)

ค่าตาม Specification > 1

Factory design 1.06

ค่าทดสอบจาก Unit1 1.005

Meter Accuragcy ± 0.5

Test Result : ค่าที่วัดได้ของ Unit2 ต่ำกว่า Spec. คาดว่าเกิดจาก Meter และ vibration ของเครื่องสูงในขณะที่ Open Circuit Test

6 Phase Sequence Check (Test No.2-21,22)
เอกสารนี้เป็นเพียงเอกสารศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Result : OK

7 Residual Voltage Measurement (Test No.2-21,22)

| Phase | Voltage |
|-------|---------|
| A - B | 186.12 |
| B - C | 186.12 |
| C - A | 186.12 |

8 No-Load No-Excitation Run (Partial Shutdown)

Test โดยวิธี Simulation relay 59G สั่ง Trip 86-3
 - Load 42 MW. 0 MVAR.
 Turbine Speed Rise 13 %
 Gen. Voltage Rise 0 %

9 Temperature Rise Of Continuous Operation Test

Load 60.8 MW 20.8 MVAR
 Ambient temp 26.5 °C
 Water Inlet Temp 27.5 °C
 Stator winding Temp. Max. 68.6 °C Rise 37 °C
 Core Temp. Max. 66.1 °C Rise 34.6 °C
 Gen. Thrust Bearing Temp. Max. 67.2 °C
 Gen. Guide Temp. Max. 54.9 °C
 Test Time 2 Hr 50 min.

Specified Temp. Rise

| | | |
|----------------|----------|----------|
| | 86.5 MVA | 99.5 MVA |
| Stator Winding | 60 °C | 80 °C |
| Stator Core | 80 °C | 80 °C |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น Stator Core ลงเนื้อหาและของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร รังสีที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากระดับน้ำไม่พอที่จะ Test ที่ rated out put แต่สามารถ Estimated Temp. Rise ได้ดังนี้

Estimate Temperature Rise For Rated And Maximum Out Put

1. Stator Winding (Ta)

a. Rated Out Put (86.5 MVA)

$$\begin{aligned} T_a &= [(37-16)*(86.50)^2/64.26]+16^* \\ &= 54.12 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

b. Maximum Out Put (99.5 MVA)

$$\begin{aligned} T_a &= [(37-16)*(99.5)^2/64.26]+16^* \\ &= 66.35 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

2. Stator Core (Te)

a. Rated Out Put (86.5 MVA)

$$\begin{aligned} T_e &= [(34.6-16)*(86.5)^2/64.26]+16^* \\ &= 49.85 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

b. Maximum Out Put (99.5 MVA)

$$\begin{aligned} T_e &= [(34.6-16)*(99.5)^2/64.26]+16^* \\ &= 60.59 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Remark * 16 = Temp Rise due to fix loss of test

10 Gen. Total Loss

1. At 0.95 power factor (Lag)

- Total loss 1060.076 KW
- Conventional efficiency 98.629 %

2. At 1.0 power factor

- Total loss 997.599 KW
- Conventional efficiency 98.772 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ค่า Design การ 98.62% ารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Test Result จะทำการ Test อีกครั้ง ระหว่างทำ Final acceptance Test



ภาคผนวก 1
การเตรียมการตรวจรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 1

การเตรียมการตรวจรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

1. การเตรียมการตรวจรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฯ

1.1 เอกสารและข้อมูลในการ Commissioning

1.1.1 เอกสารและข้อมูลที่สำคัญของเครื่องสำหรับใช้ในการ Commissioning คือ

1. Tender document contract document โดยเฉพาะ Technical specification requirement เพื่อให้การดำเนินการ การวิเคราะห์ผลเป็นไปตามที่กำหนด

2. Standards ที่อ้างอิงใน Specification เพื่อใช้อ้างอิงและตรวจสอบ

3. Factory test หรือ Shop test reports ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกักกัน (Model test) และอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าที่ได้จาก Field test

1.1.2 รายละเอียดของการทดสอบที่สำคัญ

1. หัวข้อการทดสอบระบุหัวข้อของการทดสอบที่จะดำเนินการ โดยเรียงลำดับก่อนหลัง

2. กำหนดตารางเวลาในการดำเนินการทดสอบ

3. วิธีการทดสอบแต่ละชนิด แบบฟอร์ม การบันทึกข้อมูล เครื่องมืออุปกรณ์ในการทดสอบ

4. โครงข่ายในการ Commissioning ระบุหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง บุคคลที่ดำเนินการเพื่อสะดวกในการประสานงานรายละเอียดต่าง ๆ ดังกล่าวควรทราบล่วงหน้าก่อนดำเนินการทดสอบ เพื่อศึกษาและเตรียมการ โดยเฉพาะวิธีการทดสอบ ข้อมูลที่ต้องการบันทึกเครื่องมือวัด หรืออุปกรณ์วัดพิเศษ

1.2 การบันทึกข้อมูลการทดสอบและการรายงานผล

1.2.1 ในการ Commissioning โรงไฟฟ้าใหม่ จะต้อง มีหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบ ในการบันทึกข้อมูลของการทดสอบ และรายงานผลการทดสอบนั้น โดยเฉพาะ ซึ่งต้องมีการเตรียมการในการดำเนินการดังกล่าว เพื่อให้ได้ข้อมูล จากการทดสอบ ความต้องการอย่างสมบูรณ์

1.2.2 ควรทราบ หัวข้อการทดสอบของแต่ละวัน รายละเอียดของการทดสอบก่อนวันทำการทดสอบ เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจวิธีการทดสอบข้อมูลที่ต้องการบันทึกตำแหน่งวัด เครื่องมือที่ใช้โดยแจ่มแจ้ง

1.2.3 ตรวจสอบตำแหน่ง เครื่องมือวัด สำหรับข้อมูลที่ต้องการว่ามีพร้อมครบถ้วน ก่อน ดำเนินการทดสอบ

1.2.4 จัดทำแบบฟอร์มย่อย สำหรับการบันทึกข้อมูลตามจุดต่าง ๆ ให้ครบถ้วนเพื่อ สะดวก สำหรับการบันทึกและการตรวจสอบ

1.2.5 จัดหากำลังคน เพื่อทำหน้าที่บันทึกข้อมูล ตามแบบฟอร์มย่อยที่จัดทำขึ้น ตาม จุดต่าง ๆ ให้ครบถ้วน ชัดแจ้งและอธิบายวิธีการบันทึกข้อมูล สัญญาณที่ใช้อย่างชัดเจน

1.2.6 ตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างการทดสอบ เพื่อสังเกตความผิดปกติ ถ้าพบความผิดปกติให้เลิกการทดสอบโดยทันที

1.2.7 ตรวจสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ หลังจากสิ้นสุดแต่ละการทดสอบ เทียบกับ Specification standard requirement และ Guarantee values ทำ รายงานเสนอ Commissioning committee เพื่อพิจารณา

ถ้ามีการไม่สอดคล้องหรือไม่เป็นไปตามที่กำหนดใน Requirement ดังกล่าว ให้ระบุและแจ้งในรายงานอย่างชัดเจน

2. การทดสอบ

2.1 ช่วงของการทดสอบ แบ่งออกใหญ่ ๆ ได้เป็น

2.1.1 Factory test เป็นการทดสอบอุปกรณ์ที่ Manufacturer's factory

2.1.2 Test at site หรือ Field test เป็นการทดสอบที่ดำเนินการในโรง ไฟฟ้าที่ติดตั้ง

2.2 Factory test เครื่องและอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ จะถูกทดสอบที่ Manufac- turer's factory ที่กำหนดใน Specification requirement หรือ Standard requirement ที่ได้รับการรับรองรายละเอียดในการ Test จะไม่กล่าวถึง สำหรับราย งานการทดสอบของ Factory test ควรมีไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลการทดสอบของ Field test

2.3 Test at site หรือ Field test เครื่องและอุปกรณ์ต่าง ๆ ระหว่างการ ติดตั้ง และประกอบ และหลังจากการติดตั้งและประกอบแล้วเสร็จ จะได้รับการทดสอบตาม Specification requirement และตามความจำเป็น ถ้าต้องมีการทดสอบก่อนนำเข้า ใช้งานอย่างถาวร ขั้นตอนของการทดสอบจะแบ่งออกเป็นดังนี้

2.3.1 Preliminary test เป็นการทดสอบเครื่อง และอุปกรณ์ที่สำคัญต่าง ๆ

โดยทำการทดสอบก่อนมีการหมุนเครื่อง ป้อนไฟให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือปล่อยให้ น้ำไหลผ่าน หรืออากาศที่มีความดันผ่านเข้าเครื่อง หรืออุปกรณ์ที่ได้รับการทดสอบ

2.3.2 Test on Completion เป็นการทดสอบรวมของเครื่อง อุปกรณ์และระบบทั้งหมด หลังจากแต่ละส่วนได้ผ่าน Preliminary test เรียบร้อยแล้ว การทดสอบในขั้นนี้ เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบทั้งหมด ก่อนนำเข้าไปใช้งานจริง

2.4 Preliminary test ในระหว่างการติดตั้งและประกอบเครื่องและอุปกรณ์ จะมีการทดสอบส่วนต่าง ๆ เป็นระยะๆ ตามความจำเป็น เพื่อให้แน่ใจว่าส่วนหรืออุปกรณ์ที่ติดตั้งสามารถใช้งานได้โดยไม่เสียหายจากนั้นจึงดำเนินการขั้นต่อไป

หัวข้อในการทดสอบที่สำคัญมีดังนี้

ด้านเครื่องกังหันและอุปกรณ์ประกอบ

1. Radiographic or ultrasonic examination สำหรับตรวจสอบรอยเชื่อมต่าง ๆ ที่ดำเนินการที่ site
2. Hydrostatic pressure tests สำหรับ Pressure system ทั้งหมด เช่น Cooling water system oil pressure system
3. ตรวจสอบ การทำงานของระบบควบคุม ระบบป้องกัน ระบบสัญญาณเตือนต่าง ๆ

ด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบ

1. Radiographic or ultrasonic examination สำหรับตรวจสอบรอยเชื่อมต่าง ๆ ที่ดำเนินการที่ Site
2. Hydrostatic pressure tests สำหรับ Pressure system ทั้งหมด
3. Tests on stator coils ทำการทดสอบ Stator coil ที่ต้องมาทำการประกอบที่ Site และ Jointing Coils ต่าง ๆ
4. Tests on completed stator windings ทดสอบ Stator windings หลังจากประกอบแล้วเสร็จ เช่น Insulation resistance test, High potential test.

5. Test on completed rotor winding ทดสอบ Rotor windings หลังจากประกอบแล้วเสร็จ เช่น Insulation resistance test, High potential test, Voltage drop test.

6. Insulation test สำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ และวงจรต่าง ๆ ในการ

ควบคุม การป้องกัน

7. Generator winding resistance ตรวจวัดค่า Winding resistance และ Rotor winding ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้เป็นค่าเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของ Windings โดยวิธี Resistance method

8. ตรวจสอบ Ratio and polarity ของ Current และ Voltage transformer

9. ตรวจสอบความถูกต้อง ในการเดินสายไฟควบคุม สำหรับวงจรควบคุม วงจรป้องกัน วงจรสัญญาณเตือน

10. ตรวจสอบการทำงานของวงจรควบคุม และอุปกรณ์ต่าง ๆ ฯลฯ

2.5 Test on Completion หลังจากเครื่อง อุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ได้รับการติดตั้งและประกอบเรียบร้อยแล้ว จะมีการทดสอบ เพื่อยืนยันความถูกต้องในการทำงานของแต่ละอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ หลักจากนั้นจะดำเนินการทดสอบ รวมทุกระบบอย่างสมบูรณ์ตามสภาพที่ควรเป็น เมื่อนำเข้าใช้งานจริง เพื่อตรวจสอบการทำงานคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องอุปกรณ์และระบบทั้งหมดว่าเรียบร้อยและเหมาะสมเป็นตามความต้องการ และพร้อมที่จะนำเข้าใช้งานได้ การทดสอบในช่วงนี้จะแบ่งออกเป็น

2.5.1 Pre-rotational test หรือ Dry test เป็นการทดสอบแต่ละระบบ หลังจากติดตั้งและประกอบเสร็จ และทดสอบการทำงานร่วมระหว่างอุปกรณ์และระบบ โดยยังไม่ทำการหมุนเครื่องกังหันและปล่อยน้ำเข้า

2.5.2 Watering เป็นขั้นตอนที่เติมน้ำเข้า Water path ทั้งหมด Power conduit (Penstock), Turbine casing, Cooling water line, Draft tube เตรียมส่งน้ำเข้าเครื่องกังหัน

2.5.3 Rotational test หรือ Wet test เป็นการทดสอบ ร่วมของเครื่อง อุปกรณ์ และระบบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อตรวจสอบการทำงาน คุณสมบัติต่าง ๆ ว่าเป็นไปตามต้องการและพร้อมที่จะนำเข้าใช้งานได้

3. การสรุปรายงานผลการทดสอบ

1. หลังจากการทดสอบสิ้นสุด โดยเฉพาะช่วง Test on completion ควรมีการเอกสารเป็นเอกสารทูลงงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำเข้าให้ใช้ประโยชน์ในการทำการรายงานการทดสอบเสนอ Commissioning committee เพื่อพิจารณา และตรวจสอบ

2. รายงานการทดสอบ ควรมีเนื้อหา ดังนี้

2.1 ข้อสรุปผลการทดสอบแต่ละการทดสอบ ระบุให้ชัดเจนว่าผลการทดสอบ เป็นไปตาม Specification requirements, Standard requirements หรือ Guarantee values หรือไม่เป็นไปตามต้องการดังกล่าว ให้ข้อเสนอแนะ หรือแก้ไขถ้ากระทำได้

2.2 สรุปรายการที่ต้องการแก้ไขตัดแปลง (Modification) ต่าง ๆ เพื่อความเหมาะสมในการเดินเครื่อง การบำรุงรักษา ระบุสาเหตุ วิธีการ และการดำเนินการแก้ไขตัดแปลง รายการที่ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ รายการที่อยู่ระหว่างดำเนินการ รายการที่ยังรอดำเนินการ

2.3 รายละเอียดการทดสอบ วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบ

2.4 อื่น ๆ

4. การทดสอบ ความต้านทาน กระแสตรง (DC.RESISTANCE TEST)

4.1 วัตถุประสงค์

การทดสอบนี้ทำเพื่อวัดค่าความต้านทานต่อไฟฟ้ากระแสตรงของ Field Winding และ Stator winding ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะต้องใช้ในการพิจารณาคุณสมบัติในการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ

4.1.1 คำนวณหาค่าของ Conductor Losses ในส่วนที่เป็น I^2R Losses

4.1.2 คำนวณหาค่าอุณหภูมิของขดลวด (Winding Temperature) หลังจากทำ Running Temperature Test

4.1.3 เป็นข้อมูลสำหรับประเมินความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น ในขณะที่ใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.2 การหาค่าความต้านทานที่อุณหภูมิห้อง

การวัดค่าความต้านทานของขดลวด ควรจะทำการวัดที่อุณหภูมิของขดลวดคงที่ หรือใกล้เคียงกับ Ambient เพื่อมิให้อุณหภูมิของขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงในขณะที่ทำการวัด ซึ่งจะหาค่าความต้านทานของขดลวดเปลี่ยนแปลงไป

4.3 การแปลงค่าความต้านทานที่วัดได้

ตามปกติในการบันทึกข้อมูล สำหรับประเมินผลต่าง ๆ จะต้องแปลงไปเป็นค่าความต้านทานที่อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Temperature) โดยมีค่าเท่ากับพิกัดของค่าเฉลี่ยของ Temperature Rise บวก 20°C เพื่อความเหมาะสม

ในการนำข้อมูลไปใช้คำนวณ ควรจะแปลงค่าความต้านทานที่วัดได้ไปที่อุณหภูมิ ซึ่งใช้ในการหาค่า Load Loss (ตามปกติจะแปลงค่าที่วัดได้ไปที่อุณหภูมิ 75 °C) การแปลงค่าที่วัดได้นั้นเป็นไปตามสูตร คือ

$$R_{75} = R_x * \frac{T_s + k}{T_x + k}$$

- เมื่อ R_{75} = ค่าความต้านทานที่อุณหภูมิอ้างอิงที่ต้องการแปลงค่าไป
- R_x = ค่าความต้านทานที่วัดได้ ณ อุณหภูมิใด ๆ
- T_s = อุณหภูมิอ้างอิงที่ต้องการแปลงค่าไป มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
- T_x = อุณหภูมิที่ทำการวัดความต้านทาน มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
- k = ค่าคงที่สำหรับวัสดุที่ใช้ทำขดลวด
 - = 234.5 (สำหรับทองแดง)
 - = 225 (สำหรับอลูมิเนียม)

4.4 เทคนิคทั่วไป

4.4.1 ในการวัดค่าความต้านทานโดยวิธี Balance Bridge ถึงแม้ว่าแหล่งจ่ายพลังงานที่ป้อนให้กับขดลวดจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไป แต่จะมีผลกระทบต่อการทดสอบด้วยวิธีนี้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการวัดยังคงสูงเหมือนเดิม

4.4.2 ในกรณีที่วงจรซึ่งทำการวัดมีค่าเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Inductance) สูง การทดสอบด้วยวิธี Drop of potential หรือ Voltmeter-Ammeter นั้นจะต้องระวัง Transient Emfs. ซึ่งเกิดจากการปลด-สับสวิตช์ของวงจรทดสอบ เพราะอาจจะทำให้เครื่องมือวัดเสียหายได้ ดังนั้น จึงควรสับสวิตช์ปิดวงจรก่อนต่อ Voltmeter เข้ากับวงจร และปลด Voltmeter ออกจากวงจรก่อนสับสวิตช์เปิดวงจร

4.4.3 ในกรณีที่วงจร ซึ่งทำการวัดมีค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) สูง จะต้องระวังเกี่ยวกับ Charging Current ของความจุไฟฟ้า เพราะจะทำให้ค่าความต้านทานที่วัดผิดพลาดได้

4.4.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงใด ๆ ที่สามารถจ่ายกระแสจำนวนที่ต้องการ โดยที่ยังมีระดับแรงดันไฟฟ้าคงที่ เช่น แบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถใช้สำหรับวัดค่าความต้านทาน โดยวิธี Voltmeter-Ammeter Method และวิธี Bridge Method ได้

4.5 วิธีการวัดความต้านทาน

4.5.1 Drop of Potential Method (Voltmeter-Ammeter Method)

การวัดค่าความต้านทานวิธีนี้ กระทำโดยป้อนไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งรู้ค่าจำนวนหนึ่ง ผ่านความต้านทานของวงจรที่ต้องการวัด และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของความต้านทานนั้น นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณตามสูตรของโอห์ม

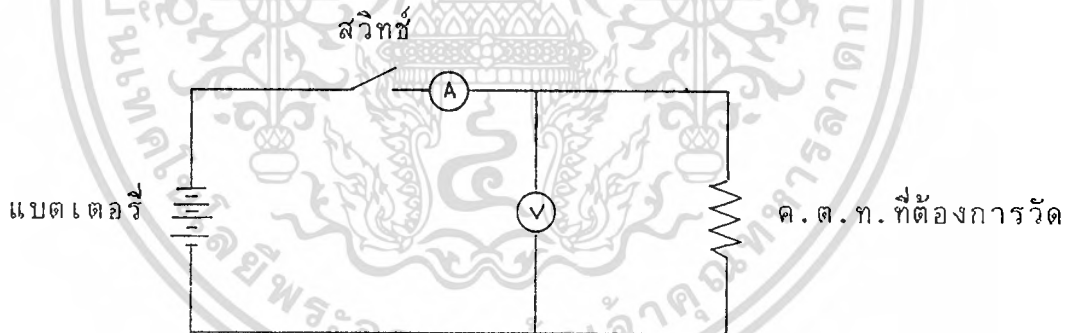
$$R = \frac{E}{I}$$

เมื่อ R = ความต้านทานที่ต้องการวัด มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm)

E = แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

I = กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

ถ้าความต้านทานที่ต้องการวัดมีค่าต่ำ ควรต่อ Voltmeter อยู่ระหว่าง Ammeter กับความต้านทานที่ต้องการวัด ตามรูป



รูป วงจรวัดค่าความต้านทาน ในกรณีที่มีความต้านทานมีค่าต่ำ

ถ้า Voltmeter มี Input Impedance สูง จะมีกระแสไหลผ่านตัว Voltmeter เพียงเล็กน้อย ดังนั้น ค่าความต้านทานจะคำนวณได้จากสูตร

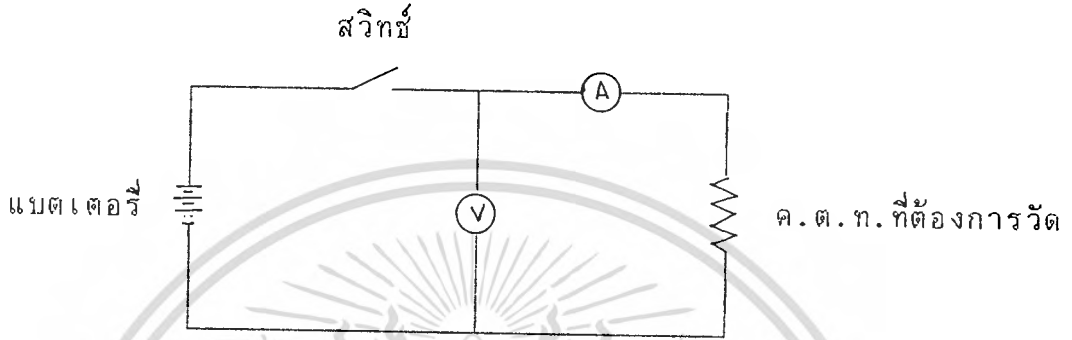
$$R = \frac{E}{I - \frac{E}{R_v}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ R_v เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ R_v เป็นความต้านทานของ Voltmeter มีหน่วยเป็น โอห์ม

ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าต่ำกว่า 0.5 โวลต์ ควรใช้ Potentiometer หรือ Millivoltmeter วัดแทน

ถ้าความต้านทานที่ต้องการวัดมีค่าสูง ควรต่อ Ammeter อยู่ระหว่าง Voltmeter กับความต้านทานที่ต้องการวัด ตามรูป



รูป วงจรวัดค่าความต้านทาน ในกรณีที่ความต้านทานมีค่าสูง

ถ้า Ammeter มี Input Impedance ต่ำ จะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวมันเพียงเล็กน้อย ดังนั้น ค่าความต้านทานจะคำนวณได้จากสูตร

$$R = \frac{E - R_v}{I}$$

เมื่อ R_v เป็นความต้านทานของ Voltmeter มีหน่วยเป็น โอห์ม

ควรรอให้กระแสอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady State) แล้วจึงอ่านค่าและปลดตัว Voltmeter ออกจากวงจรก่อนที่จะสับสวิตช์เปิดวงจร เพื่อป้องกันมิให้ Voltmeter เสียหาย เนื่องจาก Transient Emfs. และพลังงานแม่เหล็กที่สะสมอยู่

เครื่องมือที่ใช้ควรเป็นแบบ Portable เคลื่อนย้ายสะดวก มี Accuracy อย่างน้อย 0.5%

การอ่านค่ากระแสจะต้องอ่านไม่น้อยกว่า 4 ค่า โดยจะวัดทุก ๆ 2 ค่าที่กระแสแตกต่างกัน จากนั้น จึงเฉลี่ยค่าที่วัดได้ทั้งหมด เพื่อลดความผิดพลาดในการอ่านค่าและป้องกันความผิดพลาดอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ การใช้เครื่องมือวัดที่มี Accuracy สูงขึ้นสามารถจะวัดค่าความต้านทานได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหม่อมไต่ต่อนี้และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากกระแสที่ใช้ทดสอบ ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในขดลวด ดังนั้นในการวัด

ค่าความต้านทาน ซึ่งทำจากทองแดง หรืออลูมิเนียมจึงควรใช้ไม่เกิน 10% ของ Rated Current ของขดลวด (ตาม IEC 34-4, 1967) และไม่ควรป้อนกระแสเกิน 1 นาที

การวัดค่าความต้านทานของ Rotor ควรวัดที่ปลายทั้งสองของขดลวด เมื่อ Rotor อยู่ในสภาพหยุดนิ่ง

การวัดค่าความต้านทานของ Stator หรือ Armature ควรวัดแต่ละเฟส แยกกัน ถ้าความต้านทานของแต่ละเฟส ไม่สามารถวัดได้โดยตรง ให้วัดระหว่าง Line Terminals แต่ละคู่ของขดลวด อุณหภูมิของขดลวดระหว่างการทดสอบควรดูจาก RTD ที่ต่อ หรือฝังอยู่ภายในขดลวด ในกรณีที่ใช้เทอร์โมมิเตอร์ หรือ Thermocouple เป็นตัววัด อุณหภูมิ ควรวางไว้ภายในขดลวดไม่น้อยกว่า 15 นาที และป้องกันมิให้สิ่งแวดล้อมมีผลกระทบต่อตัวเทอร์โมมิเตอร์ นั้น

สายของ Voltmeter จะต้องเป็นชนิดละเส้นกับสายของกระแสในวงจร การต่อสาย Voltmeter จะต้องต่อกับปลายสายของขดลวดที่ทำการวัดให้ใกล้ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้ค่าที่อ่านได้ไม่มีส่วนของความต้านทานของสาย จุดสัมผัส และสายส่วนเกินต่าง ๆ จะต้องใช้สวิตช์ที่มีฉนวนหุ้ม เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายกับผู้ทำการทดสอบจากการอาร์ค เนื่องจาก Transient Emfs. และ Inductive Kick

4.5.2 Bridge Method

การวัดความต้านทานด้วยวิธีนี้ กระทำโดยใช้วิธีการของวงจร Bridge เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เพราะมีความเที่ยงตรงและความสะดวก วงจร Bridge ที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. Wheatstone Bridge

ใช้สำหรับวัดความต้านทานตั้งแต่ 5 ถึง 10,000 Ohm. มีความเที่ยงตรงสูงสุด 0.3% สำหรับเครื่อง Portable

2. Kelvin Bridge

ใช้สำหรับวัดค่าความต้านทานที่ต่ำกว่า 5 Ohm ลงไป มีความเที่ยงตรง 0.1% สำหรับเครื่องแบบ Portable และ 0.04 % สำหรับเครื่องวัดแบบ Bench Type

วิธีทดสอบนั้นจะต้องปฏิบัติตามคู่มือใช้งานของแต่ละเครื่อง เป็นกรณี ๆ ไป

4.6 ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารแนะนำ ค่าความต้านทานที่วัดได้ั้น เพื่อ อุณหภูมิมาตรฐานอุณหภูมิไม่ควรเปลี่ยนแปลงไปจากข้อมูลของผู้ผลิตหรือถ้าจากการวัดครั้งก่อนเกิน $\pm 2\%$ (แต่มีมาตรฐาน ANSI และ IEEE) ให้หรือ ± 0.01 จากค่าเฉลี่ยเมื่อคิดเป็น Per Unite (ตามมาตรฐาน IEC)

การคำนวณหาค่าความผิดพลาดของความต้านทาน เป็นไปตามสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด} = \frac{\text{Actual Value} - \text{Measurement Value}}{\text{Actual Value}}$$

เมื่อ Actual Value เป็นค่าที่มาจากผู้ผลิต
Measurement Value เป็นค่าที่วัดได้

ข้อควรจำ ในการทำ DC Resistance test

1. ควรวัดค่าอยู่ในอุณหภูมิที่ทำการวัดเดียวกัน (เพราะความต้านทานแปรผันตามอุณหภูมิ)
2. ก่อนการอ่านควรให้มีค่าหนึ่งเสี้ยวก่อน (อ่าน Volt, Amp)
3. สายวัด Volt ควรสั้นที่สุด
4. จุดของการต่อเชื่อมระหว่าง Volt-Ampmeter ควรเป็นจุดเดียวกัน เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนในการวัด
5. การวัดควรวัดอย่างน้อย 2 ครั้ง แล้วนำมาเฉลี่ยกัน
6. การป้อนแรงดันไฟฟ้า ควรเพิ่มเป็น step 2, 4, 6, 8 Volts
7. ค่าความคลาดเคลื่อนควรมีเปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐาน

5. การทดสอบ อิมพีแดนซ์ (IMPEDANCE TEST)

5.1 วัตถุประสงค์

การทดสอบนี้ ทำเพื่อวัดค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance test) ของ Field winding (Rotor winding), Stator winding เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับประเมินความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานเครื่องจักรไฟฟ้า เช่น การลัดวงจรระหว่างรอบ ซึ่งวิธีนี้มีความไวในการตรวจสอบสูงกว่าการทำ DC Resistance มาก ตามปกติมักจะทำความคุ้นเคย โดยจะทำการทดสอบหลังจากทำ DC Resistance test แล้ว

5.2 เทคนิคทั่วไป

5.2.1 การทดสอบด้วยวิธีนี้ จะคล้ายกับการทดสอบด้วยวิธี DC Resistance test แต่แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้ จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แทนที่จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งส่วนมากจะใช้หม้อแปลงปรับแรงดัน (Voltage regulator) สำหรับปรับให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าเท่าที่ต้องการ ก็ทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ในกรณีที่ Rotor ยังอยู่ใน Stator ค่าอิมพีแดนซ์ของ Stator winding แต่ละเฟสที่วัดได้ จะมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากผลของ Mutual Inductance ที่เกิดขึ้นระหว่าง Rotor Winding กับ Stator winding

5.2.3 ข้อกำหนดในการทดสอบอื่น ๆ และการแปลงค่าอิมพีแดนซ์ที่วัดได้ ไปยังอุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน ให้เป็นแบบเดียวกับ DC Resistance Test

5.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบวิธีนี้ กระทำโดยป้อนไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งรู้ค่าจำนวนหนึ่งผ่านอิมพีแดนซ์ของวงจรที่ต้องการวัด และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสอง ของอิมพีแดนซ์นั้น นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณตามสูตร

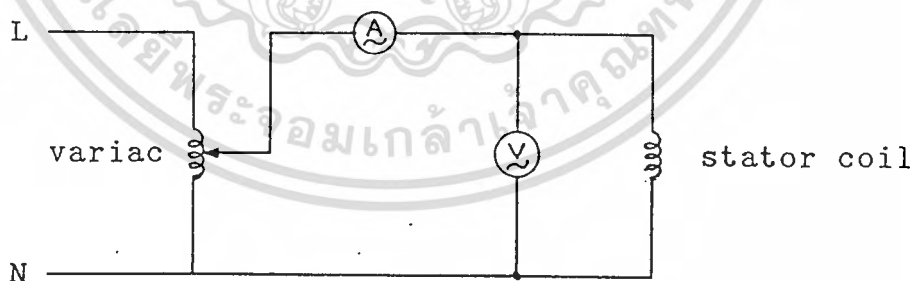
$$Z = \frac{E}{I}$$

เมื่อ Z = อิมพีแดนซ์ที่ต้องการวัด มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm)

E = แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่วัดได้ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

I = กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

ถ้าอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำ ควรต่อ Voltmeter อยู่ระหว่าง Ammeter กับ อิมพีแดนซ์ที่ต้องการวัด ตามรูป



รูป วงจรวัดค่าอิมพีแดนซ์ ในกรณีที่อิมพีแดนซ์มีค่าต่ำ

เนื่องจาก Voltmeter มี Input Impedance สูงมาก จะมีกระแสไหลผ่าน Voltmeter เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่มีผลต่อการวัดมากนัก ดังนั้นค่าอิมพีแดนซ์จะคำนวณได้จากสูตรข้างบน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ใช้ควรเป็นแบบ Portable เคลื่อนย้ายสะดวก มี Accuracy อย่างน้อย 0.5%

การอ่านค่ากระแสจะต้องอ่านไม่น้อยกว่า 4 ค่าโดยจะวัดทุก ๆ 2 ค่าที่กระแสแตกต่างกัน จากนั้นจึงเฉลี่ยค่าที่วัดได้ทั้งหมด เพื่อลดความผิดพลาดในการอ่านค่า และป้องกันความผิดพลาดอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ การใช้เครื่องมือวัดที่มี Accuracy สูงขึ้น สามารถจะวัดค่าอิมพีแดนซ์ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การวัดค่าอิมพีแดนซ์ของ Rotor ควรวัดที่ปลายทั้งสองของขดลวดเมื่อ Rotor อยู่ในสภาพหยุดนิ่ง

การวัดค่าอิมพีแดนซ์ของ Stator หรือ Armature ควรวัดแต่ละเฟสแยก แยกกัน ถ้าอิมพีแดนซ์ของแต่ละเฟสไม่สามารถวัดได้โดยตรงให้วัดระหว่าง Line terminals แต่ละคู่ของขดลวด อุณหภูมิของขดลวดระหว่างการทดสอบควรดูจาก RTD ที่ต่อ หรือฝังอยู่ภายในขดลวด ในกรณีที่ใช้เทอร์โมมิเตอร์ หรือ Thermocouple เป็นตัววัดอุณหภูมิ ควรวางไว้ภายในขดลวดไม่น้อยกว่า 15 นาที และป้องกันมิให้สิ่งแวดล้อมเกิดมีผลกระทบต่อตัวเทอร์โมมิเตอร์นั้น

สายของ Voltmeter จะต้องเป็นคนละเส้นกับสายของกระแสในวงจรการต่อสาย Voltmeter จะต้องต่อกับปลายสายของขดลวดที่ทำการวัดให้ใกล้ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้ค่าที่อ่านได้ไม่มีส่วนของอิมพีแดนซ์ของสาย จุดสัมผัสและสายส่วนเกินต่าง ๆ จะต้องใช้สวิทช์ที่มีฉนวนหุ้มเพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายกับผู้ทำการทดสอบ

5.4 ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

ค่าอิมพีแดนซ์ที่วัดได้ ณ อุณหภูมิใด ๆ ไม่ควรเบี่ยงเบนไปจากข้อมูลของผู้ผลิตหรือจากการวัดครั้งก่อนเกิน $\pm 2\%$ สำหรับ Rotor Winding (ตามมาตรฐาน ANSI และ IEEE) และไม่ควรแตกต่างจากเฟสอื่น ๆ เกินกว่า $\pm 5\%$ สำหรับ Stator Winding

ข้อควรจำ

1. การทดสอบคล้ายกับการทดสอบ DC Resistance test
2. เครื่องมือในการวัด ควรเป็นแบบ Portable เคลื่อนย้ายสะดวก และมี Accuracy อย่างน้อย 0.5%
3. การวัดค่า Impedance ควรอยู่ในสภาพนิ่ง (Rotor) และกรณีที่ Rotor อยู่ใน Stator ค่าของ Impedance แต่ละ Phase ที่วัดได้อาจไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 4. การอ่านค่ากระแสควรอ่านค่าไม่น้อยกว่า 4 ค่าที่ Volt ต่าง ๆ กัน ไม่ว่ากรณีใดๆ 5. สิ่งที่ต้องระวังการคลาดเคลื่อนควรมีเปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาดตามมาตรฐาน

6. การทดสอบ Impedance นี้ นำไปใช้ทดสอบ Voltage drop per pole และ Voltage drop per group อีกด้วย

6. การทดสอบความจุไฟฟ้า (CAPACITANCE TEST)

6.1 วัตถุประสงค์

การทดสอบนี้ทำเพื่อวัดค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ของ Field winding (Rotor winding) และ Armature หรือ Stator winding เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับประเมินความเสียหาย ที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานเครื่องผลิต หรือเครื่องจักรไฟฟ้านั้น และเก็บไว้เป็นข้อมูลเพื่อใช้อ้างอิงต่อไป ตามปกติมักจะทำการควบคู่กันไปกับการทำ Impedance Test โดยทำหลังจากทำ Impedance Test แล้ว

6.2 เทคนิคทั่วไป

6.2.1 การทดสอบด้วยวิธีนี้จะคล้ายกับการทดสอบด้วยวิธี Impedance test แต่จะต่อปลายสายวัดด้านหนึ่ง เข้ากับตัวโครง (Frame) แทน แรงดันไฟฟ้าจะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงปรับแรงดัน (Voltage regulator) สำหรับปรับให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าเท่าที่ต้องการได้

6.2.2 การที่ Rotor ยังอยู่ใน Stator หรืออยู่นอก Stator ค่าความจุไฟฟ้าที่ Stator Winding แต่ละเฟสที่วัดได้จะมีค่าเท่ากัน ไม่มีผลของ Mutual Inductance ระหว่าง Rotor Winding กับ Stator Winding มาเกี่ยวข้อง

6.2.3 ในการทดสอบ ควรแยก (Isolate) สายดิน (Ground) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ออกจากสายดินของขดลวดที่จะทดสอบ โดยใช้หม้อแปลงชัวยเพื่อมิให้อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่วของแหล่งจ่ายไฟทำงาน และป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ทำการทดสอบ

6.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบวิธีนี้กระทำโดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจำนวนหนึ่งผ่านขดลวดที่ต้องการวัดค่าความจุไฟฟ้า และวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดนั้น นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณตามสูตร

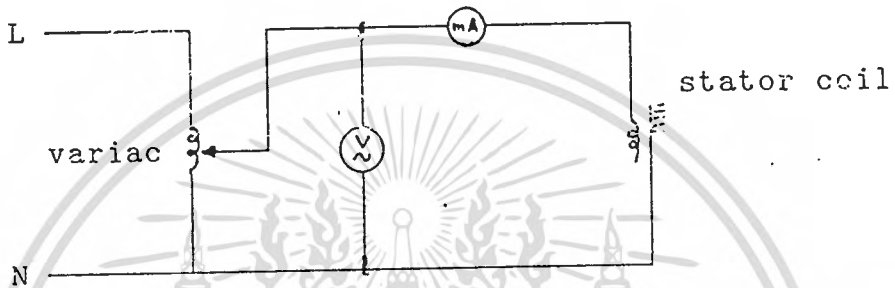
$$C = \frac{1}{0.3142857 * V}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ เมื่อ C = ค่าความจุไฟฟ้าของขดลวดที่ต้องการวัด มีหน่วยเป็นไมโครฟาร์ดี (μF)

I = กระแสที่วัดได้ มีหน่วยเป็น มิลลิแอมป์ (mA)

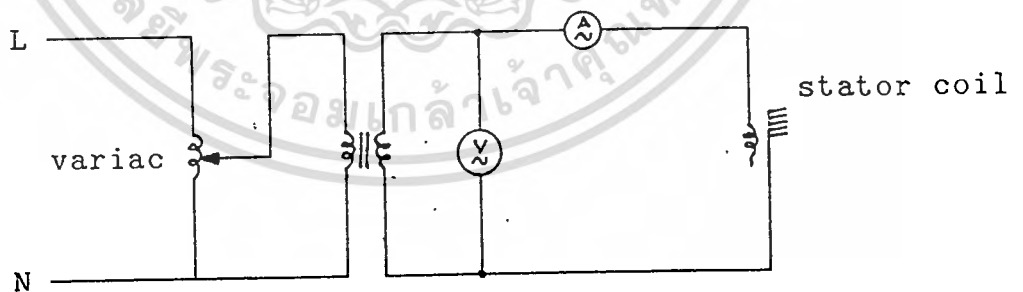
V = แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

ในกรณีที่ไมแยกสายดินของแหล่งจ่ายไฟออก จะต้องตรวจดูก่อนว่า สายวัดเส้นใดที่มีไฟ (Hot) และสายวัดเส้นใดเป็นสายดิน (Ground) จากนั้น จึงต่อวงจร ตามรูป



รูป วงจรวัดค่าความจุไฟฟ้า ในกรณีที่ไมแยกสายดินของแหล่งจ่ายไฟออก

ในกรณีที่ใช้หม้อแปลงแยกสายดิน (Isolated Transformer) ช่วยเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว ไม่จำเป็นต้องตรวจว่าสายใดเป็น Hot, สายใดเป็นสาย Ground ให้ต่อวงจรตามรูป



รูป วงจรวัดค่าความจุไฟฟ้า ในกรณีที่แยกสายดินของแหล่งจ่ายไฟออก

ควรปรับแรงดันไฟฟ้าให้ลดลงถึงค่าศูนย์ ก่อนปลดสายวัดของตัว Voltage และ Ammeter ออก เพื่อป้องกันมิให้เครื่องมือวัดเสียหาย เนื่องจาก Transient Emfs และพลังงานแม่เหล็กที่สะสมอยู่ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ เครื่องมือที่ใช้ควรเป็นแบบ Portable เคลื่อนย้ายสะดวก มี Accuracy

อย่างน้อย 0.5% การใช้เครื่องมือวัดที่ Accuracy สูงขึ้น จะวัดค่าความจุไฟฟ้าได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การวัดค่าความจุไฟฟ้าของ Rotor นั้น ควรวัดที่ปลายทั้งสองของขดลวด เมื่อ Rotor อยู่ในสภาพหยุดนิ่ง

การวัดค่าความจุไฟฟ้าของ Stator หรือ Armature ควรวัดแต่ละเฟสแยกจากกันและวัดรวมทั้ง 3 เฟสด้วย เพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลอ้างอิงต่อไป อุณหภูมิของขดลวดระหว่างการทดสอบได้จาก RTD ที่ต่อหรือฝังอยู่ภายในขดลวด ในกรณีที่ใช้เทอร์โมมิเตอร์หรือ Thermocouple เป็นตัววัดอุณหภูมิ ควรวางไว้ภายในขดลวดไม่น้อยกว่า 15 นาที และป้องกันมิให้สิ่งแวดล้อมเกิดมีผลกระทบต่อตัวเทอร์โมมิเตอร์นั้น

สายของ Voltmeter จะต้องเป็นคนละเส้นกับสายของกระแสในวงจร การต่อสาย Voltmeter จะต้องต่อกับปลายของขดลวดที่ทำการวัดให้ใกล้ที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ค่าที่อ่านได้ไม่มีส่วนของความจุไฟฟ้า ระหว่างสายที่กระแสไหล จุดสัมผัสและสายส่วนเกินต่าง ๆ จะต้องใช้สวิทช์ที่มีฉนวนหุ้ม เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายกับผู้ทำการทดสอบ จากไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้

ในการต่อสายวัดของ Voltmeter และ Ammeter ควรระวังอย่าให้ต่อสายสลับกัน เพราะจะทำให้เครื่องมือวัดเสียหายได้

การวัดค่าความจุไฟฟ้านี้ไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับค่าที่เบี่ยงเบนไป ดังนั้นค่าที่วัดได้จึงใช้เป็นข้อมูลสำหรับอ้างอิงเท่านั้น

ข้อควรจำ

1. การทดสอบ Capacitance Test เป็นการทดสอบ โดยป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด ดังนั้น ต้องระวังความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ ในกรณี flash to Ground
2. การต่อสายวัดของ Voltmeter และ Ammeter ควรระวังอย่าให้สลับกัน
3. การทดสอบควรจะ Isolate แหล่งจ่ายไฟกับวงจรที่จะทดสอบเพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายแก่ผู้ทดสอบได้
4. การวัดค่าความจุไฟฟ้า จะไม่มีผลในกรณีที่ Rotor อยู่ใน Stator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. INSULATION RESISTANCE TEST

7.1 วัตถุประสงค์

7.1.1 การทดสอบหาค่า ความต้านทาน (Insulation Resistance) ของขดลวด (Windings) ใช้ประโยชน์ในการพิจารณาสภาพของฉนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่า มีสภาพดีพอที่จะทำการทดสอบด้วยวิธี Dielectric test หรือนำเข้าใช้งานได้หรือไม่ผลการทดสอบอาจนำมากำหนดได้ว่า ขดลวดจำเป็นต้องได้รับการ Dry-Out ก่อนดำเนินการทดสอบต่อไป หรือสามารถนำเข้าใช้งานได้ทันที

7.1.2 ขดลวดที่มีพื้นที่ผิวสกปรกหรือชื้นจะมีค่า Insulation Resistance ต่ำและขดลวดที่มีสภาพดีสะอาดและแห้ง จะมี Insulation Resistance สูง

7.2 ขอบเขต

7.2.1 Insulation Resistance Test จะเป็นการทดสอบ เพื่อตรวจสอบสมบัติ ของความต้านทานฉนวนของ Armature windings และ Field Windings ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลังจากประกอบเสร็จ

7.2.2 ผลที่ได้จากการทดสอบจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าต่ำสุดที่ยอมรับว่าใช้งานได้ (Recommended Minimum Values) ตามมาตรฐาน (Standard) และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก Shop test เพื่อพิจารณาว่าสภาพของ Windings สมบูรณ์พอที่จะทำการทดสอบ Dielectric Test หรือจำเป็นต้องมีการ Dry-Out ก่อน

7.3 สภาพเครื่อง

7.3.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสภาพพร้อมที่จะนำ เข้าใช้งาน

7.3.2 พื้นผิวของฉนวนต้องสะอาดและแห้ง

7.3.3 อุณหภูมิของ Windings ควรจะสูงกว่าจุด Dew Point ของอากาศที่บริเวณผิวของฉนวนเพื่อป้องกันการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ

7.3.4 การทดสอบควรจะทำก่อนและหลังการทำ Dielectric test

7.3.5 ก่อนทำการทดสอบ Windings ต้องไม่มี Residual charge ในเนื้อฉนวน เพื่อไม่ให้การทดสอบผิดพลาด โดยการต่อ Windings ลงดินก่อนทำการทดสอบ

7.4 วิธีการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นการขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องกลขนาดใหญ่ จะมีการแนะนำให้ (Recommended) ให้ทำการ

ทดสอบ โดยทำครึงลพะส แยกกันทำการทดสอบ

จุดต่อ Neutral ของแต่ละเฟสของ Windings จะต้องแยกออกจากกัน ทำการทดสอบ และทำการเปรียบเทียบระหว่างเฟส ขดลวดเฟสที่ไม่ได้ทดสอบจะต้องต่อลงดิน ในช่วงเวลาทดสอบ

สำหรับ Armature Windings ที่ขดลวดทั้ง 3 เฟส ต่อถึงกันที่จุด Neutral อย่างถาวรแล้ว แยกทดสอบไม่ได้ ให้ทดสอบขดลวดทั้งชุดในเวลาเดียวกัน โดยปลด Neutral ground switch (ถ้ามี) ออกหรือปลดสายที่ต่อจุดนี้ลงดินออก และต่อปลายอีกด้านของขดลวดทั้ง 3 เฟส เข้าด้วยกันอย่างชั่วคราวโดยใช้สายไฟ และปลดอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต่อกับ Armature windings ออก เช่น Instrument transformer, Main transformer, Excitation transformer, Lightning arrester และอื่น ๆ ออกเพื่อให้ขดลวดเป็นอิสระ

สำหรับ Field windings ให้ปลดขดลวดเป็นอิสระจากอุปกรณ์อื่นและต่อปลายทั้ง 2 ถึงกันอย่างชั่วคราวโดยสายไฟ

7.5 อุปกรณ์ในการทดสอบ

ในปัจจุบันการวัดค่า Insulation Resistance จะวัดออกมาเป็นค่าความต้านทานโดยตรง เครื่องมือวัดส่วนใหญ่จะเป็น 2 ชนิด คือ

7.5.1 Direct-indicating ohmmeter with contained hand or power-driven generator

7.5.2 Direct-indicating ohmmeter with self-contained battery

7.6 แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ

7.6.1 สำหรับ Rotor ของ Generator ใช้แรงดันกระแสตรงขนาด 500 v.

7.6.2 สำหรับ Stator ของ Generator ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 1000 v. (กพพ. ใช้ 2500 VDC.)

7.7 ระยะเวลาในการทดสอบ

การจ่ายแรงดันทดสอบเข้าที่ Windings ควรจะจ่ายทิ้งไว้อย่างน้อย 1 นาที ในกรณีที่ต้องการหาค่าความต้านทานฉนวน ที่ 1 นาที เพียงค่าเดียวและอย่างน้อย 10 นาที ในกรณีที่ต้องการหาค่า Polarization Index ด้วย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า หลังการทดสอบแล้วเสร็จและตัดการจ่ายแรงดันทดสอบแล้ว ต้องต่อ Windings ที่ทดสอบลงดิน เพื่อความปลอดภัย และความถูกต้อง ในการทดสอบอื่น ๆ ต่อไป การต่อ

Windings ลงดิน ควรทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 4 เท่าของเวลาที่ทดสอบ

7.8 ข้อมูลที่ควรบันทึก ในการทดสอบ ควรบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

7.8.1 ข้อมูลของ Machine

7.8.2 วันและเวลาที่ทดสอบ

7.8.3 ข้อมูลของเครื่องมือทดสอบ (Test Equipment)

7.8.4 ค่า Insulation Resistance เทียบกับเวลาของการป้อนแรงดัน

7.9 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ลักษณะของ Insulation ที่ดี

7.9.1 Dielectric Strength สูง

7.9.2 เป็นตัวนำความร้อนที่ดี

7.9.3 สามารถทนต่อความร้อนสูงได้

7.9.4 ทนแรงสั่นสะเทือน การงอตัว และสามารถนำมาใช้งานได้สะดวก

ชั้นของฉนวน (Insulation Class) การแบ่งชั้นของฉนวนไฟฟ้า จะแบ่งตามค่าความคงทนต่อความร้อน หรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Temp. Rise) โดยจะแบ่งเป็นชั้นดังนี้ Class A. ได้แก่ ฉนวนประเภท เทป ผ้าฝ้าย ไหม ไฟเบอร์ กระดาษออบวานิชหรือจุ่มในน้ำมันเช่น ผ้าออบวานิช ก่อออบวานิช เบตาไลท์ โดยฉนวนประเภทนี้จะทนอุณหภูมิสูงสุดถึง 105 °C

Class B. ได้แก่ ฉนวนประเภท ไมคาร์ ไยแก้ว ไยหิน เป็นต้น ที่ใช้ร่วมกับวัสดุเกาะยึด เช่น อีพ็อกซี โดยสามารถทนอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 130 °C

Class F. ได้แก่ ฉนวนประเภท ไมคาร์ ไยแก้ว ไยหิน ฯลฯ ที่ใช้ร่วมกับวัสดุเกาะยึดประเภท ซิลิโคน เอลโดส์เรซิน เช่น ไยแก้วออบวานิช แอสเบสทอชออบวานิช ไยหิน โปปี้เอไมน์พิมล์ แผ่นไมคาร์ ฯลฯ ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 155 °C

Class H. เป็นวัสดุประเภท Silicone Elastomer mica, Glass-fiber, Asbestos ที่ใช้ร่วมกับวัสดุเกาะยึด เช่น ซิลิโคนเรซิน และ Polytetra-fluorethylene (PTFE) ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 180 °C

Class C. เป็นฉนวนประเภท Mica Procelain Glass หรือผลึกควอทซ์ นิยมใช้ทำเป็นลูกถ้วย และอุณหภูมิสูงสุดได้มากกว่า 180 °C

Class Y. เป็นฉนวนที่สามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 90 °C
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวด (Winding)

- Double layer winding ใช้ใน Machine ขนาดใหญ่
- Double layer winding. ใช้ใน Machine ขนาดใหญ่

การลง Slot

-Integral slot winding จำนวน Slot ต่อ Phase group เป็นจำนวนเต็ม เช่น



-Fractional slot winding จำนวน Slot/phase-pole group ไม่ใช่เลขจำนวนเต็ม ใช้กับ Double layer เท่านั้น มีข้อดีคือ สามารถกำจัด Harmonic ได้



การวัดค่า ค.ต.ท. ฉนวนไฟฟ้าด้วย Megger ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น Mega ohm

โดยความสัมพันธ์
$$R = \frac{V}{A}$$

เมื่อ R = ค.ต.ท. ฉนวนเป็น Mega ohm

V = Volt Supply จาก Megger เป็น Volt

A = กระแสที่ไหลเข้า Megger เป็น Micro Amp

ทฤษฎีและคุณสมบัติของ Insulation พวก Insulationทั้งหลายเป็น Dielectric material คือ จะมีค่า ค.ต.ท. ที่ Voltage ถึงขีดหนึ่งเท่านั้น ถ้าเกินตัวมันจะ Break down

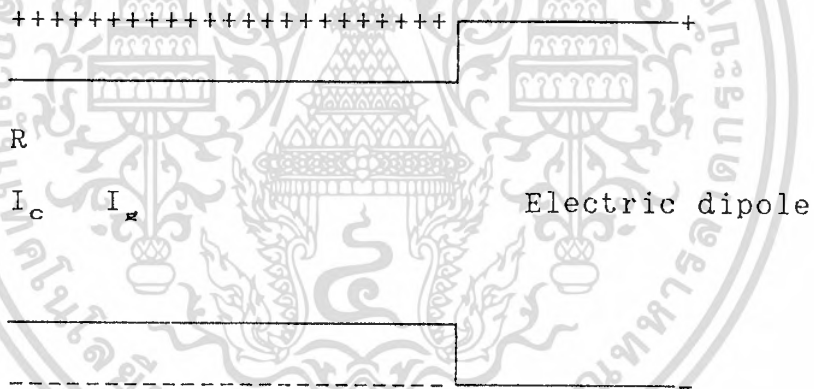
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า Insulation resistance ไม่ใช่ ค.ต.ท. คงที่ของฉนวน มีเหตุผลหลายประการที่ทำให้ ค.ต.ท. ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปค่านี้จะได้จากค่าแรงดันไฟฟ้ากระแส

ตรงที่ป้อนให้ฉนวน ทารด้วยกระแสไหลผ่าน ณ เวลาใดเวลาหนึ่งที่กำหนด นับจากเริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้า เช่นที่ 1 นาทีหรือ 10 นาที การเปรียบเทียบค่า ค.ต.ท. จะต้องทำที่เวลาเดียวกัน จะเอา ค.ต.ท. ที่เวลา 1 นาที ไปเทียบกับที่ 2 นาทีไม่ได้

การที่ต้องกำหนดเวลาในการวัด ค.ต.ท. ของฉนวนไฟฟ้า เพราะกระแสที่ไหลผ่านฉนวนไฟฟ้าจากผลของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจะประกอบด้วยหลายส่วนกันและบางส่วนนั้นจะมีค่าขึ้นกับเวลานับจากเริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้า

กระแสที่กล่าวนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนที่ไหลผ่านพื้นผิวของฉนวน (Surface Leakage Current)
2. ส่วนที่ไหลผ่านในเนื้อฉนวน ซึ่งประกอบด้วยกระแส 3 ส่วน คือ
 - 2.1 Geometric Capacitance Current (I_g)
 - 2.2 Absorption Current (I_a)
 - 2.3 Conduction Current (I_c)



รูปแสดง Conductive current และ Geometric cap. current

Geometric Capacitance Current และ Absorption Current เป็นค่าที่ขึ้นกับเวลา ฉะนั้นกระแสทั้งหมด หรือ ค.ต.ท. ที่วัดได้จาก Megger จึงขึ้นกับเวลาด้วย กฎของโอมที่จึงใช้ไม่ได้กับฉนวนไฟฟ้า แต่ถ้าจะใช้จะต้องเพิ่มค่าจำกัดความสำหรับ ค.ต.ท. ที่ได้ค่าเป็น ค.ต.ท. ปรากฏ ณ เวลาจำเพาะ (Apparent resistance at some particular time)

Geometric Capacitance Current เป็นกระแสส่วนที่เกิดจากผลของ Geometric capacitance ที่เกิดจาก Conductor 2 แผ่น โดยมี Dielectric อยู่กลาง คุณสมบัติของ Condenser คือ มันจะเก็บประจุจนเต็ม ตอนมันเริ่มเก็บประจุมันจะ

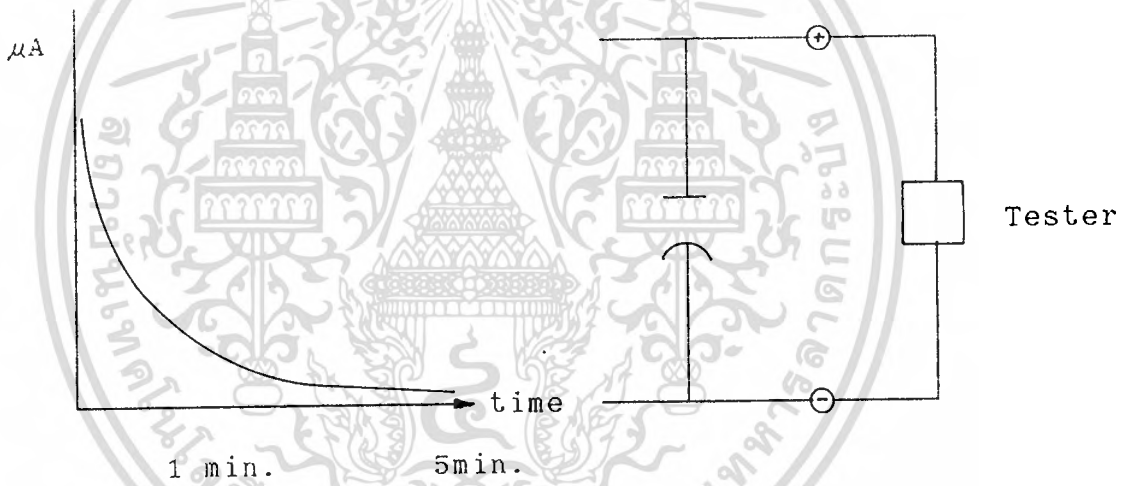
ยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมัน จนมันเก็บประจุไว้เต็มแล้วจะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่าน แต่จะ
ใช้ระยะเวลาไม่นานนัก ความสัมพันธ์ของกระแสกับเวลาอยู่ในรูปสมการ Exponential

$$I_x = E \frac{e^{-t}}{R}$$

E = ศักดาไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้ฉนวน

R = ค.ต.ท. ภายใน รวมถึง ค.ต.ท. ที่อนุกรมอยู่ในวงจร จนถึง
ฉนวน ที่ทำการทดสอบ

C = Capacitance ของฉนวนไฟฟ้าที่ทำการทดสอบ



รูป Geometric capacitance current (I_x)

กระแสส่วนนี้ ปกติจะไม่นำมาพิจารณาสภาพของฉนวน เพราะผลของมันจะลด
ลงเร็ว ภายในเวลาไม่เกิน 1 นาที แต่ในกรณีวงจรทดสอบมีค่า Capacitance ถึง 6 F
และถ้า ค.ต.ท. ภายในของ Megger เท่ากับ 3 M เวลาที่ค่ากระแสส่วนนี้ จะไม่มีผล
คือลดเหลือเพียง 1% เท่ากับ 4.6 เท่าของ Time constant (RC) คือ $4.6 * 6 * 3 = 83$
วินาที ในกรณีนี้ ถ้าเราวัด Megger ใช้เวลา 1 นาที (60 วินาที) จะเห็นว่าความผิดพลาด
ย่อมเกิดขึ้นได้

Absorption current คือ กระแสที่ Charged ตามตัว Electric dipole
จนมันเก็บประจุได้มากพอที่มันจะเรียงตัวเองตรงขั้วบวก-ลบ และยอมให้กระแสผ่านตัวมัน
ได้น้อยมาก กระแสนี้จะใช้เวลาที่มากกว่า Dielectric dipole จะเรียงตัวได้ใน
มาตรฐานของการวัด Insulation จะวัดถึง 10 นาที เพื่อให้แน่ใจว่า Dielectric

dipole เรียงตัวหมดแล้ว กระแสที่อ่านตอน 10 นาที จะเป็น Conductive current และ Dipole leakage current การเปลี่ยนแปลงของกระแสส่วนนี้ จะมีความสัมพันธ์ตามสมการ

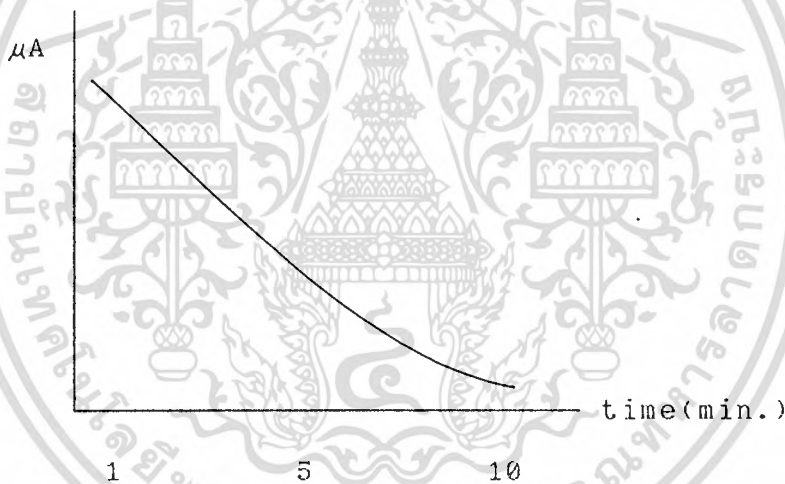
$$I_{\mu} = AVCDT^{-n} = AT^{-n}$$

V = ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เพิ่มขึ้นบนฉนวน

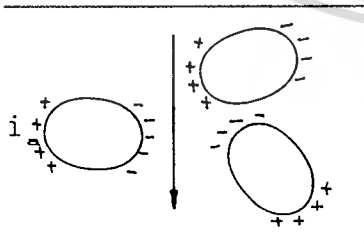
C = Capacitance ของฉนวน

D = ค่าคงที่ที่ขึ้นกับชนิดของ ฉนวนและอุณหภูมิ

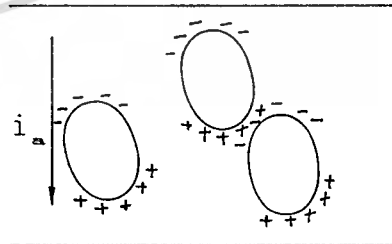
n = Absorption Rate ของฉนวน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1



+++++



เมื่อ dipole เริ่ม charg



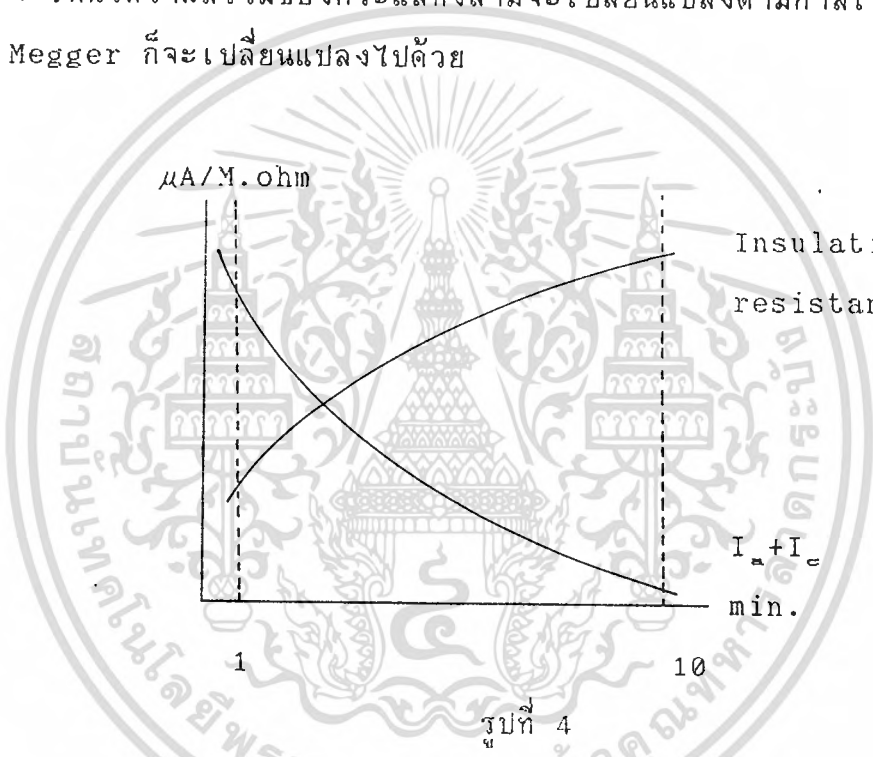
เมื่อ dipole charg เต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่มีเหตุอันสมควรและต้องขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ก่อน
และจะเป็นส่วนสำคัญที่เหลืออยู่ในองค์ประกอบ หลังจาก Absorption Current ลดลง

ไปจนน้อยมาก Conduction Current จะต่างจาก 2 ส่วนแรก คือ เป็น Nonreversible Loss Current และมีค่าตามกฎของโอมท์

$$I_c = \frac{E}{R}$$

จะเห็นได้ว่าผลรวมของกระแสทั้งสามจะเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา และค่าที่อ่านได้จาก Megger ก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย



รูปที่ 4

จากผลของกระแสทั้ง 3 ส่วนที่กล่าวมาแล้ว เราจะเห็นว่า ที่เวลา 1 นาที หลังจากจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแก่ฉนวนแล้ว กระแสส่วนใหญ่จะเป็นผลรวมของ Absorption และ Conduction เมื่อเวลาผ่านไปถึง 10 นาที Absorption current อาจลดลงจนหมดนัยสำคัญ หรืออาจจะมียู่แต่ก็น้อยลงมาก ผลออกมาจะทำให้ Insulation resistance ที่ 10 นาที มีค่ามากกว่าที่ 1 นาที อัตราส่วนระหว่างที่ 10 นาที ต่อ 1 นาที เรียกว่า Polarization index

ต้นเหตุที่มีผลกระทบต่อ Insulation resistance

1. สภาพพื้นผิวฉนวน ถ้ามีความสกปรก เช่น ผงถ่าน จะทำให้ค่า ค.ต.ท. ฉนวนไฟฟ้าลดลงแม้ว่าเป็นฝุ่นธรรมดา ซึ่งไม่น่ากระแสเมื่ออยู่ในสภาพแห้งแต่เมื่อมีความชื้นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย มันก็จะนำกระแสได้ และลด ค.ต.ท. ฉนวนไฟฟ้าลงไป

2. ความชื้นเพียงอย่างเดียว (แม้ว่าจนวนจะสะอาด) สามารถลด ค.ต.ท. จนวนไฟฟ้าได้ โดยเฉพาะจนวนบางชนิด สามารถดูดซับความชื้นได้รวดเร็วมาก อุปกรณ์ประเภทนี้ ถ้าไม่ได้ใช้งานจะต้องควบคุมอุณหภูมิให้สูงกว่า Ambient Temperature ประมาณ 5 องศาเซลเซียส

3. ผลเนื่องจากอุณหภูมิ เนื่องจากจนวนจะมีคุณสมบัติ Negative Resistance Characteristic คือ ค่า ค.ต.ท. จนวนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเปรียบเทียบค่า ค.ต.ท. จนวนที่อุณหภูมิต่างกัน จะต้องเปลี่ยนค่า ค.ต.ท. ไปที่อุณหภูมิอ้างอิงเดียวกัน คือที่ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้สมการ

$$R_c = K_t * R_t$$

เมื่อ R_c = ค่าความต้านทานของจนวนเมื่อแปลงค่าไปที่ 40 °C มีหน่วยเป็น megohms

R_t = ค่าความต้านทานที่วัดได้ที่ t °C มีหน่วยเป็น megohms

K_t = สัมประสิทธิ์ที่ใช้แปลงค่าความต้านทานของจนวนที่อุณหภูมิ t °C (Insulation Resistance Temperature Coefficient) (IEEE Std. 43-1974)

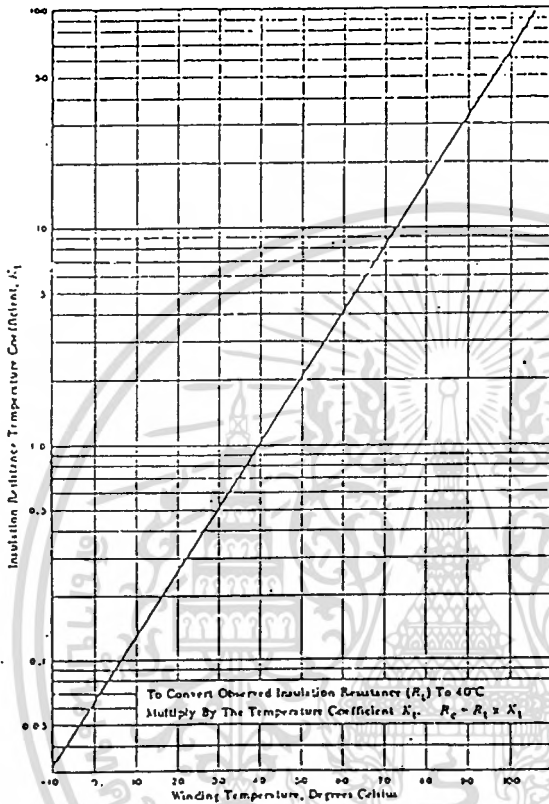
ค่าโดยประมาณของสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ (Temperature coefficient) K_t นั้นอาจหาได้จากรูปข้างล่าง ซึ่งประมาณว่าค่า Insulation resistance จะเพิ่มเป็น 2 เท่า เมื่ออุณหภูมิลดลง 10 องศาเซลเซียส (IEEE Std. 43-1974)

ตัวอย่าง ค่า ค.ต.ท. จนวนที่อ่านได้ที่อุณหภูมิ 72 °C มีค่าเป็น 1 Mega ohm จะมี ค.ต.ท. ที่ 40 องศาเซลเซียส ดังนี้

$$\begin{aligned} R_{40} &= K_t * R_t \\ &= 10 * 1 = 10 \quad \text{Mega ohm.} \end{aligned}$$

4. ผลเนื่องจากแรงดันกระแสตรง จะต้องเลือกระดับแรงดันกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้เหมาะสมกับขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า เพราะถ้าใช้สูงไปจะทำให้เกิด Over stress บนจนวน ทำให้จนวนเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ปกติจะใช้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 500 v. แต่ไม่เกิน 2,500 v. และเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นค่า ค.ต.ท. จนวนอาจจะลดลงขึ้นกับสภาพจนวน แต่สำหรับจนวนที่มีสภาพดีปราศจากความชื้น ค่า ค.ต.ท. จะคงที่ เมื่อขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้วัดเพิ่มขึ้น แต่ไม่เกินพิกัดแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ แต่ถ้าพบ

ว่า ค.ต.ท. ลดลง เมื่อเพิ่มขนาดแรงดันไฟฟ้าทดสอบขึ้น อาการเช่นนี้อาจจะแสดงถึงความผิดปกติเกิดขึ้นบนฉนวน เช่น รอยแตกกร้าว, ความสกปรก, ความชื้น เป็นต้น แต่ถ้าระดับแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า Raga voltage ของอุปกรณ์ ค.ต.ท. จะมีการเปลี่ยนแปลงมาก



ความสัมพันธ์โดยประมาณของ Insulation Resistance ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม อุณหภูมิ ของ Rotating Machine

5. ผลเนื่องจากช่วงเวลาในการวัด ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

6. ผลเนื่องจากประจุตกค้างในฉนวน เนื่องจากฉนวนมีคุณสมบัติเป็น Capacitive พลังงานสะสมในฉนวนจากผลของ Absorption current เป็น Reversible stored energy ซึ่งจะปลดปล่อยคืนออกมา เมื่อปลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกจากฉนวน ซึ่งจะส่งผลให้ผลการวัดค่า ค.ต.ท. ฉนวนผิดไป ดังนั้นก่อนทำการวัดค่า ค.ต.ท. ควรจะ Discharge ประจุตกค้างประมาณ 15 นาที หรือใช้เวลาประมาณ 4 เท่าของเวลาที่จ่ายแรงสำหรับที่ใช้วัด

วิธีวัด ค.ต.ท. ฉนวนไฟฟ้าด้วย Megger อาจแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ

1. Short time insuration resistance หรือ Spot reading คือ วิธีการวัดที่กำหนดเวลาอ่านที่เวลาใดเวลาหนึ่งเพียงค่าเดียว โดยปกติจะกำหนดให้อ่านที่เวลา 60 วินาที วิธีนี้เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบกับค่าที่เคยวัดไว้แล้ว และบันทึกค่าไว้ในประวัติอุปกรณ์ โดยต้องแปลงค่า ค.ต.ท. ไปที่ 40 °C เพื่อเปรียบเทียบหาแนวโน้มการเสื่อมสภาพของฉนวน

ค่า ค.ต.ท. จนวนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (Recommended Minimum Value)

จาก IEEE Std. 43-1974 Section 9.3 กล่าวไว้ว่า Recommended minimum insulation resistance (R_m) สำหรับ Armature windings และ Field Windings ของ Rotating Machine กำหนดได้จากสมการ

$$R_m = kV + 1 \text{ Meg.Ohm}$$

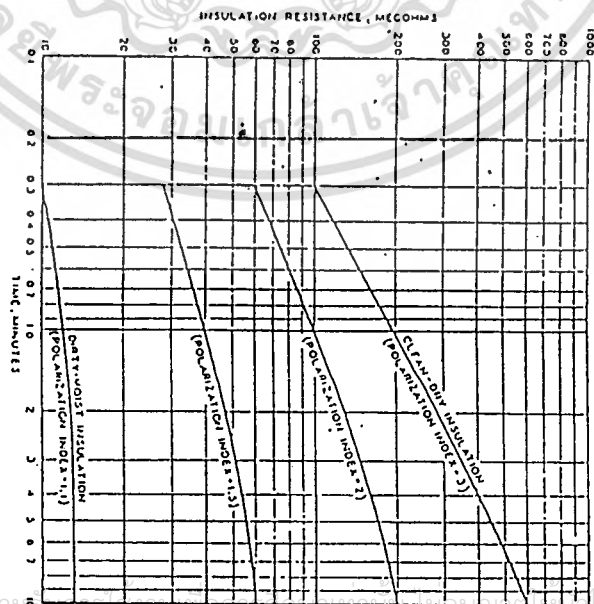
เมื่อ R_m = ค่า ค.ต.ท. ต่ำสุดของจนวนที่ยอมรับได้ของขดลวดทั้งชุดที่อุณหภูมิ 40 °C มีหน่วยเป็น Mega Ohm.

kV = พิกัดแรงดันใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น kilovolt

R_m เป็นค่า Insulation Resistance ที่อุณหภูมิ 40 °C ที่ได้จากการจ่ายแรงดันทดสอบให้แก่ Winding ทั้งชุดของ Machine เป็นเวลา 1 นาที

แต่สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้แรงดันต่ำกว่า 1 kV. ค่า $R_m > 1$ Mega ohm. สำหรับจนวนที่มีคุณภาพดีจะมีค่าประมาณ 10-100 เท่า ของ R_m ในทางปฏิบัติ ถ้าตรวจพบว่า ค่า ค.ต.ท. จนวนมีค่าใกล้เคียง R_m จะต้องทำ Recondition จนวนใหม่

2. Time Resistance หรือ Dielectric Absorption Test คือ วิธีวัดที่อาศัยทฤษฎีของ absorption วิธีการนี้จะใช้เมื่อไม่มีข้อมูลเก่าเปรียบเทียบกับ Megger ที่ใช้จะเป็นแบบ Motor-Driven Megger หรือแบบ Battery หรือ Rectifier Type โดยทำการอ่านค่าทุก ๆ 1 นาที จนครบ 10 นาที นำค่าที่ได้มา Plot ในกระดาษ log-log เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่า ค.ต.ท. ของจนวน กับระยะเวลาที่ป้อนแรงดันทดสอบดังในรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปแสดงความสัมพันธ์ของ Insulation Resistance เทียบกับเวลาสำหรับ
ไม่ว่ากรณีใดๆ จึงสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไป
Armature Winding ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่หุ้มด้วยจนวน Class B

ลักษณะของเส้นกราฟที่ได้ อาจใช้บอกสภาพของ Windings นั้นมีสภาพดี สะอาดและแห้ง เส้นกราฟจะมีความชันมาก ค่า ค.ต.ท. ฉนวน อาจยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่จ่ายแรงดันทดสอบ ถ้า Windings สกปรกหรือชื้น เส้นกราฟจะมีความชันน้อย และค่า ค.ต.ท. ฉนวน อาจมีค่าคงที่ภายในระยะเวลา 1-2 นาที หลังจากจ่ายแรงดันทดสอบ และถึงแม้จะยังคงจ่ายแรงดันทดสอบต่อไปอีก ค่า ค.ต.ท. ฉนวน ก็จะไม่เพิ่มขึ้น ค่าที่ยอมรับได้ (Recommended value) จาก IEEE Std. 43-1974 section 4.5 ให้ไว้ว่า Windings ที่มีสภาพใช้งานได้ ค่า ค.ต.ท. ฉนวนจะเข้าสู่ค่าคงที่ (Steady Value) ภายในเวลา 10-15 นาที หลังจากป้อนแรงดันทดสอบ

แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

1. สำหรับ Rotor ของ Generator ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 500 VDC.
 2. สำหรับ Stator ของ Generator ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 2,500 VDC.
- หลังจากทดสอบเสร็จ และตัดการจ่ายแรงดันทดสอบแล้ว ต้องต่อ Windings ที่ทดสอบลงดินเพื่อความปลอดภัยและถูกต้องในการทดสอบอื่น ๆ ต่อไป การต่อ Windings ลงดิน ควรทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 4 เท่า ของเวลาที่ทดสอบ

การหาค่า Polarization Index (PI)

$$\text{Polarization Index} = \frac{\text{ค่าความต้านทานที่นาที่ที่ 10}}{\text{ค่าความต้านทานที่นาที่ที่ 1}}$$

(ตาม IEEE Std. 43-1974 Section 4.5.2)

1. Polarization Index เป็นค่าแสดง ความชัน (slope) ของเส้นกราฟ ที่ได้จาก Time resistance test ค่า Polarization Index อาจใช้เป็นตัวบอกสภาพ ความแห้งของ Windings และความพร้อมที่จะนำไปทดสอบ High potential test

2. ค่า Polarization Index ขึ้นอยู่กับสภาพของ Windings, Class ของ ฉนวน และชนิดของ Machine ปกติ Windings ที่มีสภาพดีจะให้ค่า Polarization Index ต่ำและ Windings ที่ใช้ฉนวน Class F จะให้ค่า Polarization Index สูงกว่าฉนวน Class B หรือ A Machine ที่ตอนปลายของ Windings พันด้วยสารกึ่งตัว นำเพื่อกำจัด Corona จะให้ค่า Polarization index ต่ำกว่า Machine ขนาดเดียวกันที่ไม่ได้มีการพันด้วยสารกึ่งตัวนำ

3. ค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ (Recommended Minimum Value) ไม่ควรน้อยกว่า 1.5 ยกเว้นกรณีพิเศษที่ระบุไว้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า จาก IEEE Std. 43-1974 Section 9.2 กล่าวไว้ว่าค่า Recommended

minimum value ของ Polarization index สำหรับ Rotating machine คือ

สำหรับ Class A = 1.5

Class B = 2.0

Class F = 2.0

4. เปรียบเทียบค่า Polarization index ในปัจจุบันของ Windings กับค่า Recommended minimum value และค่าที่ได้จาก Shop test (ถ้ามี)

การพิจารณาค่าความต้านทานฉนวนไฟฟ้า

ค่า ค.ต.ท. ที่ Megger วัดได้เป็นข้อมูลที่ใช้พิจารณาประเมินสภาพของฉนวนไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาศัยหลักการเปรียบเทียบ ฉะนั้นข้อมูลที่วัดและจดบันทึกเก็บเป็นประวัติของอุปกรณ์แต่ละชิ้น จึงมีความสำคัญ (สำหรับการวัดแบบ Spot reading) แต่ถ้าไม่มีข้อมูลเดิมอย่างน้อยค่า PI ก็สามารถบอกถึงความเสี่ยงและสะอาดได้

การพิจารณาสภาพฉนวนไฟฟ้า จะต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายด้าน อาจต้องใช้เครื่องมือหลายประเภท แต่ถ้าอุปกรณ์ที่ทดสอบไม่มีข้อบ่งชี้ว่ามีปัญหาการวัดด้วย Megger ก็เพียงพอ โดยการเปรียบเทียบดูแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง ค.ต.ท. ฉนวนที่วัดได้ (ชุดเศษผลของอุณหภูมิ) และดูค่า PI จะเห็นว่าค่า Megger ไม่ใช่สูตรสำเร็จในการตัดสินสภาพของฉนวนโดยเด็ดขาด

สำหรับอุปกรณ์ที่ไม่มีประวัติ เช่น อุปกรณ์ติดตั้งใหม่ ที่ไม่มีตัวเลขเปรียบเทียบกับค่า Recommended minimum value ที่ให้มา

การสรุปประเมินผล

1. Machine ที่มีขนาด 10,000 kVA. หรือเล็กกว่าสภาพของ Windings จะสะอาด และแห้งพอที่จะดำเนินการทดสอบ Dielectrec Strenght Test ได้ นั้น Windings ควรจะมีค่า PI หรือค่า ค.ต.ท. ฉนวน (ที่ 40 องศาเซลเซียส) อย่างใดอย่างหนึ่งอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ Recommended Value ตามที่ให้ไว้

(IEEE Std. 43-1974 Section 9.4)

2. Machine ที่มีขนาดใหญ่กว่า 10,000 kVA. Windings ที่จะทำการทดสอบ Dielectric Strenght Test ได้ นั้น ควรจะมีทั้งค่า PI และค่า ค.ต.ท. ฉนวนสูงกว่าค่า Minimum Recommended Values ตาม IEEE Std. 43-1974 Section 9.5

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 3. ถ้าผลการทดสอบไม่ได้ตามที่กำหนดในข้อ 1 และ 2 แล้ว Machine ควรจะได้รับการทำความสะอาดใหม่และ Dry-Out เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นจึงทำการทดสอบหาค่า Insulation resistance และ Palarization index เมื่อได้ค่าตามที่กำหนดจึง

จะดำเนินการทดสอบอย่างอื่นต่อไป

Insulation ที่ที่จะต้องมิตั้ง Capacitive และ Dipole จะต้องใช้เวลา Insulation ที่ไม่ดีกว่าจะมีค่าคงที่และขณะ Megger ค่า Megohm จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จะบอกวาทหรือเลวอย่างไรจากค่า PI

Insulation ที่เลวคือมีค่า Leakage Current สูงจากสาเหตุ 2 ประการ
ก. คุณสมบัติการเป็น Dielectric ของ Insulation เสื่อม คือมีค่า Leakage current สูงเนื่องจาก Dipole ไม่เรียงตัว กับค่า Leakage Current ซึ่งเป็น Resistance ต่ำลงเพราะอาจมาจาก Overheat, Mechanical stress

ข. เพราะ Resistance leakage current เนื่องจากมีความชื้น สารอื่น ๆ เข้าไปในฉนวน ทำให้ค่า Megger ต่ำ และจะถึงค่าคงที่เร็ว

8. การทำให้แห้ง (DRY-OUT OPERATION)

8.1 วัตถุประสงค์

ในกรณีที่ Windings ของ machine มีค่า Insulation resistance และ Polarization index ต่ำกว่าค่า Minimum recommended values ดังที่กล่าวไว้ในเรื่อง Insulation resistance test อาจแสดงว่า Windings มีความชื้นสูงและพื้นผิวอาจมีแผ่นฟิล์มของความชื้นเคลือบอยู่ จนไม่เหมาะที่จะนำ Windings ไปทดสอบ Dielectric strength test หรือนำเข้าใช้งาน ดังนั้น Windings ควรได้รับการ Dry-out เพื่อขับไล่ความชื้นที่มีอยู่ออกไป และทำความสะอาดใหม่จนค่า Insulation resistance และ Polarization Index สูงกว่า Minimum recommended value ก่อนนำไปทดสอบต่อไป

เมื่อ Dry-out ความชื้นจะระเหยออกมาจากขดลวด เนื่องจากความร้อนซึ่งจะไหลจากจุดร้อนสุด ไปยังจุดที่เย็นกว่า จะยังมี Moisture gradient อยู่ระหว่างชั้นของฉนวน ซึ่งจะ เป็นผลให้ความชื้นเคลื่อนตัวจากชั้นที่ชื้นกว่าไปยังชั้นที่มีความชื้นน้อยกว่าชั้นของความชื้นนี้ ก็จะขึ้นอยู่กับชั้นของอุณหภูมิที่มีอยู่ในฉนวน การ Dry-out ได้ดีขึ้นอยู่กับชั้นของอุณหภูมิ Temperature gradient

Temperatur gradient ที่ต้องการ คือ สร้างออกมาจากส่วนภายใน (เช่น ใช้กระแสผ่านขดลวด) ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิของชั้นภายในและภายนอก Temperature gradient ที่เกิดชั้นจะค่อย ๆ ต่ำลงไปตามชั้นภายนอกและเมื่อสิ้นสุดการ Dry-

out ก็จะช่วย ๑ เย็นลงจากชั้นภายนอก เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุปกรณ์ที่เป็ยกชั้นมาก

8.2 วิธีการ Dry-out

8.2.1 External Heatingให้ความร้อน โดยใช้กระแสไฟฟ้าจาก Source ภายนอกเหนี่ยวนำทำให้เกิดความร้อน

Hydro-generator ส่วนมากจะเป็นแบบ Enelosed machineและมีSpace heaters เตรียมไว้ข้างใต้ เพื่อปรับอุณหภูมิภายใน Machine ให้สูงกว่า Ambient temperature ของภายนอก เป็นการป้องกันไม่ให้อุณหภูมิภายใน Machine ขณะที่ไม่ได้ใช้งาน ดังนั้นการใช้ Space heater ในการ Dry-out จึงทำได้ง่ายและสะดวก แต่มีข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการ Dry-out นาน เนื่องจากขนาดของ Space heatersไม่ใหญ่พอในการทำ Wet test อาจจำเป็นต้องดำเนินการให้เสร็จสิ้นโดยเร็ว เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ (เช่น ค่าจ้าง Supervisor, วิศวกรที่ปรึกษา ฯลฯ) ต้องการนำเข้าใช้งานโดยเร็ว การ dry-out โดยใช้ Electric space heater อาจไม่เหมาะสม

8.2.2 Three-Phase Short-Circuit Method เป็น วิธีการ dry-out โดยใช้ความร้อนที่เกิดจากการผ่านกระแสเข้าไปใน Windings กระแสจะถูกเหนี่ยวนำให้ไหลใน Armature windings ที่ Terminals ทั้ง 3 จะถูกต่อถึงกัน โดยป้อนกระแสเข้าที่ Field winding และเครื่องหมุนด้วยความเร็วที่พอเหมาะ (ไม่เกิน Rated speed) อุณหภูมิของ Winding อาจควบคุมให้สูง 80-100 องศาเซลเซียส ได้ ดังนั้นการ Dry-out โดยใช้เวลาน้อย ซึ่งอาจจะเหมาะสมสำหรับการทำ Wet test

8.3 การ Dry-out three-phase short-circuit

8.3.1 การเตรียมการ

1. ทำการต่อ Generator terminal ทั้ง 3 เฟส เข้าด้วยกันโดย Lead wire หรือ Conductor bar ขนาดเพียงพอที่จะให้กระแสขณะทำการ Dry-out ผ่านได้ โดยไม่เสียหายบริเวณที่ Short circuitควรอยู่ด้าน Generator ก่อนผ่านเข้า Breaker และ Disconnecting switch ถ้าจำเป็นต้อง Short circuit หลัง Breaker หรือ Disconnecting switch ก็ให้ทำการ Lock ตัว Breaker หรือ Switch นั้นเพื่อป้องกันการเปิดวงจรขณะทำการ Dry-out

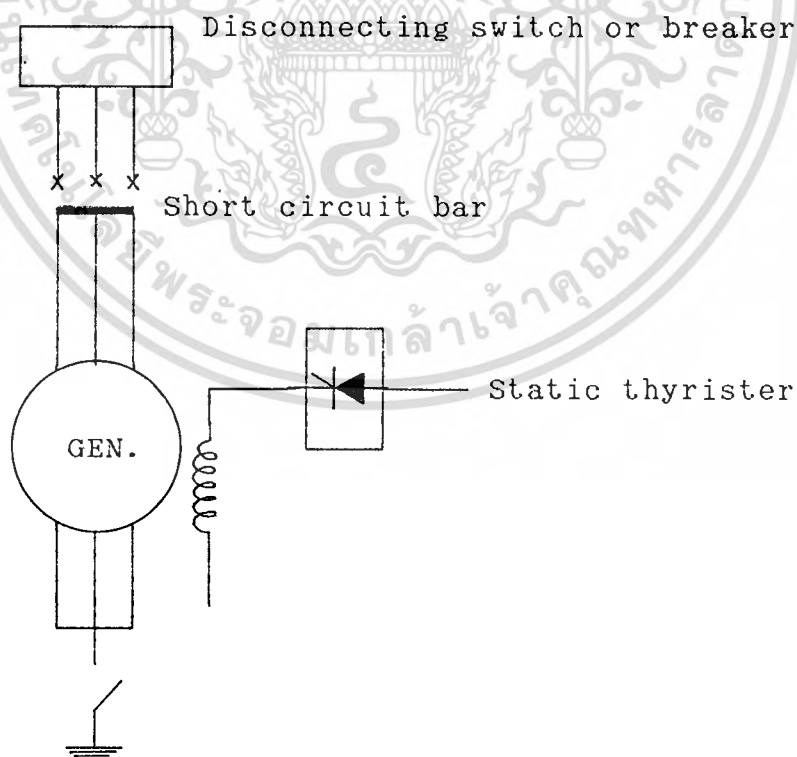
2. ปลดและตัดวงจร Differential relay และ Protective relays ที่จะสั่งให้เครื่องหยุดได้ ขณะทำการ Dry-out เพราะการ Short-circuit ของ Generator terminal สำหรับ Protective relayอื่น ๆ ควรให้อยู่ในสภาพใช้งานตามปกติ

3. ปลดวงจรสำหรับ Neutral grounding

4. ก่อนการทดสอบทำการวัด Insulation resistance ของ winding ทุกชุด

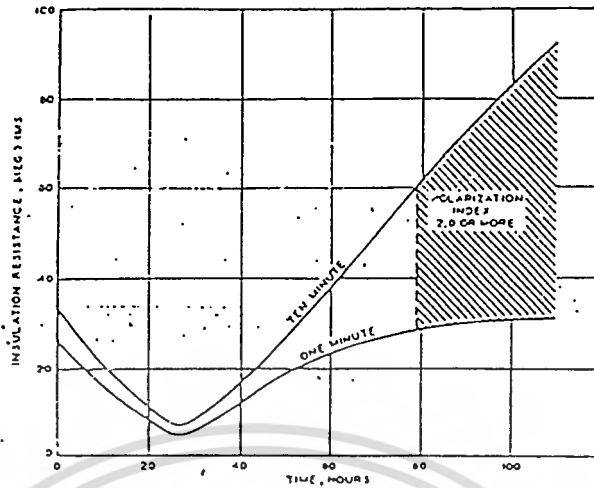
8.3.2 ข้อแนะนำในการทดสอบ

1. อุณหภูมิของ Windings ควรควบคุมให้คงที่
2. อุณหภูมิของ End winding ไม่ควรสูงเกิน 80 °C เมื่อวัดด้วย Thermometer หรือ 90 °C เมื่อวัดโดย Resistance temperatur detector (RTD)
3. อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (rate of temperature rise) ให้มีค่า 5 °C per hour เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะมีต่อ Insulation เนื่องจากการแปรสภาพเป็นก๊าซหรือเป็นไอน้ำมากเกินไป
4. สภาพของ Windings ระหว่าง Dry-out อาจสังเกตได้โดยดูจากค่า Polarization index (ดังรูปที่ 2) ซึ่งไม่จำเป็นต้องแก้ไขให้ถูกต้องตามอุณหภูมิ (Temperature correction) ค่าของมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นถูกไล่ออกไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปวงจรการ Dry-out วิธี Three-phase short circuit



รูปการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานที่ 1 นาที และ 10 นาที ในระหว่างการ
ทำ dry-out ของ Armature winding เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

5. สภาพของ Windings ระหว่าง dry-out อาจสังเกตได้จากการ
อ่านค่า 1 นาที Insulation resistance แต่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของ Wind-
ings ระหว่างการ dry-out มีผลต่อการอ่านค่า Insulation resistance อย่างสังเกต
ได้ ดังนั้นค่า Insulation resistance ที่อ่านได้ที่อุณหภูมิของ Windings ใด ๆ
ควรเทียบกลับไปอุณหภูมิ 40 °C (ดูในเรื่อง Insulation resistance measure-
ment) หรือการอ่านค่า Insulation resistance ควรทำในขณะที่อุณหภูมิของ Windings
เข้าสู่สภาพคงที่แล้ว หลังจากได้รับความร้อน

6. ในขณะที่ Windings ได้รับความร้อนค่า Insulation resist-
ance จะเริ่มลดลง เนื่องจากการกลายเป็นไอของความชื้นและจะกลับเพิ่มขึ้นอีกเมื่อเวลา
ผ่านไปช่วงหนึ่ง และสุดท้ายจะเข้าสู่สภาพคงที่ (ดังรูปที่ 2)

7. ระยะเวลาในการ Dry-out ควรจะให้เลยจุดที่ค่า Insulation
resistance ได้เริ่มเพิ่มขึ้นหลังจากลดลงต่ำสุดแล้วเป็นเวลาพอสมควร หรือจนกระทั่ง
เข้าสู่ค่าคงที่ถ้าทำได้

8. ดำเนินการตามบริษัทผู้ผลิตแนะนำ

8.3.3 วิธีการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้เฉพาะในการฝึกอบรมเท่านั้น
1. เดินเครื่องให้ความเร็วรอบเท่ากับ Rated speed แล้วเพิ่ม Field
current อย่างช้า ๆ เป็นลำดับ เพื่อให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำใน Armature windings
เป็น Step ได้จนถึง Rated current โดยควบคุมให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ ของ

Windings ไม่สูงนัก (ป้องกัน Insulation เสียหาย) และรักษาให้คงที่

การควบคุม Excitation เป็นแบบ manual เพื่อควบคุมกระแส Field ให้คงที่ ตามต้องการแหล่งจ่ายไฟให้ระบบ Excitation อาจใช้จาก Station service

2. ปรับอุณหภูมิของ Ambient เพื่อให้ Armature winding มีอุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส (โดย Resistance temperature detector) เช่น ใน Generator ชนิด Enclosed water-air-cooled machine (โดยปกติ Hydro generator แบบ Vertical จะเป็นชนิดนี้) ก็ปรับปริมาณ Cooling water ที่ผ่านเข้า Air cooler อุณหภูมิของ Outlet air ของ Air cooler (เป็น Ambient temperature) ควรอยู่ประมาณ 40-60 °C

3. ระยะในการ Dry-out เป็นไปตามข้อ 3.2.7

8.4 การบันทึกข้อมูล

8.4.1 ข้อมูลที่จำเป็นควรบันทึกมี

1. Armature current
2. Field current
3. Field Voltage
4. Temperature of armature windings (stator windings)
5. Temperature of field winding
6. Ambient temperature
7. Insulation resistance and polarization index of windings

8.4.2 ขณะวัด Insulation resistance ของ Armature windings ควรปลด Excitation ออกไม่ให้มีกระแสใน Armature windings เพื่อความปลอดภัย

8.4.3 การอ่าน และบันทึกข้อมูลควรกระทำทุกครั้งชั่วโมง หรือหนึ่งชั่วโมง ในระยะแรก ของการ Dry-out หลังจากนั้นอาจเว้นระยะให้นานขึ้นเป็นทุก 2 ชั่วโมง การปลด Excitation บ่อยเกินไปเพื่อวัดค่า Insulation resistance ของ Windings จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นซ้ำ

เอกสาร 8.1.5 การสิ้นสุดการ Dry-Out เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

8.5.1 ค่า 1 นาที Insulation resistance ของ winding โดยเทียบกับอุณหภูมิเดียวกัน (40 °C) และค่า Polarization Index มาเขียนกราฟเปรียบ

เทียบกับระยะเวลาในการ Dry-out

8.5.2 การ Dry-out จึงควรสิ้นสุด เมื่อค่า Insulation resistance เริ่มไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากที่ค่าเพิ่มขึ้นเพื่อให้แน่ใจว่าสภาพของ Windings แห้งสนิทหรืออย่างน้อยจนกระทั่งถึงช่วงที่ค่า Insulation resistance เพิ่มขึ้นเป็นเวลาพอสมควร ในกรณีที่ต้องการประหยัดเวลา

8.5.3 ค่า 1 นาที Insulation resistance และ ค่า Polarization Index ควรสูงกว่า Minimum recommended value ตาม Standard requirement (ดูใน เรื่อง Insulation resistance test) หรือตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

9. การทดสอบการเป็นฉนวน (DIELECTRIC TEST)

9.1 วัดฉนวนประสังค์

Dielectric test เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบฉนวนของขดลวด (winding insulation) ของ Rotating machine ว่า Electrical strength (Dielectric strength) ของฉนวนมีค่าสูงกว่า ค่าต่ำสุดที่กำหนดหรือไม่ แรงดันทดสอบที่กำหนดตามมาตรฐาน IEEE, NEMA และ ANSI โดยอาศัยประสบการณ์ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายให้แก่ฉนวนที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานแล้ว

9.2 ขอบเขต

9.2.1 Dielectric test เป็นทดสอบ เพื่อตรวจรับ (Acceptance testing) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใหม่ก่อนนำเข้าไปใช้งาน (Commercial use) ซึ่งไม่ครอบคลุมถึงการทดสอบเพื่อการบำรุงรักษาตามปกติ (Routine maintenance testing) สำหรับเครื่องที่ใช้งานแล้ว

9.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled machine) ซึ่งเป็นแบบทั่วไปสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro-generator)

9.3 ข้อควรระวัง

การทดสอบชนิดนี้มีอันตรายค่อนข้างมาก เนื่องจากแรงดันทดสอบที่ใช้มีค่าหลายพันโวลต์ ดังนั้นขณะทำการทดสอบควรระมัดระวังอย่างให้บุคคลใดเข้าไปใกล้ หรือแตะต้อง วงจร หรืออุปกรณ์ที่ทดสอบโดยเด็ดขาด โครงร่าง (Frame) ของเครื่องที่ทดสอบและอุปกรณ์ทดสอบ ควรต่อลงดินโดยตรง (Solidly ground)

9.4 การเตรียมการเพื่อการทดสอบ

9.4.1 อุณหภูมิของขดลวด (Winding) การทดสอบ ควรกระทำในขณะที่ Winding มีอุณหภูมิไม่เกิน 40 °C เนื่องจากค่าของ Insulation resistance และ Dielectric absorption จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิเพื่อให้ผลการทดสอบถูกต้อง และสามารถนำไปเปรียบเทียบได้ จึงควรรักษาให้อุณหภูมิของ Winding คงที่ตลอดการทดสอบ ดังนั้นการทดสอบควรจะทำ ในขณะที่อุณหภูมิของ Winding ใกล้เคียงกับ Ambient temperature

9.4.2 สภาพของ Winding ที่ทดสอบควรสะอาด และแห้งค่า Insulation Resistance และ Polarization Index ควรสูงกว่าค่าต่ำสุดที่แนะนำ (ดูในเรื่อง Insulation resistance test)

9.5 วิธีการทดสอบ

9.5.1 Winding Connection

1. Stator winding : สำหรับใน Machine ขนาดใหญ่ จะแนะนำ (Recommended) ให้ทำการ Test โดยแยกทีละเฟสในการ Test จุดต่อ Neutral ของแต่ละเฟสของ Winding จะต้องแยกออกจากกันเมื่อทำการทดสอบ และทำการตรวจสอบกับเฟสใดเฟสหนึ่งในเวลาที่กำหนดเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างเฟสในช่วงเวลาทดสอบ เฟสที่ไม่ได้ทดสอบขณะนั้นต้องต่อลง Ground ทั้งหมด

สำหรับ Machine ขนาดเล็กที่จุดต่อ Neutral end ของขดลวดทั้ง 3 เฟส ต่อถึงกันอย่างถาวรแล้ว จึงไม่สามารถทดสอบแยกเฟสได้ จำต้องทดสอบพร้อม ๆ กันทั้ง 3 เฟส โดยต่อ Line terminals ของทั้ง 3 เฟส เข้าด้วยกันอย่างชั่วคราว และควรต่อ Neutral end เข้ากับ Line terminals ด้วยเพื่อลดการเกิด Surge ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหาย ในกรณีที่ฉนวนอยู่ในสภาพที่ไม่ดีหรือเกิด Flashover ระหว่างการทดสอบ อุปกรณ์ที่ควรจะต้องลงดิน ดังนี้

- Stator temperature detector coil or thermocouples
- Other device associated with the winding
- Current transformer secondaries
- Rotor winding and shaft

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 2. Field (Rotor) winding: ปลัด Brush ออกจาก Slip ring และต่อ Terminal ทั้ง 2 (Positive & Negative ends) เข้าด้วยกันอย่างชั่วคราว

9.5.2 แรงดันที่ใช้ในการทดสอบ

1. แรงดันที่ใช้ทดสอบเลือกใช้ได้ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ระหว่าง 20-60 Hz (Power frequency) แต่ไม่จำเป็นต้องใช้ทั้ง 2 วิธี ในทางปฏิบัติวิธีการที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีข้อดีหลายประการคือ

- Direct potential testing มีโอกาสที่จะทำความเสียหายให้แก่ฉนวนน้อย
- สามารถวัดค่ากระแสรั่วไหล (Leakage current) น้อย ๆ ได้ และสังเกตเห็นความโน้มเอียงในการเปลี่ยนแปลงได้ชัด
- ก่อให้เกิดความเสียหายน้อยในกรณีที่เกิด Breakdown เนื่องจาก Capability ของอุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดเล็ก
- อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบมีขนาดเล็ก และเบาสะดวกในการติดตั้ง และเคลื่อนย้าย เนื่องจากใช้เพียงกระแสรั่วไหลซึ่งมีค่าน้อย

ข้อควรระวังในการใช้ DC Method ก็คือ ต้องใช้เวลานานในการคลายประจุให้แก่ winding หลังจากทดสอบแล้ว

2. ขนาดของแรงดันในการทดสอบ

- Stator winding

เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

$$\text{Test voltage (rms)} = 2E + 1,000V \text{ ----- (1)}$$

เมื่อ E = Rated voltage of the machine in volt

ในกรณีที่เครื่องเคยผ่านการทำ Dielectric test ที่โรงงานแล้ว แรงดันทดสอบที่ใช้ให้ลดลงเหลือ 85 เปอร์เซ็นต์ ของแรงดันในสมการที่ 1

เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

$$\text{Test voltage} = 1.7 \text{ เท่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้}$$

- Field winding

Generator field winding จะถูกทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งค่า Effective value (rms. value) มีค่าเป็น 10 เท่าของ Rated excitation voltage แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1500 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีที่ Winding ใดๆ เคยผ่านการทำ Dielectric test ที่โรงงานแล้ว แรงดันทดสอบที่ใช้ให้ลดลงเหลือ 85% ของแรงดันทดสอบที่กล่าวข้างต้นไปใช้

9.5.3 ระยะเวลาในการป้อนแรงดันทดสอบ

การป้อนแรงดันทดสอบ ควรจะค่อย ๆ เพิ่มระดับแรงดันขึ้น (สำหรับ Stator winding อาจจะเพิ่มครั้งละ 2 kV และสำหรับ Field winding อาจจะเพิ่มครั้งละ 200 V.) และสังเกตค่ากระแสรั่วไหล ถ้าเกิดผิดปกติ ก็หยุดการทดสอบ หลังจากเพิ่มขนาดแรงดันทดสอบถึงค่ากำหนดแล้วให้คงที่ค่านี้นี้ประมาณ 1 นาที

9.5.4 หลังการทดสอบ

1. เมื่อทดสอบแล้วเสร็จให้ลดแรงดันทดสอบจนเป็นศูนย์แล้วปลดออก
2. หลังจากแรงดันของ Windings ลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของแรงดันทดสอบควรต่อ Winding ลงดิน โดยผ่าน Discharge resistance ซึ่งโดยปกติจะอยู่ในชุดอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ
3. หลังจากแรงดันของ windings ลดลงถึงศูนย์ควรต่อ Windings ลงดินโดยตรง (Solidly grounded) และทิ้งไว้ไม่ต่ำกว่า 4 เท่า ของเวลาที่ใช้ทดสอบ และต้องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีพลังงานตกค้างอยู่ใน Winding อันอาจจะทำอันตรายแก่บุคคลหรืออุปกรณ์ได้

9.6 ข้อมูลที่ควรบันทึกในการทดสอบ

- หมายเลขเครื่องของอุปกรณ์ที่จะทดสอบ
- พิกัดของเครื่อง และชนิดของฉนวน
- บริษัทผู้ผลิต
- วัน เดือน ปี ที่ทดสอบ
- เวลาที่ทดสอบ
- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ และระยะเวลา
- กระแสรั่วไหลที่วัดได้เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ
- การต่อวงจรทดสอบและอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ด้วย (ถ้ามี)
- อุณหภูมิของขดลวด
- เวลาที่อุณหภูมินั้น
- อุณหภูมิมีรอบข้างและความชื้นสัมพัทธ์
- รายละเอียดของเครื่องมือทดสอบ

และในรายงานผลการทดสอบควรมีข้อเสนอแนะ (Comments) ตามหัวข้อนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- เหตุที่ต้องทำการทดสอบ
- ผลการตรวจสอบด้วยสายตา

- สภาพของฟิลิคส์ของขดลวด และฉนวน
- ค่าความต้านทานของฉนวนและดัชนีเชิงขั้วก่อนทำการทดสอบ (Insulation Resistance & Polarization Index Prior to Test)
- ประวัติเดิมของเครื่อง
- วัน เดือน ปี ที่ติดตั้งขดลวด
- ผลการสังเกตสภาพความเกิน, โครโรน่า, อื่น ๆ ระหว่างการทดสอบ
- ผลการทดสอบและการดำเนินการต่อไป
- ข้อเสนอแนะสำหรับการบำรุงรักษา การใช้งานหรือการทดสอบครั้งต่อไป

9.7 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

9.7.1 ขณะทำการทดสอบ พิจารณาการเปลี่ยนแปลง ของ Leakage current และสภาพทั่วไป ถ้าไม่มีสิ่งใดผิดปกติตลอดการทดสอบ ผลการทดสอบค่า Dielectric strengty ของ Winding ต้องสูงกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนด

9.7.2 ความเสียหายทั้งสิ้น (Complete failure) โดยปกติ แสดงให้เห็น โดยการคายประจุที่สะสมไว้อย่างรวดเร็ว (Shop capacitive discharge) ที่จุดที่เสียหาย ในกรณีที่เกิดความเสียหายบางส่วน (Partial failure) อาจสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงอย่างผิดสังเกตของ Leakage cureent

หมายเหตุ การเพิ่มแรงดันทดสอบและระยะเวลาในการป้อนแรงดันทดสอบอาจดำเนินการตามคำแนะนำในคู่มือการใช้เครื่อง High potential tester ดังนี้

1. ระดับแรงดันทดสอบครั้งแรกประมาณ 25% ของแรงดันทดสอบทั้งหมด
2. รักษาระดับแรงดันให้คงที่ไว้ ค่าที่ 10 นาที
3. อ่านค่า Leakage current ที่เวลาในการป้อนแรงดันต่าง ๆ กัน
4. นำค่า Leakage current และเวลาในการป้อนแรงดัน พล็อตลงบนกระดาษ Logarithmic graph และลากเส้นกราฟ
5. หาค่า Leakage current ที่เวลา 1,316 และ 10 นาที
6. คำนวณหาค่า Absorption ratio และ Polarization index

การคำนวณหาค่า Absorption ratio

$$A = I_{3.16} - I_{1.0}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในโรงเรียนศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Absorption ratio} = C^2$$

$$\text{Polarization index} = \frac{I_{1.0}}{I_{10.0}}$$

เมื่อ $I_{1.0}$ = ค่ากระแสที่อ่านได้เมื่อเวลา 1 นาที จากกราฟ

$I_{3.16}$ = ค่ากระแสที่อ่านได้เมื่อเวลา 3.16 นาที จากกราฟ

$I_{10.0}$ = ค่ากระแสที่อ่านได้เมื่อเวลา 10.0 นาที จากกราฟ

7. ค่า Absorption ratio เป็นค่าที่นำไปหาเวลาในการรักษาระดับแรงดันในแต่ละขั้นให้นานพอที่ Absorption Current ลดลง จนมีผลน้อยต่อการวัดค่า Leakage current (Absorption current มีค่าสูงในช่วงเวลาแรกและจะลดลงตามเวลา)**ดูตาราง Elapse Time at the Conclusion of Each Voltage Step ท้ายเรื่อง*

8. การเพิ่มระดับแรงดันควรเพิ่มครั้งละประมาณ 20% ของ First step voltage

9. นำค่า Leakage current และแรงดันทดสอบ พล็อตลงใน Logarithmic graph สังเกตลักษณะของเส้นกราฟ ถ้า Leakage current เพิ่มขึ้นตามแรงดันทดสอบไม่มากนัก แสดงว่าสภาพฉนวนยังทนต่อแรงดันที่ป้อนเข้ามาได้ ถ้า Leakage current เพิ่มขึ้นสูงอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าค่าแรงดันทดสอบ ขณะนั้นใกล้เคียงถึง Breakdown voltage ของฉนวนแล้วควรหยุดการทดสอบ

9.8 ตัวอย่างการทดสอบ (ดูกราฟที่แนบท้ายประกอบ)

** High voltage test of stator windings

- Rated Voltage 13.8 kV (A.C)

- Full Test Voltage = $1.7(2 \times 13.8 + 1) = 48.6$ kV (DC)

- First Step of Test Voltage = $0.25 \times 48.6 = 12.1$ kV. ในการทดสอบใช้ 13.5 kV

- รักษากระดับแรงดันที่ 13.5 kV. ประมาณ 10 นาที วัดค่า Leakage current ที่เวลาต่าง ๆ กัน

- Plot กราฟระหว่าง Leakage current และเวลาในกราฟแบบ Logarithmic หาค่า Absorption ratio ได้ 2.3 ประมาณ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้ใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ในที่อื่นใด ๆ ทั้งสิ้น

- ทหาระยะเวลาในการรักษาระดับแรงดันทดสอบที่ค่านี้ Absorption ratio

- ระดับแรงดันทดสอบเพิ่มขึ้นครั้งละ $0.2 \times 13.5 = 2.7 = 3$ kV

- Plot กราฟระหว่าง Leakage Current และขนาดแรงดันทดสอบ

10. การทดสอบคุณสมบัติขณะลัดวงจร (SHORT CIRCUIT CHARACTERISTIC TEST)

10.1 วัตถุประสงค์

10.1.1 เป็นการทดสอบ เพื่อหาค่า Short circuit saturation characteristic ของ Machine ใช้ในการหาค่า Machine constant บางตัว เช่น direct axis synchronous reactance และ Short circuit ratio โดยพิจารณา ร่วมกับ Open circuit saturation characteristic ของ Machine

10.1.2 Short circuit saturation characteristic ของ Machine เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง Armature short circuited winding current กับ Excitation current ขณะเครื่องหมุนที่ Rated speed

10.2 สภาพเครื่องก่อนการทดสอบ

10.2.2 Short circuit line terminals ของ Generator ทั้ง 3 เฟส เข้าด้วยกัน

10.2.3 ตัดวงจรหลังจุดที่ Short circuit และตัด Load ของ Generator ออก (ถ้ามี)

10.2.4 เตรียม Source สำหรับ Excitation system จากแหล่งภายนอก และตัดการจ่ายไฟจาก Line terminal ของ Gen. (เฉพาะระบบที่ใช้ Supply จาก Terminal voltage ของ Gen. มาจ่ายให้ระบบ Excitation) เพื่อให้สามารถปรับค่า Excitation ได้ตามต้องการ

10.2.5 การควบคุม Excitation system ควรเป็นแบบ Manual control เพื่อให้สามารถปรับค่า Excitation current ได้คงที่

10.3 อุปกรณ์ในการทดสอบ

10.3.1 DC. Ammeter สำหรับอ่านค่า field current

10.3.2 AC. Ammeter สำหรับอ่านค่า armature current

10.3.3 Frequency meter หรือ speed meter

10.4. วิธีการทดสอบและการอ่านค่า การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

10.4.1 เดินเครื่องที่ rated speed และรักษาให้คงที่ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.4.2 ปรับ Excitation ให้ได้ armature current ตามที่ต้องการ

10.4.3 ข้อมูลที่ควรบันทึก

- Field current
- Armature current
- Frequency

10.4.4 ปกติการบันทึกข้อมูล จะบันทึกที่ค่า Armature current ประมาณ 125, 100, 75, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ของ rated current ในบางกรณีจุดที่กระแสสูงสุดอาจดำเนินการไม่ได้

10.4.5 ค่า Armature current ควรจะบันทึกค่าทั้ง 3 เฟสเพื่อตรวจสอบ current balance

10.4.6 การบันทึกข้อมูล ควรกระทำในทางลด excitation คือ จุดที่น้อย excitation current จะได้ armature current เท่ากับประมาณ 125 เปอร์เซ็นต์ของ rated จากนั้นก็ลด excitation เพื่อลด armature current ให้ได้ค่า 100, 75, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เพราะการอ่านค่าแรกที่จุด armature current สูงสุด winding temperatur จะมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดสอบ

10.5. การวิเคราะห์ข้อมูล

10.5.1 นำค่า Armature currents และ Excitation currents ที่บันทึกมา plot ลงในกราฟเพื่อเขียน short circuit saturation characteristic curve ดังรูป

10.5.2 เปรียบเทียบ short circuit saturation curve ที่ได้จากการทดสอบนี้กับ curve ที่ได้จาก shop test เส้นกราฟทั้งสองควรจะทับกัน หรือเกือบทับกัน

10.5.3 ตรวจสอบ current balance ของทุกเฟส

ELAPSE TIME AT THE CONCLUSION OF EACH VOLTAGE STEP

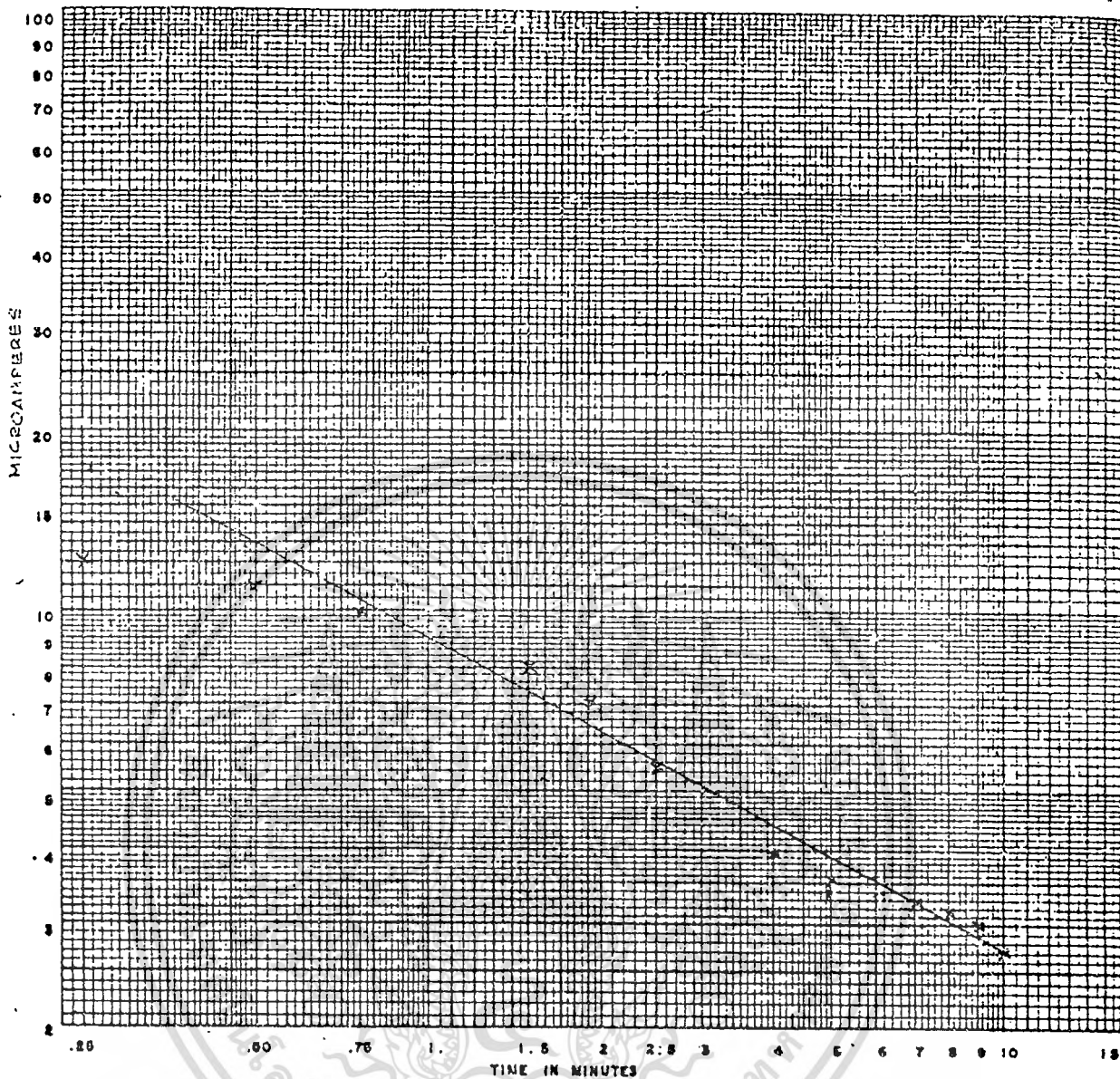
Time at end of first step 10 minute

Let the first step voltage be 100% : voltage increment 20% of first step

| TEST VOLT
% | ABSORPTION RATIO | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 20 |
| | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s | m,s |
| 100 | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, | 10, |
| 120 | 13,14 | 13,27 | 13,36 | 13,44 | 13,49 | 13,54 | 13,58 | 14, 2 | 14, 5 | 14, 8 | 14,10 | 14,13 | 14,15 | 14,17 | 14,19 | 14,25 |
| 140 | 15,56 | 16,21 | 16,39 | 16,53 | 17, 4 | 17,14 | 17,42 | 17,30 | 17,36 | 17,42 | 17,47 | 17,52 | 17,56 | 18, 0 | 18, 4 | 18,17 |
| 160 | 18,17 | 18,55 | 19,21 | 19,42 | 19,59 | 20,13 | 20,25 | 20,36 | 20,46 | 20,54 | 21, 2 | 21, 9 | 21,16 | 21,22 | 21,29 | 21,48 |
| 180 | 20,24 | 21,12 | 21,47 | 22,14 | 22,37 | 22,56 | 23,12 | 23,26 | 23,39 | 23,51 | 24, 1 | 24,11 | 24,20 | 24,29 | 24,36 | 25, 3 |
| 200 | 22,19 | 23,18 | 24, 1 | 24,34 | 25, 2 | 25,25 | 25,46 | 26, 4 | 26,20 | 26,34 | 26,49 | 27, 0 | 27,11 | 27,22 | 27,32 | 28, 5 |
| 220 | 24, 4 | 25,14 | 26, 4 | 26,43 | 27,17 | 27,45 | 28, 9 | 28,31 | 28,50 | 29, 7 | 29,23 | 29,38 | 29,52 | 30, 4 | 30,10 | 30,57 |
| 240 | 25,42 | 27,01 | 27,59 | 28,45 | 29,23 | 29,55 | 30,24 | 30,49 | 31,11 | 31,31 | 31,50 | 32, 7 | 32,23 | 32,38 | 32,51 | 33,39 |
| 260 | 27,12 | 28,41 | 29,47 | 30,38 | 31,21 | 31,58 | 32,30 | 32,59 | 33,24 | 33,47 | 35, 8 | 34,28 | 34,46 | 35, 3 | 35,19 | 36,13 |
| 280 | 28,37 | 30,15 | 31,28 | 32,25 | 33,13 | 33,54 | 34,30 | 35, 2 | 35,30 | 35,56 | 36,20 | 36,42 | 37, 2 | 37,21 | 37,39 | 38,41 |
| 300 | 29,57 | 31,44 | 33, 3 | 34, 7 | 34,59 | 35,44 | 36,24 | 36,59 | 37,31 | 37,59 | 38,26 | 38,50 | 39,12 | 39,33 | 39,53 | 41, 1 |
| 320 | 31,12 | 33, 8 | 34,24 | 35,43 | 36,40 | 37,29 | 38,12 | 39,51 | 39,25 | 39,57 | 40,26 | 40,52 | 41,17 | 41,40 | 42, 2 | 43,17 |
| 340 | 32,23 | 34,27 | 36, 0 | 37,14 | 38,16 | 39, 9 | 39,56 | 40,38 | 41,15 | 41,49 | 42,21 | 42,49 | 43,16 | 43,41 | 44, 5 | 45,27 |
| 360 | 33,31 | 35,43 | 37,22 | 38,41 | 39,48 | 40,45 | 41,35 | 42,20 | 43, 0 | 43,37 | 44,11 | 44,42 | 45,11 | 45,38 | 46, 4 | 47,32 |
| 380 | 34,35 | 36,55 | 38,40 | 40, 5 | 41,16 | 42,17 | 43,11 | 43,58 | 44,42 | 45,21 | 45,57 | 46,31 | 47, 2 | 47,31 | 47,58 | 48,33 |
| 400 | 35,36 | 38, 4 | 39,55 | 41,25 | 42,40 | 43,45 | 44,42 | 45,33 | 46,19 | 47, 1 | 47,40 | 48,16 | 48,49 | 49,20 | 49,49 | 51,30 |
| 420 | 36,35 | 39,10 | 41, 7 | 42,42 | 44, 2 | 45,10 | 46,11 | 47, 5 | 47,53 | 48,38 | 49,19 | 49,57 | 50,32 | 51, 5 | 51,36 | 53,20 |
| 440 | 37,31 | 40,14 | 42,17 | 43,56 | 45,20 | 46,32 | 47,36 | 48,33 | 49,42 | 50,11 | 50,55 | 51,35 | 52,12 | 52,47 | 53,20 | 55,14 |
| 460 | 38,25 | 41,15 | 43,23 | 45, 8 | 46,35 | 47,51 | 48,58 | 49,58 | 50,52 | 51,42 | 52,28 | 53,10 | 53,49 | 54,26 | 55, 1 | 57, 1 |
| 480 | 39,17 | 42,14 | 44,28 | 46,17 | 47,48 | 49, 8 | 50,18 | 51,21 | 52,18 | 53,10 | 53,58 | 54,42 | 55,23 | 56, 2 | 56,38 | 58,45 |
| 500 | 40, 8 | 43,11 | 45,30 | 47,23 | 48,59 | 50,22 | 51,35 | 52,41 | 53,41 | 54,35 | 55,25 | 56,11 | 56,55 | 57,36 | 58,14 | 60,27 |
| 520 | 40,56 | 44, 6 | 46,30 | 48,28 | 50, 8 | 51,34 | 52,51 | 53,59 | 55, 1 | 55,58 | 56,50 | 57,39 | 58,24 | 59, 6 | 59,46 | 62, 6 |
| 540 | 41,42 | 44,58 | 47,29 | 49,31 | 51,14 | 52,44 | 54, 3 | 55,15 | 56,19 | 57,18 | 58,13 | 59, 4 | 59,51 | 60,35 | 61,17 | 63,42 |
| 560 | 42,28 | 45,50 | 48,25 | 50,31 | 52,19 | 53,52 | 55,14 | 56,28 | 57,35 | 58,37 | 59,34 | 60,26 | 61,15 | 62, 1 | 62,45 | 65,16 |
| 580 | 43,11 | 46,40 | 49,20 | 51,30 | 53,21 | 54,58 | 56,23 | 57,40 | 58,50 | 59,53 | 60,52 | 61,47 | 62,38 | 63,26 | 64,11 | 66,49 |
| 600 | 43,54 | 47,28 | 50,13 | 52,28 | 54,22 | 56, 2 | 57,30 | 58,50 | 60, 2 | 61, 8 | 62, 9 | 63, 6 | 63,59 | 64,48 | 65,35 | 68,18 |
| 620 | 44,35 | 48,15 | 51, 4 | 53,24 | 55,22 | 57, 5 | 58,36 | 59,58 | 61,12 | 62,21 | 63,24 | 64,29 | 65,17 | 66, 9 | 66,57 | 69,46 |
| 640 | 45,15 | 49, 1 | 51,54 | 54,18 | 56,19 | 58, 6 | 59,40 | 61, 4 | 62,21 | 63,32 | 64,37 | 65,38 | 66,34 | 67,27 | 68,17 | 71,13 |
| 660 | 45,53 | 49,45 | 52,44 | 55,11 | 57,16 | 59, 5 | 60,42 | 62, 9 | 63,39 | 64,41 | 65,49 | 66,51 | 67,50 | 68,44 | 69,36 | 72,37 |
| 680 | 46,31 | 50,23 | 53,32 | 56, 3 | 58,11 | 60, 3 | 61,43 | 63,13 | 64,35 | 65,50 | 66,59 | 68, 3 | 69, 3 | 70, 0 | 70,53 | 74, 0 |
| 700 | 47, 8 | 51,10 | 54,18 | 56,53 | 59, 5 | 61, 0 | 62,43 | 64,15 | 65,39 | 66,56 | 68, 7 | 69,14 | 70,16 | 71,14 | 72, 9 | 75,21 |
| 720 | 47,43 | 51,51 | 55, 4 | 57,42 | 59,58 | 61,56 | 63,41 | 65,16 | 66,42 | 68, 1 | 69,15 | 70,23 | 71,27 | 72,26 | 73,23 | 76,41 |
| 740 | 48,18 | 52,32 | 55,48 | 58,30 | 60,49 | 62,50 | 64,38 | 66,15 | 67,44 | 69, 5 | 70,20 | 71,30 | 72,36 | 73,38 | 74,36 | 77,59 |
| 760 | 48,52 | 53,11 | 56,32 | 59,13 | 61,39 | 63,43 | 65,34 | 67,13 | 68,44 | 70, 8 | 71,25 | 72,37 | 73,44 | 74,47 | 75,47 | 79,16 |
| 780 | 49,25 | 53,49 | 57,14 | 60, 3 | 62,28 | 64,35 | 66,38 | 68,10 | 69,43 | 71, 9 | 72,28 | 73,42 | 74,51 | 75,56 | 76,57 | 80,32 |
| 800 | 49,58 | 54,26 | 57,55 | 60,48 | 63,17 | 65,26 | 67,22 | 69, 6 | 70,42 | 72, 9 | 73,30 | 74,46 | 75,57 | 77, 3 | 78, 6 | 81,46 |
| 820 | 50,29 | 55, 3 | 58,36 | 61,33 | 64, 4 | 66,16 | 68,14 | 70, 1 | 71,39 | 73, 8 | 74,32 | 75,49 | 77, 1 | 78, 9 | 79,14 | 82,59 |
| 840 | 51, 0 | 55,38 | 59,16 | 62,16 | 64,50 | 67, 6 | 69, 6 | 70,55 | 72,35 | 74, 7 | 75,32 | 76,51 | 78, 5 | 79,14 | 80,20 | 84,11 |
| 860 | 51,30 | 56,13 | 59,55 | 62,58 | 65,35 | 67,54 | 69,57 | 71,48 | 73,30 | 75, 4 | 76,30 | 77,51 | 79, 7 | 80,18 | 81,26 | 85,22 |
| 880 | 52, 0 | 56,48 | 60,33 | 63,40 | 66,20 | 68,41 | 70,47 | 72,40 | 74,24 | 76, 0 | 77,28 | 78,51 | 80, 8 | 81,21 | 82,30 | 86,32 |
| 900 | 52,29 | 57,21 | 61,10 | 64,20 | 67, 6 | 69,27 | 71,35 | 73,31 | 75,17 | 76,55 | 78,25 | 79,50 | 81, 9 | 82,23 | 83,33 | 87,41 |
| 920 | 52,57 | 57,54 | 61,46 | 65, 0 | 67,46 | 70,13 | 72,23 | 74,22 | 76,10 | 77,49 | 79,21 | 80,47 | 82, 8 | 83,24 | 84,36 | 88,42 |
| 940 | 53,25 | 58,26 | 62,23 | 65,39 | 68,29 | 70,52 | 73,10 | 75,11 | 77, 1 | 78,42 | 80,17 | 81,44 | 83, 7 | 84,24 | 85,37 | 89,55 |
| 960 | 53,53 | 58,58 | 62,58 | 66,15 | 69,10 | 71,41 | 73,57 | 75,59 | 77,52 | 79,35 | 81,11 | 82,40 | 84, 4 | 85,23 | 86,38 | 91, 1 |
| 980 | 54,20 | 59,29 | 63,32 | 66,56 | 69,50 | 72,24 | 74,42 | 76,46 | 78,41 | 80,26 | 82, 4 | 83,35 | 85, 1 | 86,21 | 87,37 | 92, 5 |

HIGH VOLTAGE DC INSULATION TEST RECORD

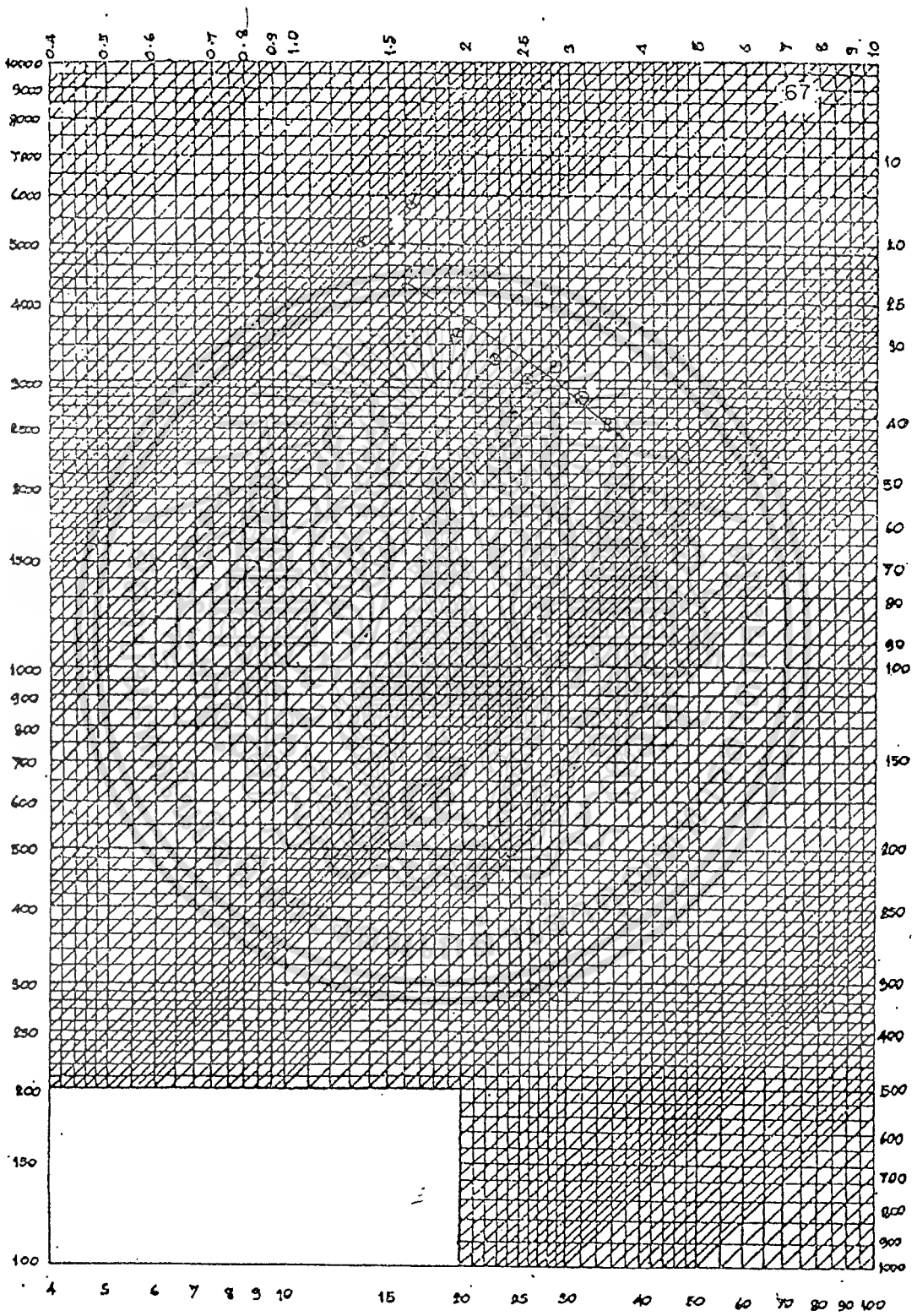
FORM TR-5
EGAT-



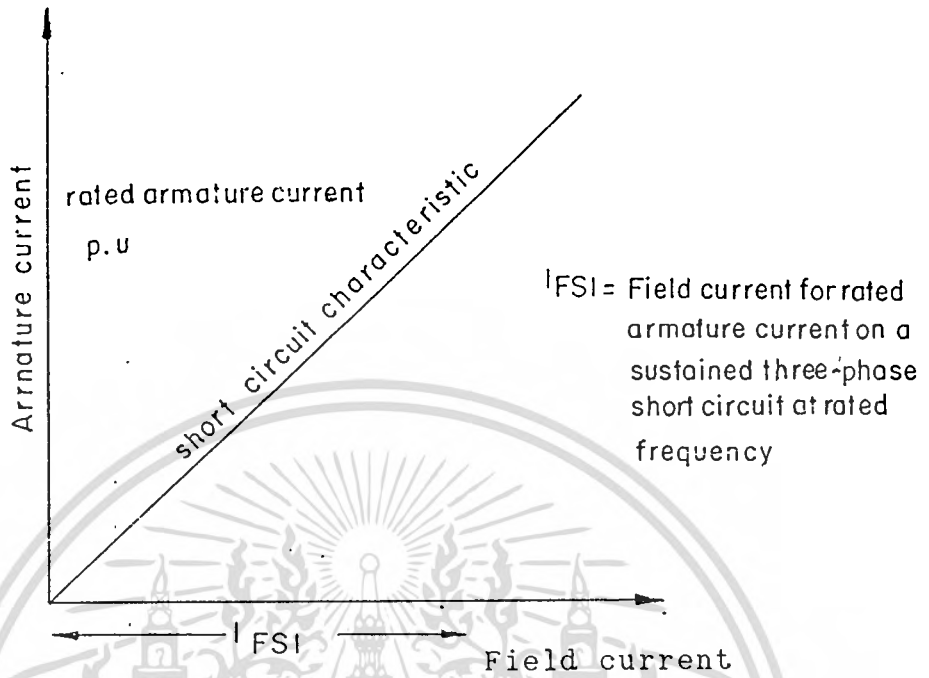
| TIME (MIN.) | KV | MICRO AMP. | MEG. OHM | REMARKS |
|-------------|------|------------|----------|---------|
| 0.25 | 13.5 | 13.5 | | |
| 0.50 | " | 11 | | |
| 0.75 | " | 10 | | |
| 1.00 | " | 9 | | |
| 1.50 | " | 8 | | |
| 2.00 | " | 7 | | |
| 2.50 | " | 6.3 | | |
| 3.00 | " | 5.5 | | |
| 4.00 | " | 4.9 | | |
| 5.00 | " | 4.6 | | |
| 6.00 | " | 4.4 | | |
| 7.00 | " | 4.3 | | |
| 8.00 | " | 4.2 | | |
| 9.00 | " | 4.1 | | |
| 10.00 | " | 4.0 | | |
| 13.14 | 16.5 | 2.8 | | |
| 15.56 | 19.5 | 5.3 | | |
| 18.17 | 22.5 | 7.0 | | |
| 20.24 | 25.5 | 8.5 | | |
| 22.19 | 28.5 | 9.0 | | |
| 24.4 | 31.5 | 11.5 | | |
| 25.42 | 34.5 | 14.0 | | |

| | |
|--|-------------|
| READ VALUES OF MICROAMPERE AT 1.0, 3.16 AND 10.0 MINUTES FROM ABOVE CURVE | |
| | 12.16 = 5.2 |
| | 11.0 = 9 |
| A = 12.16 - 11.0 = | 3.16 |
| | 11.0 = 2.7 |
| | 12.16 = 5.2 |
| B = 11.0 - 12.16 = | 2.5 |
| C = $\frac{A}{B}$ = | 1.52 |
| ABSORPTION RATIO = $(C)^2$ = | 2.3 ≈ 2 |
| POLARIZING INDEX = $\frac{11.0}{110.0}$ = | 3.3 |
| CONDUCTION COMPONENT = $\frac{(11.0 \times 110.0) - (12.16)^2}{(11.0 + 110.0) - (2 \times 12.16)}$ | |
| | = |

| | |
|---------------------|---------------------|
| LOCATION OF TEST | 2numicoi. |
| NAME | Generator Unit No 7 |
| DATE | Jan, 19, 1983 |
| AIR TEMP °C | 30 |
| WINDING TEMP °C | 40 |
| % RELATIVE HUMIDITY | 44 |
| TESTED BY | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 Short Circuit Characteristic Curve

11. การทดสอบคุณสมบัติขณะเปิดวงจร (OPEN CIRCUIT SATURATION TEST)

11.1. วัตถุประสงค์

11.1.1 เป็นการทดสอบเพื่อหาค่า open circuit saturation characteristic ของ machine ใช้ในการหาค่า machine constant บางตัว เช่น direct axis synchronous reactance และ short circuit ratio โดยพิจารณา ร่วมกับ short circuit saturation characteristic ของ machine

11.1.2 open circuit saturation characteristic ของ machine เป็นความสัมพันธ์ ระหว่าง armature open circuited winding voltage กับ excitation current ขณะเครื่องหมุนที่ rated speed

11.2. สภาพก่อนการทดสอบ

11.2.1 Machine อยู่ในสภาพพร้อมที่จะเดินเครื่องได้ถึง rated speed

11.2.2 เตรียม Source สำหรับ Excitation system จากแหล่งภายนอก และ ตัดการจ่ายจาก line terminal ของ generator (เฉพาะระบบที่ใช้ supply ไม่จาก terminal voltage ของ generator มาป้อนให้ excitation system)

11.2.3 Open circuit ที่ line terminals ของ generator และตัด

Load ต่าง ๆ ของ generator ออก เช่น Main Transformer, Station service transformer, Excitation transformer เพื่อให้ generator อยู่ในสภาพ No-load

11.2.4 การควบคุม Excitation system ควรเป็นแบบ Manual control เพื่อสามารถปรับ field current ได้คงที่

11.3. อุปกรณ์ในการทดสอบ

11.3.1 DC. Ammeter สำหรับอ่านค่า field current

11.3.2 AC. Voltmeter สำหรับอ่านค่า Terminal voltage ของ Generator

11.3.3 Frequency meter or speed meter

11.4. วิธีการทดสอบและการอ่านค่า

11.4.1 เดินเครื่องให้ความเร็วถึง rated speed และรักษาให้คง ที่ตลอด การทดสอบเพื่อไม่ให้มีผลต่อ armature voltage ของ generator

11.4.2 ปรับ Excitation เพื่อให้ได้ค่า armature terminal voltage ตามที่ต้องการ การปรับ Excitation ควรจะเป็นไปในทางเพิ่มขึ้นเสมอจนถึงจุดที่ต้องการ ถ้าจำเป็นต้องมีการลด field current (เช่นกรณีที่เพิ่ม excitation สูงเกิน ทำให้ terminal voltage สูงกว่าค่าที่จำเป็นต้องอ่าน) ให้ลดลงจนถึงศูนย์ จากนั้นจึงค่อย ๆ เพิ่ม excitation จนถึงค่าที่ต้องการ

11.4.3 ข้อมูลที่ควรบันทึกในการทดสอบคือ

- Excitation current (field current)
- Armature terminal voltage
- Frequency (or speed)

สำหรับค่า Armature terminal voltage อาจใช้ค่า voltage ระหว่าง 2 เฟส (line-to-line) ใดใน 3 เฟส เพียงค่าเดียว หรือใช้ค่าเฉลี่ยของ line-to-line voltage ของทั้ง 3 เฟสก็ได้

11.4.4 ข้อมูลควรจะได้รับการบันทึกอย่างน้อย 12 จุด ที่ระดับของ terminal voltage ต่าง ๆ ดังนี้

- 4 จุด ระหว่าง 0 ถึง 60% ของ rated voltage (ค่าแรก ที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า zero excitation) เมื่อกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
- 2 จุด ระหว่าง 60 ถึง 90% ของ rated voltage

- 4 จุด ระหว่าง 90 ถึง 110% ของ rated voltage รวมทั้งค่าที่อ่านที่ rated voltage ด้วย

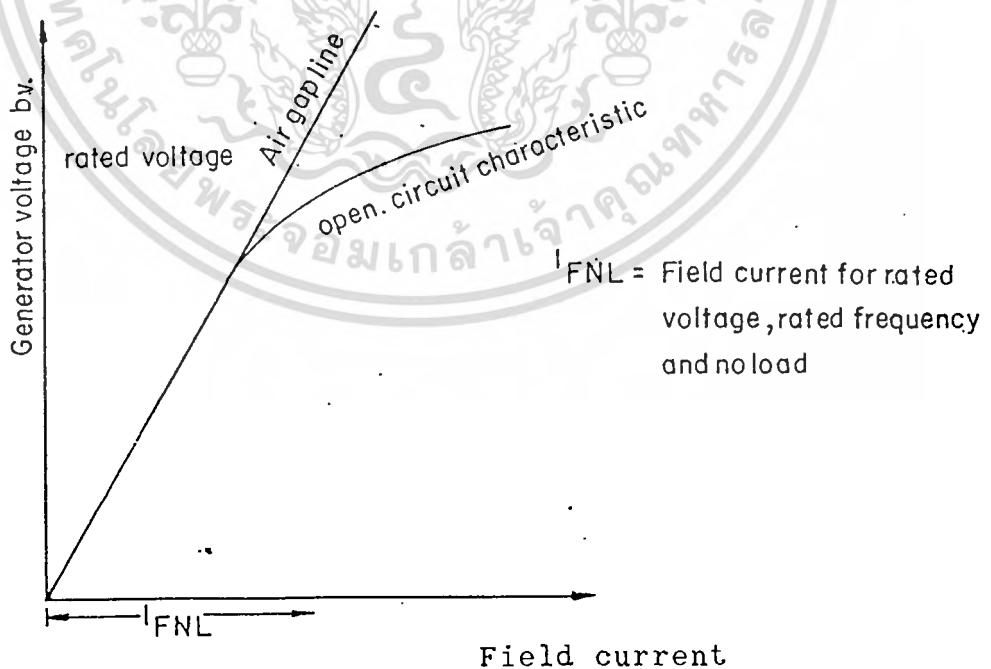
- 2 จุดที่ voltage สูงกว่า 110% ของ rated voltage รวมทั้งค่าที่อ่านที่ 130% หรือที่ rated load field current ขึ้นอยู่กับว่า กรณีใด ที่ต้องการ field current ต่ำกว่า

11.4.5 ที่ rated voltage ควรอ่านค่า terminal voltage (line to line) ของทั้ง 3 เฟส เพื่อตรวจสอบ phase balance การอ่านค่าควรกระทำที่สภาพของ excitation และ speed คงที่ และใช้ voltmeter ตัวเดียวกัน

11.4.6 ที่แต่ละจุดของแต่ละแรงดันที่ต้องการอ่าน ควรปล่อยให้เครื่องหมุนอยู่สักครู่ จนความเร็วเข้าสู่สภาวะ stabilize ที่ rated value เพื่อว่าการอ่านค่าจะไม่ผิดพลาด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ speed และ excitation

11.5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

11.5.1 นำค่า Armature terminal voltage กับ field current มา plot ลงในกราฟ เพื่อเขียน Open-circuit saturation characteristic curve ดังในรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 15 Open-circuit Characteristic Curve

11.5.2 เขียน Air-gap Line จาก Curve โดยต่อส่วนที่เป็นเส้นตรงตอนล่างของ Curve ออกไป ถ้าตอนล่างของ Curve ไม่เป็นเส้นตรง การเขียน Air-gap line ให้ลากเส้นตรงที่มี Slope สูงที่สุดผ่านจุด Origin และสัมผัสกับ Saturation curve

11.5.3 เปรียบเทียบ Open-circuit saturation curve ที่ได้จากการทดสอบนี้ กับ Curve ที่ได้จาก Shop test เส้น Curve ทั้ง 2 ควรจะทับกันหรือเกือบทับกัน

11.5.4 ตรวจสอบ Voltage balance ระหว่าง Line-to-line voltage Phase R-S, S-T, และ T-R ที่ค่า Rated voltage

12. การหาค่า จากกราฟคุณสมบัติขณะเปิดและปิดวงจร

(Determination of Quantities From The No Load Saturation And Sustained Three-Phase Short-Circuit Characteristics)

12.1 Short-Circuit Ratio (SCR)

Short-Circuit Ratio (SCR) เป็นอัตราส่วนของ Field current ที่ rated terminal voltage บน open-circuit saturation curve กับ field current ที่ rated armature current บน short-circuit curve

12.1.1 การกำหนดค่าของ SCR ค่าของ SCR ถูกกำหนดขึ้นอย่างเหมาะสมได้ โดยคำนึงถึงด้าน economy, voltage regulation, stability และ line charge capacity ของเครื่อง

12.1.2 Short-Circuit Ratio and Power Factor Relation Ship ความสัมพันธ์โดยปกติระหว่าง rated power factor ของ Generator และ short-circuit ratio จะเป็นดังนี้

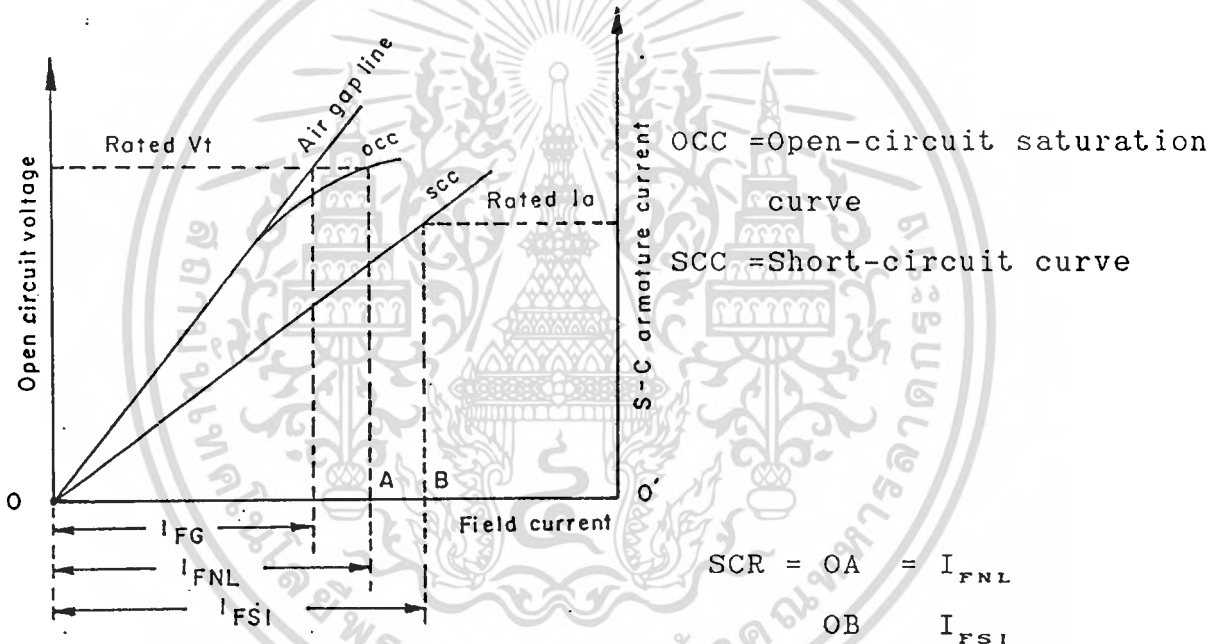
| Rated Power Factor | Short-Circuit Ratio |
|--------------------|---------------------|
| 1.0 | 1.25 |
| 0.95 | 1.175 |
| 0.85 | 1.05 |
| 0.8 | 1.00 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ 0.9 ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ 1.10 ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ 0.85 ปล่อยและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบสำหรับ salient-poles synchronous generator ของ
 เชื้อนภูมิพล ได้ต่ำกว่า 1.00

ตามปกติค่า Short-circuit ratio ของ Generator จะถูกระบุลงใน
 Specification โดยวิศวกรที่ปรึกษาซึ่งเป็นผู้ร่าง Spec

12.1.3 การคำนวณหาค่า SCR ค่าของ Short-circuit ratio หาได้
 จาก Open-circuit และ Short-circuit characteristic ในรูปผลหารของ
 Field current ที่ Rated voltage บน Open-circuit saturation curve และ
 Field current ที่ Rated armature current บน Short circuit curve



เมื่อ I_{FNL} = Field current for rated voltage, rated frequency
 and no-load

I_{FSI} = Field current for rated armature current on a 3- ϕ
 short circuit at rated frequency in the same as I_{FSI}

I_{FG} = Field current on the air-gap line

12.2. Direct-Axis Synchroonous Reactance (X_d)

Direct-Axis Synchroonous Impedance (Z_d)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 12.2.1 ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง X_d และ Z_d ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ควรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีสำหรับ machines of normal design ขนาดของ direct-axis
 synchronous reactance มีค่าเกือบเท่ากับขนาดของ Direct-axis synchronous

impedance ทั้งสองค่าอาจใช้ค่าตัวเลขเดียวกันได้

12.2.2 การคำนวณหาค่า X_d และ Z_d

Direct-axis synchronous reactance หาได้จาก open-circuit sturation และ three-phase short-circuit characteristics ในรูปผลหารของ no-load voltage จาก air-gap line ที่ field current ค่าใดค่าหนึ่งกับค่า sustained short-circuit จาก short-circuit characteristic ที่ field current เดียวกัน

$$X_d = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_{sc}} \text{ ohm}$$

$$= \frac{AC}{BC} = \frac{OH}{OC} = \frac{i_{c,k}}{i_{f,k}} \text{ per Unit}$$

12.2.3 การสรุปผล

เปรียบเทียบ ค่า Direct-axis synchronous reactance (X_d) กับ specified value ของ generator ใน specification

12.3 Rated Voltage Regulation ΔU_n

Voltage regulation ของ synchronous generator เป็น voltage ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ field current คงที่ เมื่อ generator เดินเครื่องอยู่ที่ rated voltage และ rated speed รับ Load ตามที่กำหนดที่ Power factor ที่กำหนดแล้ว ลด Load ให้เป็นศูนย์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ rated voltage

12.3.1 การคำนวณหาค่า ΔU_n

1. Direct measurement ทำการเดินเครื่องขนานเข้าระบบให้ได้ rated armature current, power factor, voltage และ speed จากนั้นทำการลด load ลงทีละน้อยจนเป็นศูนย์โดยควบคุมให้ field current คงที่ทำการวัดค่า terminal voltage ที่ค่า load เป็นศูนย์ (open-circuit) หาค่า Rated voltage regulation

จากสมการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง Regulation นี้ = $\frac{E_c - E}{E}$ อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ E_s = No load voltage of generator at rated load

E = rated terminal voltage

หรือวัดค่า field current ที่สภาพของเครื่องที่ rated armature current power factor, voltage และ speed จากนั้นหาค่า terminal voltage ที่ค่า field current ดังกล่าวบน open-circuit saturation curve นำค่า voltage ที่ได้แทนค่า E ในสมการ 3.1.1

จะหาค่าของ Power factor, voltage ได้ในกรณีระดับน้ำในอ่างสูงไม่พอ ค่า rated field current อาจหาได้โดยวิธี Potier Reactance Method

13. การทดสอบรูปคลื่น (WAVE FORM TEST)

13.1 วัดรูปประสงค์

เพื่อตรวจสอบรูปคลื่นของ Generator voltage ว่าเป็น Sine wave ที่ถูกต้องหรือไม่

13.2 Deviation Factor of a Wave

Deviation factor ของรูปคลื่น เป็นอัตราส่วนของ ความแตกต่างมากที่สุด ระหว่าง Actual wave form และ Equivalent sine wave คิดเป็น เปอร์เซ็นต์ ของ Equivalent sine wave

13.3 Wave Form of Induce Voltage

รูปคลื่น ของ No-load voltage ของเครื่อง Synchronous จะใกล้เคียงกับรูปคลื่น Sine ค่า Deviation factor ของ Terminal voltage wave จะต้องไม่เกิน 10 %

ข้อสังเกต อาจจะมี Harmonics ผสมมากับ Terminal voltage wave จากการแทรกแซงของสัญญาณโทรศัพท์ในสายส่ง

13.4 การคำนวณ Deviation factor of waveform

Rectangular หรือ Polar coordinates สามารถใช้คำนวณหาค่า Deviation factor ของ Waveform

13.4.1 การคำนวณค่า Rectangular Coordinates

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในเอกสารเท่านั้น
Curve A ในรูปที่ 1 เป็นรูป Wave form ของ Induce Voltage สำหรับ Half cycle period

ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ส่วนของ Half cycle period จะแบ่งออกเป็น n ส่วน และถ้าค่า

Instantaneous value ของ Wave แต่ละจุดเป็น $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ แล้ว ค่า Effective value "a" ของ Curve A อธิบายได้ด้วยสูตร

$$a = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2}{n}}$$

สมการ Sine wave ของ Curve A ที่นำมาเทียบกับ Curve B ซึ่งมี Amplitude สูงสุดที่ $\frac{1}{\sqrt{2}} a$ และความกว้างของช่วง Half cycle DE เท่ากับ ความกว้างบน Curve A ถ้า Curve A และ Curve B เหล่านี้ เป็น Superpose เพื่อจะทำให้ค่าแตกต่างมากที่สุด ใน Ordinate มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และค่าแตกต่างมากที่สุดเป็นค่าที่ d แล้ว Deviation factor ของรูปคลื่นธรรมดา คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{Deviation factor} = \frac{d}{\frac{1}{\sqrt{2}} * a} * 100 \quad (\%)$$

13.4.2 คำนวณในรูป Polar coordinate

รูปที่ 2 แสดง Wave form ของ Induced voltage ในช่วง Half cycle ในรูป Polar coordinate

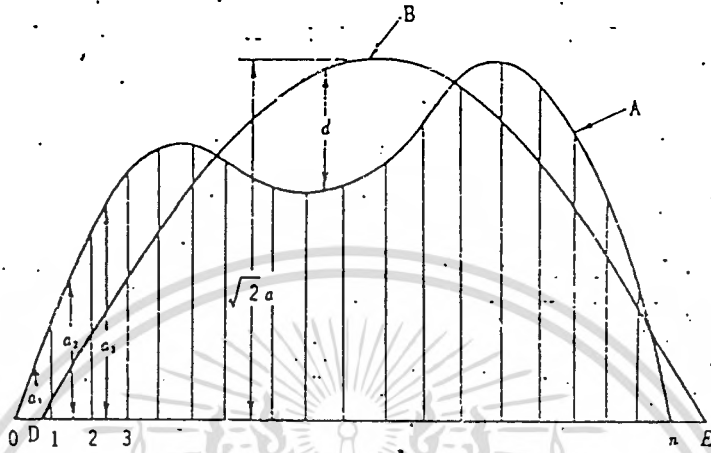
ถ้าพื้นที่ที่ถูกล้อมรอบด้วย Curve ที่จะคำนวณ ถ้า A เป็นค่า Ordinate ของสมการ Sine wave และสามารถคำนวณค่า A จาก

$$A = \sqrt{\frac{\text{พื้นที่ที่ถูกล้อมรอบด้วย Curve}}{\pi}} * \frac{4}{\pi}$$

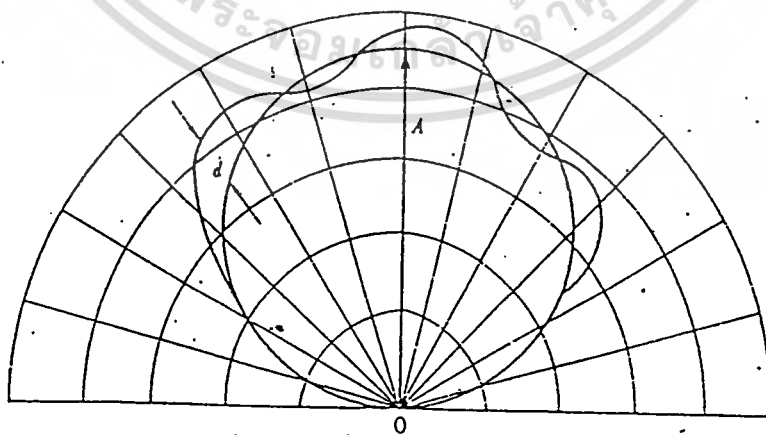
ถ้ารูปคลื่นทั่วไปและวงกลม ผ่านจุด 0 ด้วยเส้นผ่านศูนย์กลาง A จะทำให้ได้ค่าแตกต่างสูงสุด (วัดระยะทางที่ยาวมาก ๆ ที่ผ่านจุด 0) มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และถ้าค่าความแตกต่างสูงสุดอยู่ที่จุด d ค่า Deviation factor ของรูปคลื่นทั่วไปสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Deviation factor} = \frac{d}{A} * 100 \quad (\%)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 เป็นรูป Wave form ของ Induce Voltage สำหรับ Half cycle period ในรูปของ Rectangular coordinates



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลีอั้งหนำบีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 2 แสดง Wave form ของ Induced voltage ในช่วง Half cycle
ในรูป Polar coordinate

14. การทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test or Heat Run Test or Load Test)

14.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่า Maximum temperature หรือ Temperature rise ของส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Machine เช่น Stator winding, Field winding, Bearing ต่าง ๆ เป็นต้น ในขณะที่ Machine เดินอยู่ในสภาวะ Rated load, Rated power factor, Rated voltage และ Rated speed แล้วนำไปเปรียบเทียบกับ Specified values หรือ Guarantee values เพื่อยืนยันว่าส่วนต่าง ๆ ของสภาวะเครื่องอยู่ในสภาวะปกติ เช่น Vibration, Oil leakage, Water leakage, Temperature, Bearing เป็นต้น และเป็นที่ยืนยันว่าสามารถเดินเครื่องอย่างต่อเนื่องโดยเครื่องไม่มีสิ่งใดผิดปกติ

14.2 สภาพเครื่อง

เครื่องต้องผ่านการทดสอบ Load rejection test และ Emergency stop test แล้วเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องจะไม่ได้รับความเสียหายในกรณีที่ Load หลุดหายไปหรือเกิด Fault ทำให้เครื่องต้องหยุดฉุกเฉินในขณะที่ทำ Load test เครื่องต้องจ่ายที่ Rated load หลายชั่วโมง (อาจจะถึง 6 ชั่วโมง)

14.3 วิธีการทดสอบ

14.3.1 วิธีการรับ Load (Method of loading)

เดินเครื่องขนานเข้าระบบตามที่กำหนดที่ Rated condition ของ Armature current, Power, Voltage และ Frequency จนอุณหภูมิของส่วนต่าง ๆ ของเครื่องคงที่

การควบคุม Excitation เป็นแบบ Manual เพื่อควบคุมให้ Field current คงที่ตลอดการทดสอบ

ในกรณีที่ไม่สามารถเดินเครื่องตามสภาวะ Load ที่กำหนดได้ ก็อาจใช้วิธีการ Loading แบบอื่น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าไปหาค่า Temperature rise ของเครื่องที่ Load ตามต้องการได้ วิธีการดังกล่าวคือ Zero power factor loading หรือ Open circuit and short-circuit loading ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อ Generator output test indirect method

เอกสารนี้เป็นเอกสารอ้างอิง 14.3.2 ในระหว่างการทดสอบ ษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำข้อมูลไปเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต
ในระหว่างการทดสอบข้อมูลต่าง ๆ ควรจะได้รับการบันทึกทุก ๆ ครึ่ง ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย

การรักษาสภาวะการเดินเครื่องที่ Specified condition ตลอดการทดสอบ จนกว่าอุณหภูมิของเครื่องจะเข้าสู่สภาวะคงที่ กล่าวคือ ค่าอุณหภูมิที่อ่านทุกครึ่งชั่วโมง 3 ค่าสุดท้ายจะต่างกันไม่เกิน 2 °C

14.4 ข้อมูลที่ควรบันทึก

ข้อมูลต่อไปนี้ควรได้รับการบันทึกทุก ๆ ครึ่งชั่วโมงเป็นอย่างน้อย ตลอดการทดสอบ

1. Armature current
2. Terminal voltage
3. Generator power - Active power
- Reactive power
4. Field current
5. Field voltage
6. Frequency
7. Armature winding temperature
8. Field winding temperature
9. Stator frame temperature
10. Stator core temperature
11. Bearing temperature
12. Temperature of coolant
13. Cooling water temperature at inlet to the cooler
14. Cooling water temperature at outlet from the cooler etc.

14.5 วิธีวัดค่าอุณหภูมิ

วิธีการวัดเพื่อใช้หาค่าอุณหภูมิของ Windings และส่วนอื่น ๆ โดยปกติมี 3 วิธี

1. Thermometer method
2. Embedded temperature detector method
3. Resistance method

เอกสารนี้เป็นเอกสารจัดทำค่าอุณหภูมิของสิ่งใดสิ่งหนึ่งอาจจะการจัดวิธีใดวิธีหนึ่งหรือใช้มากกว่าหนึ่งวิธี ตามสภาพความเหมาะสม เพื่อเป็นการตรวจสอบค่าที่ต้องการได้ถูกต้องแน่นอน

14.5.1 Thermometer method

เป็นการวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้ Thermometer ติดตรงบริเวณส่วนที่ต้องการวัดที่สามารถนำ Thermometer ไปติดได้ Thermometer ที่ใช้อาจเป็นชนิด Bulb thermometer (แบบกระเปาะ ชนิด Alcohol และ Mercury thermometer) หรือ Resistance thermometer หรือ Thermocouple ที่ไม่ได้ฝังเข้าไปในส่วนที่ต้องการวัด แต่ใช้อย่างเดียวกับ Bulb thermometer

ในกรณีที่ใช้ Bulb thermometer วัดในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กสูง ควรเลือกใช้ชนิด Alcohol thermometer

การวัดอุณหภูมิโดย Thermometer method ส่วนมากใช้ในกรณีที่การวัดโดย Embedded temperature detector method และ Resistance method ไม่สามารถกระทำได้ หรือใช้ในกรณีที่ต้องการวัดจุดหรือบริเวณของส่วนหรืออุปกรณ์ที่คาดว่าจะร้อนที่สุด สำหรับการวัดอุณหภูมิของ Windings นั้นอาจใช้ Thermometer method ในกรณีดังนี้

1. เมื่อไม่สามารถหาค่า Temperature rise โดยวิธีการ Resistance method เช่น Windings ที่มีค่าความต้านทานต่ำ และค่าความต้านทานตรงรอยต่อหรือจุดเชื่อมมีค่าสูง ทำให้ความต้านทานทั้งหมดอยู่ที่รอยต่อ ดังนั้นการใช้ Resistance method ในการวัดอุณหภูมิจะเกิดความคลาดเคลื่อนมาก

2. เมื่อ Windings เป็นชนิด Single layer windings

ในการทดสอบ Temperature test ควรใช้ Thermometer method วัดอุณหภูมิที่ส่วนต่างๆ ดังนี้

- (1) Armature coils - อย่างน้อย 4 แห่ง
- (2) Armature core - อย่างน้อย 4 แห่ง
- (3) Field - หลังจาก Shut down (ในกรณีที่ใช้ Resistance method ไม่ได้)
- (4) Ambient (รายละเอียดในเรื่องการกำหนดค่า Ambient temperature)
- (5) Air ที่ผ่านออกจาก Stator Frame (Air inlet to cooler) หรือออกจาก Air discharge duct หรือ Internal coolant ก่อนเข้า Cooler ของ Machines ที่มีระบบ Recirculating cooling system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ Frame สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม สิ่งนี้จะไม่รับผิดชอบต่อผู้ให้คำปรึกษาและผู้ให้คำปรึกษาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) Bearing
บริเวณที่ติดตั้ง Thermometer ควรเป็นจุดที่คาดว่าจะมีอุณหภูมิสูงที่สุด ยกเว้น

การวัดอุณหภูมิของ Air หรือ Coolant อื่น ควรจัดบริเวณที่จะให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ

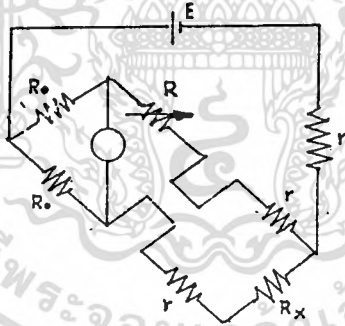
14.5.2 Embedded-Detector Method

1. การวัดอุณหภูมิโดยใช้ Thermocouples หรือ Resistance thermometers ดึงเข้าไปใน Machine หรือ Equipment ในระหว่างการผลิตหรือติดตั้งที่จุดหรือบริเวณที่ต้องการวัด ซึ่งไม่สามารถเข้าไปวัดหรือสัมผัสได้หลังจากที่ Machine ผลิตหรือติดตั้งเสร็จสมบูรณ์แล้ว

2. Resistance thermometer detector (R.T.D.) คือ Detector element ที่เป็น Resistor ซึ่งทำจากวัสดุที่ค่าความต้านทานไฟฟ้า แปรผันตามอุณหภูมิ

เครื่องมือที่ใช้กับ Resistance thermometer ควรจะได้รับการออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนในการวัดหรือความเสียหายเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นที่ Resistance thermometer ระหว่างการวัด

ตัวอย่างการวัดหาอุณหภูมิโดยใช้ T.R.D.



จากรูป เป็นการใช่วงจร Bridge เพื่อหาค่า Resistance R_x ของ detector element ตามสมการ

$$R_0 = R_x + r \quad \text{----- (1)}$$

$$R_0 = R + r$$

$$R = R_x \quad \text{----- (2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ค่า r เป็น Resistance ของ Lead wires ของ R.T.D. ซึ่งค่าจะลบออกจากค่า R_x ที่มีค่าอยู่ใน
ป่วงจร Bridge จึงไม่มีผลให้การวัดคลาดเคลื่อนจากนั้นเปลี่ยนค่า R_x เป็นค่าอุณหภูมิ
ตามสมการ

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_2 + k}{t_1 + k} \quad \text{----- (3)}$$

เมื่อ R_2 เป็นความต้านทานของ element ที่อุณหภูมิ t_x ohm
 R_1 เป็นความต้านทานของ Element ที่อุณหภูมิ t_1 ohm
 t_1, t_2 เป็นอุณหภูมิของ Element °C

ตัวอย่างการคำนวณ R.T.D. มี Specification กำหนดว่า Detector element เป็น Platinum wire มี Temperature coefficient 0.00385 และมีค่าความต้านทาน 10 ohm ที่ 25°C จากสมการ 3 จะได้

$$\text{เมื่อ } k = \frac{1}{0.00385} = 259.7$$

$$R_x = 10 \frac{t_x + 259.7}{25 + 259.7} \text{ ohm}$$

$$t_x = 28.47 R_x - 259.7 \text{ °C}$$

โดยปกติ Resistance temperature detector จะต่อไปยัง Electrical resistance thermometer หรือ Temperature recorder เพื่ออ่านออกมาเป็นค่าของอุณหภูมิได้เลย

ส่วนหรือบริเวณที่ใช้ Embedded temperature detector หาค่าอุณหภูมิจะมีการกำหนดลงใน Specification โดยทั่วไป บริเวณและอุปกรณ์ที่ควรใช้วิธีการนี้ คือ

(1) Armature windings การวัดอุณหภูมิของ Armature windings โดยปกติจะใช้ R.T.D. บริเวณที่ควรวัดเป็นจุดที่คาดว่าจะมีอุณหภูมิสูงสุด และควรติดอย่างน้อย 6 จุด กระจายรอบ Stator ตำแหน่งของ Detector ติดไว้ระหว่าง coil sides ภายใน slot

(2) Stator core.

(3) Ambient

(4) Air ที่ผ่านออกจาก Stator frame (Air inlet to cooler) หรือที่ออกจาก Air discharge duct หรือ Internal coolant ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เข้า Cooler ของ Machines ที่มีระบบ Recirculating cooling system
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

(5) Bearings

23.5.3 Resistance method

1. เป็นวิธีการหาค่าอุณหภูมิสำหรับ Windings โดยการเปรียบเทียบค่าความต้านทานของ Windings ที่อุณหภูมิที่ต้องทราบกับค่าความต้านทานของมันที่รู้ค่าอุณหภูมิ Windings คำนวณได้จากสมการ

$$t_x = t_b + \frac{R_x - R_b}{R_b} (t_b + k) \quad \text{----- (4)}$$

เมื่อ t_x = Total temperature of winding when R_x was measured, celsius

R_x = Resistance measured during test, ohm

R_b = Reference value of resistance previously measured at known temperature

t_b = Temperature of winding when reference value of resistance R_b was measured, celsius

k = 234.5 for pure copper

การวัดค่า Winding resistance ควรใช้เครื่องมือ หรือวิธีการที่ได้ค่าถูกต้องแน่นอน เช่น Double bridge เพราะว่าค่าความต้านทานที่วัด แม้จะคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยก็ทำให้การหาค่าอุณหภูมิตลาดเคลื่อนมาก

การจัดหาอุณหภูมิของ Field winding

อุณหภูมิของ Field winding ควรหาโดยวิธี Resistance method เนื่องจากวิธีการอื่นอาจกระทำไม่ได้เพราะเป็น Rotating part

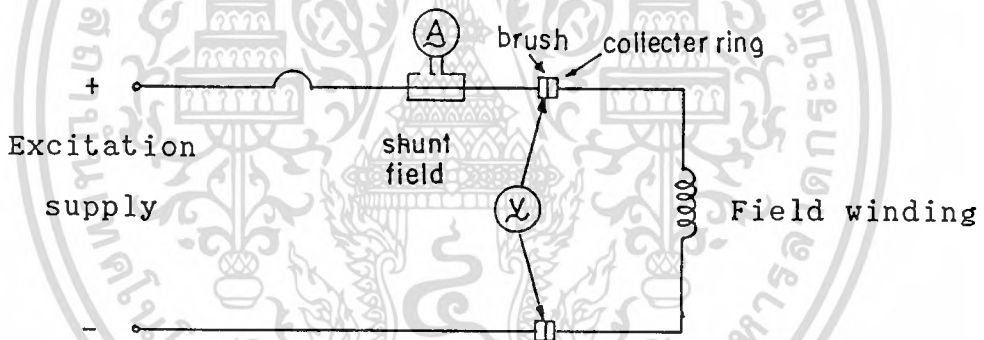
- Reference field resistance ค่า Reference value (R_b) สำหรับการคำนวณหาอุณหภูมิของ Field winding ระหว่างการทดสอบ Temperature test ตามสมการ (4) โดยปกติวัดขณะที่ Rotor หยุดนิ่งอยู่ภายใต้สภาพอากาศรอบ ๆ เป็นเวลานานพอที่จะทำให้อุณหภูมิของ Rotor มีค่าเท่ากับอากาศรอบ ๆ จากนั้นทำการวัดค่าความต้านทานของ Winding และอุณหภูมิของ Rotor

การวัดค่าความต้านทานของ Winding ควรใช้เครื่องมือหรือวิธีการที่ไม่ทำให้อุณหภูมิของ Winding เปลี่ยนแปลงไประหว่างการวัด เช่นโดย Double bridge ในกรณีที่ใช้วิธี Drop of potential ในการวัดควรใช้กระแสไฟต่ำ ๆ เพื่อให้กำลังสูญเสียใน Winding (I^2R) จะไม่ทำให้อุณหภูมิของ Winding เปลี่ยนแปลงไประหว่างการวัด



รูปวงจร Drop of potential method

- Field resistance for running temperature test ในการหาค่าอุณหภูมิของ Field winding ภายใต้สภาพ load ตามที่กำหนดนั้น หาโดยวิธี Drop of potential method หลังจากทีปล่อยให้เครื่องเดินในสภาวะ Field current ตามกำหนดจนอุณหภูมิของ Winding คงที่



รูปแสดงการวัดค่า Field current อาจจะใช้ที่ Shunt field โดยใช้ Meter ที่อ่านค่าได้ละเอียดพอควร

การวัดค่า Voltage drop คร่อม Field winding จำเป็นต้องวัดให้ได้ค่า Voltage drop ที่คร่อมเฉพาะ Field winding โดยไม่รวมค่า Voltage drop ที่ Brush ซึ่งทำหน้าที่จ่ายกระแสเข้า Winding อันจะทำให้ค่า Resistance ที่หาได้คลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงควรวัด Voltage drop คร่อม Collector rings โดยตรง ถ้าไม่สามารถกระทำได้จำเป็นต้องรวมเอา Voltage drop ที่ Brush เข้าไปด้วยในกรณีเช่นนี้ ควรพยายามหาทางลดผลกระทบของมัน ให้เหลือน้อยที่สุด จากเหตุผลที่ Voltage drop คร่อม Brushes นั้น กล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ แม้กระแสที่ไหลผ่านเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม ดังนั้นจึงสามารถลด Effective brush resistance เพื่อให้ Voltage drop คร่อม

Brushes มีค่าน้อยลงได้โดยเพิ่ม Current density ซึ่งอาจจะกระทำได้โดยการลดจำนวน Brushes หรือพื้นที่หน้าสัมผัสของ Brushes กับ Collector ในระหว่างการทดสอบ ในกรณีที่รู้ค่า Voltage drop คร่อม Brushes ว่าประมาณเท่าไร ก็สามารถนำไปลบออกจาก Voltage ที่หาได้จากการวัดหลังจากนั้นจึงนำไปใช้คำนวณหาค่าความต้านทานของ Winding ซึ่งวิธีการนี้จะให้ค่าถูกต้องกว่า

ในการวัด Field current และ Voltage drop นี้ควรกระทำในเวลาเดียวกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี และไม่ควรรนำ Field current และ Voltage regulator (AVR) เข้าใช้งานโดยให้การควบคุม Excitation เป็นแบบ Manual เพื่อควบคุม Field current ให้คงที่ระหว่างการทดสอบ

- นำ Reference value และ Test value ของ Field resistance แทนค่าลงในสมการ (4) เพื่อคำนวณหาอุณหภูมิของ Field winding จากการทดสอบ

2. การวัดอุณหภูมิ Armature winding อาจหาโดยวิธี Resistance method หลังจากหยุดเครื่องแล้ว ในกรณีที่ไม่สามารถหาได้โดยวิธี Embedded temperature detector method ได้ ค่าความต้านทานควรจะวัดคร่อมระหว่าง 2 Line terminals ซึ่งได้วัดค่า Reference value ของความต้านทานและอุณหภูมิไว้แล้ว การหาค่าความต้านทานควรวัดโดยตรงที่ Machine terminal

14.5.4 Shutdown Temperature

การใช้วิธี Temperature method ในการหาอุณหภูมิของ Rotating parts หรือใช้วิธี Resistance method ในการหาอุณหภูมิของ Armature windings จำเป็นต้องวัดเมื่อ Shutdown เครื่องแล้ว ดังนั้นจึงต้องหยุดเครื่อง โดยเร็วหลังจากที่คาดว่าอุณหภูมิต่าง ๆ เข้าสู่ค่าคงที่แล้ว ขณะทำการทดสอบ Temperature test เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

14.6 การกำหนดค่า Ambient Temperature

14.6.1 คุณสมบัติของ Windings โดยปกติจะขึ้นอยู่กับ Temperature rise มากกว่าอุณหภูมิทั้งหมดของมัน ด้วยเหตุนี้ค่า Ambient temperature จึงมีความสำคัญมาก จึงต้องวัดให้ได้ค่าที่แท้จริง และถูกต้องในขณะที่ทำการทดสอบ นอกจากนี้ Ambient temperature ไม่ควรเปลี่ยนแปลงมากนัก ระหว่างการทดสอบ
ไม่ควรรณิใดๆ ก้การกำหนดค่า Ambient temperature ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีระบายความร้อนของเครื่อง

14.6.2 Machine cooled by surrounding air ค่า Ambient temperature อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ได้จากการวัดโดยใช้ Thermometer วางไว้หลาย ๆ จุดรอบเครื่องบริเวณความสูงช่วงกลางของ Machine และห่างประมาณ 3-6 ฟุต จาก Machine ที่ทำการทดสอบ ตำแหน่งที่วาง Thermometer ไม่ควรมีลมพัดผ่าน และไม่ได้ รับความร้อนจากการแผ่รังสีใด ๆ เพื่อให้ค่าอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ในกรณีค่าอุณหภูมิของ อากาศมีอัตราเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 2 °C ต่อชั่วโมง ควรใช้ Thermometer oil cups วัดอุณหภูมิ โดยเอา Thermometer จุ่มลงในของเหลวที่เหมาะสม เช่น น้ำมันที่ใส่ไว้ใน ถ้วยโลหะ

14.6.3 Closed machines with external coolers and with ventilation ducts

ค่า Ambient temperature คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของ coolant (ส่วนใหญ่ใช้อากาศ) วัดที่ทางเข้าของเครื่อง (at the intake of the machine)

14.6.4 Machines with recirculating cooling system (Closed machines with internal cooler) ค่า Ambient temperature คืออุณหภูมิเฉลี่ย ของ Internal coolant (ที่ระบายความร้อนเครื่อง ซึ่งโดยมากจะเป็นอากาศ) ที่ผ่าน ออกจาก Heat exchangers (ส่วนมากเป็น Water cooled heat exchangers)

สำหรับ Hydro - generator ที่มีขนาดใหญ่ โดยมากจะเป็นชนิด Enclosed water-air-cooled machine คือ มีอากาศเป็น Internal coolant และ Coolers เป็นชนิด Water cooled heat exchange ติดตั้งรอบ Machine ใน กรณี Ambient temperature คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ผ่านออกจาก Coolers Thermometer ที่ใช้วัดอุณหภูมิ ควรวางให้ห่างจาก Coolers เพียงพอที่จะป้องกันการ คลาดเคลื่อน เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนไปยังพื้นผิวที่เย็นของ Cooler การควบคุม Ambient temperature ให้คงที่ อาจกระทำได้โดยการควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเข้า Coolers

14.6.5 Machines cooled by other means

การกำหนดค่า Ambient temperature สำหรับเครื่องเหล่านี้ควรจะ บ่งบอกลงใน Specification หรือทำความเข้าใจแน่นอนก่อนการทดสอบ

14.6.6 Test Reference Ambient Temperature Defined

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ค่าของ Reference ambient temperature ที่นำไปใช้สำหรับหาค่า Temperature 3 ค่าสุดท้ายที่อ่านทุกครึ่งชั่วโมง (the last three half-hourly

reading) ของการทดสอบนั้น

14.7 การวิเคราะห์ผล

14.7.1 Temperature rise of windings

นำข้อมูลจากการทดสอบมาคำนวณหา Temperature rise ของ Armature windings และ Field windings

ค่า Temperature rise ของอุปกรณ์ตามแต่ละวิธี การวัดหาอุณหภูมิระหว่างการทดสอบ Load test นั้น หาได้โดยการนำเอาค่า Reference ambient temperature (หัวข้อ 22.6.6) ลบจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของอุปกรณ์ทั้ง 3 ค่า สุดท้ายที่อ่านทุกครึ่งชั่วโมงของการทดสอบ

$$\text{Temperature rise} = \text{Average of last three half-hourly reading} \\ - \text{Reference ambient temperature}$$

ในการทดสอบการควบคุม Armature current ให้มีค่าตามพิกัดที่กำหนด (Rated value) ไม่ค่อยมีปัญหา แต่ Field current บางครั้งอาจจะไม่สามารถควบคุมให้มีค่าตามพิกัดที่กำหนดได้ เช่น อาจขึ้นอยู่กับสภาพของระบบกำลังไฟฟ้าขณะนั้น ดังนั้นในกรณีที่ค่า Temperature rise ที่ได้จากการทดสอบ ต้องแก้ไขให้เป็นค่าในขณะที่ Field current มีค่าตามที่กำหนด (Specified field current) การแก้ไขอย่างประมาณอาจใช้สมการ

$$T_r = \frac{(I_{f_s})^2 t_s}{I_f}$$

เมื่อ t_r = Temperature rise corrected to correspond to field current for specified load, Celsius

T_s = Temperature rise determined by the test, Celsius

I_f = Field current during the test, amperes

I_{f_s} = Field current for specified load, amperes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14.7.2 Maximum Temperature

หาค่าอุณหภูมิสูงสุดของเครื่อง อุปกรณ์เพื่อคุณภาพและเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงส่วนหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ คือ

- Stator core
- Stator frame
- Collector ring
- Bearing (Thrust bearing and guide bearings)
- Sealing box
- etc.

14.7.3 Ambient Temperature

หาค่า Ambient temperatureตามหัวข้อ 21.6 และวัดค่า Cooling water temperature ทั้งด้านเข้าและด้านออกจาก Generator air cooler

14.8 Limits of Temperature and Temperature Rise

14.8.1 Limit of temperature rise of generator part

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับโรงจักรพลังน้ำส่วนใหญ่ จะเป็นชนิด Air-cooled salient pole synchronous generator

จาก American standard (50.12-1982) ได้กำหนด Limiting observable temperature rise ของ Air-cooled machines ตามตารางที่ 1

ในกรณีสำหรับ Large and high-voltage hydraulic-turbine driven generators อาจจะสามารถเดินเครื่องถึง 115 Percent load ที่ Rate Power factor, Frequency and Voltage โดย Temperature rise กำหนดไว้สูงกว่าค่า Normal standard ในตารางที่ 1

โดยทั่วไป Hydro-generator จะถูกกำหนดให้มี 2 Rating คือ Normal continuous rating และ Maximum continuous rating (115% of normal rating) ใน Specification ดังนั้น จึงมีการกำหนด Temperature rise ที่แต่ละ Rating ของ Generator

Limits of temperature rise ที่กำหนดใน Specification สำหรับ Generator ของโรงจักรเขื่อนภูมิพล Unit 1 & 2 คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารพลังงานไฟฟ้าสำหรับการแข่งขันชิงชัยกัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature Rise

The temperature rises in both stator and rotor winding when operating continuously under the maximum (99.5 MVA.) and rated (86.5 MVA.) outputs shall be not more than 80°C and 60°C respectively. Temperature of the stator windings and rotor windings shall be measured by embedded temperature of the stator core shall be uniform and shall not exceed 80°C at the maximum output (99.5 MVA) at specified ambient temperature of 40°C . Temperature of bearing metals shall be not more than 70°C measured by embedded temperature detector method. Temperature of incoming cooling water is 30°C

14.8.2 Limits of ambient temperature and cooling water

ตั้งที่ได้กล่าวมาแล้ว Hydro-generator ส่วนมากเป็นชนิด Air-cooled machine ดังนั้น Ambient temperature ก็คือ อุณหภูมิของอากาศรอบเครื่อง ค่า Limits ของ temperature rise ในตารางที่ 1 อุณหภูมิสูงสุดของ Ambient temperature ต้องไม่เกิน 40°C

สำหรับเครื่องแบบ Enclosed water-air cooled machine นอกจากจะมีการกำหนด Maximum ambient temperature ยังมีการกำหนดอุณหภูมิสูงสุดของ Cooling water ด้านเข้า air cooler ด้วย โดยปกติกำหนดไว้ 30°C

14.9 การสรุปผล

เปรียบเทียบค่า Temperature rise จากการทดสอบของ

- Stator windings
- Rotor or field windings
- Stator core
- Stator Frame
- etc.

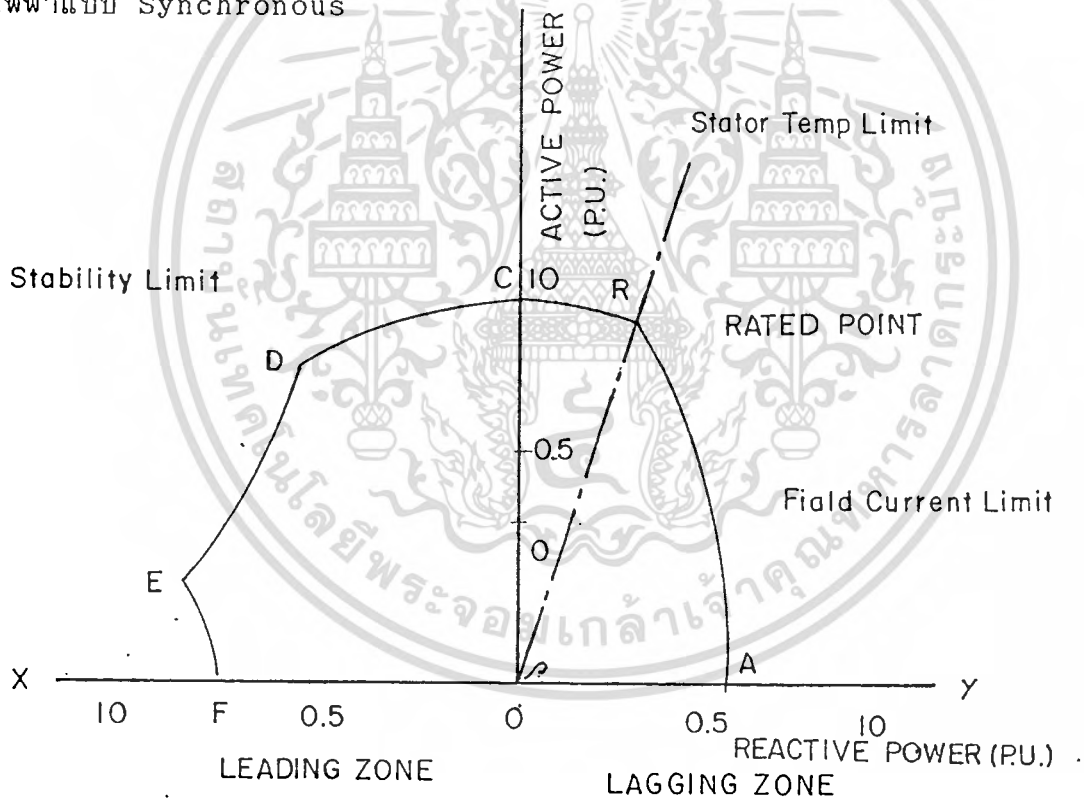
กับค่าที่กำหนดใน Specification หรือใน Standard ถ้าผลการทดสอบไม่เป็นที่พอใจ เช่น อุณหภูมิสูงเกินพิกัดที่กำหนดใน Specification ต้องให้บริษัทผู้ผลิตทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนเวียนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแก้ไข
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. กราฟแสดงความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Capability Curve)

15.1 วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจสอบความสามารถของเครื่องว่าเป็นไปตามที่ออกแบบมาหรือไม่กราฟที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภายใต้สภาวะ Steady State ก็คือ Capability Curve

แต่ละส่วนที่แสดงไว้ใน Curve มีขีดจำกัดขององค์ประกอบต่างกัน และเป็น Curve ที่เขียนขึ้นเฉพาะเครื่อง เพื่ออ้างอิง หรือตรวจสอบการใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Synchronous



รูปที่ 1 Capability Curve ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

15.2 ตัวแปร

- Active Power (watt)

- Power factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นได้ขออนุญาตเป็นอย่างอื่นจากผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Maximum stator current และ Rotor current เป็นค่าสูงสุด ที่

Generator จะจ่ายได้สูงสุด และขึ้นอยู่กับ Winding temperature สูงสุดที่ Winding จะทนได้

15.3 ขีดจำกัดโดยอุณหภูมิ

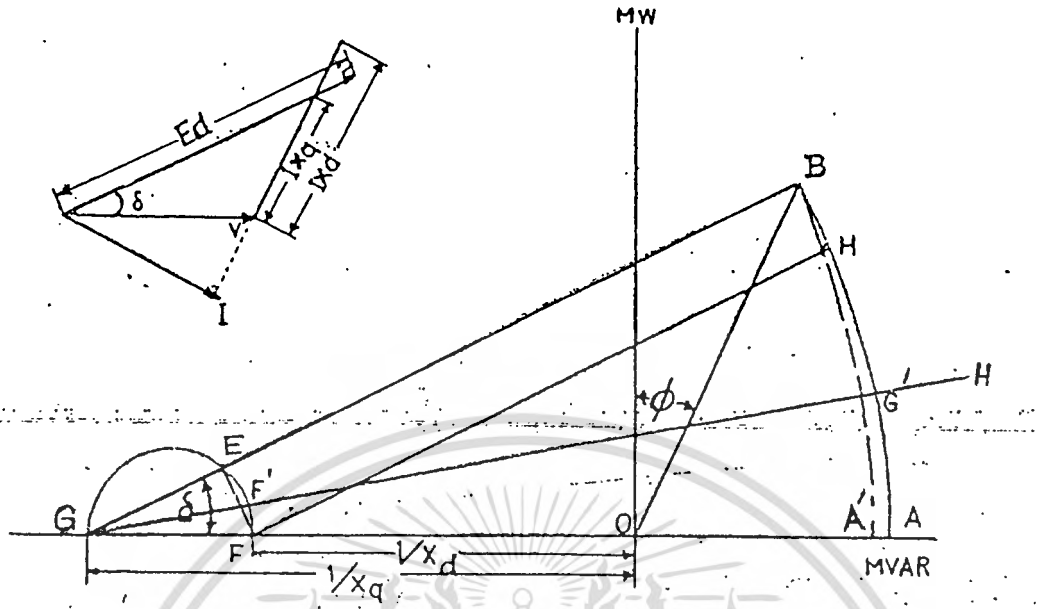
- AB เป็นขีดจำกัดของอุณหภูมิของ Rotor Winding (จ่าย Field excite ไม่ให้เกิน Curve เมื่อจ่ายเป็น Lagging power factor)
- B เป็นจุดที่พิกัด Power ของเครื่อง
- BCD เป็นแนวพิกัดของ Stator winding temperature (จ่ายได้ที่ Rated ทั้ง Leading และ Lagging Power factor)
- จุด A เป็นขีดจำกัดของการจ่ายเป็น Condenser ในเครื่องพลังน้ำจะจ่าย VAR Lagging ได้ประมาณ 2/3 ของ Rated MVA.
- Water Depression และตัวประกอบอื่น ๆ ต้องนำมาพิจารณาเมื่อกักกันจ่าย Load ที่ Power factor ต่ำ ๆ หรือ จ่าย Load ต่ำ ๆ ก็มีขีดจำกัดเนื่องจาก Cavitation ได้อีกทางหนึ่ง
- อุณหภูมิที่สูงขึ้นของขดลวด Stator มาจากความสูญเสียใน Copper และ Iron ดังนั้นส่วนหรือพิกัดของกำลังที่จ่ายได้มีศูนย์กลางที่ 0 ส่วนโค้งเท่ากับ KVA Rated

15.4 Stability Limit

ในส่วนของ Leading power factor เมื่อใช้ในการเดินเครื่องได้ถูกจำกัดไว้ต่างกับ Lagging zone

- ในรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Reactance ของเครื่องกับจุดเคลื่อนที่ของการเดินเครื่องที่ขณะ Field Current คงที่
- E_d เป็นความยาวที่มีขนาดเท่ากับ Field current จากจุด O (Origin)
- F เป็นจุดที่อยู่ห่างจากจุด O อยู่เท่ากับ $1/x_d$
- G เป็นจุดที่อยู่ห่างจากจุด O อยู่เท่ากับ $1/x_q$ ตามแนว VAR-AXIS ทางด้าน Under Excite จะได้ FG เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง สร้างครึ่งวงกลมบน FG จะได้ครึ่งวงกลมของ Zero excitation

เอกสารนี้เป็นเอกสาร BG จะได้ EF ใช้เป็นส่วนหนึ่งของวงกลมที่มี Zero excitation ด้านการคำนวณว่ากรณีใด DE เส้นในรูปที่ 2 นี้จะเป็นขอบเขตของ Steady-State Stability การนำถ้าเดินเครื่องเกิน Curve จะทำให้เครื่องไม่ปกติ อาจจะหลุดจากระบบ



รูปที่ 2 Field winding temperature rise limit

15.5 End Heating Limit

ปลายทางของ Stator Core จะได้รับความร้อนมากขึ้น ตอนเดินเครื่องใน Leading zone

End flux มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน Leading zone และ Flux อันนี้จะก่อให้เกิด Eddy current loss ขึ้นที่ปลาย Core ทำให้ Core end ร้อนขึ้นผิดกว่าในตอน Lagging zone

ปริมาณความสูญเสียที่มีต้นเหตุมาจาก End flux แบ่งตามแบบของ Stator Core end และ Pole end อย่างไรก็ตามปริมาณของ Flux นี้ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ Gap Length และ Teeth Width แต่ในเครื่องพลังน้ำ ความร้อนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังไอน้ำ ซึ่งมี Long gap และ Width teeth

15.6 Under Excitation Limit

เนื่องจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าใน Leading zone เป็นอันตรายต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และง่ายต่อการเกิด Unstable จึงจำเป็นต้องมีกำหนด Minimum excitation ในขณะจ่าย Leading power factor zone โดยการลด Active power ในขณะจ่าย Leading power factor

เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าใน Leading zone สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจาก Armature reaction จะเสริม Flux ที่ผลิตขึ้นจาก Field current เมื่อเครื่องขนานอยู่ในระบบต้องรักษาแรงดันที่ปลายสายให้คงที่ จึงจำเป็นต้องลด Field current นั่นคือ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องมีค่าต่ำสุดของการ Excitation

นับเป็นปรากฏการณ์ที่น่าสนใจของ Salient pole ที่สามารถจ่าย Reactive power ได้ แม้เครื่องจะไม่มี Excited เลข ตามขีดจำกัด EF

16. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Efficiency Test)

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หาโดยวิธีการรวมความสูญเสียทั้งหมดตามมาตรฐาน IEC34-2A(1974) ค่าความสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่รับประกันมี

| | | |
|-------------------------------|------|------------|
| Power factor | 1.0 | 0.95 (lag) |
| Load current (A) | 3360 | 3360 |
| Field current (A) | 674 | 674 |
| Mechanical loss (kW) | 270 | 270 |
| Iron loss (kW) | 280 | 280 |
| Armature resistance loss (kW) | 172 | 172 |
| Stray load loss (kW) | 120 | 120 |
| Field loss (kW) | 145 | 200 |
| Excitation loss | 13 | 18 |
| Total losses | 1000 | 1000 |
| Exciler output (kW) | 147 | 203 |

16.1 ปริมาณที่ต้องวัด

1. Q (m^3/S): เป็นอัตราการไหลของ cooling water ที่ไหลผ่าน coolers
2. $\Delta t = t_2 - t_1$: Temperature rise ของน้ำ (ความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำด้านเข้าและออกตามลำดับ)
3. อุณหภูมิแตกต่างของ ambient และ head cover ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

16.2 การหา Loss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 25.2.1.1. กล่าวโดยทั่วไปเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด Friction and windage losses, core loss, stray-load loss และ I^2R Losses ของ Armature และ field winding ขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำ

งานอยู่ จะอยู่ในรูปของการสูญเสียจากความร้อน และมันจะแผ่กระจายออกภายในของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยการนำ, การแผ่รังสี

ดังนั้น loss ทั้งหมดขณะเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถวัดได้จากปริมาณ ความร้อน ซึ่งปล่อยออกภายนอกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ปริมาณความร้อนสามารถที่จะวัด โดยวิธีการที่มีอยู่ในมาตรฐาน IEC Pub.34-2A ตามลำดับ

(1) ความร้อนส่วนใหญ่ที่ถูกปล่อยออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ก. ปริมาณความร้อนซึ่งถูกดูดกลืนโดย cooling water ที่ air cooler

ข. ปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกจากผิวหน้าด้านนอกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ฝาครอบด้านบนและล่าง และที่อ่างเก็บน้ำมัน

(2) ในที่นี้ ปริมาณความร้อนซึ่งส่งผ่านไปที่ โครงสร้างคอนกรีตและTurbine นี้ มีปริมาณน้อยมาก สามารถตัดทิ้งได้ ซึ่งวิธีวัดค่ายากลำบากมาก

(3) เมื่อ Calorimeter พร้อมทั้งจะทำงาน Thrust bearing จะเป็นภาระ ของprime mover ดังนั้นความถูกต้องสำหรับ Friction loss ของThrust bearing ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขณะที่รับน้ำหนักของ Turbine อยู่สามารถหาได้จาก มาตรฐาน IEC Pub.41

(4) Resistance loss ของ Armature และ field winding เป็นการ คำนวณ โดยการวัดค่าของความต้านทานที่อุณหภูมิใช้งาน

16.2.2 การคำนวณปริมาณความร้อน

สามารถคำนวณหาประมาณความร้อนได้ดังนี้

(1) วิธีการคำนวณ loss (Pa) ซึ่งดูดกลืนโดย cooling water ที่ heat exchanger

$$Pa = Q \cdot \Delta Ta \cdot Cp \quad (\text{kW})$$

Cp : ปริมาณความร้อนของ cooling water (kJ/Kg.K)

(โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของ cooling water ด้านเข้าและด้าน

ออก)

ρ : ความหนาแน่นของ cooling water (kg/m³)

ค่าของ Cp และ ρ เป็นอุณหภูมิของ cooling water ขณะที่น้ำไหลผ่าน flow meter ที่ set ไว้และวิธีหาได้จาก IEC Pub.34-2A ค่าเฉลี่ยของPa ที่ภาวะดูดยภาพ ของความร้อนเป็นวิธีการหา loss ที่สามารถยอมรับได้

(2) การคำนวณ loss ของพื้นผิวด้านนอกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ฝาครอบด้านบนและล่าง และอ่างเก็บน้ำมัน

$$Ph = h \cdot s \cdot \Delta Th \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

เมื่อ S : พื้นที่ผิวของจุดที่วัดบนแผ่นแม่เหล็ก (m^2)

Th : ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวพื้นแผ่นแม่เหล็ก และอากาศรอบ ๆ (K)

h : สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน = 15 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)

16.2.3 ระบบการวัดปริมาณความร้อน

(1) ระบบการวัดปริมาณความร้อน ที่กระจายไปจาก heat exchangers loss ที่กระจายไปกับน้ำของ heat exchangers ที่ aircoolers และ oil coolers จะวัดได้โดยปริมาณของ cooling water และความแตกต่างของอุณหภูมิ ปริมาณ cooling water และอุณหภูมิที่แตกต่างกันของ cooling water วัดได้โดย water flow meter และ temperature detector ตามลำดับ ซึ่งจะติดตั้งเข้าไปในท่อของ cooling water สำหรับระบบนั้น ๆ ของท่อ cooling water ที่ aircooler, oil cooler สำหรับ lower guide bearing และ thrustbearings

(2) ระบบการวัดของปริมาณความร้อน ที่กระจายจากพื้นผิวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความสูญเสียที่จะกระจายจากพื้นผิวด้านนอกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะวัดจากอุณหภูมิ ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อุณหภูมิจะวัดโดย thermo-couples ซึ่งจะติดตั้งที่ส่วนประกอบนั้น ๆ และอุณหภูมิจะวัดในพื้นที่ตามลำดับ

16.2.4 วิธีการทดสอบ

(1) วิธีการวัด

ก. การไหลของ cooling water ที่ผ่าน air cooler ของ lower bearing จะควบคุมไว้ประมาณ 80% ของ rated water flow โดย outlet values

ข. การไหลของ cooling water ที่ผ่าน air coolers จะควบคุมโดย outlet values ซึ่งจะรักษาความต่างของอุณหภูมิ 7-9 °C ระหว่างด้านเข้าและออกของ air cooler

ค. จะเดินเครื่องกำเนิดในเงื่อนไขที่จะคำนวณหา loss ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสาร C-1 Open-circuit without excitation สำหรับ friction การและไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น winding losses อ้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C-2 Open-circuit , rated voltage สำหรับ core loss

C-3 Short-circuited, specified current staray-load loss

(2) การทดสอบวงจรไฟฟ้า ค่าต่างไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ terminal voltage, armature current, field voltage, field current และ frequency (speed) จะวัดด้วยเครื่องที่เที่ยงตรง

ก. No load no excitation heat run test...test 1

จะต้องเดินเครื่องอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ในเงื่อนไขของ no load no excitation และ rate speed แล้วนำไปหาค่า friction and windage loss

ข. No load rate voltage heat run test....test 2

เดินเครื่องอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ในเงื่อนไขของ no-load rated terminal voltage จากผลนำไปหา coreloss ที่ rated voltage และ friction loss

ค. Three phase short circuit 120 % (4162 A) current heat run test...test 3

เดินเครื่องที่ว่างต่อเนื่องจนอุณหภูมิคงที่ในเงื่อนไขของ Three phase short circuit และกระแสตามกำหนด ผลที่ได้หาค่า stray-load loss ที่กระแสทดสอบและ friction loss

(3) ขั้นตอนการทดสอบ

ก) set water flow ที่ค่าต่าง ๆ ตามหัวข้อ loss ที่จะหา

ข) ดูเครื่องจักรทุกตัวอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

ค) วงจรไฟฟ้าอาจจะต้องปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับการวัด loss ในแต่ละหัวข้อ

ง) เดินเครื่องอย่างต่อเนื่องที่ rated speed และเงื่อนไขการทดสอบ การวัดอุณหภูมิและ water flow อาจจะทำทุก 15 หรือ 30 นาที จนกระทั่ง ความร้อนคงที่

จ) หลังจากอุณหภูมิของเครื่องกำเนิดไฟฟ้างที่ วัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า อุณหภูมิพื้นผิวของ generator และอุณหภูมิห้อง ค่าของ water flow และ อุณหภูมิของ cooling water ที่เป็นค่าสุดท้ายในการบันทึก จะวัดและอ่าน 20 ครั้ง ทุกๆ 30 วินาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นับญาติให้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ความหมายของอุณหภูมิคงที่

กรณีที่ 1 ขณะเดินเครื่องอย่างต่อเนื่องอุณหภูมิด้านเข้าของ cooling water

จะต้องค่อนข้างคงที่

กรณีที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ cooling water จะต้องไม่เกิน $\pm 1\%$ ในเวลามากกว่า 2 ชั่วโมง หรือ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิใน cooling water ต้องไม่เกิน $\pm 1\%$ ใน 1 ชั่วโมง ที่ปริมาณน้ำคงที่

16.3 การหา Loss

25.3.1. การคำนวณ Loss

(1) Loss ที่จะถ่ายเทโดย cooling water ของ heat exchangers คำนวณได้ดังนี้

ก) Aircooler system $P_{hca} = Q_{ca} \cdot \Delta T_{ca} \cdot C_p \quad (kW)$

ข) Lower oil cooler system $P_{hcb} = Q_{cb} \cdot \Delta T_{cb} \cdot C_p \quad (kW)$

(2) Loss ที่ถ่ายเทจาก Outside surface ของ generator จะคำนวณที่จุดต่าง ๆ ของส่วนผิวหน้าที่ใช้อ้างอิงโดย

ก) Air housing of generator

$$P_{hca} + P_{hcb} \quad (kW)$$

เมื่อ P_{hca} : เป็น Loss ทั้งหมดที่กระจายออกมาทั้งหมดจากพื้นผิวอ้างอิงของ generator top cover (kW)

P_{hcb} : เป็น Loss ทั้งหมดที่กระจายออกมาทั้งหมดจากพื้นผิวอ้างอิงของ generator bottom cover (kW)

ข) Lower bearing system

P_{hbc} : เป็น Loss ทั้งหมดที่กระจายออกจากพื้นผิวอ้างอิงของ Lower oil reservoir (kW)

25.3.2 การคำนวณหา Loss อื่น ๆ

(1) Mechanical Loss (P_m)

Mechanical Loss จะหาจากผลบวกของ friction (bearing) Loss และ Windage Loss Bearing Loss จะคำนวณจากค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้งหลาย และ Windage loss จะคำนวณจาก noexcitation heat-run-test

$$Mechanical Loss (P_m) = P_{mb} + P_{mw} \quad (kW)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ Lower bearing loss (P_{mb}) ไม่เท่ากับ P_{mb} ให้เท่ากับ P_{mb} ประโยชน์ P_{mb} (kW)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ข) ทั้ง Bearing loss (P_{mb}) ต้องอ้าง $(P_{mb} \cdot L) / L + P_{mb}$ หรือ $(P_{mb} \cdot L) / L + P_{mb}$ ไป (kW)

เมื่อ L = น้ำหนักของ generator ส่วนที่หมุน = ton

(designed value)

$L_t =$ น้ำหนักของ Turbine ส่วนที่หมุน = ton
(turbine marker's value)

$L_h =$ Hydraulic axial thrusts = ton
(turbine marker's value)

ด) Windage loss (P_{mw}) = $P_{aa} + P_{hbc} - P_{ncb}$

P_{ncb} : ส่วนประกอบของ P_{hbc} สำหรับภายในของ generator

(2) Coreloss (P_c)

Coreloss ที่ rated terminal voltage จะคำนวณจาก no-load rated voltage heat-run test:

Coreloss (P_c) = $P_{aa} + P_{hc} - W_f - P_{ncb}$ (kW)

เมื่อ W_f : เป็น Field winding I^2R loss ที่เงื่อนไขการทดสอบนั้น

(3) Stray-load loss จะคำนวณจาก Three phase short-circuit heat-run test

Stray-load loss (P_s) = $P_{aa} + P_{hc} - W_a - W_f - P_{mw} - P_{ncb}$ (kW)

เมื่อ $W_a = 3 \cdot I_a^2 R_a \cdot 10^{-3}$: เป็น Armature winding I^2R Loss ที่เงื่อนไขการทดสอบนั้น Stray-load loss เป็นการ plot เทียบกับ armature current เพื่อหาค่าที่กำหนด

16.4 การหา Excitation system loss

Excitation system loss จะหาโดยการวัดจาก powre ทั้งหมด ที่จ่ายให้ excitation system

16.4.1 วิธีทำการทดสอบ

เดินเครื่องที่ load ค่าต่าง ๆ และวัด input ของอุปกรณ์ excitation system field current และ Voltage

16.4.2 คำนวณค่าของ exctation system loss

Excitation system loss (P_e) คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$P_e = P_{e1} - (I_f \cdot V_f \cdot 10^{-3})$ kW.

เมื่อ P_{e1} : เป็น input ของ excitation system equipment (kW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

I_f : เป็น Field current (amps)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_f : เป็น Field voltage (volts)

excitation system losses จะ plotเทียบกับ field current ที่จะหาความค่าที่กำหนด

17. การทดสอบ Output ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยวิธีอ้อม

(Generator Output test by Indirect method)

Superposition method for synchronous machines

Superposition methods เป็นวิธีการสำหรับ Synchronous machines ในการหา temperature rise ของ stator winding และ field winding

17.1 วิธีการทดสอบ

เดิน synchronous machine ที่ rated speed ตามจุดการทำงานดังนี้

1. stator short-circuit และจ่าย field current ให้ได้ rated stator current และ rated stator copper loss
2. stator open-circuit และจ่าย field current ให้ได้ rated stator voltage และ rated stator iron loss
3. stator open-circuit และ zero field current สำหรับเงื่อนไขอื่น ๆ temperature rise ของ stator winding หาได้โดย resistance method มีค่า $\Delta\theta_{1m}$, $\Delta\theta_{1n}$ และ $\Delta\theta_{1o}$ temperature rise ที่ rated speed, voltage และ current หาได้จาก $\Delta\theta_{1m} + \Delta\theta_{1n} - \Delta\theta_{1o}$, (อุณหภูมิที่สูงขึ้นเนื่องจาก stator I^2R , friction และ winding loss และ low field I^2R loss บวกกับอุณหภูมิที่สูงขึ้นเนื่องจาก iron loss, friction and windage loss ที่ zero stator I^2R loss และ field I^2R loss ที่ลดลง ลบด้วย อุณหภูมิที่สูงขึ้นจาก friction และ windage loss)

ในวิธีการที่คล้ายกัน temperature rise ของ field winding ที่ตำแหน่ง rated สามารถที่จะหาได้ถ้า field temperature rise เป็นการวัดสำหรับทุกครั้งของภาวะการทดสอบที่ 3 temperature rise สามารถที่จะหาได้ โดยการวัด field resistance เมื่อเครื่องหยุด หลังจากการทดสอบทุกอย่างแล้วความแน่นอนของวิธีการนี้สำหรับการเพิ่ม field ถ้าการทดสอบที่ 4 ก็ทำเหมือนกัน ซึ่งมี stator open-circuit และ stator current ที่มากกว่า rated current การวัด temperature rise จาก 1 วิธีของการทดสอบจะเลือกจากการทดสอบที่ 2 หรือ 1 ตามลำดับ ปรองงานอย่างไรจะยอมรับวิธีการทดสอบนี้ ผลลัพธ์ของ stator winding เสียหายได้ เครื่องกำเนิดกระแส

สลับอลจะทำงานเป็น synchronous condenser ที่ rated field current และที่ stator current ค่าต่างๆจนกระทั่ง voltage คงที่อัตราส่วนของ field voltage (ปรับสำหรับผลของ bursh contact) กับ field current ให้ hot field resistance จากนั้นสามารถคำนวณหา field temperature rise ได้

วิธีการ graphical สามารถใช้ได้กับ field temperature rise ที่ rated load ถ้า field loss P_{fc} สำหรับการทดสอบทุกครั้งคำนวณจาก $I_{fc}^2 \cdot R_{fc}$ เมื่อ P_{fc} , I_{fc} และ R_{fc} เป็นค่าการทดสอบ current และ resistance ของ field loss ในกราฟของ field temperature rise กับ field loss สำหรับการทดสอบที่ 3 เป็นเส้นคร่าว ๆ ของ straight line straight line ที่ 2 ที่ plot เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของ field loss ที่ rated current I_{fn} ทำให้ field resistance สูงขึ้นด้วยอุณหภูมิจากค่าที่ ambient temperature จุดที่เส้นทั้ง 2 ตัดกัน เป็นอุณหภูมิที่สูงขึ้นของ field ที่ rated load

$\Delta\theta_{1m}$: อุณหภูมิของ stator ที่เพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจาก rated field current, rated stator current, rated friction และ windage loss, และ low iron loss

$\Delta\theta_{1n}$: อุณหภูมิของ stator ที่เพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจาก rated field current, rated friction และ windage loss, และ low iron loss

$\Delta\theta_{1o}$: อุณหภูมิของ stator ที่เพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจาก rated field current, rated friction และ windage loss, และ rated iron loss

รายละเอียด ดูได้จาก ERA Technology (Indirect testing of Rotating Electrical machine to determine Temperature rise)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก 2

หมยกำหนดการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 179 -
 BHUMIBOL RENOVATION PROJECT
 WET TEST SCHEDULE FOR UNIT # 2
 (DAILY PLAN)

Sheet 1

| Date | Time | Test item | Refer to test procedure No. | Remark |
|-------------------------|-------------|--|-----------------------------|-------------------------------|
| Oct. 13, 1993
(Wed.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-16:30 | Fill up water into penstock & draft tube | 2-2 | |
| | 09:00-16:30 | General inspection | 2-1 | |
| Oct. 14, 1993
(Thu.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-12:00 | Test of water supply system | 2-3 | |
| | 13:00-14:00 | Water & Oil flow meter setting | 2-4 | |
| | 09:00-16:30 | General inspection & Overall sequence check | 2-1; 8 | |
| Oct. 15, 1993
(Fri.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-11:00 | Pneumatic brake test | 2-5 | |
| | 11:00-12:00 | High pressure oil pump test | 2-6 | |
| | 13:00-14:00 | Creeping detector operation check | 2-7 | |
| | 09:00-16:30 | Overall sequence check | 2-8 | |
| Oct. 16, 1993
(Sat.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-12:00 | Overall sequence check | 2-8 | |
| | 10:00-12:00 | Computer in service "STOP - PREPARATION - STOP" | 2-26 | |
| | 13:00-15:30 | Bump test (Kick off) | 2-9 | |
| | 15:30-16:30 | General inspection | | |
| Oct. 17, 1993
(Sun.) | 09:00-16:30 | Holiday | | |
| Oct. 18, 1993
(Mon.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-12:00 | Bearing run & Dynamic balance test | 2-10 | 25; 50; 75; 100 % rated speed |
| | 13:00-16:00 | Over speed test (Electrical & Mechanical device) | 2-11 | 145% ; 150 % rated speed |
| | 16:00-17:00 | General inspection | 2-12 | |
| Oct. 19, 1993
(Tue.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-16:30 | Governor adjustment | 2-13 | |
| | 10:00-16:30 | Joint control operation test | 2-38 | For Unit No. 1 |
| Oct. 20, 1993
(Wed.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-16:30 | Governor adjustment | 2-13 | |
| | 16:30-18:30 | Measurement of insulation resistance | 2-14 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับมูลค่าไปขอประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Date | Time | Test item | Refer to test procedure No. | Remark |
|-------------------------|-------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|
| Oct. 21, 1993
(Thu.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 08:00-09:00 | Preparation for short circuit characteristic test
Temporary source for excitation fed from MCC. | | |
| | 09:00-12:00 | Short circuit characteristic test | 2 - 16 | 25, 50, 75, 100, 125% rated amp |
| | 09:00-12:00 | Primary test of protection relays | 2 - 18 | 87G (Internal fault) ; 21; 51 DB |
| | 13:00-14:30 | Measurement of machine constant | | X2 |
| | 13:00-14:30 | Primary test of protection relays | 2 - 18 | 46 G |
| | 14:30-18:30 | Dielectric test of generator | 2 - 17 | |
| Oct. 22, 1993
(Fri.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-10:00 | Computer in service " STOP - START - STOP " | 2 - 26 | |
| | 10:00-12:00 | Primary test of protection relays | 2 - 18 | 87G (External fault) |
| | 09:00-16:30 | AVR. adjustment | 2 - 24 | |
| Oct. 23, 1993
(Sat.) | 09:00-16:30 | Holiday (Chulalongkorn day) | | |
| Oct. 24, 1993
(Sun.) | 09:00-16:30 | Holiday | | |
| Oct. 25, 1993
(Mon.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-11:30 | Open circuit characteristic test | 2 - 19 | 20,40,60,75,90,100,110,120 % volt |
| | 09:00-11:30 | Primary test of protection relays | 2 - 18 | 59 G ; 27 G ; 60 |
| | 10:00-11:00 | Measurement of shaft voltage | | |
| | 11:00-12:00 | Measurement of residual voltage | 2 - 22 | |
| | 11:30-12:00 | Phase sequence check | 2 - 21 | Clockwise direction |
| | 09:00-16:30 | AVR. adjustment | 2 - 24 | |
| Oct. 26, 1993
(Tue.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-10:00 | Computer in service " STOP - EXCITATION - STOP " | 2 - 26 | |
| | 09:00-16:30 | AVR. adjustment | 2 - 24 | |
| | 13:00-16:30 | Primary test of protection relays | 2 - 18 | 64 G |
| Oct. 27, 1993
(Wed.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-12:00 | Primary test of protection relays | 2 - 18 | 87 T (Inter. & Exter. fault) |
| | 09:00-12:00 | AVR. adjustment | 2 - 24 | |
| | 10:00-12:00 | Governor adjustment | 2 - 13 | |
| | 13:30-16:30 | Automatic synchronizing test (Simulated parallel - in) | 2 - 25 | |
| | 16:30-18:30 | Preparation of automatic synchronizing test (Actual)
*Permanent source for excitation fed from Ex transformer * | | |
| Oct. 28, 1993
(Thu.) | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| | 09:00-10:00 | Computer in service " STOP - EXCITATION - STOP " | 2 - 26 | 31 field flashing test |
| | 10:00-11:00 | Dynamic brake test | 2 - 23 | |
| | 11:00-12:00 | Primary test of protection relays | 2 - 18 | 51 E , 64 E |
| | 13:00-16:30 | Computer in service " STOP - PARALLEL - STOP " | 2 - 26 | |
| | 13:00-16:30 | Automatic synchronizing test (Actual parallel - in) | 2 - 25 | |

| Date | Time | Test item | Refer to test procedure No. | Remark |
|---------------|-------------|---|-----------------------------|-------------------------------|
| Oct. 29, 1993 | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| (Fri.) | 09:00-11:00 | Computer in service " STOP - LOAD - STOP " | 2 - 26 | |
| | 11:00-12:00 | Wave form | 2 - 20 | |
| | 13:00-16:30 | AVR. final adjustment | 2 - 24 | Over & Under exciting limited |
| | 13:00-16:30 | Primary test of protection relays | 2 - 18 | 40 |
| Oct. 30, 1993 | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| (Sat.) | 09:00-12:00 | AVR. final adjustment | 2 - 24 | PSS. test |
| | 13:00-15:30 | Load rejection test (By Unit breaker) | 2 - 28 | 25 ; 50 ; 75 ; 100 % Load |
| | 15:30-16:30 | Load rejection test (By Line breaker) | 2 - 28 | 50 ; 100 % Load |
| Oct. 31, 1993 | 08:00-16:30 | Holiday | | |
| (Sun.) | | | | |
| Nov. 1, 1992 | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| (Mon.) | 09:00-10:30 | Quick stop test (By Oil press. tank too low 2 nd. 63 QPG-4) | 2 - 29 | 86 - 2 (100 % Load) |
| | 10:30-12:00 | Emergency stop test (By Emergency shutdown switch 5E) | 2 - 30 | 86 - 1 (100 % Load) |
| | 13:00-14:00 | No load - No excite run test (By Gen. overvoltage 59 G) | 2 - 31 | 86 - 3 (50 % Load) |
| | 09:00-16:30 | Joint control operation test | 2 - 38 | For Unit No. 2 |
| Nov. 2, 1993 | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| (Tue.) | 09:00-10:00 | Line charging test | 2 - 32 | |
| | 10:00-15:00 | Power out put versus guide vane opening test | 2 - 33 | |
| | 15:00-16:30 | Determination of total losses | 2 - 35 | |
| | 10:00-16:30 | Generator & Turbine output test | 2 - 40 | For Unit No. 2 |
| Nov. 3, 1993 | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| (Wed.) | 09:00-12:00 | Generator capability test | 2 - 34 | |
| | 13:00-18:00 | Continuous operation test (Heat run) | 2 - 36 | |
| Nov. 4, 1993 | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| (Thu.) | 08:30-15:30 | Joint control operation test | 2 - 38 | For Unit No. 1 & 2 |
| | 15:30-16:00 | Time VS. Load (Power rate changed) | | |
| | 16:00-19:30 | Minimum continuous output test | 2 - 37 | |
| Nov. 5, 1992 | 08:15-09:00 | Meeting | | |
| (Fri.) | 09:00-16:30 | Generator & Turbine output test | 2 - 40 | For Unit No. 1 |
| | 09:00-16:30 | General inspection | 2 - 39 | For Unit No. 2 |
| Nov. 6, 1993 | 08:00-16:30 | General inspection | 2 - 39 | |
| (Sat.) | | | | |

SCHEDULE OF WET TEST FOR UNIT 2 (REVISION: 2) DHUMBLEC HYDRO POWER PLANT RENOVATION UNIT 1&2 PROJECT

December 22, 1992

| TEST NO. | DESCRIPTION | OCTOBER 1992 | | | | | | | | | | | | NOVEMBER 1992 | | | | | | | | | | | | DESCRIPTION | | | | | | | | | | |
|----------|---|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|----|----|----|--|--|-------------------------|
| | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
| 2-1 | GENERAL INSPECTION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-2 | FILL UP WATER INTO PENSTOCK & DRAFT TUBE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-3 | TEST OF WATER SUPPLY SYSTEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Perform on Oct. 8, 1992 |
| 2-4 | WATER & OIL FLOW METER SETTING | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Perform on Oct. 8, 1992 |
| 2-5 | PNEUMATIC BRAKE OPERATION CHECK & TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-6 | HP. OIL PUMP OPERATION CHECK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-7 | CREEPING DETECTOR OPERATION CHECK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-8 | OVERALL SEQUENCE CHECK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-9 | BUMP TEST (KICK OFF) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-10 | BEARING RUN & DYNAMIC BALANCE TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-11 | OVER SPEED TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-12 | GENERAL INSPECTION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-13 | GOVERNOR ADJUSTMENT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-14 | MEASUREMENT OF INSULATION RESISTANCE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-15 | DRY OUT RUN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-16 | SHORT CIRCUIT CHARACTERISTIC TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-17 | DIELECTRIC OF GENERATOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-18 | PRIMARY TEST OF PROTECTION RELAYS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-19 | OPEN CIRCUIT CHARACTERISTIC TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-20 | WAVE FORM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-21 | PHASE SEQUENCE CHECK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-22 | MEASUREMENT OF RESIDUAL VOLTAGE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-23 | DYNAMIC BRAKE TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-24 | AVR ADJUSTMENT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-25 | AUTOMATIC SYNCHRONIZING TEST (PARALLEL IN) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-26 | AUTOMATIC START&STOP TEST BY COMPUTER CONTROL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-27 | AVR FINAL ADJUSTMENT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-28 | LOAD REJECTION TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-29 | QUICK STOP TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-30 | EMERGENCY STOP TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-31 | NO LOAD - NO EXCITE RUN TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-32 | LINE CHARGING TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-33 | POWER OUT PUT VERSUS GUIDE VANE OPENING | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-34 | GENERATOR CAPABILITY TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-35 | DETERMINATION OF TOTAL LOSSES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-36 | CONTINUOUS OPERATION TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-37 | MINIMUM CONTINUOUS OUTPUT TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-38 | JOINT CONTROL OPERATION TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-39 | GENERAL INSPECTION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-40 | GENERATOR & TURBINE OUTPUT TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

REMARKS:

- THE GUARANTEED EFFICIENCY AND OUTPUT OF GENERATOR WILL BE VERIFY AS PROPOSED WHICH TO BE WITNESSED BY EUN; REPRESENTATIVE.
- THE GUARANTEED OUTPUT OF TURBINE WILL BE VERIFY AS PROPOSED WHICH TO BE WITNESSED BY VA - M.G.E.'s REPRESENTATIVE.

PLAN
 HOLIDAY

ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND

EPOC INTERNATIONAL LIMITED

ASSISTANT DIRECTOR

PROJECT MANAGER

- 381 -

INSTALLATION AND TEST SCHEDULE OF UNIT NO. 2
BHUMIBOL HYDRO POWER PLANT RENOVATION UNIT 1&2 PROJECT (REV. 9)

September 25, 1993

| NO. | ITEM | NOV. 1992 | DEC. 1992 | JAN. 1993 | FEB. 1993 | MAR. 1993 | APR. 1993 | MAY 1993 | JUN. 1993 | JUL. 1993 | AUG. 1993 | SEP. 1993 | OCT. 1993 | NOV. 1993 | DEC. 1993 | DESCRIPTION |
|--|---|--|---|--|-----------------------------|-----------------------------|---|--|-----------------------------|--|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| (1) | TURBINE | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1. OY, S/C, P/S | Checking & painting | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. TURBINE GUIDE BEARING & OIL CIRCULATING SYSTEM * | Run in (install over all equip) | Install oil piping in oil pan | | | | | Apply oil pan lubricating oil (to 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900) | | | | | | | | |
| | 3. OY APPARATUS, OY SERVOMOTOR, GATE RING | Disassembly, cleaning & reassembly | | | | 22 | Apply and adjust oil OY servomotor (to 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900) | | | | | | | | | |
| | 4. PROTECTION LINEA * | | Disassembly, cleaning & painting, safety precaution lines and terminals | | | | | | | | | | | | | |
| | 5. TURBINE SHAFT & RUNNER * | Un-ship, inspecting | Apply stainless steel oil seal | Check bearing | | | | Install | | | | | | | | Runner arrived at site on Nov. 18, 1992 |
| | 6. INSTRUMENT FOR TURBINE * | | | Install instrument | | | | Install | | | | | | | | |
| | 7. TURBINE OPERATION CONTROL SYSTEM * | | | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | |
| | 8. GOVERNOR OIL SYSTEM & SPEED GOVERNOR * | Disassembly & inspecting (check) | Disassembly & inspecting (check) | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | |
| | 9. MOTOR CONTROL CENTER * | | | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | Install instrument | |
| (2) | GENERATOR | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1. UPPER BRACKET | Check | | | | | | | | | | | | | | Install rotor on Sep. 18, 1993 |
| | 2. ROTOR * | Un-ship, disassembly & inspecting (check), test, repair | | | | | | | | | | | | | | Install stator on Sep. 18, 1993 |
| | 3. STATOR * | Disassembly & inspect (Un-ship, disassembly & inspect, repair) | | | | 21 | | Install in place in drydock at site on Jul. 3, 1992 | | | | | | | | Generator shall test on June 15, 1993 |
| | 4. LOWER BRACKET & GENERATOR SHAFT | Disassembly, painting & clean up | | | | | | Install in place, inspecting & testing | | | | | | | | |
| | 5. GUIDE/THRUST BEARING, & OIL CIRCULATING SYSTEM | Disassembly & inspect (check) | Disassembly & inspect (check) | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | Install oil pump & oil pipe | |
| | 6. OVERALL ASSEMBLY | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7. EXCITATION SYSTEM * | | | Install wiring, safety & testing | | | | | | | | Checking & test on 6 & 8 Aug | | | | |
| (3) | POWER PLANT EQUIPMENT | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1. COMPUTERIZED CONTROL & INFORMATION SYSTEM * | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 OPERATOR CONSOLE & ENGINEERING CONSOLE | | | Run, check and install wiring, testing | | | | | | | | | | | | |
| | 1.2 LOCAL CONTROL BOARD (PLC) | | | Run, check and install wiring, testing | | | | | | | | | | | | |
| | 2. UNIT CONTROL & PROTECTION BOARD * | | | Run, check and install wiring, testing | | | | | | | | | | | | |
| | 3. METAL ENCLOSED BUS * | Disassembly & inspect (check) | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4. METAL ENCLOSED SWITCHGEAR * | Disassembly & inspect (check) | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 GENERATOR SWITCHGEAR (DS, CT, PT) & IPB. | | | | | Install & wiring | | | | | | | | | | |
| | 4.2 DYNAMIC BRAKE OZ | | | | | Install & wiring | | | | | | | | | | |
| | 4.3 GAS CIRCUIT BREAKER (OCB) | | | | | Install & wiring | | | | | | | | | | |
| | 5. CABLE RACK AND CABLE * | Install and testing | | | | | | | Wiring and in cable rack | | | | | | | |
| (4) | TEST | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1. DRY TEST | | | | | | | | | | | | | | | Fill with water on Oct. 12, 1993 |
| | 2. WET TEST | | | | | | | | | | | | | | | |
| (5) | SUPERVISOR SCHEDULE | | | | | | | | | | | | | | | Man-days |
| | 1 STATOR CORE | | Dec 15, 1992 - Jan 22, 1993 | | | | | | Jan 11 - Dec 17, 1992 | | | | | | | 76 |
| | 2 ROTOR COIL & STATOR COIL | | | | | Mar. 1-4, 1993 | | | | Jul. 19 - Sep. 25, 1992 | | | | | | 65 |
| | 3 OVERALL GENERATOR ASSEMBLY | | | | | | | | | | Sept 15 - 24, 1993 | | | | | 8 |
| | 4 GAS CIRCUIT BREAKER | | | | | | | | | | Sept 6 - 9, 1992 | | | | | 47 |
| | 5 POWER PLANT EQUIPMENT | | | | | | | | | | | Oct 22 - Nov 6, 1992 | | | | 13 |
| | 6 COMPUTER SYSTEM | | | | | | | | | | | Oct 6 - Nov 6, 1992 | | | | 31 |
| | 7 EXCITATION SYSTEM & DYNAMIC BRAKE SYSTEM | | | | | | | | | | | Oct 11 - Nov 6, 1992 | | | | 24 |
| | 8 PROTECTION RELAY FIELD TEST | | | | | | | | | | | Oct 11 - Nov 6, 1992 | | | | 33 |
| | 9 TURBINE - GOVERNOR SUPERVISOR (MECH) | | | | | | | | | | | Sept 28 - Oct 6, 1992 | | | | 25 |
| | 10 TESTING SUPERVISOR FOR TURBINE | | | | | | | | | | | Oct 4 - Nov 6, 1992 | | | | 24 |
| REMARK : | | NOTES : | | | | | | | | | | | | | | |
| R1 The over haul was done since unit at site on June 8, 1992. | | 1. UNIT NO. 1 BUMP TEST ON NOV. 4, 1992 | | | | | | | | | | | | | | |
| R2 Unit 2 received on Feb. 12, 1993, and UN-ship by motor and temporary installed at unit 2 generator pit and UN-ship by motor, 5 on Apr. 28, 1993 | | 2. UNIT NO. 2 TRIP DOWN ON NOV. 4, 1992 | | | | | | | | | | | | | | |
| R3 The cost of supervisor for Excitation system and Dynamic Brake during Oct. 1-10, 1992 was paid by EGM for in total on Sep. 22, 1992. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND | | | EPOC INTERNATIONAL LIMITED | | | |
| | | | | | | | | | | ASSISTANT DIRECTOR | | | PROJECT MANAGER | | | |

-18-



ภาคผนวก 3
หมายเลขที่ ความหมายและหน้าที่
ของ
อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 3

หมายเลข รหัส ความหมายและหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลัง

(Electrical Power System Device Number Definition and Function)

- | <u>หมายเลข</u> | <u>ความหมายและหน้าที่</u> |
|----------------|--|
| 1 | <u>Master Element</u>
เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เริ่มต้นในการนำ Equipment เข้าหรือ ออกจากการใช้ งานได้แก่ Control switch, Voltage relay, Float switch โดย อาจจะทำงานโดยตรงหรือร่วมกับ Time-delay relay หรือ Relay อื่นๆ |
| 2 | <u>Time-delay starting or closing relay</u>
เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่จับเวลา ตามที่ตั้งไว้ เพื่อให้เริ่มการทำงาน ของการ Switching หรือ ของระบบรีเลย์ตามลำดับขั้นตอนก่อนหลัง (ยกเว้นอุปกรณ์ หมายเลข 48, 62, และ 79) |
| 3 | <u>Checking or interlocking relay</u>
เป็น Relay ที่จะทำงาน เมื่อสภาวะการทำงานหรือตำแหน่งของอุปกรณ์ประ- กอบใด ๆ ใน Equipment เป็นไปตามที่ตั้งไว้ ซึ่งเมื่อ Relay นี้ทำงานแล้ว จะยอมให้การทำงานตามทำงานตามลำดับขั้นดำเนินการต่อไป หรืออาจจะหยุด การทำงาน หรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่น |
| 4 | <u>Master contacter</u>
เป็นอุปกรณ์ซึ่งโดยทั่วไปถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์หมายเลข "1" หรืออุปกรณ์ตรวจ สอบและป้องกันอื่น เพื่อที่จะทำหน้าที่ต่อวงจรควบคุมในการนำ Equipment เข้าใช้งานตามปกติ หรือปลด Equipment ออกเมื่อเกิดสภาพผิดปกติ |
| 5 | <u>Stopping device</u>
เป็นอุปกรณ์ควบคุมใช้สำหรับการหยุดหรือปลด Equipment แล้วคงสภาพหยุด ใช้งาน หรือปลดไว้ (อุปกรณ์นี้อาจจะใช้วิธีการควบคุมด้วยมือ หรือด้วยไฟฟ้า แต่ไม่รวมถึงหน้าที่ของการ Inter lock ด้วยไฟฟ้าดังอุปกรณ์หมายเลข 86) |
| 6 | <u>Starting circuit breaker</u> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่หลักสำหรับต่อ Machine อนุเข้ากับแหล่งจ่ายไฟได้ในขั้นตอน
ไม่ว่ากรณีใดๆ เริ่มการเดินเครื่อง แปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

7 Anode circuit breaker

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อกับวงจรแอดโนดของ Power rectifier ซึ่งมีหน้าที่หลักคือตัดวงจร Rectifier ที่ออกเมื่อเกิดการ Arc-back

8 Control power disconnecting device

เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจร เช่น สวิตช์ใบมีด Circuit breaker หรือ Fuse ใช้ตัดต่อวงจรของ Control power กับ Control bus หรือกับ Equipment หมายเหตุ Control power นี้หมายถึงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น มอเตอร์ขนาดเล็ก, วงจรของ Heater

9 Reversing device

เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับการกลับทาง (Reversing) ของ Field ของ Machine หรือกลับหน้าที่ของ Equipment อื่น ๆ

10 Unit sequence switch

ใช้สำหรับเปลี่ยนลำดับการทำงานของ Unit ย่อยของ Equipment ซึ่งมีหลาย Unit โดยอาจจะมีการนำ Unit ต่าง ๆ เข้า-ออก จากการทำงานในหลายลักษณะได้

11 เต็มไว้สำหรับใช้งานในอนาคต

12 Over-speed device

เป็น Speed switch ที่ต่อตรงกับ Machine จะทำงานเมื่อ Machine นั้นมีความเร็วสูงเกินกว่ากำหนด

13 Synchronous-speed device

ได้แก่อุปกรณ์เป็นต้นว่า Centrifugal-speed, speed switch, Slip-frequency relay, Voltage relay, Undercurrent relay ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะทำงานเมื่อ Machine มีความเร็วเท่ากับ Synchronous speed

14 Under-speed device

เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานเมื่อความเร็วของ Machine ลดต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้

15 Speed or frequency, Matching device

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับ และรักษาความเร็วหรือความถี่ของ Machine หรือระบบ 2 ชุด ที่ต่อดึงกันให้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

- 16 เตรียมไว้สำหรับใช้งานในอนาคต
- 17 Shunting or discharge switch
เป็นสวิตช์ที่มีหน้าที่ เปิด-ปิด วงจรขนานที่ต่อประกอบคู่ ในอุปกรณ์ไฟฟ้า วงจรขนานเหล่านี้ได้แก่ วงจร Field ของ Machine, Machine armature, Capacitor, Reactor
หมายเหตุ ไม่รวมถึงที่ใช้ต่อขนานสำหรับการเริ่มต้น Machine ตามหมายเลข 6,42 และหมายเลข 73 ซึ่งเป็นสวิตช์สำหรับต่อความต้านทาน
- 18 Accelerating or decelerating device
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อต่อหรือสั่งให้เกิดการต่อวงจรของอุปกรณ์ ซึ่งวงจรมีหน้าที่เพิ่มหรือลดความเร็วของ Machine
- 19 Starting-to-running transition contactor
เป็นอุปกรณ์ซึ่งใช้สำหรับสั่งให้ชุด Automatic transfer ของ Machine ทำงานเพื่อเปลี่ยนการต่อวงจรไฟฟ้ากำลังจากการ Starting ไปสู่การ Running
- 20 Electrically operated valve
เป็น Valve ในระบบของทองไหล ซึ่ง Valve นี้มีการทำงานและการควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า
หมายเหตุ หน้าที่ของ Valve นี้อาจระบุได้ด้วยอักษรที่เติมข้างหลังตัวเลข
- 21 Distance relay
เป็น Relay ซึ่งจะทำงานเมื่อค่า Admittance, Impedance หรือ Reactance ของวงจรมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงต่ำกว่าที่กำหนดไว้
- 22 Equalizer circuit breaker
เป็นเบรกเกอร์ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมหรือตัดต่อชุด Equalizer หรือชุด Current balancing ของ Machine field หรือของ Regulating equipment ซึ่งในอุปกรณ์เหล่านี้มีส่วนประกอบหลายชุดทำงานร่วมกัน
- 23 Temperature control device
เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่เพิ่มหรือลดอุณหภูมิของ Machine หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เมื่ออุณหภูมิของ Machine หรือของอุปกรณ์นั้นมีค่าต่ำหรือสูงกว่าที่กำหนดไว้
หมายเหตุ ตัวอย่าง เช่น Thermostat ซึ่งจะทำงานต่อวงจร Heater ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงสำหรับบริการเชิงพาณิชย์เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่มีการแก้ไข
ไม่ว่ากรณีใดๆ ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบหากไม่ดูแลให้ดีแต่โดยนิตยสารฉบับนี้

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

ผู้ควบคุม Switchgear เมื่ออุณหภูมิภายในตู้ต่ำกว่ากำหนด โดยจะต่างกับอุปกรณ์ซึ่งใช้ควบคุมรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในพิสัยตลอดเวลาซึ่งจะใช้แทนด้วย หมายเลข 90T

- 24 เตรียมไว้สำหรับใช้งานในอนาคต
- 25 Synchronizing or synchronism check device
เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานเมื่อวงจรกระแสสลับ 2 วงจรมีค่าความถี่ Phase angle, แรงดันอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด จึงจะยอมหรือสั่งให้มีการขนานของวงจร ทั้งสองนี้ได้
- 26 Apparatus thermal device
เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานเมื่ออุณหภูมิของ Shunt field ของ Winding ของ Machine หรืออุณหภูมิของตัวต้านทานที่จำกัดโหลด หรืออุณหภูมิของช่องไหล หรือสารตัวกลางอื่น ๆ มีค่ามากกว่ากำหนด หรือเมื่ออุณหภูมิของอุปกรณ์ ในระบบป้องกัน เป็นต้นว่า Power rectifier มีค่าต่ำกว่ากำหนด
- 27 Undervoltage relay
เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานตามค่าของ Undervoltage ที่ตั้งไว้
- 28 Flame detector
เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดสภาพของเปลวไฟในเครื่องกังหันแก๊สหรือหม้อไอน้ำ
- 29 Isolating contactor
เป็นอุปกรณ์ใช้ปลด (ตัด) วงจรออกจากระบบอย่างรวดเร็ว ในกรณีเกิดภาวะฉุกเฉินหรือเพิ่มการซ่อมแซม การทดสอบ
- 30 Annunciator relay
เป็นอุปกรณ์แจ้งเหตุชนิดที่รีเซ็ตโดยอัตโนมัติไม่ได้ โดยจะแจ้งให้เห็นว่าอุปกรณ์ป้องกันอะไรทำงานบ้าง และบางที่ Relay นี้ อาจจะทำหน้าที่ Lock out ได้
- 31 Separate excitation device
เป็นอุปกรณ์ต่อวงจร เช่น ต่อ Shunt field ของ Synchronous converter เข้ากับแหล่งจ่ายไฟแบบ Separate excitation ระหว่างการเริ่มเดินเครื่อง หรือเป็นอุปกรณ์สำหรับจ่ายไฟของวงจร Excitation หรือ Ignition ของ Power rectifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในทางเทคนิคเท่านั้น เมื่อผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญที่ปรึกษาของบริษัทได้ตรวจสอบแล้ว ไม่มีการรับประกันใดๆ

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

- 32 Directional power relay
เป็น Relay ที่จะทำงานเมื่อค่าของกำลังไฟฟ้าที่ไหลและทิศทางการไหลเป็นไปตามที่กำหนด หรือเมื่อเกิด Reverse power ซึ่งเกิดจาก Arc back ในวงจรแอดโนค หรือคาโนคของ Power rectifier
- 33 Position switch
มีหน้าที่ตัดต่อ Contact เมื่อชิ้นส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์มาอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้
- 34 Master sequence device
เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ควบคุมทำให้อุปกรณ์ประกอบหลัก ๆ ของ Equipment ทำงานอย่างมีลำดับขั้นตอน ในการเริ่มเดิน หรือหยุดเครื่องรวมทั้งควบคุมการทำงาน Switching อย่างมีลำดับขั้นตอน ตัวอย่างอุปกรณ์นี้ได้แก่ชุดสวิตซ์ Multi-contact ของวงจรควบคุมมอเตอร์และคอมพิวเตอรื
- 35 Brush-operating or slip-ring short-circuiting device
เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับเลื่อน ยก หรือลดแปรงถ่านของ Machineหรือใช้สำหรับลัดวงจร Slip ring หรือใช้สำหรับเกี่ยว หรือปลดหน้าสัมผัสของ วงจร Mechanical rectifier
- 36 Polarity or polarizing voltage device
เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้องของขั้วก่อนที่ยอมให้มีการใช้งานของ Equipment
- 37 Undercurrent or underpower relay
เป็น relay ที่จะทำงานเมื่อปริมาณกระแสหรือกำลังไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด
- 38 Bearing protective device
จะทำงานเมื่ออุณหภูมิของ Bearing มีค่าสูงเกินปกติ หรือเมื่อเกิดสภาพผิดปกติทางกลที่ Bearing เป็นต้นว่า Bearing ลีกรวมมาก ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นได้
- เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

- 39 Mechanical condition monitor
เป็นอุปกรณ์มีหน้าที่ตรวจจับการเกิดสภาพผิดปกติทางกล (นอกเหนือจากหน้าที่ของอุปกรณ์หมายเลข 38) เช่น ตรวจจับการสั่นเสท็อน Eccentricity การขยายตัว การ Shock หรือ Seal failure
- 40 Field relay
เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานเมื่อ Field current ของ Machine มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดตามปกติ หรือเมื่อค่า Reactive armature current ของ AC Machine มีมากเกินไป ซึ่งแสดงว่า Field excitation ต่ำเกินไป
- 41 Field circuit breaker
เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่อวงจรของ Field excitation ของ Machine
- 42 Running circuit breaker
เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่หลักคือ ต่อ Machine เข้ากับแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าใช้งาน (Operating voltage) อุปกรณ์นี้รวมถึงตัว Contactor ซึ่งต่ออนุกรมกับ Circuit breaker โดย Contactor นี้จะทำหน้าที่ เปิด-ปิด วงจรได้บ่อย ๆ ครั้งแทน Circuit breaker
- 43 Manual transfer or selector device
เป็นอุปกรณ์โยกย้ายวงจรควบคุมทำงานด้วยมือ ซึ่งใช้ประโยชน์สำหรับการตัดแปลงวิธีการจ่ายไฟของ Switching equipment หรือตัดแปลงการใช้งานอุปกรณ์อื่น ๆ โดยไม่ต้องเพิ่มวงจรควบคุมขึ้นมาอีก
- 44 Unit sequence starting relay
เป็น Relay ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ Multiple-unit equipment โดยจะทำงานสั่ง Unit ถัดไปเริ่มทำงานในกรณีที่ Unit ใดเกิดเสียหรือไม่ใช้งานขึ้นมา
- 45 Atmospheric condition monitor
เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ตรวจจับความผิดปกติของสภาพอากาศ เช่น ตรวจจับควันไฟ ส่วนผสมของแก๊สที่จะทำให้เกิดการระเบิด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- | <u>หมายเลข</u> | <u>ความหมายและหน้าที่</u> |
|----------------|---|
| 54 | <u>High speed Dc. circuit breaker</u>
เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมีเวลาการทำงานน้อยกว่า 0.01 วินาที
เมื่อมีค่ากระแสหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสมากกว่าที่กำหนด |
| 55 | <u>Power factor relay</u>
เป็น Relay ที่จะทำงานเมื่อค่า Power factor ของวงจรกระแสไฟฟ้าสลับ
มีค่ามากหรือน้อยกว่าที่กำหนด |
| 56 | <u>Field application relay</u>
เป็น relay ที่จะควบคุมการ Excite ของ Field โดยอัตโนมัติของ Ac.
motor ซึ่ง Relay นี้จะทำงานตามค่าของ Slip cycle ที่ตั้งไว้ |
| 57 | <u>Short-circuiting or grounding device</u>
เป็นอุปกรณ์สำหรับการ Switching ที่ทำหน้าที่ต่อลัดวงจรหรือต่อวงจรลงดิน
ทำได้ทั้งโดยวิธีอัตโนมัติหรือด้วยบุคคล |
| 58 | <u>Rectification failure relay</u>
เป็น Relay ที่จะทำงานเป็นขั้วบวกของวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเกิดขัดข้อง
ตั้งแต่หนึ่งขั้วขึ้นไปหรือบ่งบอกเหตุการณ์เมื่อ Diode ในวงจรแปลงกระแสเกิด
ขัดข้อง |
| 59 | <u>Overvoltage relay</u>
เป็น Relay ที่จะทำงานเมื่อค่า Voltage ในวงจรมีค่าเกินกว่าที่กำหนด |
| 60 | <u>Voltage or current balance relay</u>
เป็น relay ที่จะทำหน้าที่ตรวจสอบความแตกต่างของแรงดันหรือกระแสไฟฟ้า
ระหว่างวงจรไฟฟ้า 2 วงจร |
| 61 | เว้นไว้สำหรับอุปกรณ์ที่จะมีขึ้นภายหลัง |
| 62 | <u>Time-delay stopping or opening relay</u>
เป็น Relay หน่วงเวลาใช้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์หลักอื่นซึ่งเป็นตัวเริ่มสั่ง Shut
down ปลอดภัย หรือเริ่มการทำงานของระบบ โดยมีการทำงานเป็นลำดับ และอัตโนมัติ |
| 63 | <u>Pressure switch</u>
เป็น Switch ซึ่งจะทำงานเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าตามค่าของแรงดัน หรืออัตรา
การเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามที่กำหนด |

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีพิมพ์ เผยแพร่ หรือใช้ข้อมูลใดๆ จากเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาต

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

64 Ground protective relay

เป็น Relay ที่จะทำงานเมื่อเกิดการลัดวงจรผ่านฉนวนของ Machine ของ หม้อแปลง หรือของอุปกรณ์อื่น ๆ ลงสู่ดิน หรือเมื่อเกิดการ Flash over ของ Dc. machine สู่ดิน

หมายเหตุ Relay ที่ใช้หมายเลขนี้ จะใช้ตรวจจับการไหลลงของกระแสลงดิน จาก Frame ของอุปกรณ์ไฟฟ้าสู่ดิน หรือตรวจจับการลัดวงจรสู่ดิน ของ วงจรที่ไม่มีระบบต่อลงดินเท่านั้น ไม่รวมถึง Relay ที่ใช้ต่อกับอุปกรณ์ หรือวงจรที่มีการต่อแฉงดินอยู่แล้ว

65 Governor

เป็นอุปกรณ์ควบคุมบังคับทำงานด้วยระบบไฟฟ้าหรือระบบกลไก มีหน้าที่ควบคุม ปริมาณน้ำ ไอน้ำ ที่ใช้ในการหมุน Turbine ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ สามีารถปรับความเร็ว, เดินหรือหยุดเครื่องได้

66 Notching or Jogging device

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กำหนดให้อุปกรณ์หรือเครื่องมืออื่นทำงานตามจำนวนครั้งในเวลา ที่กำหนด รวมทั้งมีหน้าที่ เปิด-ปิด วงจรตามเวลาที่กำหนดอย่างต่อเนื่อง และ ใช้ในการ Jogging เครื่องจักรด้วยความเร็วต่ำ ๆ เพื่อให้อยู่ใน ตำแหน่งที่ ต้องการ

67 Ac. directional overcurrent relay

เป็น Relay ที่จะทำงานเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ามามากเกินไป ในวงจรกระแสสลับ โดยมีค่าและทิศทางการไหลตามที่กำหนดไว้

68 Blocking relay

เป็น Relay ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเพื่อ Block การ Trip ของ Breaker เมื่อเกิด Fault ในสายส่ง หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นที่อยู่นอก Zone ป้องกัน ตาม ที่กำหนดไว้ หรือใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการ Trip ของ Breaker หรือ Block การทำงานของ Recloserเมื่อเกิด Out-Of-Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ Power Swing ตามลำดับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

- 69 Permissive control device
เป็น Switch ทำงานด้วยมือ โดยทั่วไป Switch จะมี 2 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกจะยอมให้มีการสับ Breaker หรือ Equipment เข้าใช้งาน ส่วนตำแหน่งที่ 2 จะป้องกันไม่ให้สับ Breaker หรือ นำ Equipment เข้าใช้งาน
- 70 Rheostat
เป็นตัวต้านทานที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยปรับค่าด้วยระบบไฟฟ้า มีอุปกรณ์ประกอบ เช่น Limit Switch, Position Indicator
- 71 Level Switch
เป็น Switch ซึ่งจะทำงานเมื่อระดับหรือการเปลี่ยนแปลงของระดับ ถึงค่าที่กำหนด
- 72 Dc. Circuit Breaker
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงทั้งในกรณีปกติหรือตัดวงจรนี้ออกเมื่อเกิด Fault ขึ้น
- 73 Load-resistor contactor
เป็น Contactor สำหรับต่อโหลดความต้านทานเพื่อใช้สำหรับการจำกัดโหลดหรือสำหรับการแสดงค่าปริมาณต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากำลังหรือเป็น contactor สำหรับต่อวงจร Heater วงจรไฟฟ้าแสงสว่าง หรือต่อโหลด ความต้านทานของวงจร Power rectifier หรือของ Machine ต่าง ๆ
- 74 Alarm Relay
เป็นอุปกรณ์ Relay นอกเหนือจากอุปกรณ์บอกเหตุ (Annunciator) ตามอุปกรณ์หมายเลข 30 โดยใช้ควบคู่กัน หรือต่อเข้ากับอุปกรณ์เตือนเหตุ ชนิดหลอดไฟหรือเสียง
- 75 Position changing mechanism
เป็นระบบกลไกซึ่งใช้ในการเคลื่อนชิ้นส่วนหลักของอุปกรณ์จากตำแหน่งหนึ่ง ไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง เช่น กลไกที่ใช้ในการเคลื่อน Main Contact ในการสับปลด และการทดสอบ Circuit Breaker
- 76 DC. Over Current Relay
เป็น Relay ที่จะทำงานเมื่อกระแสในวงจรกระแสตรงมีค่ามากกว่าที่กำหนด

- | <u>หมายเลข</u> | <u>ความหมายและหน้าที่</u> |
|----------------|--|
| 77 | <u>Pulse transmitter</u>
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและส่งสัญญาณ Pulse ผ่านระบบสื่อสาร หรือสายตัวนำไปยังอุปกรณ์แสดงค่า หรือรับสัญญาณที่อยู่ไกลออกไป |
| 78 | <u>Phase angle measuring, or out-of-step protective relay</u>
เป็น Relay ที่จะทำงานเมื่อค่า Phase angle ระหว่างแรงดันกับแรงดัน หรือกระแสกับกระแส หรือระหว่างกระแสกับแรงดัน มีค่าแตกต่างกันตามที่ กำหนดไว้ |
| 79 | <u>AC. Reclosing relay</u>
เป็น Relay ที่ใช้สำหรับควบคุมสั่งการ ตัวตัดวงจร ในวงจรกระแสสลับ ให้มีการ Reclose แบบอัตโนมัติ หรือมีการ Lock-Out |
| 80 | <u>Flow Switch</u>
เป็น Switch ซึ่งจะทำงานต่อเมื่อค่าการไหลหรืออัตราการไหลของ ของไหล ถึงค่าที่กำหนด |
| 81 | <u>Frequency Relay</u>
เป็น Relay ที่จะทำงานเมื่อความถี่ หรืออัตราการเปลี่ยนความถี่มีค่าตามกำหนดไว้ โดยอาจจะเป็น Under Frequency หรือ Over Frequency หรือ ที่ความถี่ใด ๆ ก็ได้ |
| 82 | <u>DC. Reclosing Relay</u>
เป็น Relay ที่ใช้สำหรับควบคุมสั่งการตัวตัดวงจร ในวงจรกระแสตรง ให้มีการ Reclose โดยอัตโนมัติ |
| 83 | <u>Automatic selective control of transfer relay</u>
เป็น Relay ที่จะทำหน้าที่เลือกแหล่งจ่ายไฟหรือสภาวะต่าง ๆ ในการทำงาน ของ Equipment โดยอัตโนมัติ หรือทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงโยกย้ายการทำงาน ของ Equipment โดยอัตโนมัติ |
| 84 | <u>Operating Mechanism</u>
เป็นระบบกลไกที่ทำงานได้ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นต้นกำลังของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ตัวเปลี่ยน Tape ของหม้อแปลง (Tape Changer) Induction regulator โดยในอุปกรณ์เหล่านี้มีส่วนประกอบที่เป็นระบบกลไก ได้แก่ Motor Solinoid, Switch บอกตำแหน่ง เป็นต้น |

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

85 Carrier or Pilot-wire receive relay

เป็น Relay ซึ่งถูกสั่งให้ทำงานหรือหน่วงการทำงานด้วยสัญญาณที่ส่งมาจากชุด Carrier หรือจาก Relay ตรวจจับ Fault ชนิดมีทิศทาง

86 Rocking-Out Relay

เป็น Relay ที่ทำงานด้วยไฟฟ้า สามารถ Reset ได้ด้วยไฟฟ้าหรือมือ มีหน้าที่หยุด หรือคงสภาพการนำอุปกรณ์ ออกจากระบบ เมื่อเกิดการผิดปกติเกิดขึ้นแก่อุปกรณ์

87 Differential protective relay

เป็น Relay ปรองกั้นที่จะทำงานตามการแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์หรือ Phase angle ของกระแส หรือค่าทางไฟฟ้าอื่น ๆ สองค่า

88 Auxiliary motor of Motor generator

ใช้ทำงานเป็นส่วนประกอบช่วยของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น Pump, Blower, Excitor เป็นต้น

89 Line switch

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นเสมือน Switch ตัด Load จากวงจรทั้งในวงจรกระแสตรงและกระแสสลับ โดยอุปกรณ์นี้จะทำงานด้วยระบบไฟฟ้า

90 Regulating device

มีหน้าที่ควบคุมค่าปริมาณต่าง ๆ ของเครื่องจักรสายส่งเชื่อมโยง หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เช่น ควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังงาน ความเร็ว ความถี่ อุณหภูมิไหลต เป็นต้น

91 Voltage directional relay

เป็น Relay ที่ทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม Contact ของ Circuit Breaker มีทิศทางและค่าตามที่กำหนด

92 Voltage and power directional relay

เป็น Relay ที่จะยอมให้ต่อวงจร 2 วงจร เข้าด้วยกัน เมื่อค่าแตกต่างของแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่าและมีทิศทางตามที่กำหนด และจะปลดวงจรทั้ง 2 ออกจากกันเมื่อกำลังไฟฟ้าที่ไหลระหว่าง 2 วงจรนี้ มีค่ามากกว่า และมีทิศทางตรงข้ามกับที่กำหนด

หมายเลข

ความหมายและหน้าที่

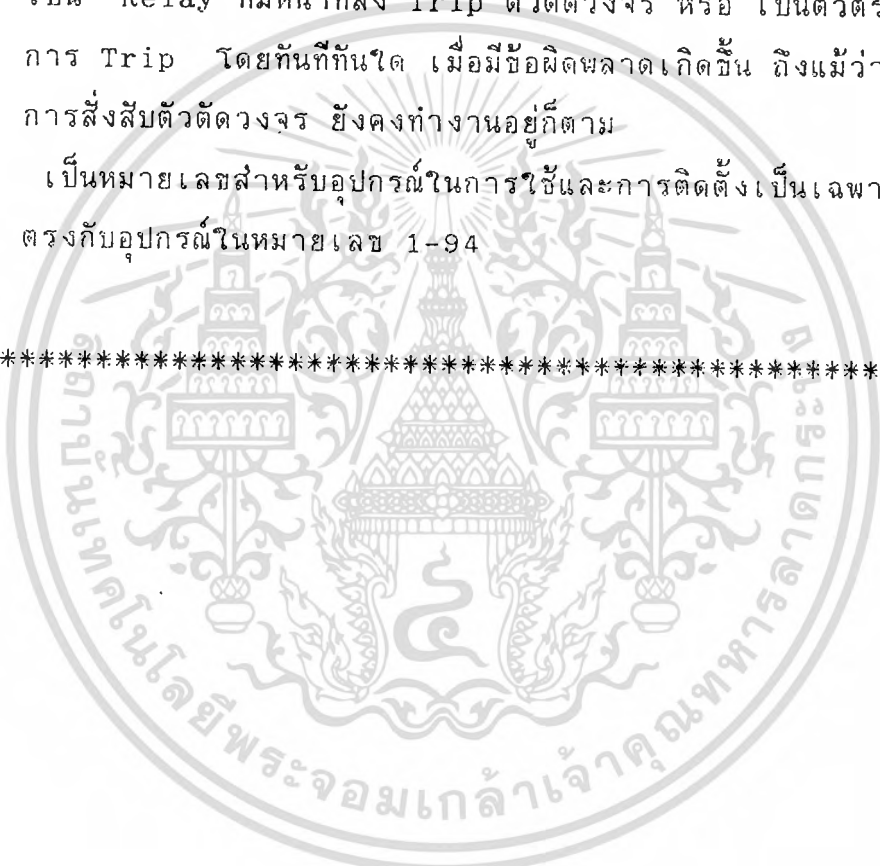
93 Field changing contactor

มีหน้าที่เพิ่มหรือลดค่าของ Field excitation ของเครื่องจักรไฟฟ้าโดยทำงานเพิ่มหรือลดทีละ Step

94 Tripping or Trip-free relay

เป็น Relay ที่มีหน้าที่สั่ง Trip ตัวตัดวงจร หรือ เป็นตัวตรวจสอบยอมให้มีการ Trip โดยทันทีทันใด เมื่อมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ถึงแม้ว่าในขณะที่นั้นวงจรกำลังสั่งสับตัวตัดวงจร ยังคงทำงานอยู่ก็ตาม

95, 96, 97 เป็นหมายเลขสำหรับอุปกรณ์ในการใช้และการติดตั้งเป็นเฉพาะงาน โดยไม่ตรงกับอุปกรณ์ในหมายเลข 1-94



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31. หนังสือและเอกสารอ้างอิง

1. หนังสือ " Water Terbine " ของแผนกกังหันพลังน้ำ กองกังหันน้ำ ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
2. หนังสือ " คู่มือเทคนิค " เล่ม 3 เรื่องโรงไฟฟ้าพลังน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
3. หนังสือ " Toshiba Hydraulic Tubine " ของ Toshiba Corperation Japan
4. หนังสือ " Hydro documentation available " ของ Neyrpic
5. หนังสือ " IEEE Std. 43-1974 "IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistanc of Rotating Mechinary
6. หนังสือ " ANSI/IEEE Std. 56-1977 " An American National Standard IEEE Guide for Insulation Maintainance of Large Alternating-Current Rotating Machinery (10000 kVA. And Larger)
7. หนังสือ " IEEE Std. 95-1977 " Recommended Practice for Insulation Testing of Large AC Rotating Machinery with High Direct Voltage
8. หนังสือ " IEEE Std.115-1983 " An America National Standard IEEE Guide Test Procedure for Synchronous Machines
9. หนังสือ " ANSI/IEEE Std. 433-1974 " An American National Standard IEEE Recommended Practice for Insulation Testing of Large AC. Rotating Machinery with High Voltage At Very Low Frequency
10. หนังสือ " IEEE Std.492-1974 " IEEE Guide for Operation and Maintainance of Hydro-Generator
11. หนังสือ " IEC Publication 34-2,1960 " Recommendations on Determination of Efficiency of Rotating Electrical Machinery (Excluding machine for Fraction Vehicles)

- 12.หนังสือ " IEC Publication 34-2A,1974 " First Supplement to Publication Rotating Electrical Machines Part-2: Method for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machinery from Tests (Excluding Machines for Traction Vehicles) Measurement of Losses by The Calorimatic Method
- 13.หนังสือ " IEC Publication 34-4,1967 " Recommendation for Rotating Electrical Machinery. Part-4: Methods for Determining Synchronous Machine Quantition from Test
- 14.หนังสือ " IEC Publication 545,1976 " Guide for Commissioning Operation and Maintenance of Hydraulic Turbine
- 15.หนังสือ " Ansi C50. 10-1977 " American National Standard General Requirements for Synchronous Machines
- 16.หนังสือ " Ansi C50.12-1982 "American National Standard Requirements for Salient-Pole Synchronous Generator and Generator/Motor for Hydrualic Turbine Applications
- 17.หนังสือ " JEC-114,1963 " Standard of The Japanese Electro-technical Committee Synchronous Machines
- 18.หนังสือ " JEC-157,1963 " Standard of Japanese Electrotechnical committee Field Efficiency Test Method for Hydraulic Turbine
- 19.หนังสือ " MG.5.1-1969 " The NEMA Standards Publication Large Hydraulic Turbine Driven Synchronous Generators
- 20.หนังสือ " ERA Technology " Indirect Testing of Rotating Electrical Machines to Determine Temperature Rise
- 21.หนังสือ " Bidding Documents for Bhumibol Hydro Power Plant Renovation Unit 1 and 2 Project Volume II "
- 22.หนังสือ " Election Manual for Generator " Elin Order " No. c20102801 Sep.1991

ขอขอบคุณ

อาจารย์ ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้