ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

____/____/____

ครั้งที่______

แบบประเมินสภาพฉนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า____

1.สัญญาณจาก PDA (On-Line)

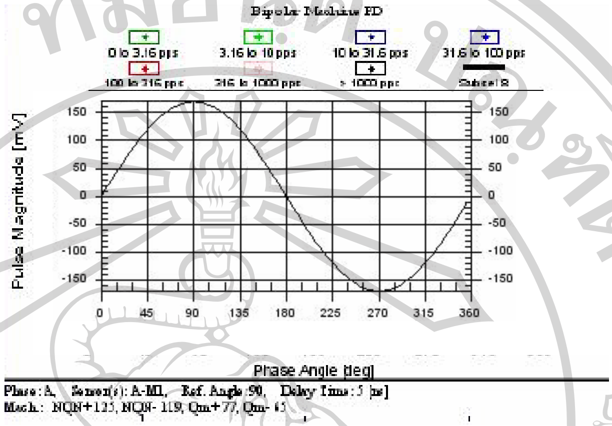
2.สัญญาณความร้อน

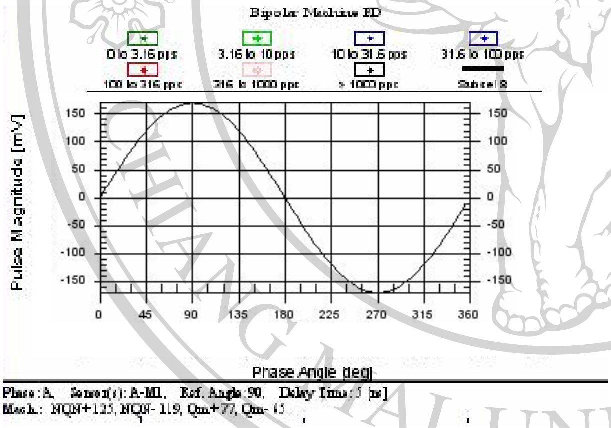
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

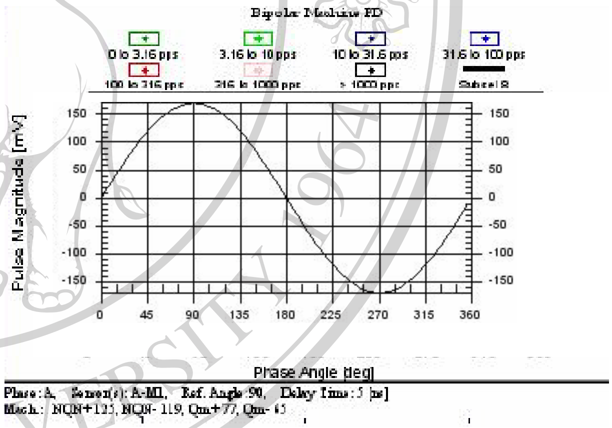
(On-Line)

3.ภาพประกอบ

(Off- Line)







ความอันตราย ☐ น้อย ☐ ปานกลาง ☐ มาก ☐ มากที่สุด

การตรวจสอบ

____

____

การแก้ไข

____

____

ควรตรวจสอบทุก ☐ 1 เดือน ☐ 3 เดือน ☐ 6 เดือน ☐ 9 เดือน ☐ 12 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

____/____/____

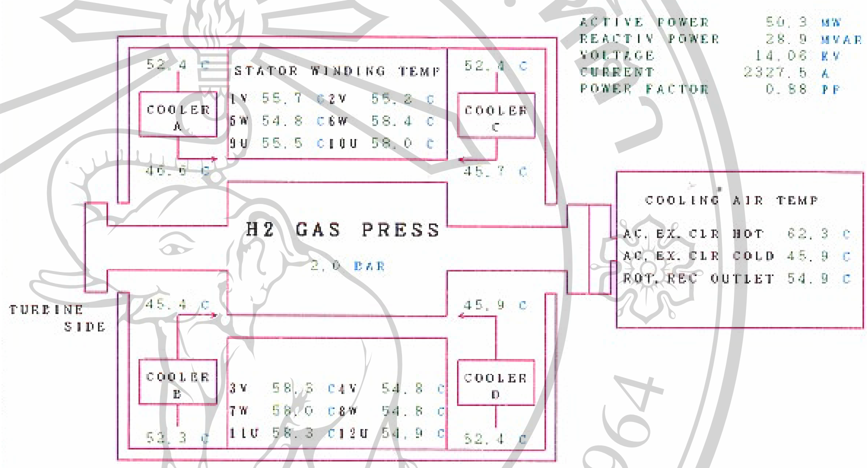
ครั้งที่_______

แบบประเมินสภาพฉนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า **1.สัญญาณจาก PDA (On-Line)** ________________________

2.สัญญาณความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (On-Line)

3.ภาพประกอบ (Off- Line)



ความอันตราย ☐ น้อย ☐ ปานกลาง ☐ มาก ☐ มากที่สุด

การตรวจสอบ

____

____

____

การแก้ไข

____

____

____

ควรตรวจสอบทุก ☐ 1 เดือน ☐ 3 เดือน ☐ 6 เดือน ☐ 9 เดือน ☐ 12 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตำแหน่งและสาเหตุ</u>

1. ในขดลวดสเตเตอร์

☐ **1.1** ความร้อนทำให้ความแข็งแรงของวัสดุประสานฉนวนกับขดลวดลดลงและเมื่อได้รับความร้อนสูงอัตราการขยายตัวที่แตกต่างกันของฉนวนและขดลวดตัวนำทำให้ฉนวนหลุดล่อนออกจากผิวตัวนำ

☐ **1.2** ความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเช่นการสลายตัวของโมเลกุลทำให้ ความแข็งแรงระหว่างชั้นไมก้าและอีพ็อกซี่ลดลงจนเกิดรอยแยก

☐ **1.3** โพรงอากาศเป็นความบกพร่องในฉนวนที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต

☐ **1.4** ความร้อนทำให้ อีพ็อกซี่เปราะและเมื่อได้รับความเครียดทางกลทำให้เกิดรอยแตกในเนื้อฉนวน

2. ระหว่างผิวฉนวนและสล็อต

☐ **2.1** ชั้นวัสดุกึ่งตัวนำหลุดล่อนหรือชำรุดเนื่องจากการขัดสีระหว่างผิวฉนวนกับสล็อต

3. บริเวณส่วนพ้นร่อง

☐ **3.1** เกิดจากความสกปรกที่ผิวฉนวนบริเวณส่วนพ้นร่อง ผิวฉนวนที่สกปรกและชื้นจะนำกระแสไฟฟ้าได้ทำให้ไม่มีแรงดันตกคร่อมแต่แรงดันที่เหลือจะไปตกคร่อมบริเวณที่แห้งทำให้ความเข้มสนามไฟฟ้าบริเวณนั้นสูงจนเกิดการปล่อยประจุบางส่วน

ผู้ทำการประเมิน

…………………….……….

( )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บทสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

คุณสุรพล พุธวัฒนะ
วิศวกรระดับ 10 กองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมอเตอร์
ฝ่ายบำรุงรักษาไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

(ผู้เชี่ยวชาญ) Partial Discharge ชนิดฉาบเรียบมาคำนวนสภาพฉนวน มุ่งที่เป็น Solid insulation หรือเป็นฉนวนแข็งเรา ยังไม่ได้เอาสภาพPartial Dischargeที่เป็น Liquid insulation มาประยุกต์ และดูว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าชิ้นไหนที่ใช้ Liquid insulation บ้างส่วนใหญ่แล้ว Liquid insulation ใช้ทางด้านแก๊ซ

การตรวจสอบขึ้นอยู่กับการทำ Minor overhaul หรือการทำ PM(Preventive Maintenance) หรือไม่

(ผู้เชี่ยวชาญ) หากต้องการคำนวนสภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงโดยมุ่งที่ Critical component ที่วิกฤตที่สุด หากฉนวน Break down เมื่อไหร่อุปกรณ์นั้นก็จะ fail ไปเลย การทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าในช่วง Major overhaul กับ Minor overhaul จะมี degree ในการทดสอบไม่เหมือนกัน ถ้า Major overhaul จะทดสอบ Parameter ทุกอย่าง ทั้งฉนวนทั้งโครงสร้าง หากเป็น Minor overhaul ส่วนใหญ่จะทดสอบแต่เพียงระบบฉนวนอย่างเดียว ระบบฉนวนที่จะยืนยันว่าอุปกรณ์นั้นพร้อมสำหรับการใช้งานต่อหรือไม่ และมีมาตรฐานต่างๆ ที่มากำหนดว่า Parameter ของระบบฉนวนนั้น ในทางทดสอบมีอะไรบ้าง อย่างแรกที่สุดก็คือ ความเป็นฉนวนนั้น อย่างที่สองคือความสูญเสีย

ข้อมูลพวกนี้สามารถคำนวนได้จากไหน

(ผู้เชี่ยวชาญ) ที่นี่ก็หาได้ เนื่องจากเราทำการทดสอบโรงไฟฟ้าทั่วประเทศ และของโรงไฟฟ้าเอกชนบางรายซึ่งจะเห็นว่ามีอุปกรณ์ในการทดสอบเป็นเครื่องมือทาง Parameter ส่วนหนึ่ง ที่อุปกรณ์ที่เป็น Solid insulation ดูว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่ใช้ง่ายไปนานๆ ความเสื่อมสภาพสัมพันธ์กับปริมาณ Partial discharge ที่เกิดขึ้น วิธีการวัด Partial discharge แบบ offline หรือแบบ online ขณะเดินเครื่องปกติ การวัดปริมาณ Partial discharge มีหลายแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1 วัดปริมาณ warning ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

2 วัดความแรง น้ำหนัก ส่วนใหญ่จะเป็นโวลต์

ในเครื่องมือเดียวกันจะแยกเป็นปริมาณและมุมที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกันแรงดันไฟฟ้า ความแรงที่เกิดขึ้น และรูปแบบที่เกิดขึ้น วัดเพียงครั้งเดียวจะได้ข้อมูลทั้งหมด แล้วเรามาแยกแยะเองว่าจะใช้ส่วนไหน ส่วนใหญ่จะวัดภาพรวม หรือปริมาณที่เกิด หากมากจะวัดว่าแค่ไหนที่จะถึงขั้นที่เสื่อมสภาพ

ปริมาณ q-m ที่วัดมาได้ในสมัยก่อนเราก็ทำ เราวัดในปริมาณ Normalize หรือ mqm Normalize Quality ปริมาณที่แท้จริงเราวัดในรูปของลม ในการวัดแบบ online ไม่สามารถวัดเป็นจำนวนลมได้ ต้องวัดเป็นจำนวน Pulse ว่ามีเท่าไหร่ และตั้งเป็น Normalize เมื่อเปรียบเทียบกับลมที่เกิดขึ้น และมีการตั้ง Criteria ว่าหากปริมาณน้อยกว่า 25% ก็ไม่ต้องสนใจ หาก 50% ก็ถือว่าต่ำหากขึ้นถึง 75% ก็ไม่ได้แล้ว

มี Performance test เกี่ยวกับ Generator บ้างไหม

(ผู้เชี่ยวชาญ) จะไม่มีการทดสอบทางด้าน Partial discharge แต่จะทดสอบทางด้าน Energy ความคุ้มกับพลังงานที่แผ่ออกมา ทางด้าน input output มาดูว่า จ่ายเท่านี้ได้เท่านี้

แล้วสำหรับ Overload test จะไม่ทำ

(ผู้เชี่ยวชาญ) จะทำต่อเมื่อต้องการดู

1. พิสูจน์ว่า insulator เมื่อใช้งานนานๆ แล้ว โครงสร้างสำคัญที่รับแรงดันไฟฟ้า ยังมีสภาพพร้อมที่จะใช้งานต่อหรือไม่

2 เมื่อเกิดการ trip ขึ้น จากโรงไฟฟ้าขนาด 200MW เมื่อ trip ขึ้นมา โครงสร้างที่จะรับแรงสะเทือนยังควบคุมอยู่ไหม และหากมีการ Trip ข้างนอก มี Surge เข้ามาไหม สูงไหม หาก insulator รับไม่ได้ถือว่าเสื่อมสภาพ และจะเอา Partial discharge มาดูด้วย แต่ Partial discharge จะใช้ดูสภาพความเสี่ยงเป็นหลัก ถ้าสภาพดีพอจะยืดอายุการใช้งาน

ในการ Commissioning test มี Test ตัวนี้ไหม

(ผู้เชี่ยวชาญ) จะไม่มีการTest แต่ใน factory test ต้องมีตามมาตรฐานการทดสอบขึ้นอยู่กับ IEC (Series34 เป็น Guide ในการผลิต) หรือ IEEE อันนี้เป็นขั้นตอนในการทำ เป็น High

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

light เท่านั้น ในการทำจริงจะมีขั้นตอนว่า Test 1 นาที 10 นาที มีความหมายยังไง Pick up test หมายถึงอะไร อันนี้เป็น Maintenance test เพื่อยืนยันว่าสภาพฉนวนพร้อมสำหรับใช้งานต่อไป ส่วน Assistance test เป็นการ test ระหว่าง Commissioning ช่วงหลังเราเพิ่ม Item ลงไปสำหรับคำนวนสภาพอุปกรณ์ด้วย

ต้องใช้ Parameter ตัวไหนในการตัดสินใจเพิ่มเติม

(ผู้เชี่ยวชาญ) บริษัท Iris ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่อง Partial discharge 40 กว่าปีมาแล้ว เริ่มทำที่โรงไฟฟ้าเขื่อนสิริกิติ์เมื่อตอนปี 2525 โดยหวังว่าเรา(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย) จะซื้อเครื่องมือเค้า แต่เราทำเองทั้งหมดเพียงแต่ไม่สวยเท่าเค้า ปัจจุบันที่เรามีปัญหาอยู่ คือ เราประเมินสภาพฉนวนคลาดเคลื่อนไป เราเอาปริมาณ mqm เป็นหลัก ไม่ว่าจะวัดในรูปของหน่วยอะไรก็ตาม เช่นวัดของเขื่อนสิริกิติ์เมื่อปีที่แล้ว มาปีนี้วัดที่ Partition เดิม ปรากฏว่ามันเพิ่มขึ้น พวกนี้จะมีกำหนดเวลา 5 ปี เราจะมีโอกาส Overhaul ใหม่ เราดูสภาพฉนวน

ของเราที่มีปัญหาคือโรงพลังน้ำเท่านั้นใช่ไหม กับ Combined มีไหม

(ผู้เชี่ยวชาญ) เคยเจอที่โรงไฟฟ้าลานกระบือเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่เราไม่ได้ทำการวัด Partial Discharge

มีการวัดของโรงพลังความร้อนไหม

(ผู้เชี่ยวชาญ) ของ Block ใหม่มีแล้ว ของ Combined ราชบุรี มีแล้ว แต่ว่าปริมาณ Partial discharge ที่วัดได้ หน่วยของแต่ละเครื่องมือไม่เหมือนกัน เอามาเทียบกันไม่ได้ ของบริษัท Iris ใช้ C ขนาด80pF เค้าประเมินแล้วว่าใช้ได้ทั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำ และพลังความร้อนขนาดใหญ่ สุดท้ายก็คือ Bandwidth ที่ประเมินแล้วว่ารับได้ (เป็น nanosec) ปัจจุบันเค้าจะเพิ่ม Bandwidth เป็น 100 ถึง 1000 แล้วมาแยก Noise ออกโดยตัว Softwave ของ Partial discharge เกิดระหว่างฉนวนกับทองแดง ระหว่างที่ผิวฉนวนกับตัว ground การเกิด breakdown คือการที่ฉนวนรับแรงดันที่ค่าๆ หนึ่ง ที่มีการกำหนดไว้ ตัว voltage ที่ distribute ไปจะมีค่าไม่เท่ากัน ถ้าตัว air gap มีค่าไม่ถึง 20 โวลต์ก็ Breakdown ได้แล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนนี้ก็ติดตามดูว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

(ผู้เชี่ยวชาญ) อันนี้เป็นอันหนึ่งในการประเมินสภาพทั่วๆ ไป อันที่สองก็คือว่าเค้าเอาลักษณะ Pattern ที่วัดได้ 3-4 มิติ ซึ่งจะดูว่าเกิดที่มุมไหน เช่นหากเกิดที่ Voltage สูงๆ ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นลักษณะที่ว่ามันพร้อมที่จะ breakdown ได้ ตรงกลางอาจจะไม่ค่อยมี หรือเกิดที่ตัวเนื้อฉนวนกับทองแดงข้างใน เป็น gap อยู่ข้างในก็ได้ อันนี้จะเป็น Pattern ที่เขาเอาไปพิสูจน์ได้ ว่า Pattern แบบนี้หมายถึงอะไร

ในการแก้ไข เราจะเปลี่ยนเลย หรือว่าซ่อมแซม

(ผู้เชี่ยวชาญ) เราจะไม่ซ่อม แต่จะมีลักษณะในการวัด Partial discharge บางส่วนที่สามารถเอามาแปลความหมายและซ่อมแซมได้ ส่วนมากเป็นด้านนอกที่สามารถแก้ไขได้ ด้านในแก้ไขไม่ได้

ในการ Check แบบ on line จะมีความร้อนที่เกิดขึ้นด้วยหรือไม่

(ผู้เชี่ยวชาญ) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้งานจริง เกิดที่ทองแดง และจะคายความร้อนออกมา หากการ Cooling ไม่ดี ฉนวนก็จะร้อนได้ เราพิสูจน์แล้วว่า Partial discharge แปรผันโดยตรงกับความร้อนที่เกิดขึ้น ถ้าร้อนมากปริมาณ gap ที่เกิดขึ้นก็เปลี่ยนแปลงไป ในเบื้องต้นอาจจะไม่มี gap หรือมีน้อย แต่ความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง พอเย็นจะหดตัวลง ตัวฉนวนจะขยายตัวไม่เท่ากันอยู่แล้ว ฉนวนกับทองแดงจะเริ่มแยก อุณหภูมิต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะช่วยเร่งให้เกิด gap ขึ้นมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

TEST REPORT

Customer : ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND

Subject : RATCHABURI THERMAL POWER PLANT UNIT- 1

Article : 990MVA STEAM TURBINE GENERATOR
[Final Stage]

Maker's order No. : AD3301

Machine No. : 96AD3301

Date Tested : Apr. 16/17, 1998

Inspection and Test Plan : GAE-CY-E802

Test Procedure No. : ART - T - 3551

EGAT Mr. CHANWIT PINIJSETAWONG
Mr. PRASERT NGAMSAP
Mr. CHAKRIT PHUSITAPORN
Ms. KANNIKA ANUSITHAKUL

OMIC Mr. TAKAHASHI

Witnessed by : WITNESSED
REVIEWED BY H. Takahashi
16-18/4/98 OMIC

Signed T. Shimazu
T. SHIMAZU Manager

ROTATING APPARATUS DEPARTMENT 1 , QUALITY ASSURANCE SECTION
ENERGY AND INDUSTRIAL SYSTEMS CENTER
MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION , JAPAN

Test Report No. : 98AD330102

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

— Contents —

[Note] The test items with * mark show the witness test items.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1. <u>Name Plate Marking</u>

WATER COOLED TURBINE GENERATOR

STANDARD	ANSI C50	
kVA RATING	990000	kVA
TERMINAL VOLTAGE	24000	V
LINE CURRENT	23816	A
POWER FACTOR	85	%
NO. OF PHASE	3	
FREQUENCY	50	Hz
NORMAL SPEED	3000	rpm
H_2 PRESSURE	5.0	barg
TYPE	MB - K	
RATING	CONTINUOUS	
INSULATION CLASS	F	
EXCITER VOLTAGE	650	V
FIELD CURRENT	6405	A (ได้จากการ TEST)
SERIAL NO.	96AD3301	
DATE	APR. 1998	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
2. Resistance Measurement of Armature (Stator) and Field (Rotor) Windings (1) Stator coil	(1 ±0.1)×Designed Value Designed Value at 75 ℃ *Stator coil 0.001275 Ω/Phase	Good
(2) Rotor coil	*Rotor coil 0.0891 Ω at 75℃	Good
	Witnessed by WITNESSED ~~REVIEWED~~ BY V. Noda Mar. 25. '98 OMIC OMIC MR. NODA	

(1) Stator coil

Date: Mar. 25, 1998

Phase	Measured value (Ω)	Temp. of coil (℃)	Resistance at 75℃ (Ω)
U − X	0.000987	11.7	0.001241
V − Y	0.000987		0.001241
W − Z	0.000987		0.001241

(2) Rotor coil

Date: Mar. 25, 1998

Measured value (Ω)	Temp. of coil (℃)	Resistance at 75℃ (Ω)
0.0683	11.7	0.0859

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

3. Measurement of Insulation Resistance of Armature (Stator) and Field (Rotor) Winding

(1)Stator Winding

(a)Before cooling water is supplied to the stator coil   Date: Mar. 11, 1998

Phase	Measured value (MΩ)		Temp. of Coil (℃)	Megger
	Before Dielectric Test	After Dielectric Test		
T1	> 2000	> 2000	12.0	1000 V
T2	> 2000	> 2000		
T3	> 2000	> 2000		

Weather : Rainy   Room Temp. : 12.0 (℃)   Humidity : 77 (%)

*Stator coil
(a)before water supply :
Not less than 150(MΩ)

Good

(b)After cooling water is supplied to the stator coil   Date: Apr. 17, 1998

Phase	Measured value (MΩ)		Temp. of Coil (℃)	Megger
	Before Dielectric Test	After Dielectric Test		
T1	0.5	0.5	44.0	1000 V
T2	0.5	0.5		
T3	0.5	0.5		

Weather : Fine   Room Temp. : 21 (℃)   Humidity : 53 (%)

*Stator coil
(b)after water supply :
Not less than 0.3(MΩ)

Good

(2)Rotor Winding   Date: Apr. 17, 1998

Measured value (MΩ)		Temp. of Coil (℃)	Megger
Before Dielectric Test	After Dielectric Test		
> 1000	> 1000	44.0	500 V

Weather : Fine   Room Temp. : 21 (℃)   Humidity : 53 (%)

*Rotor coil
Not less than 50 (MΩ)

Good

(3)Resistance Temperature Detector (RTD) for Stator Coil Temperature
[Detector No. #1p to #12s total 24 (double element)]   Date: Apr. 17, 1998

Detector No.	Measured value (MΩ)		Megger
	Before Dielectric Test	After Dielectric Test	
24 detectors	> 1000	> 1000	500 V

Weather : Fine   Room Temp. : 21 (℃)   Humidity : 53 (%)

*Temperature Detector
Not less than 10 (MΩ)

Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

4. Dielectric Test of Armature (Stator) and Field (Rotor) Windings

AC 60 Hz 1 Minute

(1) Stator Winding

Date: Apr. 17, 1998

Phase	Imposed Voltage (V)	Charging Current (A)	Result
T1	49000	4.4	Good
T2	49000	4.4	Good
T3	49000	4.4	Good

Weather : Fine Room Temp. : 21 (℃) Humidity : 53 (%)

Criteria: Withstanding the test voltage — Judgement: Good

(2) Rotor Winding

Date: Apr. 17, 1998

Imposed Voltage (V)	Charging Current (A)	Result
5300	1.66	Good

Weather : Fine Room Temp. : 21 (℃) Humidity : 53 (%)

Criteria: Withstanding the test voltage — Judgement: Good

(3) Resistance Temperature Detector (RTD) for Stator Coil Temperature
[Detector No. #1p to #12s total 24 (double element)]

Date: Apr. 17, 1998

Detector No.	Imposed Voltage (V)	Result
24 detectors	1500	Good

Weather : Fine Room Temp. : 21 (℃) Humidity : 53 (%)

Criteria: Withstanding the test voltage — Judgement: Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

5. Mechanical Balance [Vibration Measurement (up to rated speed)] Date: Apr. 17, 1998

H_2 pressure : 5.0 (barg) unit : 1/100 (mm p-p)

Speed (rpm)	Shaft Vibration				Bracket Vibration						Cold Gas Temp. (℃)	Bearing Lubricating Oil Temp. (℃)		
	Turbine side		Slipring side		Turbine side			Slipring side				Inlet	Outlet	
	Left	Right	Left	Right	H	V	A	H	V	A			Tu's	Sl's
3000	1.7	2.0	1.3	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	43.0	39.8	58.0	55.9
2500	1.7	1.4	0.5	1.0	1.0	0.2	0.4	0.7	0.5	0.5	41.9	39.3	54.5	53.0
2000	0.8	1.3	1.2	1.0	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	40.6	39.2	50.0	49.2
1950	0.8	1.2	1.2	1.0	0.5	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2	40.2	39.2	49.3	48.4
1500	0.8	0.9	1.1	1.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	39.4	39.1	46.3	45.9
1000	0.7	0.9	1.1.	1.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	38.3	38.7	43.2	42.8
700	0.6	1.2	1.9	3.8	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	37.7	38.4	41.2	40.9

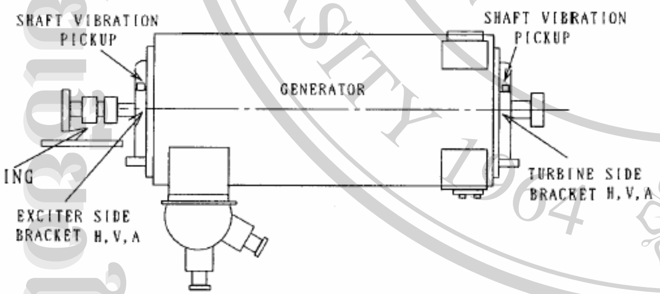
* Shaft Vibration :
View from Turbine side

*H : Horizontal direction
V : Vertical direction
A : Axial direction

*Tu's : Turbine side
Sl's : Slipring side

*1950rpm : Generator 2nd. critical speed
* 700rpm : Generator 1st. critical speed

《Location of vibration pickups》



Criteria:

Shaft vibration :
Not more than 5/100mm p-p for rated speed

Not more than 10/100mm p-p below rated speed

Judgement: Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
6. Open Circuit Saturation Curve Test — Date: Apr. 14, 1998	*Open Circuit Saturation : Field current at rated voltage (24000V) : (1 ±0.1)×Designed value *Designed value : 2070(A)	Good
7. Residual Voltage Measurement and Phase Sequence Check	*Phase Sequence : Same as SPEC. SPEC. :T1, T2, T3 from Right side Viewed from Slipring side	Good
8. Voltage Balance Check (at rated voltage)	*Voltage balance : unbalance factor : Not more than 5 (%)	Good

6. Open Circuit Saturation Curve Test   Date: Apr. 14, 1998

Terminal Voltage (V)	Field Current (A)	Rotating Speed (rpm)
3000	200	3000
6000	408 (408)	3000
9000	604	3000
12000	808 (808)	3000
15000	1032	3000
18000	1272 (1272)	3000
20000	1452	3000
22000	1720	3000
24000	2080 (2080)	3000
26000	2600	3000
28000	3368	3000
28800	3792 (3792)	3000

[Note] The datas with ( ) mark show the witness test datas carried out on Apr. 17, 1998.

7. Residual Voltage Measurement and Phase Sequence Check

Residual Voltage : 151 (113) (V)

T1, T2, T3 from Right (Right) side (viewed from Slipring side)

Rotor Rotating Direction : Counterclockwise (viewed from Slipring side)

8. Voltage Balance Check (at rated voltage)

Phase	Voltage (V)
T1 – T2	24000 (24000)
T2 – T3	24000 (24000)
T3 – T1	24000 (24000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
9. Short Circuit Saturation Curve Test (Three Phase Short Circuit Saturation Curve)		

Date: Apr. 15, 1998

Line Current (A)	Field Current (A)	Rotating Speed (rpm)
23816	3912 (3912)	3000
21000	3440	3000
18000	2940 (2940)	3000
15000	2472	3000
12000	1952 (1952)	3000
9000	1464	3000
6000	968 (968)	3000
3000	480	3000

*Short Circuit Saturation :

Field current at rated current (23816A) :
(1 ± 0.1) × Designed value

*Designed value : 3860 (A)

Good

Current Balance Check (at Rated Current)

Phase	Current (A)
T1	23700 (23700)
T2	23700 (23700)
T3	23700 (23700)

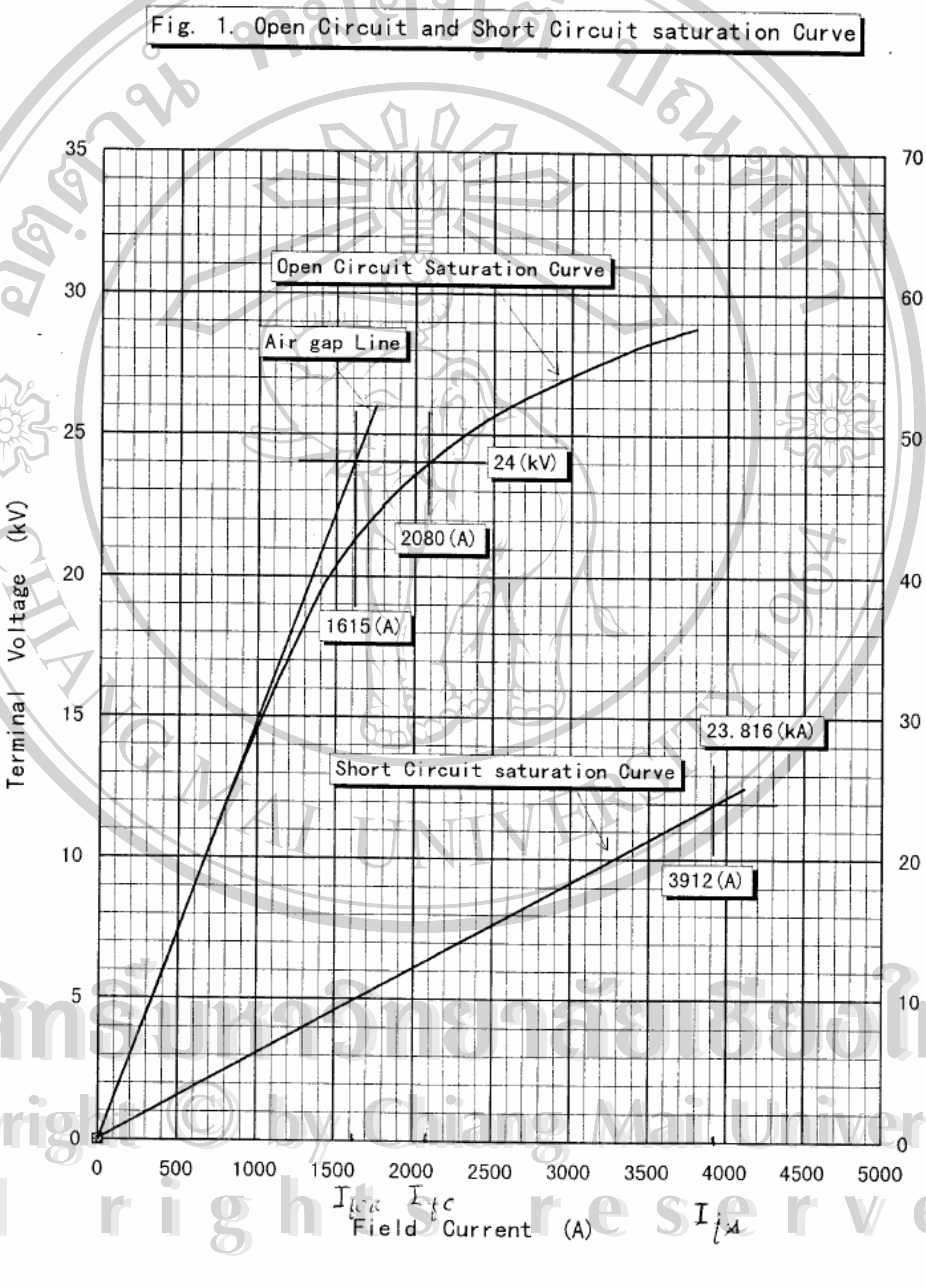
*Current balance :

Unbalance factor :
Not more than 5 %

Good

[Note] The datas with ( ) mark show the witness test datas carried out Apr. 16, 1998.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
10. Calculation of Short Circuit Ratio and Direct Axis Synchronous Impedance Date: Apr. 14/15, 1998 (1) Short Circuit Ratio (S.C.R.) $\text{S.C.R.} = \frac{I_{fo}}{I_{fs}} = \frac{2080\ (2080)}{3912\ (3912)} = \underline{0.532\ (0.532)}$ (p.u) Ifo : Field current at rated voltage on open circuit saturation curve Ifs : Field current at rated current (23816A) on three phase short circuit curve	＊Short Circuit Ratio : Not less than guaranteed value (990 MVA Base) ＊Guaranteed value : 0.50	Good
(2) Direct Axis synchronous Impedance (Xdu : unsaturated value) $X_{du} = \frac{I_{fs}}{I_{foa}} = \frac{3912\ (3912)}{1615\ (1615)} \times 100 = \underline{242.2\ (242.2)}$ (%) Ifoa : Field current at rated voltage on air gap line Ifs : Field current at rated current (23816A) on three phase short circuit curve X_d (saturated) $= \frac{1}{SCR} = 188.0\ \%$ [Note] The datas with ( ) mark show the witness test datas carried out Apr. 16/17, 1998.	＊Direct Axis Synchronous Impedance (unsaturated value Xdu) : (1±0.15)×designed value Designed value = 233.3 (%) (990 MVA Base)	Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

11. Temperature Rise Test by Equivalent Method

Final Temperatures (No.1)

Date: Apr.16/17,1998

			Core Loss Temp. Rise Test	Copper Loss Temp. Rise Test
Rotating Speed		rpm	3000	3000
Generator Terminal Voltage		V	24000	0
Generator Line Current		A	0	23816
Generator Field Current		A	2080	3912
Generator Field Voltage		V	162	319
Hydrogen Gas Pressure		barg	5.0	5.0
Hydrogen Gas Purity		%	98	98
Cold Gas Temp. (Cooler Outlet Temp.)	#31	℃	43.0	43.5
	#32	℃	43.4	43.3
	Average	℃	43.2	43.4
Warm Gas Temp. (Cooler Intlet Temp.)	#33	℃	51.8	56.5
Stator Coil Temp.	# 1p/# 1s	℃	49.0 / 49.1	60.5 / 61.1
	# 2p/# 2s	℃	47.2 / 47.3	57.7 / 58.3
	# 3p/# 3s	℃	51.1 / 51.2	66.0 / 66.4
	# 4p/# 4s	℃	47.4 / 47.4	57.4 / 58.0
	# 5p/# 5s	℃	49.2 / 49.0	60.1 / 60.8
	# 6p/# 6s	℃	47.2 / 47.3	57.2 / 57.6
	# 7p/# 7s	℃	50.9 / 51.2	66.4 / 67.1
	# 8p/# 8s	℃	49.0 / 49.1	59.6 / 60.6
	# 9p/# 9s	℃	49.1 / 49.6	59.3 / 60.7
	#10p/#10s	℃	47.9 / 47.5	57.2 / 58.2
	#11p/#11s	℃	50.9 / 50.9	66.3 / 67.1
	#12p/#12s	℃	51.1 / 51.4	66.8 / 67.4
Rotor Coil Temp.		℃	45.8	59.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

11. Temperature Rise Test by Equivalent Method

Final Temperatures (No. 2)

Date: Apr. 16/17, 1998

				Core Loss Temp. Rise Test	Copper Loss Temp. Rise Test
Stator Coil Cooling Water Temp.	Inlet	#243	℃	45.8	45.8
	Outlet	#240	℃	46.1	73.8
		#241	℃	46.1	73.7
		#242	℃	46.1	73.8
Stator Coil Cooling Water Outlet Temp.	Slot No. 1	#141/#142	℃	46.4 / 46.4	63.3 / 71.3
	Slot No. 2	#143/#144	℃	46.5 / 46.4	65.1 / 71.5
	Slot No. 3	#145/#146	℃	46.8 / 46.8	70.0 / 71.0
	Slot No. 4	#147/#148	℃	46.4 / 46.4	68.8 / 68.7
	Slot No. 5	#149/#150	℃	46.5 / 46.4	71.0 / 68.5
	Slot No. 6	#151/#152	℃	46.9 / 46.1	69.4 / 73.3
	Slot No. 7	#153/#154	℃	46.9 / 46.3	70.6 / 72.9
	Slot No. 8	#155/#156	℃	47.1 / 46.6	68.4 / 68.2
	Slot No. 9	#157/#158	℃	46.6 / 46.1	66.5 / 69.9
	Slot No. 10	#159/#160	℃	46.8 / 46.2	68.7 / 69.6
	Slot No. 11	#161/#162	℃	46.7 / 46.3	68.4 / 71.4
	Slot No. 12	#163/#164	℃	46.8 / 46.1	69.5 / 69.8
	Slot No. 13	#165/#166	℃	46.9 / 46.1	73.7 / 69.9
	Slot No. 14	#167/#168	℃	46.7 / 46.0	69.7 / 71.1
	Slot No. 15	#169/#170	℃	46.7 / 46.2	69.3 / 70.3
	Slot No. 16	#171/#172	℃	46.9 / 46.3	67.5 / 68.3
	Slot No. 17	#173/#174	℃	47.0 / 46.1	67.7 / 73.3
	Slot No. 18	#175/#176	℃	46.9 / 46.4	71.0 / 73.4
	Slot No. 19	#177/#178	℃	46.7 / 46.0	69.1 / 69.1
	Slot No. 20	#179/#180	℃	46.7 / 46.0	72.8 / 67.5
	Slot No. 21	#181/#182	℃	46.7 / 45.8	70.1 / 68.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
11. Temperature Rise Test by Equivalent Method		

Final Temperatures (No. 3)

Date: Apr. 16/17, 1998

				Core Loss Temp. Rise Test	Copper Loss Temp. Rise Test
Stator Coil Cooling Water Outlet Temp.	Slot No. 22	#183/#184	℃	46.4 / 45.6	70.5 / 63.3
	Slot No. 23	#185/#186	℃	46.4 / 45.5	69.6 / 69.1
	Slot No. 24	#187/#188	℃	46.4 / 45.9	70.1 / 58.6
	Slot No. 25	#189/#190	℃	46.7 / 45.7	68.9 / 68.9
	Slot No. 26	#191/#192	℃	46.4 / 45.8	70.2 / 64.5
	Slot No. 27	#193/#194	℃	46.6 / 45.8	69.8 / 70.4
	Slot No. 28	#195/#196	℃	46.6 / 46.1	70.0 / 68.4
	Slot No. 29	#197/#198	℃	46.1 / 46.0	69.9 / 59.6
	Slot No. 30	#199/#200	℃	46.6 / 46.0	64.6 / 68.0
	Slot No. 31	#201/#202	℃	46.6 / 46.4	68.7 / 70.4
	Slot No. 32	#203/#204	℃	47.0 / 46.5	65.7 / 71.7
	Slot No. 33	#205/#206	℃	46.9 / 46.6	69.9 / 71.8
	Slot No. 34	#207/#208	℃	46.1 / 45.8	64.7 / 70.1
	Slot No. 35	#209/#210	℃	46.1 / 45.9	67.8 / 71.4
	Slot No. 36	#211/#212	℃	46.2 / 46.3	67.1 / 69.7
	Slot No. 37	#213/#214	℃	46.5 / 46.7	67.2 / 68.3
	Slot No. 38	#215/#216	℃	46.5 / 46.3	65.5 / 74.2
	Slot No. 39	#217/#218	℃	45.7 / 46.0	57.6 / 70.3
	Slot No. 40	#219/#220	℃	46.1 / 46.0	66.0 / 69.8
	Slot No. 41	#221/#222	℃	46.2 / 46.3	58.5 / 69.7
	Slot No. 42	#223/#224	℃	46.0 / 46.3	61.3 / 69.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
11. Temperature Rise Test by Equivalent Method (continued)		

Final Temperatures (No.4)

Date: Apr.16/17, 1998

			Core Loss Temp. Rise Test	Copper Loss Temp. Rise Test
Stator Coil Cooling Water Flow		ℓ/min	1480	1480
Stator Coil Cooling Water Conductivity		μS/cm	0.4	0.3
Stator Coil Cooling Water Differential Pressure		barg	1.8	1.8
H_2 Gas Cooler Cooling Water Flow		t/h	80	130
H_2 Gas Cooler Cooling Water Inlet Temp.		℃	17.3	20.4
H_2 Gas Cooler Cooling Water Outlet Temp.	①	℃	37.2	37.4
	②	℃	42.0	43.2
	③	℃	42.1	43.5
	④	℃	36.9	36.9
Bearing Oil Inlet Pressure		barg	1.39	1.36
Bearing Oil Inlet Temp.		℃	39.8	39.7
Bearing Oil Outlet Temp — Turbine side	#51p/#51s	℃	58.3 / 58.3	58.3 / 58.3
Bearing Oil Outlet Temp — Slipring side	#52p/#52s	℃	56.2 / 56.3	56.4 / 56.4
Bearing Metal Temp. — Turbine side	#259p/#259s	℃	63.7 / 63.6	63.5 / 63.4
	#260p/#260s	℃	59.3 / 59.3	59.1 / 59.1
Bearing Metal Temp. — Slipring side	#261p/#261s	℃	62.4 / 62.4	62.3 / 62.3
	#262p/#262s	℃	58.6 / 58.7	58.5 / 58.5
Seal Oil Pressure (at Seal Ring)	Turbine side	barg	5.9	5.9
	Slipring side	barg	5.9	5.9
Seal Oil Flow (Air side)		ℓ/min	120	122
Seal Oil Flow (H2 side)		ℓ/min	43	44
Seal Oil Inlet Temperature (Air side)		℃	42.2	42.0
Seal Oil Inlet Temperature (H2 side)		℃	40.1	40.0
Room Temperature		℃	23.0	22.5

Criteria

《Location of Thermometer》
(1)Cooling Water Outlet

Turbine side ①②③④ Exciter side

＊Bearing Oil Outlet Temp.:
Limit 77 ℃
＊Bearing Metal Temp.:
Limit 107 ℃

Judgement: Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
11. Temperature Rise Test by Equivalent Method (continued)		
Date: Apr. 16/17, 1998		
*Calculation of Temperature Rise at Rated Load Condition		
(1) Stator Coil (Ts) (Maximum detector = #12s) หน้า 12	Temp. Rise Limit at Rated	
Ts = (Core Loss Temp. Rise) + (Copper Loss Temp. Rise)	Load (Base Tmp. = 50 ℃)	
= (Final Temp. − Cooling Water Inlet Temp.) + (Final Temp. − Cooling Water Inlet Temp.)		
= (51.4 − 45.8) + (67.4 − 45.8) = 27.2 (℃)	Stator Coil : 50 (℃)	
หน้า 12 หน้า 13 หน้า 12 หน้า 13		
(2) Stator Coil Cooling Water Outlet (Taw) (Maximum detector = #165) หน้า 13	Stator Coil Cooling Water Outlet : 50 (℃)	Good
Taw = (Core Loss Temp. Rise) + (Copper Loss Temp. Rise)		
= (Final Temp. − Cooling Water Inlet Temp.) + (Final Temp. − Cooling Water Inlet Temp.)		
= (46.9 − 45.8) + (73.7 − 45.8) = 29.0 (℃)		
(3) Rotor Coil (Tr)	Temp. Rise Limit at Rated	
Tr = (Copper Loss Temp. Rise) × $\left(\frac{\text{* Field Current at Rated Load (In)}}{\text{Field Current at Copper Loss Test (Ic)}} \right)^2$	Load (Base Tmp. = 37.8(℃)	
= (Final Temp. − Cold Gas Temp.) × $\left(\frac{In}{Ic} \right)^2$ (ATTACHMENT "I")	Rotor Coil : 72.2 (℃)	
= (59.4 − 43.4) × $\left(\frac{6405}{3912} \right)^2$ = 42.9 (℃) หน้า 12 หน้า 12		
* Rated load = 990 (MVA)		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

12. Measurement of segregated losses and calculation of efficiency * OUTPUT POWER OF INDUCTION MOTOR = $P \times (1-S)$ $= P \times (1 - \frac{N_S - N}{N_S}) = P \times (1 - \frac{1800-1690}{1800}) = P \times 0.939$

(1) Core Loss and Mechanical Loss Measurement

ATTACHMENT "E" PAGE 2

Date: Apr. 14, 1998

Hydrogen Gas Pressure	Rotating Speed	Generator Terminal Voltage	Driving Motor (DC Motor) Terminal Voltage	Armature Current	Input Power ①	Core loss + Load Loss ②	Input − Loss ③ =①−②	Driving Motor (Induction Motor) Terminal Voltage	Line Current	Input Power ④	Core Loss + Load Loss ⑤	Input − Loss ⑥ =④−⑤	*⑥ × (1 − s) = ⑦	Driving Unit Mechanical Loss ⑧	Generator Input ⑨=③+⑦−⑧	Mechanical Loss ⑩	Core Loss ⑨−⑩
barg	rpm	kV	V	A	kW	kW	kW	V	A	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
5.0	3000	24.0	600	1000	600	20	580	6512	457	3766	75	3691	3465	431	3614	2813	801
5.0	3000	24.0	600	1000	600	20	580	6579	451	3769	75	3694	3468	431	3617	2803	814
5.0	3000	20.0	600	1000	600	20	580	6523	445	3484	75	3409	3201	431	3350	2813	537
5.0	3000	15.0	600	1000	600	20	580	6555	435	3240	74	3166	2973	431	3122	2813	309
5.0	3000	10.0	600	1000	600	20	580	6530	428	3087	74	3013	2829	431	2978	2813	165
5.0	3000	5.0	600	1000	600	20	580	6568	412	2987	73	2914	2736	431	2885	2813	72
5.0	3000	0.0	600	1000	600	20	580	6490	405	2908	71	2837	2664	431	2813	2813	0
5.0	3000	0.0	600	1000	600	20	580	6586	403	2900	73	2827	2654	431	2803	2803	0
4.0	3000	0.0	600	1000	600	20	580	6510	374	2553	70	2483	2331	431	2480	2480	0
3.0	3000	0.0	600	1000	600	20	580	6579	355	2197	70	2127	1997	431	2146	2146	0
2.0	3000	0.0	600	1000	600	20	580	6415	345	1837	66	1771	1663	431	1812	1812	0

MECHANICAL LOSS + CORE LOSS +

= WINDAGE + BEARING LOSS = MECHANICAL LOSS

[Note] The data with ░ mark show the witness test data carried out on Apr. 17, 1998.

ATTACHMENT "E" PAGE 1 TERMINAL VOLTAGE CORE LOSS ARMATURE CURRENT 1000A LOAD LOSS

DC Motor input = (D.C. Motor Terminal Voltage) × (D.C. Motor Armature Current) × 10^{-3}

DC Motor and Induction Motor Core Loss, Load Loss and Driving Unit Mechanical Loss = from MELCO's test data

s = slip of Induction motor : (1 − s) = 1690 / 1800 SPEED INDUCTION MOTOR GEN RATED SPEED

Generator Mechanical Loss = Generator input power when generator terminal voltage is zero.

Generator Core Loss = (Generator input at rated voltage) − (Generator input at zero voltage)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

12. Measurement of segregated losses and calculation of efficiency(continued)

(2) Load Loss Measurement

Date: Apr. 15, 1998

Hydrogen Gas Pressure	Rotating Speed	Generato Line Current	Driving Motor (DC Motor) Terminal Voltage	Armature Current	Input Power ①	Core loss + Load Loss ②	Input − Loss ③ =①−②	Driving Motor (Induction Motor) Terminal Voltage	Line Current	Input Power ④	Core Los + Load Loss ⑤	Input − Loss ⑥ =④−⑤	⑥ × (1 − s) = ⑦	Generator Load Loss ⑩=③+⑦ −(⑧+⑨)	Stator Coil Temp. t	Stator Coil Resistance	Stator Coil I2R Loss ⑪	Stray Load Loss ⑩−⑪
barg	rpm	A	V	A	kW	kW	kW	V	A	kW	kW	kW	kW	kW	℃	Ω	kW	kW
5.0	3000	23816	610	2000	1220	34	1186	6401	639	6145	91	6054	5684	3633	68.4	0.00364	2067	1566
5.0	3000	23816	610	2000	1220	34	1186	6510	634	6137	93	6044	5675	3629	69.1	0.00365	2071	1558
5.0	3000	18000	610	2000	1220	34	1186	6494	487	4443	77	4366	4099	2048	59.2	0.00353	1145	903
5.0	3000	12000	610	2000	1220	34	1186	6511	403	3214	72	3142	2950	899	49.0	0.00341	491	408
5.0	3000	6000	610	2000	1220	34	1186	6566	380	2496	71	2425	2277	226	40.7	0.00331	119	107
5.0	3000	0	610	2000	1220	34	⑧ 1186	6590	361	2255	70	2185	⑨ 2051	0	−	−	0	0
5.0	3000	0	610	2000	1220	34	1186	6637	382	2252	73	2179	2046	0	−	−	0	0

[Note] The data with ▒▒ mark show the witness test data carried out on Apr. 16, 1998.

Load loss = (DC Motor and Induction Motor output value at generator rated current) − (same value at zero current)

Stator Coil Resistance = $\dfrac{234.5 + t}{234.5 + 75}$ × [Stator coil resistance (three phase total) at 75 ℃)]

Stator Coil I^2R Loss = (Generator line current)^2 × [Stator coil resistance (three phase total)]

Stray Load Loss = (Load loss) − (Stator coil I^2R loss)

*The average value of stator coil cooling water outlet temp. is adopted as the stator coil temp. at load loss measurement.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
12. Measurement of segregated losses and calculation of efficiency	$\eta_o - 0.1 \times (100 - \eta_o)$ η_o : Guaranteed Efficiency	Good

12. Measurement of segregated losses and calculation of efficiency

(3) Efficiency calculation

*100% load = 990MVA, power factor = 0.85

Date: Apr. 14/15, 1998

Output	%	100	100	75	50	25
	kW	841500	841500	631125	420750	210375
H2 Gas Pressure	barg	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Power Factor	%	85	85	85	85	85
Terminal Voltage	V	24000	24000	24000	24000	24000
Line Current	A	23816	23816	17862	11908	5954
Field Current	A	6405	6405	5105	3935	2895
Field Voltage	V	552	552	441	340	251
Windage loss	kW	2013	2013	2013	2013	2013
Core Loss	kW	801	814	801	801	801
Stator Coil I2R Loss	kW	2112	2112	1188	528	132
Stray Load Loss	kW	1566	1558	890	400	105
Field Coil I2R Loss	kW	3536	3536	2251	1338	727
5% margin of above losses	kW	501	502	357	254	189
Total Loss	kW	10529	10535	7500	5334	3967
Input	kW	852029	852035	638625	426084	214342
Efficiency	%	98.76	98.76	98.83	98.75	98.15
Guranteed Efficiency	%	98.76	98.76	–	–	–

[Note] The data with ▒ mark show the witness test data carried out on Apr. 16/17, 1998.

[Note]

Total Loss = (Windage Loss) + (Core Loss) + (St. Coil I^2R Loss) + (Stray Load Loss) + (Field Coil I^2R Loss) + 5% margin

Stator Coil I^2R Loss = 3 × (Line Current)^2 × (St. Coil Resistance at 75℃)

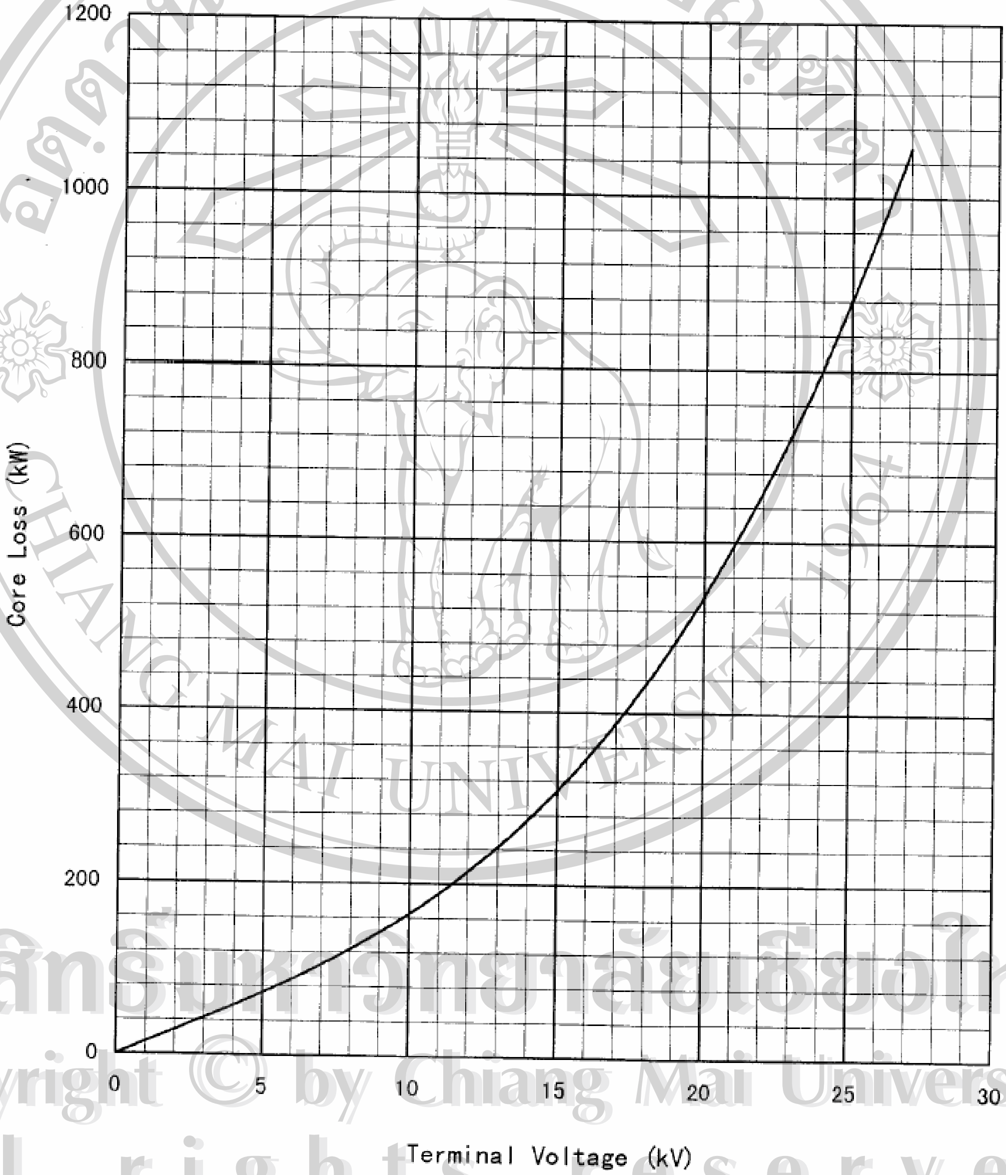
Field Voltage = (Field Current) × (Rt. Coil Resistance at 75℃) + 2

Field Coil I^2R Loss = (Field Voltage) × (Field Current)

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\ (\%)$$ (Output = MVA × power factor)

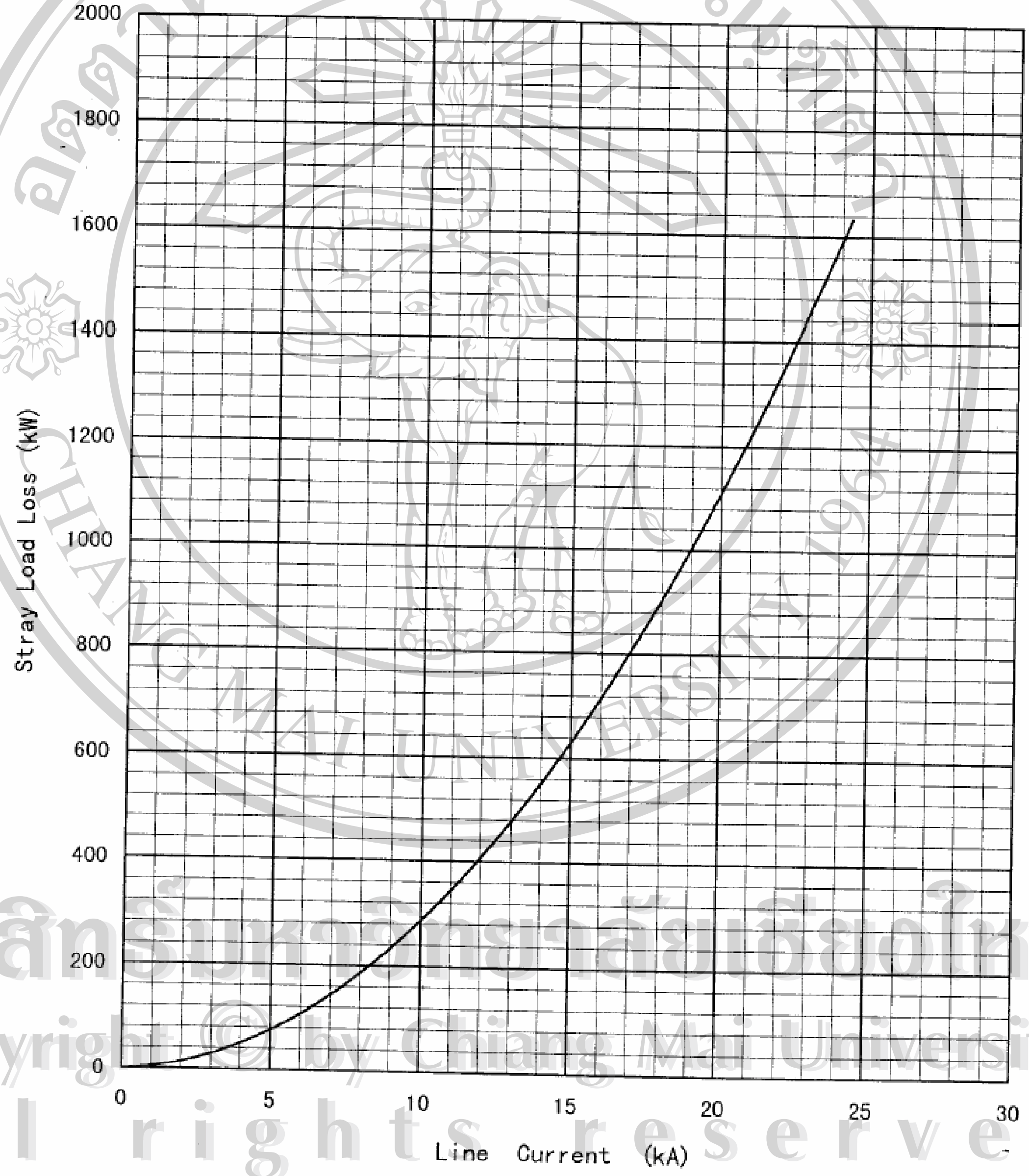
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Fig. 2. Core Loss Curve



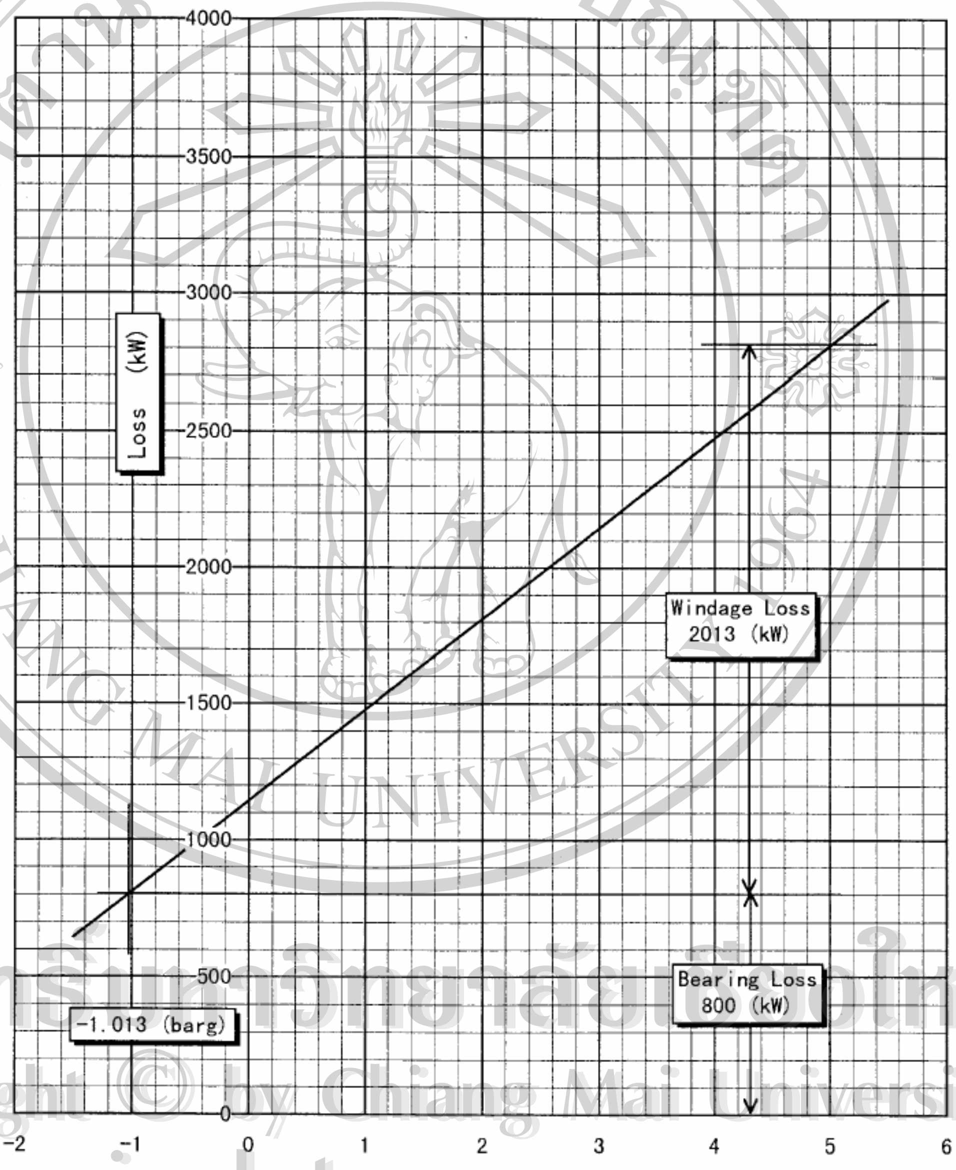
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Fig. 3 Stray Load Loss Curve



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Fig. 4. Mechanical Loss Curve



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

13. Harmonic Analysis of Open Circuit Terminal Voltage Wave and Measurement of T.I.F.

Date: Apr. 14, 1998

(1) Balanced TIF (Star Connection, Line to line) (No.1)
Fundamental Voltage = 24000 (V) 50 Hz

Frequency (Hz)	Voltage of Harmonic (dB)	Ei (V)	Ei (%)	Weighting Factor λ i	(%E i * λ i)^2
50	* 0	24000.00	100.0000	0.3	900.00
100	* -85	1.35	0.0056	8	0.00
150	-75	4.27	0.0178	14	0.06
200	-88	0.96	0.0040	50	0.04
250	-69	8.52	0.0355	110	15.25
300	-86	1.20	0.0050	225	1.27
350	-87	1.07	0.0045	380	2.92
400	* -88	0.96	0.0040	555	4.93
450	-88	0.96	0.0040	800	10.24
500	-88	0.96	0.0040	1085	18.84
550	-67	10.72	0.0447	1400	3916.26
600	-88	0.96	0.0040	1650	43.56
650	-66	12.03	0.0501	2200	12148.45
700	-89	0.85	0.0035	2450	73.53
750	-89	0.85	0.0035	3000	110.25
800	-89	0.85	0.0035	3500	150.06
850	-78	3.02	0.0126	3900	2414.74
900	-89	0.85	0.0035	4350	231.80
950	-82	1.91	0.0080	4700	1413.76
1000	* -89	0.85	0.0035	5000	306.25
1050	-89	0.85	0.0035	5300	344.10
1100	-89	0.85	0.0035	5450	363.86
1150	-89	0.85	0.0035	5700	398.00
1200	-89	0.85	0.0035	5850	419.23
1250	-88	0.96	0.0040	6000	576.00
1300	-89	0.85	0.0035	6150	463.33
1350	-89	0.85	0.0035	6300	486.20
1400	-89	0.85	0.0035	6400	501.76
1450	-88	0.96	0.0040	6600	696.96
1500	* -89	0.85	0.0035	6680	546.62

Frequency (Hz)	Voltage of Harmonic (dB)	Ei (V)	Ei (%)	Weighting Factor λ i	(%E i * λ i)^2
1550	-89	0.85	0.0035	6800	566.44
1600	-89	0.85	0.0035	6900	583.22
1650	-90	0.76	0.0032	7100	516.20
1700	-90	0.76	0.0032	7200	530.84
1750	-90	0.76	0.0032	7400	560.74
1800	-90	0.76	0.0032	7570	586.80
1850	-88	0.96	0.0040	7750	961.00
1900	-90	0.76	0.0032	8000	655.36
1950	-90	0.76	0.0032	8150	680.17
2000	* -90	0.76	0.0032	8400	722.53
2050	-78	3.02	0.0126	8550	11605.75
2100	-87	1.07	0.0045	8830	1578.87
2150	-78	3.02	0.0126	9000	12859.56
2200	-90	0.76	0.0032	9250	876.16
2250	-90	0.76	0.0032	9500	924.16
2300	-90	0.76	0.0032	9650	953.57
2350	-90	0.76	0.0032	9900	1003.62
2400	-90	0.76	0.0032	10100	1044.58
2450	-90	0.76	0.0032	10200	1065.37
2500	* -90	0.76	0.0032	10450	1118.23
2550	-90	0.76	0.0032	10550	1139.74
2600	-90	0.76	0.0032	10550	1139.74
2650	-90	0.76	0.0032	10510	1131.11
2700	-90	0.76	0.0032	10490	1126.81
2750	-90	0.76	0.0032	10380	1103.30
2800	-90	0.76	0.0032	10260	1077.94
2850	-90	0.76	0.0032	10130	1050.80
2900	-90	0.76	0.0032	9970	1017.87
2950	-90	0.76	0.0032	9800	983.45
3000	* -90	0.76	0.0032	9670	957.53

[Note] The data with * mark show the witness test data carried out on Apr. 17, 1998.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

13. Harmonic Analysis of Open Circuit Terminal Voltage Wave and Measurement of T. I. F.

Date: Apr. 14, 1998

(1) Balanced TIF (Star Connection, Line to line) (No. 2)
Fundamental Voltage = 24000 (V) 50 Hz

Frequency (Hz)	Voltage of Harmonic (dB)	Ei (V)	Ei (%)	Weighting Factor λ i	(%E i * λ i)^2
3050	-90	0.76	0.0032	9460	916.39
3100	-90	0.76	0.0032	9200	866.71
3150	-90	0.76	0.0032	8900	811.11
3200	-90	0.76	0.0032	8610	759.11
3250	-90	0.76	0.0032	8320	708.84
3300	-90	0.76	0.0032	8090	670.19
3350	-90	0.76	0.0032	7850	631.01
3400	-90	0.76	0.0032	7560	585.25
3450	-90	0.76	0.0032	7270	541.21
3500	* -90	0.76	0.0032	6960	496.04
3550	-90	0.76	0.0032	6690	458.30
3600	-90	0.76	0.0032	6430	423.37
3650	-90	0.76	0.0032	6200	393.63
3700	-90	0.76	0.0032	5870	352.84
3750	-90	0.76	0.0032	5450	304.15
3800	-90	0.76	0.0032	5080	264.26
3850	-90	0.76	0.0032	4700	226.20
3900	* -86	1.20	0.005	4400	484.00
3950	-90	0.76	0.0032	4080	170.46
4000	-90	0.76	0.0032	3810	148.64

Frequency (Hz)	Voltage of Harmonic (dB)	Ei (V)	Ei (%)	Weighting Factor λ i	(%E i * λ i)^2
4050	-90	0.76	0.0032	3580	131.24
4100	-90	0.76	0.0032	3350	114.92
4150	-90	0.76	0.0032	3160	102.25
4200	-90	0.76	0.0032	2960	89.72
4250	-90	0.76	0.0032	2780	79.14
4300	-90	0.76	0.0032	2570	67.63
4350	-90	0.76	0.0032	2330	55.59
4400	-90	0.76	0.0032	2130	46.46
4450	-90	0.76	0.0032	1950	38.94
4500	* -90	0.76	0.0032	1790	32.81
4550	-90	0.76	0.0032	1650	27.88
4600	-90	0.76	0.0032	1530	23.97
4650	-90	0.76	0.0032	1400	20.07
4700	-90	0.76	0.0032	1290	17.04
4750	-90	0.76	0.0032	1200	14.75
4800	-90	0.76	0.0032	1110	12.62
4850	-90	0.76	0.0032	1030	10.86
4900	-90	0.76	0.0032	950	9.24
4950	-90	0.76	0.0032	890	8.11
5000	* -90	0.76	0.0032	840	7.23

[Note] The data with * mark show the witness test data carried out on Apr. 17, 1998.

$$\text{Balanced TIF} = \frac{E(TIF)}{E\,rms} = \frac{\sqrt{(\%E_1 \times \lambda_1)^2 + \cdots\cdots + (\%Ei \times \lambda i)^2}}{E\,rms}$$

$$= \frac{\sqrt{87801.91}}{100} = 3.0$$

E rms : rms value of the voltage wave, in the same unit as E (TIF)

Criteria: Balanced TIF : Not more than 40

Judgement: Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

13. Harmonic Analysis of Open Circuit Terminal Voltage Wave and Measurement of T. I. F.

Date: Apr. 14, 1998

(2) Residual TIF (Star Connection, Line to Neutral)

Fundamental Voltage = 24000 / √3 (V) 50 Hz

Frequency (Hz)	Voltage of Harmonic (dB)	Ei (V)	Ei (%)	Weighting Factor λi	(%Ei*λi)^2
50	* 0	13856.41	100.0000	0.3	900.00
150	* -29	491.64	3.5481	14	2467.45
300	-80	1.39	0.0100	225	5.06
450	-71	3.91	0.0282	800	508.95
600	-88	0.55	0.0040	1650	43.56
750	-76	2.20	0.0159	3000	2275.29
900	* -88	0.55	0.0040	4350	302.76
1050	-86	0.69	0.0050	5300	702.25
1200	-89	0.49	0.0035	5850	419.23
1350	-83	0.98	0.0071	6300	2000.77
1500	-89	0.49	0.0035	6680	546.62
1650	-87	0.62	0.0045	7100	1020.80
1800	-89	0.49	0.0035	7570	701.99
1950	* -81	1.23	0.0089	8150	5261.33
2100	-81	1.23	0.0089	8830	6175.92
2250	-89	0.49	0.0035	9500	1105.56
2400	-89	0.49	0.0035	10100	1249.62

Frequency (Hz)	Voltage of Harmonic (dB)	Ei (V)	Ei (%)	Weighting Factor λi	(%Ei*λi)^2
2550	-90	0.44	0.0032	10550	1139.74
2700	* -85	0.78	0.0056	10490	3450.86
2850	-90	0.44	0.0032	10130	1050.80
3000	-90	0.44	0.0032	9670	957.53
3150	-90	0.44	0.0032	8900	811.11
3300	-85	0.78	0.0056	8090	2052.45
3450	* -90	0.44	0.0032	7270	541.21
3600	-88	0.55	0.004	6430	661.52
3750	-90	0.44	0.0032	5450	304.15
3900	-83	0.98	0.0071	4400	975.94
4050	-90	0.44	0.0032	3580	131.24
4200	* -89	0.49	0.0035	2960	107.33
4350	-90	0.44	0.0032	2330	55.59
4500	-83	0.98	0.0071	1790	161.52
4650	-90	0.44	0.0032	1400	20.07
4800	-89	0.49	0.0035	1110	15.09
4950	* -90	0.44	0.0032	890	8.11

[Note] The data with * mark show the witness test data carried out on Apr.17,1998.

$$\text{Residual TIF} = \frac{E(TIF)}{E\,rms} = \frac{\sqrt{(\%E_1 \times \lambda_1)^2 + \cdots\cdots + (\%Ei \times \lambda i)^2}}{E\,rms}$$

$$= \frac{\sqrt{37231.42}}{100} = 1.9$$

E rms : rms value of the voltage wave, in the same unit as E(TIF)

Criteria: Residual TIF : Not more than 30

Judgement: Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
14. Calculation of Deviation Factor of Open Circuit Terminal Voltage Wave (refer to attached wave form.)	Deviation Factor : Not more than 10 (%)	Good

Date: Apr. 14, 1998

Voltage : 24000 (V) (Line to line rated voltage) Frequency : 50 (Hz)

θ	Sinθ	h (mm)	h2 (mm)	Hom•Sinθ	|h-Hom•sinθ|
0	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.1736	10.60	112.36	10.73	0.13
20	0.3420	21.02	441.84	21.13	0.11
30	0.5000	30.78	947.41	30.90	0.12
40	0.6428	39.46	1557.09	39.72	0.26
50	0.7660	47.23	2230.67	47.33	0.10
60	0.8660	53.39	2850.49	53.51	0.12
70	0.9397	57.99	3362.84	58.06	0.07
80	0.9848	60.85	3702.72	60.85	0.00
90	1.0000	61.80	3819.24	61.79	0.01
100	0.9848	60.90	3708.81	60.85	0.05
110	0.9397	58.14	3380.26	58.06	0.08
120	0.8660	53.54	2866.53	53.51	0.03
130	0.7660	47.53	2259.10	47.33	0.20
140	0.6428	39.79	1583.24	39.72	0.07
150	0.5000	31.11	967.83	30.90	0.21
160	0.3420	21.36	456.25	21.13	0.23
170	0.1736	10.94	119.68	10.73	0.21
180	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00

h : Instantaneous value of actual wave Hom : Peak value of equivalent sine wave

$$\text{Hom} = \sqrt{\frac{2}{18}\,\Sigma h^2} = \sqrt{\frac{2}{18} \times 34366.36} = \underline{61.79}$$

$$\text{Deviation factor} = \frac{|h - \text{Hom}\cdot\sin\theta|\ \text{max}}{\text{Hom}} \times 100 = \frac{0.26}{61.79} \times 100 = \underline{0.4}\ (\%)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
14. Calculation of Deviation Factor of Open Circuit Terminal Voltage Wave (Witness Test) (refer to attached wave form.)	Deviation Factor : Not more than 10 (%)	Good

Date: Apr. 17, 1998

Voltage : 24000 (V) (Line to line rated voltage) Frequency : 50 (Hz)

θ	Sin θ	h (mm)	h2 (mm)	Hom•Sin θ	|h-Hom•sin θ|
0	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.1736	10.69	114.28	10.71	0.02
20	0.3420	21.09	444.79	21.10	0.01
30	0.5000	30.84	951.11	30.85	0.01
40	0.6428	39.49	1559.46	39.65	0.16
50	0.7660	47.23	2230.67	47.25	0.02
60	0.8660	53.35	2846.22	53.42	0.07
70	0.9397	57.90	3352.41	57.97	0.07
80	0.9848	60.75	3690.56	60.75	0.00
90	1.0000	61.70	3806.89	61.69	0.01
100	0.9848	60.80	3696.64	60.75	0.05
110	0.9397	58.00	3364.00	57.97	0.03
120	0.8660	53.40	2851.56	53.42	0.02
130	0.7660	47.39	2245.81	47.25	0.14
140	0.6428	39.66	1572.92	39.65	0.01
150	0.5000	30.97	959.14	30.85	0.12
160	0.3420	21.23	450.71	21.10	0.13
170	0.1736	10.82	117.07	10.71	0.11
180	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00

h : Instantaneous value of actual wave Hom : Peak value of equivalent sine wave

$$\mathrm{Hom} = \sqrt{\frac{2}{18}\,\Sigma h^2} = \sqrt{\frac{2}{18} \times 34254.24} = \underline{61.69}$$

$$\text{Deviation factor} = \frac{|h - \mathrm{Hom}\cdot\sin\theta|\ \max}{\mathrm{Hom}} \times 100 = \frac{0.16}{61.79} \times 100 = \underline{0.3}\ (\%)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Fig.5 Voltage wave form

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

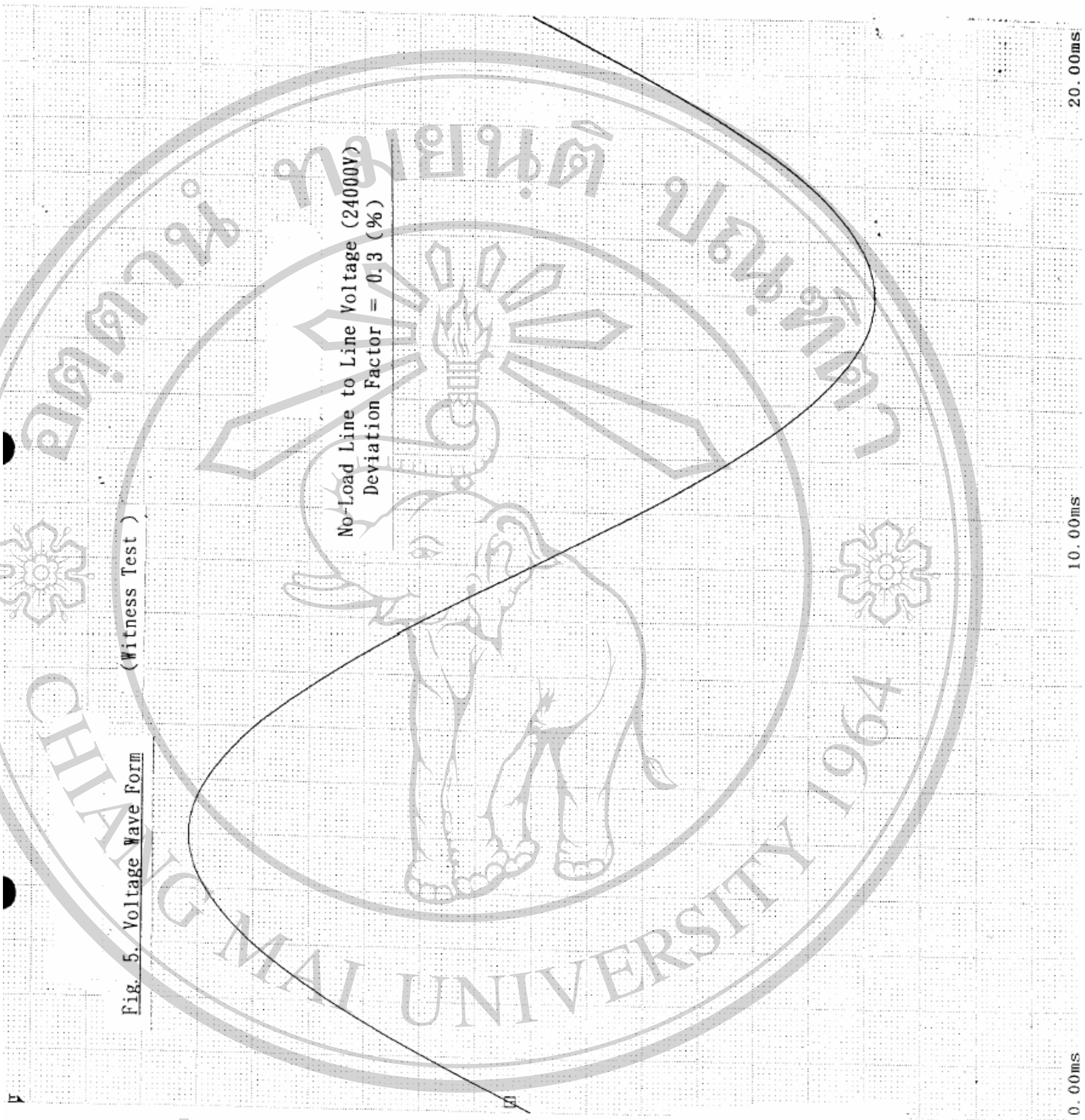


Fig. 5. Voltage Wave Form

(Witness Test)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

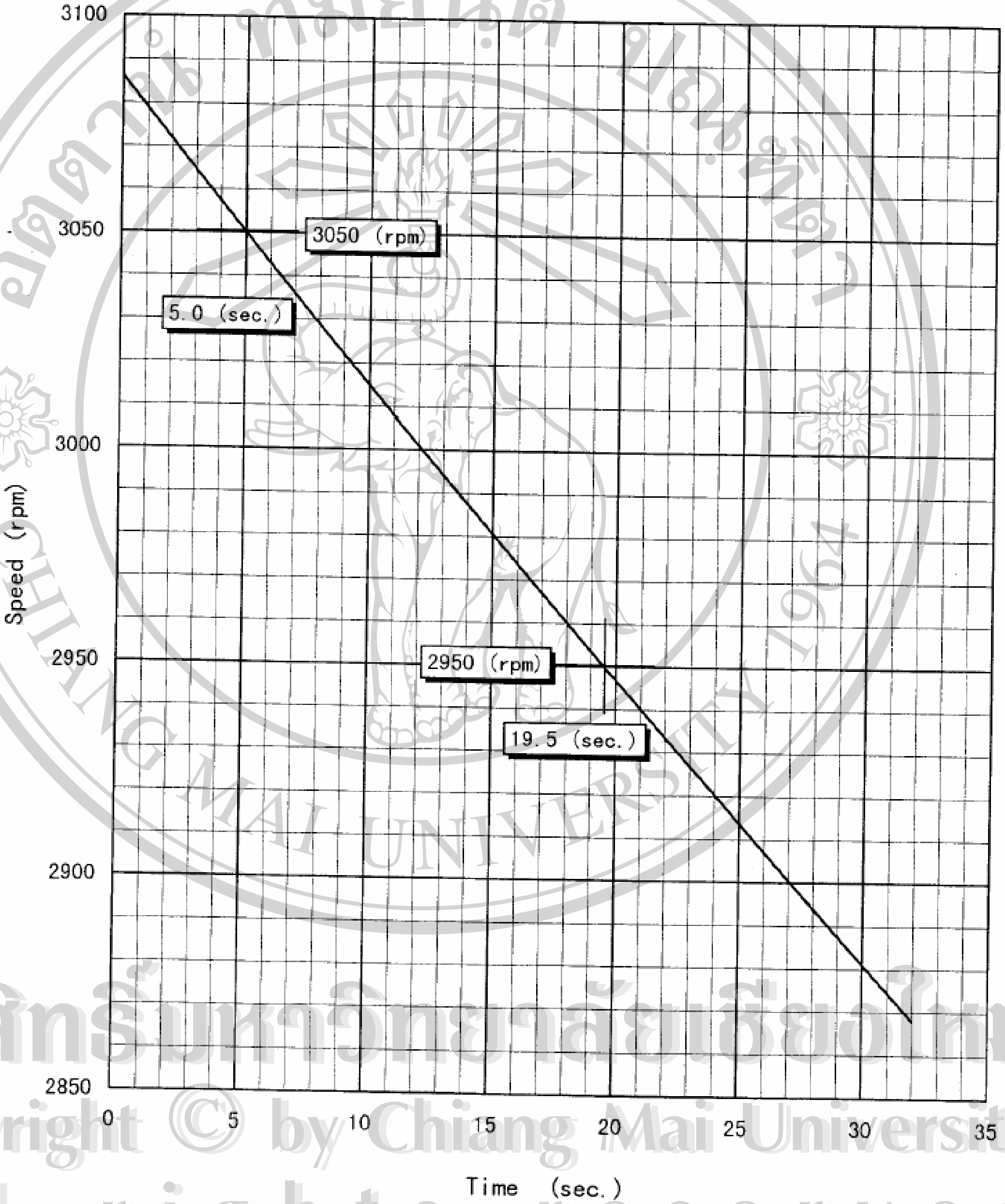
Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
15. Measurement of Moment of Inertia (GD^2) Date: Apr. 14, 1998 (refer to attached curve) n_s : Rated Speed = 3000 (rpm) N_1 : Speed at time t_1 = 3050 (rpm) N_2 : Speed at time t_2 = 2950 (rpm) dn : Speed difference between N1 and N2 = 100 (rpm) t_1 : Time at speed N1 = 5.0 (sec.) t_2 : Time at speed N2 = 19.5 (sec.) Δt : Time difference between t_1 and t_2 = 14.5 (sec.) P : Mechanical loss of Generator and Driving Unit = 3244* (kW) GD^2g: GD^2 of Generator ($kg \cdot m^2$) GD^2d: GD^2 of Driving Unit = 3510 ($kg \cdot m^2$) $GD^2g = \frac{4 \times P}{10.97 \times ns \times dn / \Delta t} \times 10^6 - GD^2d$ $= \frac{4 \times 3244}{10.97 \times 3000 \times (100/14.5)} \times 10^6 - 3510 \fallingdotseq$ 53700 ($kg \cdot m^2$) [Note] *:This value is quoted from the test results on page (17) (Loss⑧+⑩).	GD^2 : $(1 \pm 0.1) \times$ Designed value *Designed value : 50000 ($kg \cdot m^2$)	Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
15. Measurement of Moment of Inertia (GD^2) [Witness Test] Date: Apr. 17, 1998 (refer to attached curve) n_s : Rated Speed = 3000 (rpm) N_1 : Speed at time t1 = 3050 (rpm) N_2 : Speed at time t2 = 2950 (rpm) dn : Speed difference between N1 and N2 = 100 (rpm) t_1 : Time at speed N1 = 1.9 (sec.) t_2 : Time at speed N2 = 16.5 (sec.) Δt : Time difference between t_1 and t_2 = 14.6 (sec.) P : Mechanical loss of Generator and Driving Unit = 3234* (kW) GD^2g: GD^2 of Generator ($kg \cdot m^2$) GD^2d: GD^2 of Driving Unit = 3510 ($kg \cdot m^2$) $GD^2g = \frac{4 \times P}{10.97 \times n_s \times dn / \Delta t} \times 10^6 - GD^2d$ $= \frac{4 \times 3234}{10.97 \times 3000 \times (100/14.6)} \times 10^6 - 3510 \fallingdotseq 53900$ ($kg \cdot m^2$) [Note] *:This value is quoted from the test results on page (17) (Loss⑧+⑩).	GD^2 : $(1 \pm 0.1) \times$ Designed value *Designed value : 50000 ($kg \cdot m^2$)	Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

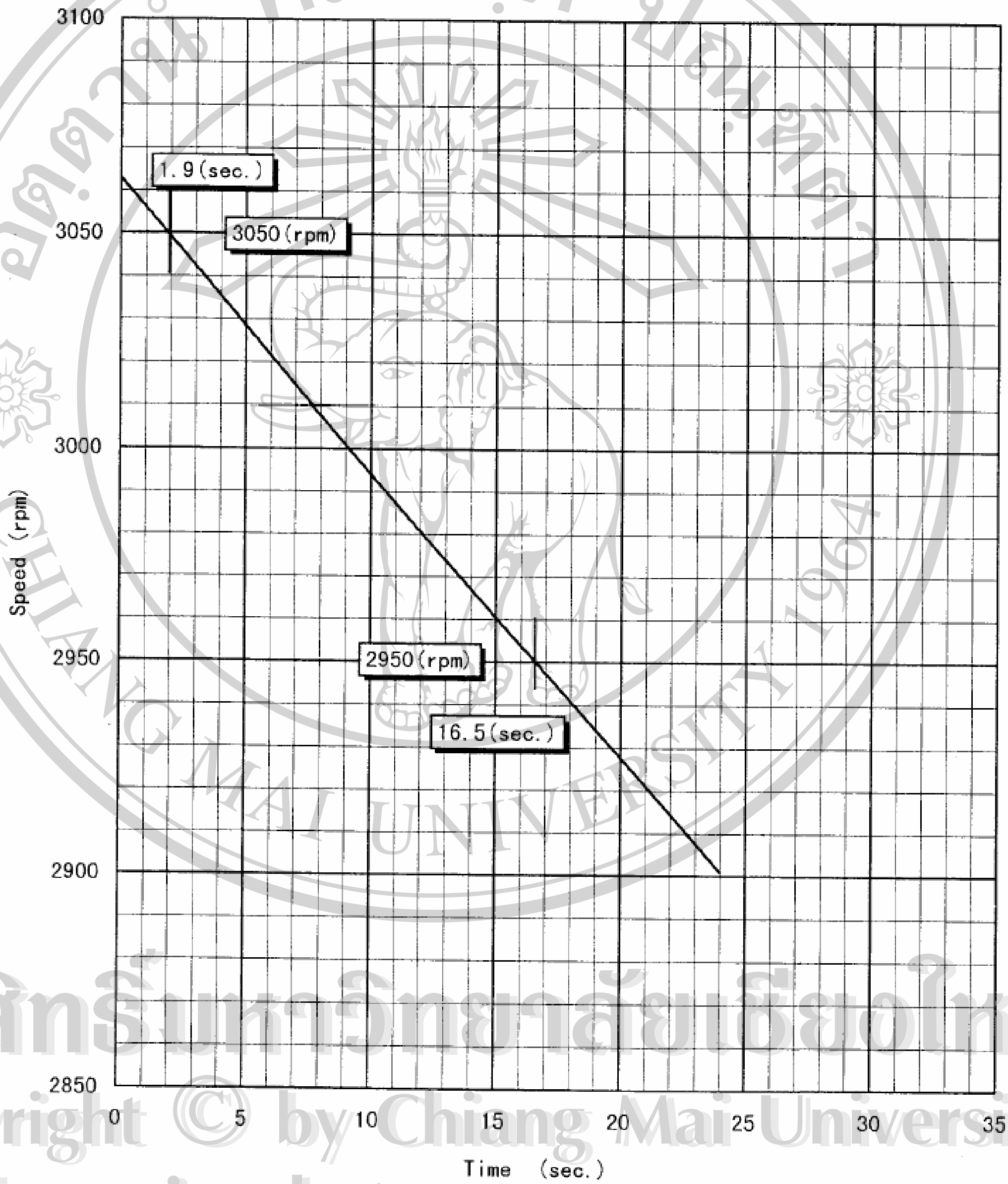
Fig. 6. No Load Retardation Curve for GD2 Measurement



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Fig. 6. No Load Retardation Curve for GD2 Measurement

[Witness Test]

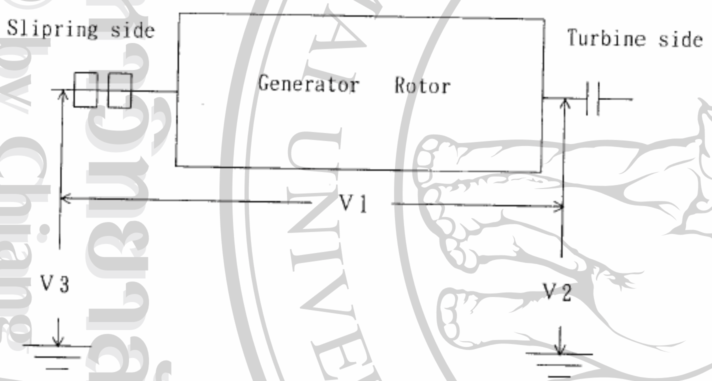


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
16. Measurement of Shaft Voltage	Shaft Voltage : Not more than AC 10 (V)	Good

Date: Apr. 14, 1998

Measured at rated voltage (24 kV), No-Load



	A.C Component (V)	D.C Component (V)
V1	1.21 (1.19)	0.33 (0.34)
V2	0.01 (0.01)	0.01 (0.01)
V3	1.22 (1.22)	0.32 (0.34)

Measured by Circuit Tester

[Note] The data with ( ) mark show the witness test data carried out on Apr. 17, 1998.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 30% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants

Date: Apr. 15, 1998

Test Voltage : 7200 (V)
Permanent Current : 3132 (A)

Time	AC Component Current			3Φ Mean Current ①	① - Permanent Current	Transient Current Δ i′	Subtransient Current Δ i″
	Phase U	Phase V	Phase W				
1/100sec	A	A	A	A	A	A	A
0	–	–	–	–	–	19648	3494
1	24736	24700	24952	24796	21664	19467	2197
2	23627	23630	23990	23749	20617	19290	1327
3	22960	22970	23358	23096	19964	19113	851
4	22641	22611	23007	22753	19621	18938	683
5	22351	22274	22718	22448	19316		
6	22074	21965	22461	22167	19035		
7	21860	21724	22248	21944	18812		
8	21673	21517	22052	21747	18615		
9	21470	21308	21841	21540	18408		
10	21246	21106	21631	21328	18196		
12	20796	20761	21254	20937	17805		
14	20455	20458	20832	20582	17450		
16	20130	20116	20441	20229	17097		
18	19844	19737	20124	19902	16770		
20	19484	19372	19810	19555	16423		
30	18020	17898	18263	18060	14928		
40	16704	16585	16872	16720	13588		
50	15515	15410	15656	15527	12395		
60	14452	14365	14561	14459	11327		
70	13488	13412	13570	13490	10358		
80	12595	12570	12686	12617	9485		
90	11806	11793	11881	11827	8695		
100	11087	11098	11155	11113	7981		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 30% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants (Witness Test)

Test Voltage : 7200 (V)
Permanent Current : 3132 (A)

Date: Apr. 16, 1998

Time	AC Component Current			3Φ Mean Current ①	① - Permanent Current	Transient Current Δ i′	Subtransient Current Δ i″
	Phase U	Phase V	Phase W				
1/100sec	A	A	A	A	A	A	A
0	–	–	–	–	–	19683	3376
1	24614	25048	25021	24894	21762	19503	2259
2	23497	24368	24014	23960	20828	19325	1503
3	22833	23669	23364	23289	20157	19148	1009
4	22527	23086	23022	22878	19746	18973	773
5	22233	22672	22741	22549	19417		
6	21932	22359	22491	22261	19129		
7	21679	22095	22285	22020	18888		
8	21456	21863	22087	21802	18670		
9	21237	21645	21859	21580	18448		
10	21034	21444	21627	21368	18236		
12	20694	21098	21228	21007	17875		
14	20328	20752	20819	20633	17501		
16	20005	20345	20474	20275	17143		
18	19639	19949	20158	19915	16783		
20	19347	19603	19801	19584	16452		
30	17881	18067	18246	18065	14933		
40	16598	16733	16863	16731	13599		
50	15469	15535	15635	15546	12414		
60	14432	14475	14545	14484	11352		
70	13487	13519	13551	13519	10387		
80	12635	12654	12678	12656	9524		
90	11854	11879	11876	11870	8738		
100	11151	11171	11139	11154	8022		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 30% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants Date: Apr. 15, 1998 17-1. Calculation of Reactance Initial value of transient component current $(\Delta i')_0 = \underline{19648}$ (A) Initial value of sub-transient component current $(\Delta i'')_0 = \underline{3494}$ (A) (1) Transient Ractance (Xd′) $Xdu' = \dfrac{\text{Test Voltage} / \sqrt{3}}{\text{Permanent Current} + (\Delta i')_0} = \dfrac{7200/\sqrt{3}}{3132 + 19648} = \underline{0.182}\ (\Omega)$ $\%Xdu' = Xdu' \times \dfrac{\sqrt{3} \cdot In}{En} \times 100 = (0.182) \times \dfrac{\sqrt{3} \times 23816}{24000} \times 100 = \underline{31.3}\ (\%)$ Saturated $\%Xd' = (\text{Saturation Factor}) \times (\%Xdu') = 0.88 \times (31.3) = \underline{27.5}\ (\%)$	$(1 \pm 0.3) \times$ Designed value Designed value of %Xd′ (Saturated value): $\underline{25.9}$ (%)	Good
(2) Sub-transient Ractance (Xd″) $Xdu'' = \dfrac{\text{Test Voltage} / \sqrt{3}}{\text{Permanent Current} + (\Delta i')_0 + (\Delta i'')_0}$ $= \dfrac{7200/\sqrt{3}}{3132 + 19648 + 3494} = \underline{0.158}\ (\Omega)$ $\%Xdu'' = Xdu'' \times \dfrac{\sqrt{3} \cdot In}{En} \times 100 = (0.158) \times \dfrac{\sqrt{3} \times 23816}{24000} \times 100 = \underline{27.2}\ (\%)$ Saturated $\%Xd'' = (\text{Saturation Factor}) \times (\%Xdu'') = 0.88 \times (27.2) = \underline{23.9}\ (\%)$ * En : Rated Terminal Voltage In : Rated Line Current	$(1 \pm 0.3) \times$ Designed value Designed value of %Xd″ (Saturated value): $\underline{23.3}$ (%)	Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 30% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants (Witness Test)		
Date: Apr. 16, 1998		
17-1. Calculation of Reactance		
Initial value of transient component current $(\Delta i')_0$ = 19683 (A) Initial value of sub-transient component current $(\Delta i'')_0$ = 3376 (A)	$(1 \pm 0.3) \times$ Designed value	Good
(1) Transient Ractance (Xd') $Xdu' = \dfrac{\text{Test Voltage} / \sqrt{3}}{\text{Permanent Current} + (\Delta i')_0} = \dfrac{7200/\sqrt{3}}{3132 + 19683} = 0.182\ (\Omega)$ $\%Xdu' = Xdu' \times \dfrac{\sqrt{3} \cdot In}{En} \times 100 = (0.182) \times \dfrac{\sqrt{3} \times 23816}{24000} \times 100 = 31.3\ (\%)$ Saturated $\%Xd'$ = (Saturation Factor) $\times$ ($\%Xdu'$) = $0.88 \times (31.3) = 27.5\ (\%)$	Designed value of %Xd' (Saturated value) : 25.9 (%)	
(2) Sub-transient Ractance (Xd") $Xdu'' = \dfrac{\text{Test Voltage} / \sqrt{3}}{\text{Permanent Current} + (\Delta i')_0 + (\Delta i'')_0}$ $= \dfrac{7200/\sqrt{3}}{3132 + 19683 + 3376} = 0.159\ (\Omega)$	$(1 \pm 0.3) \times$ Designed value	Good
$\%Xdu'' = Xdu'' \times \dfrac{\sqrt{3} \cdot In}{En} \times 100 = (0.159) \times \dfrac{\sqrt{3} \times 23816}{24000} \times 100 = 27.3\ (\%)$ Saturated $\%Xd''$ = (Saturation Factor) $\times$ ($\%Xdu''$) = $0.88 \times (27.3) = 24.0\ (\%)$ * En : Rated Terminal Voltage In : Rated Line Current	Designed value of %Xd" (Saturated value) : 23.3 (%)	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 30% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants Date: Apr. 15, 1998 17-2. Time Constants (Reference value) (Please refer to the analysis diagram) (1) Transient Time Constants (Td′) Unsaturated Tdu′ = 1.09 (sec.) Saturated Td′ = (Saturation Factor 0.88) × (Tdu′) = 0.96 (sec.) (2) Sub-transient Time Constants (Td″) Td″ = 0.021 (sec.)		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 30% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants (Witness Test) Date: Apr. 16, 1998 17-2. Time Constants (Reference value) (Please refer to the analysis diagram) (1) Transient Time Constants (Td′) Unsaturated Tdu′ = 1.09 (sec.) Saturated Td′ = (Saturation Factor 0.88)×(Tdu′)= 0.96 (sec.) (2) Sub-transient Time Constants (Td″) Td″ = 0.025 (sec.)		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection

Criteria	Judgement

17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 50% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants

Test Voltage : 12000 (V)
Permanent Current : 5139 (A)

Date: Apr. 15, 1998

Time	AC Component Current			3Φ Mean Current ①	① - Permanent Current	Transient Current Δ i′	Subtransient Current Δ i″
	Phase U	Phase V	Phase W				
1/100sec	A	A	A	A	A	A	A
0	–	–	–	–	–	32827	5933
1	41808	41487	41244	41513	36374	32523	3851
2	40091	39547	39772	39803	34664	32222	2442
3	38960	38339	38707	38669	33530	31925	1605
4	38323	37707	38036	38022	32883	31630	1253
5	37784	37111	37523	37473	32334		
6	37291	36560	37081	36977	31838		
7	36885	36158	36671	36571	31432		
8	36543	35832	36289	36221	31082		
9	36222	35485	35931	35879	30740		
10	35877	35133	35600	35537	30398		
12	35079	34537	34988	34868	29729		
14	34461	34030	34343	34278	29139		
16	33810	33446	33663	33640	28501		
18	33303	32824	33109	33079	27940		
20	32764	32202	32570	32512	27373		
30	30172	29814	30030	30005	24866		
40	27891	27624	27770	27762	22623		
50	25853	25677	25758	25763	20624		
60	24010	23893	23941	23948	18809		
70	22364	22295	22329	22329	17190		
80	20867	20840	20853	20853	15714		
90	19531	19517	19525	19524	14385		
100	18312	18311	18309	18311	13172		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 50% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants Date: Apr. 15, 1998 17-1. Calculation of Reactance Initial value of transient component current $(\Delta i')_0$ = 32827 (A) Initial value of sub-transient component current $(\Delta i'')_0$ = 5923 (A) (1) Transient Ractance (Xd') $Xdu' = \dfrac{\text{Test Voltage} / \sqrt{3}}{\text{Permanent Current} + (\Delta i')_0} = \dfrac{12000/\sqrt{3}}{5139 + 32827} = \underline{0.182}\ (\Omega)$ $\%Xdu' = Xdu' \times \dfrac{\sqrt{3} \cdot In}{En} \times 100 = (0.182) \times \dfrac{\sqrt{3} \times 23816}{24000} \times 100 = \underline{31.3}\ (\%)$ Saturated $\%Xd'$ = (Saturation Factor) $\times (\%Xdu')$ = $0.88 \times (31.3) = \underline{27.5}$ (%)	$(1 \pm 0.3) \times$ Designed value Designed value of %Xd' (Saturated value) : 25.9 (%)	Good
(2) Sub-transient Ractance (Xd") $Xdu'' = \dfrac{\text{Test Voltage} / \sqrt{3}}{\text{Permanent Current} + (\Delta i')_0 + (\Delta i'')_0}$ $= \dfrac{12000/\sqrt{3}}{5139 + 32827 + 5933} = \underline{0.158}\ (\Omega)$ $\%Xdu'' = Xdu'' \times \dfrac{\sqrt{3} \cdot In}{En} \times 100 = (0.158) \times \dfrac{\sqrt{3} \times 23816}{24000} \times 100 = \underline{27.2}\ (\%)$ Saturated $\%Xd''$ = (Saturation Factor) $\times (\%Xdu'')$ = $0.88 \times (27.2) = \underline{23.9}$ (%) * En : Rated Terminal Voltage In : Rated Line Current	$(1 \pm 0.3) \times$ Designed value Designed value of %Xd" (Saturated value) : 23.3 (%)	Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 50% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants Date: Apr. 15, 1998 17-2. Time Constants (Reference value) (Please refer to the analysis diagram) (1) Transient Time Constants (Td′) Unsaturated Tdu′ = 1.08 (sec.) Saturated Td′ = (Saturation Factor 0.88) × (Tdu′) = 0.95 (sec.) (2) Sub-transient Time Constants (Td″) Td″ = 0.023 (sec.)		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement

17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 70% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants

Test Voltage : 16800 (V)
Permanent Current : 7287 (A)

Date: Apr. 15, 1998

Time	AC Component Current			3Φ Mean Current ①	① - Permanent Current	Transient Current Δi′	Subtransient Current Δi″
	Phase U	Phase V	Phase W				
1/100sec	A	A	A	A	A	A	A
0	–	–	–	–	–	46987	10351
1	59895	61282	61557	60911	53624	46553	7071
2	57194	58101	58942	58079	50792	46126	4666
3	55468	56101	57124	56231	48944	45701	3243
4	54553	55054	56039	55215	47928	45280	2648
5	53753	54076	55177	54335	47048		
6	53010	53155	54379	53515	46228		
7	52408	52441	53610	52820	45533		
8	51889	51864	52915	52223	44936		
9	51365	51322	52348	51678	44391		
10	50823	50794	51829	51149	43862		
12	49767	49843	50693	50101	42814		
14	48913	49052	49643	49203	41916		
16	48089	48085	48633	48269	40982		
18	47272	47126	47812	47403	40116		
20	46454	46188	46979	46540	39253		
30	42864	42678	43138	42893	35606		
40	39701	39466	39870	39679	32392		
50	36882	36662	36930	36825	29538		
60	34334	34153	34332	34273	26986		
70	32043	31897	32006	31982	24695		
80	29971	29845	29885	29900	22613		
90	28103	27965	27988	28019	20732		
100	26373	26256	26254	26294	19007		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

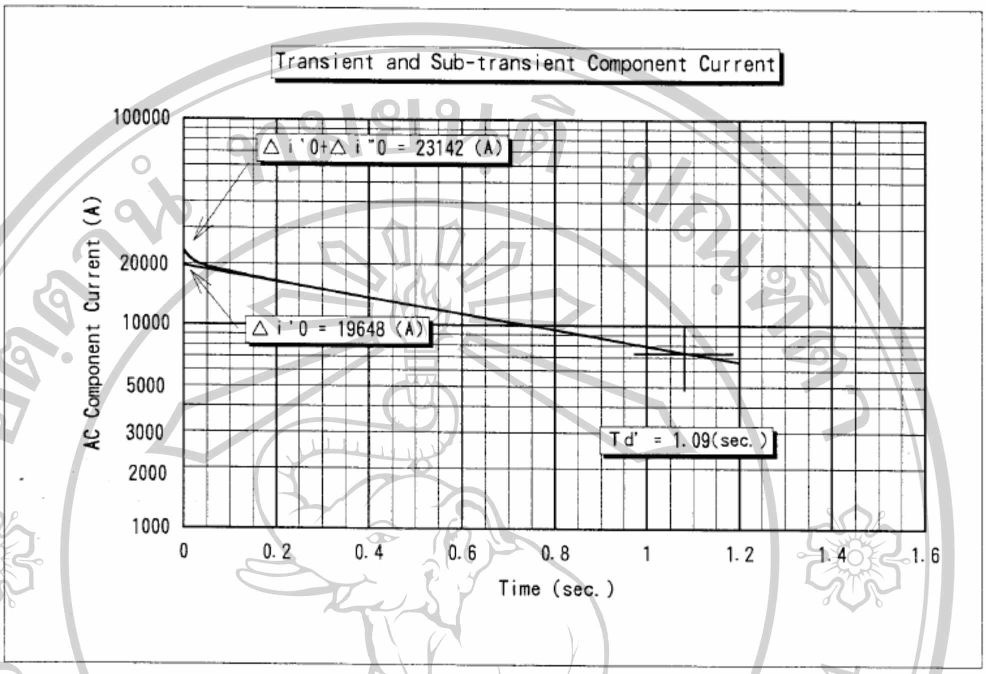
Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 70% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants Date: Apr. 15, 1998 17-1. Calculation of Reactance Initial value of transient component current $(\Delta i')_0$ = 46987 (A) Initial value of sub-transient component current $(\Delta i'')_0$ = 10351 (A) (1) Transient Ractance (Xd′) $Xdu' = \frac{\text{Test Voltage} / \sqrt{3}}{\text{Permanent Current} + (\Delta i')_0} = \frac{16800/\sqrt{3}}{7287 + 46987} = 0.179\ (\Omega)$ $\%Xdu' = Xdu' \times \frac{\sqrt{3} \cdot In}{En} \times 100 = (0.179) \times \frac{\sqrt{3} \times 23816}{24000} \times 100 = 30.8\ (\%)$ Saturated $\%Xd'$ = (Saturation Factor)×(%Xdu′) = 0.88 × (30.8) = 27.1 (%)	(1 ± 0.3) × Designed value Designed value of %Xd′ (Saturated value) : 25.9 (%)	Good
(2) Sub-transient Ractance (Xd″) $Xdu'' = \frac{\text{Test Voltage} / \sqrt{3}}{\text{Permanent Current} + (\Delta i')_0 + (\Delta i'')_0}$ $= \frac{16800/\sqrt{3}}{7287 + 46987 + 10351} = 0.150\ (\Omega)$ $\%Xdu'' = Xdu'' \times \frac{\sqrt{3} \cdot In}{En} \times 100 = (0.150) \times \frac{\sqrt{3} \times 23816}{24000} \times 100 = 25.8\ (\%)$ Saturated $\%Xd''$ = (Saturation Factor)×(%Xdu″) = 0.88 × (25.8) = 22.7 (%) * En : Rated Terminal Voltage In : Rated Line Current	(1 ± 0.3) × Designed value Designed value of %Xd″ (Saturated value) : 23.3 (%)	Good

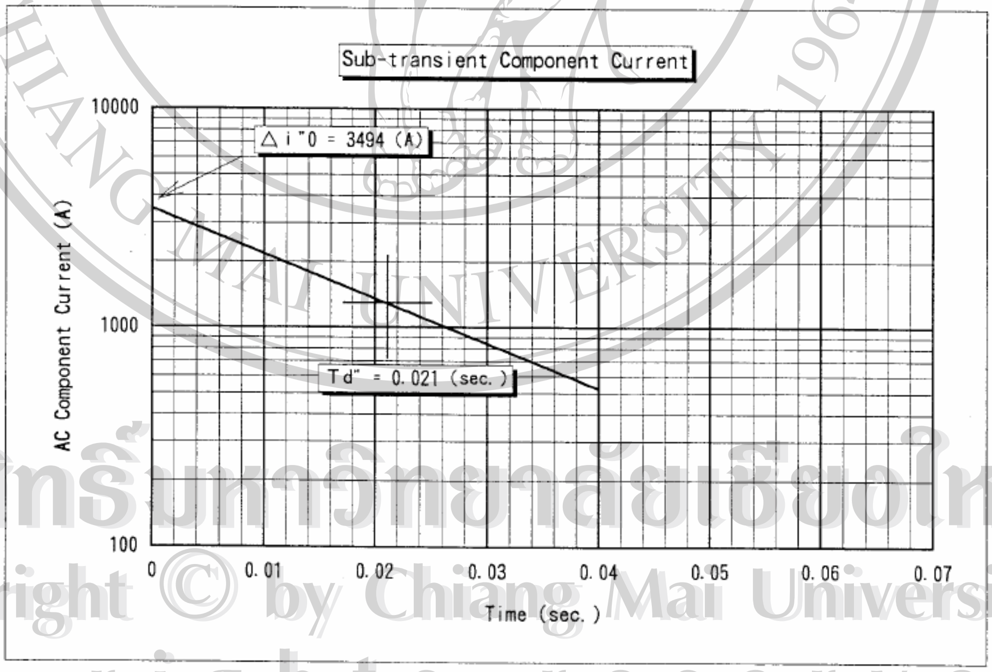
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
17. Sudden Three Phase Short Circuit Test at 70% Rated Voltage and Determination of Reactances and Time Constants Date: Apr. 15, 1998 17-2. Time Constants (Reference value) (Please refer to the analysis diagram) (1) Transient Time Constants (Td′) Unsaturated Tdu′ = 1.08 (sec.) Saturated Td′ = (Saturation Factor 0.88) × (Tdu′) = 0.95 (sec.) (2) Sub-transient Time Constants (Td″) Td″ = 0.026 (sec.)		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

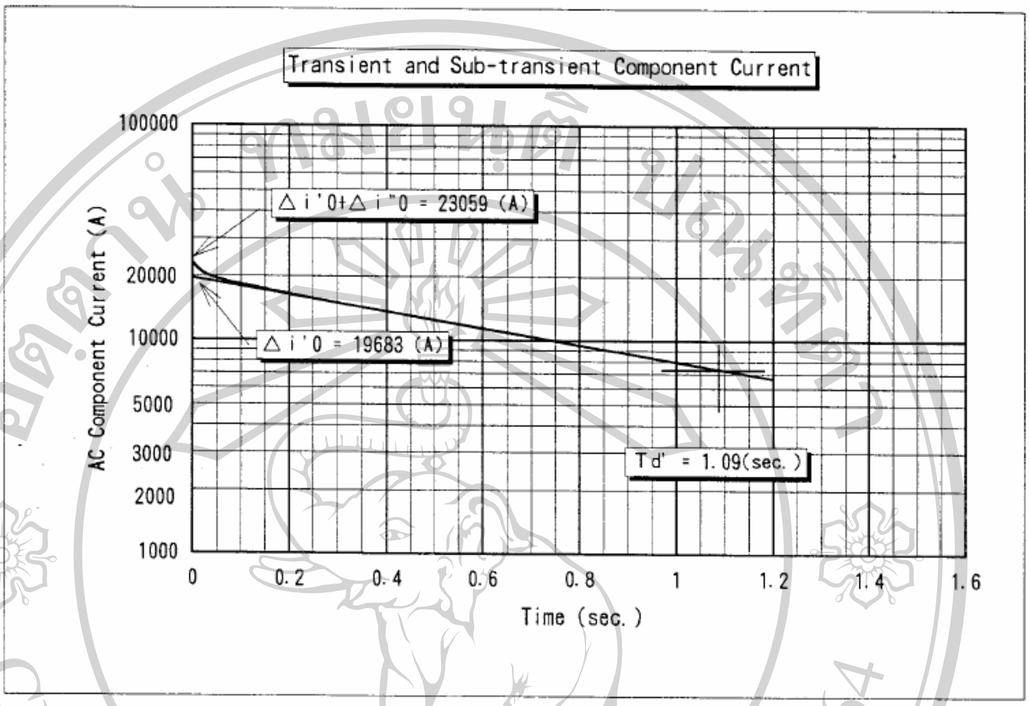
Fig.7 Analysis Diagram of Sudden Three Phase Short Circuit Test (30% Rated Voltage)

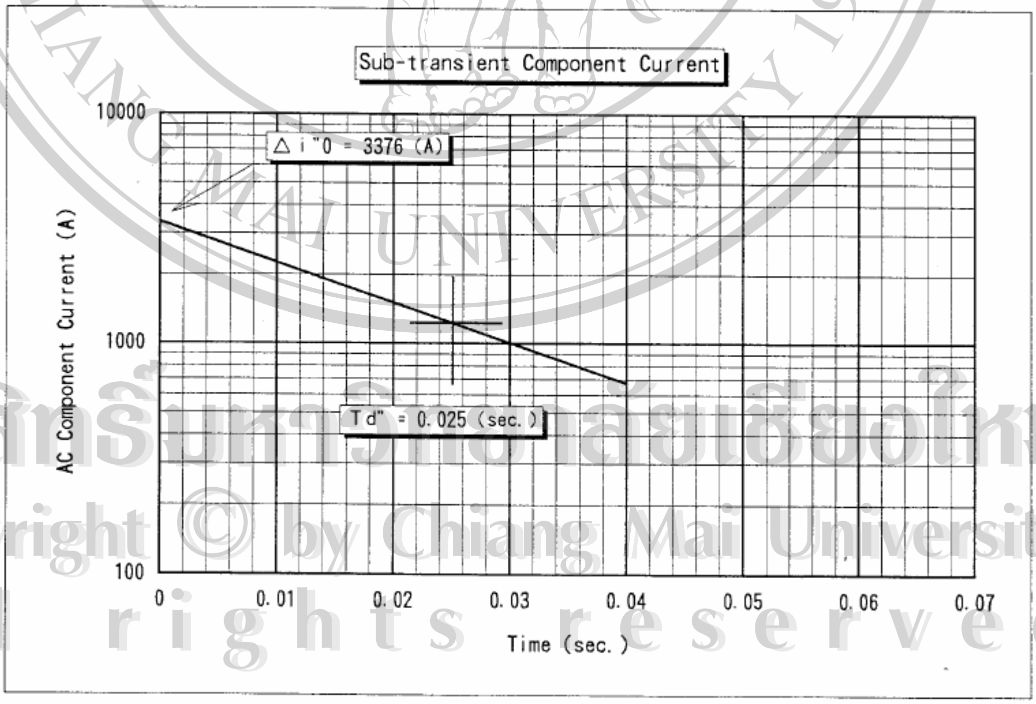




ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

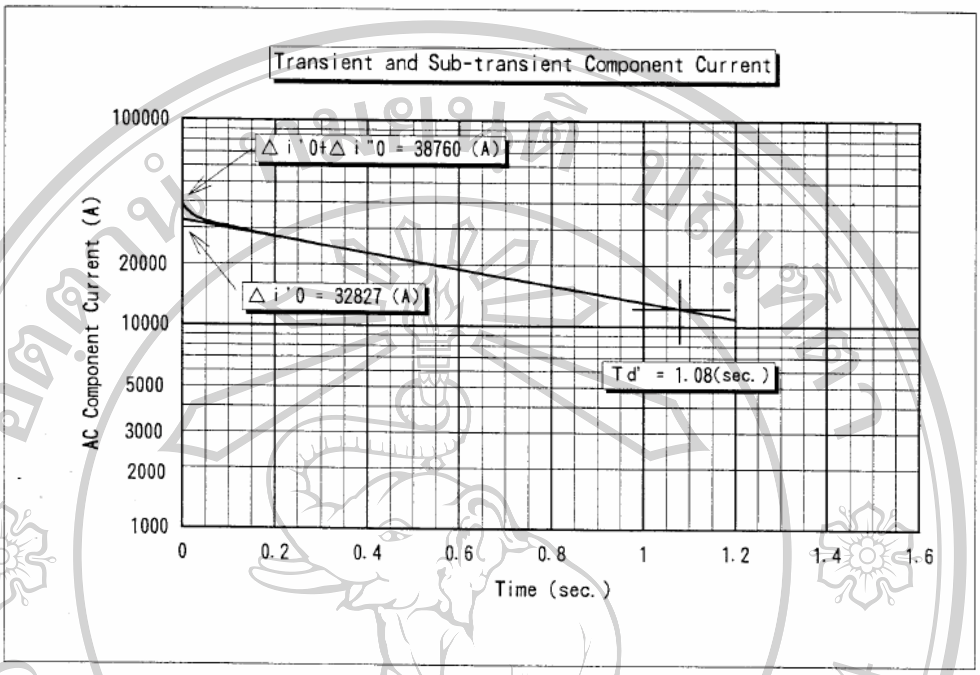
Fig.7' Analysis Diagram of Sudden Three Phase Short Circuit Test (30% Rated Voltage)
(Witness Test Date : Apr. 16, 1998)

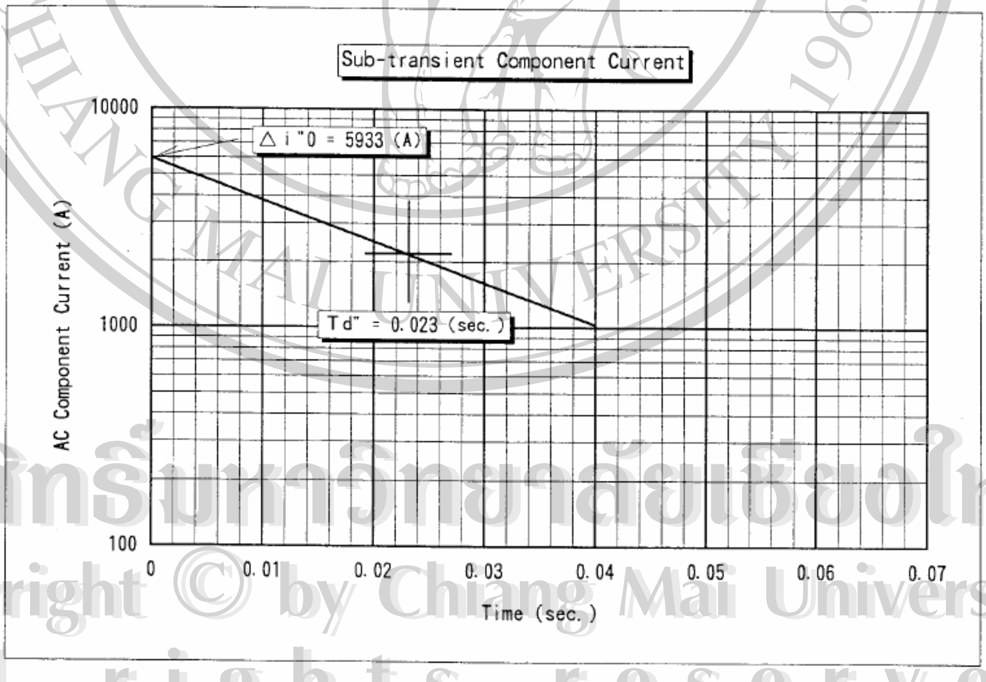




ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

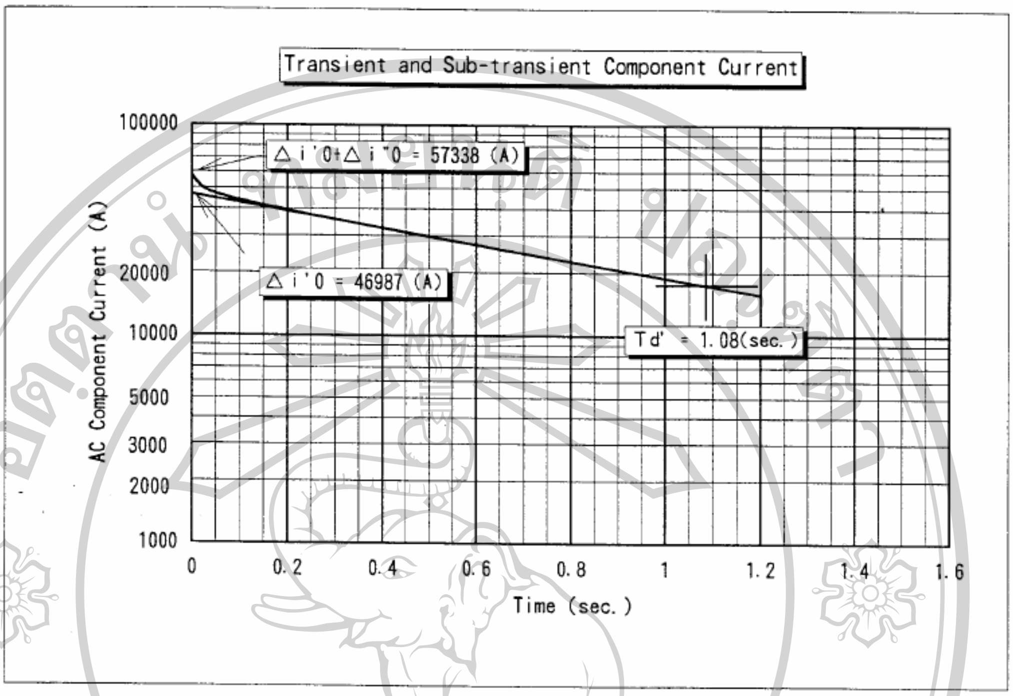
Fig.8 Analysis Diagram of Sudden Three Phase Short Circuit Test (50% Rated Voltage)

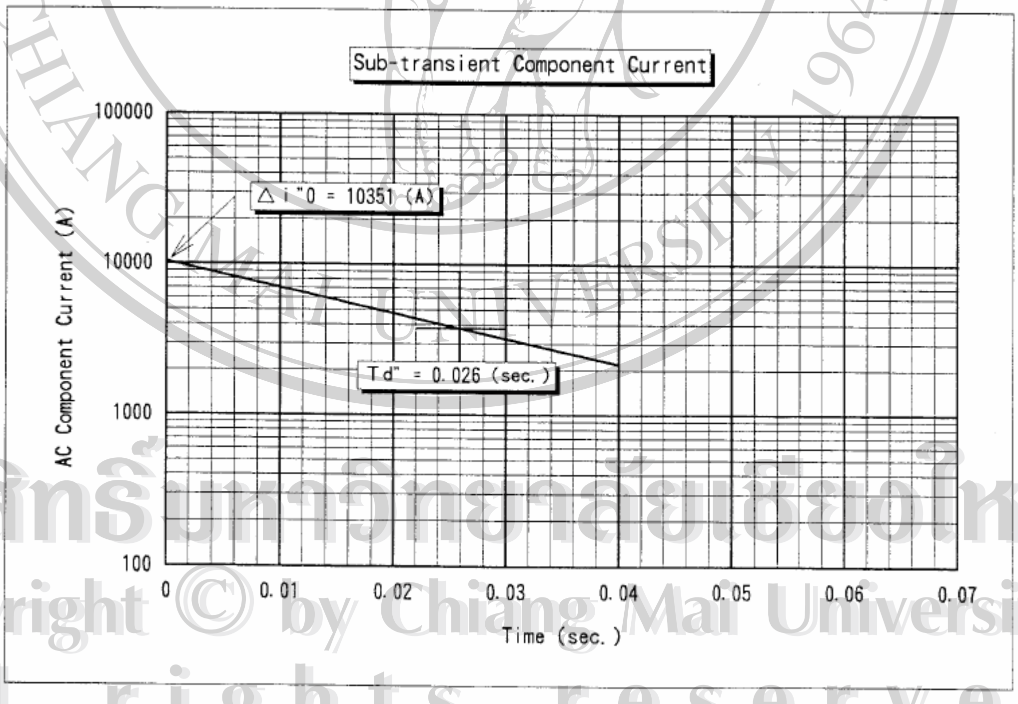




ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Fig.9 Analysis Diagram of Sudden Three Phase Short Circuit Test (70% Rated Voltage)





ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

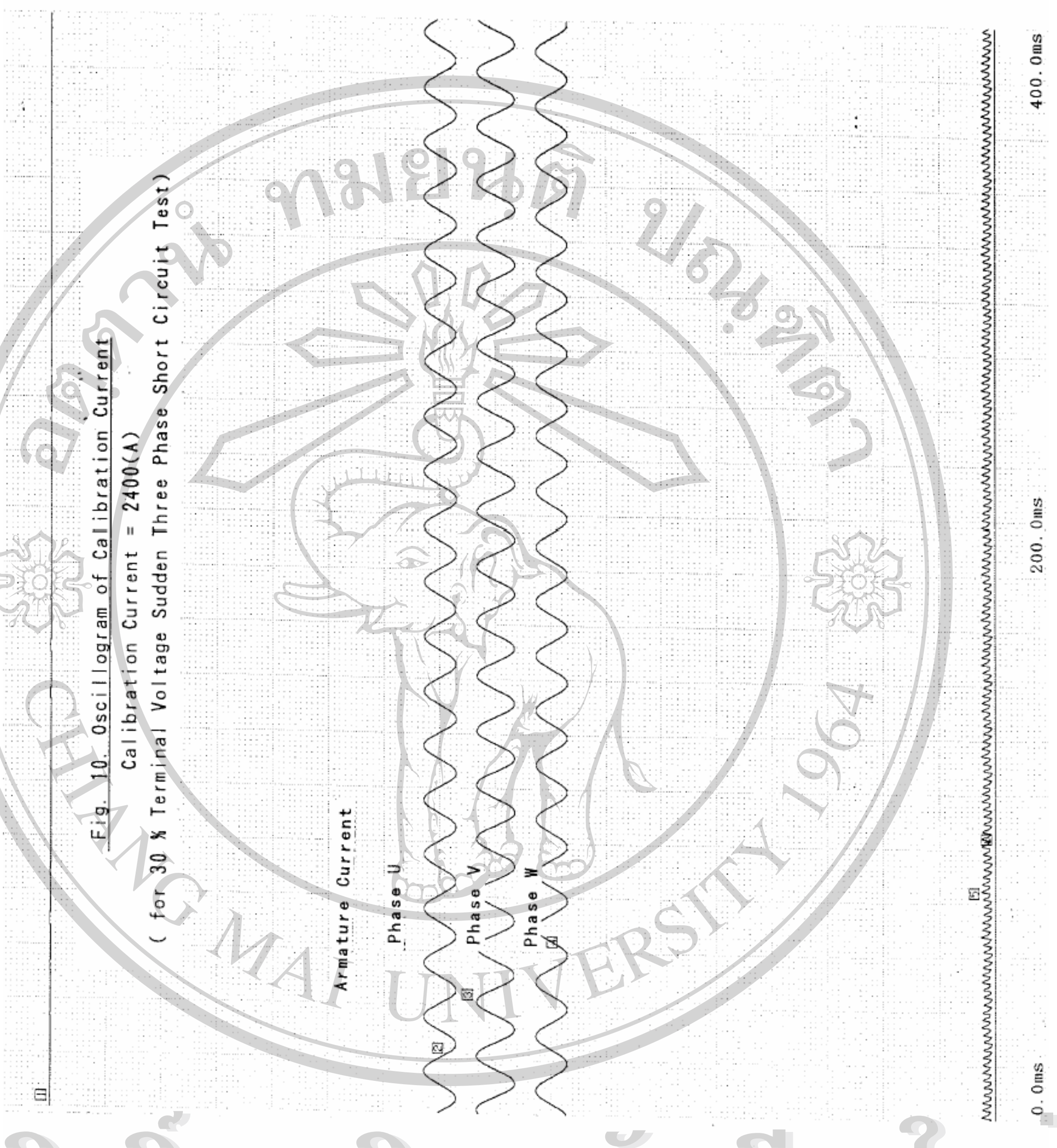


Fig. 10. Oscillogram of Calibration Current
Calibration Current = 2400(A)
(for 30 % Terminal Voltage Sudden Three Phase Short Circuit Test)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

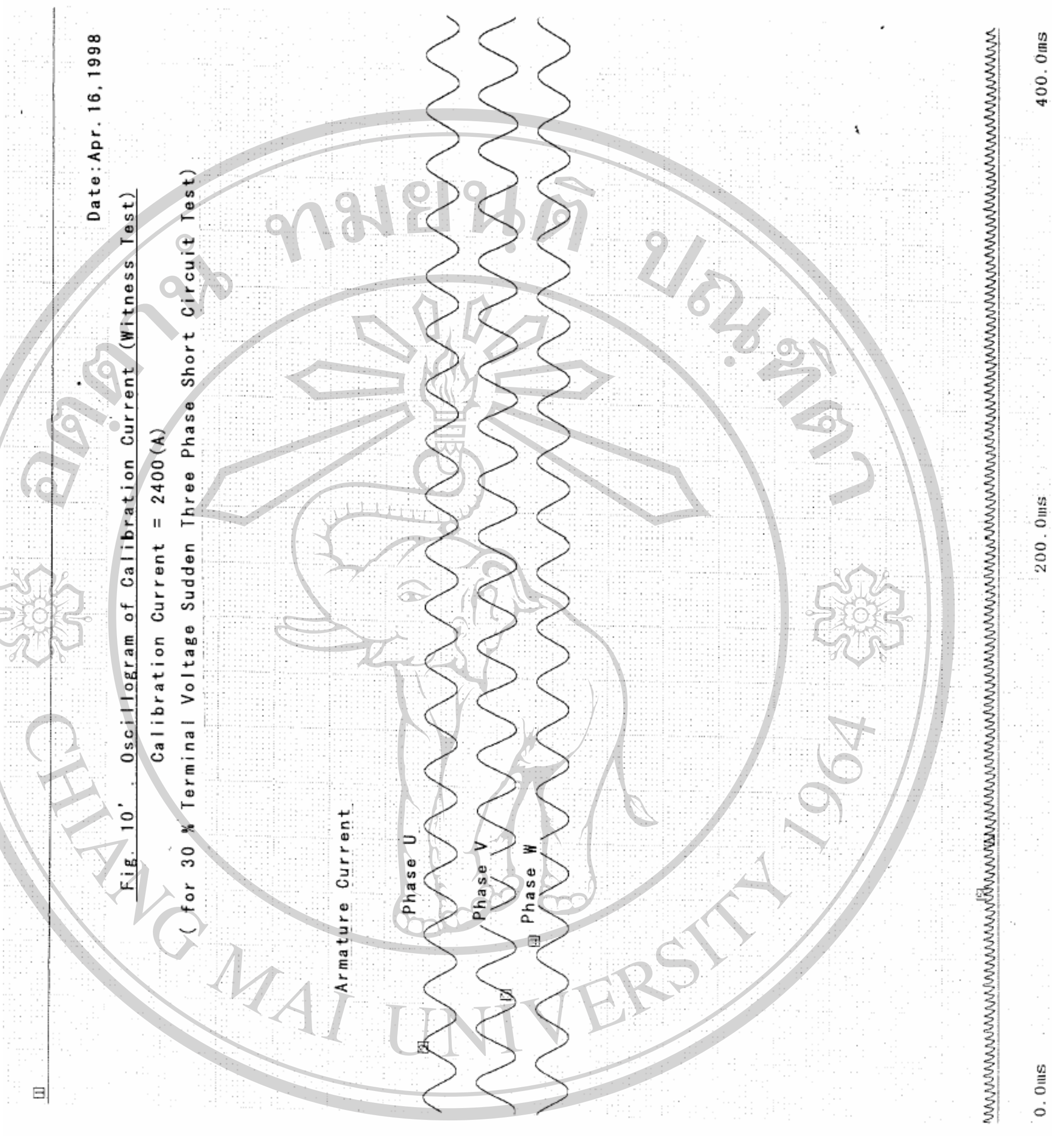


Fig. 10'. Oscillogram of Calibration Current (Witness Test)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

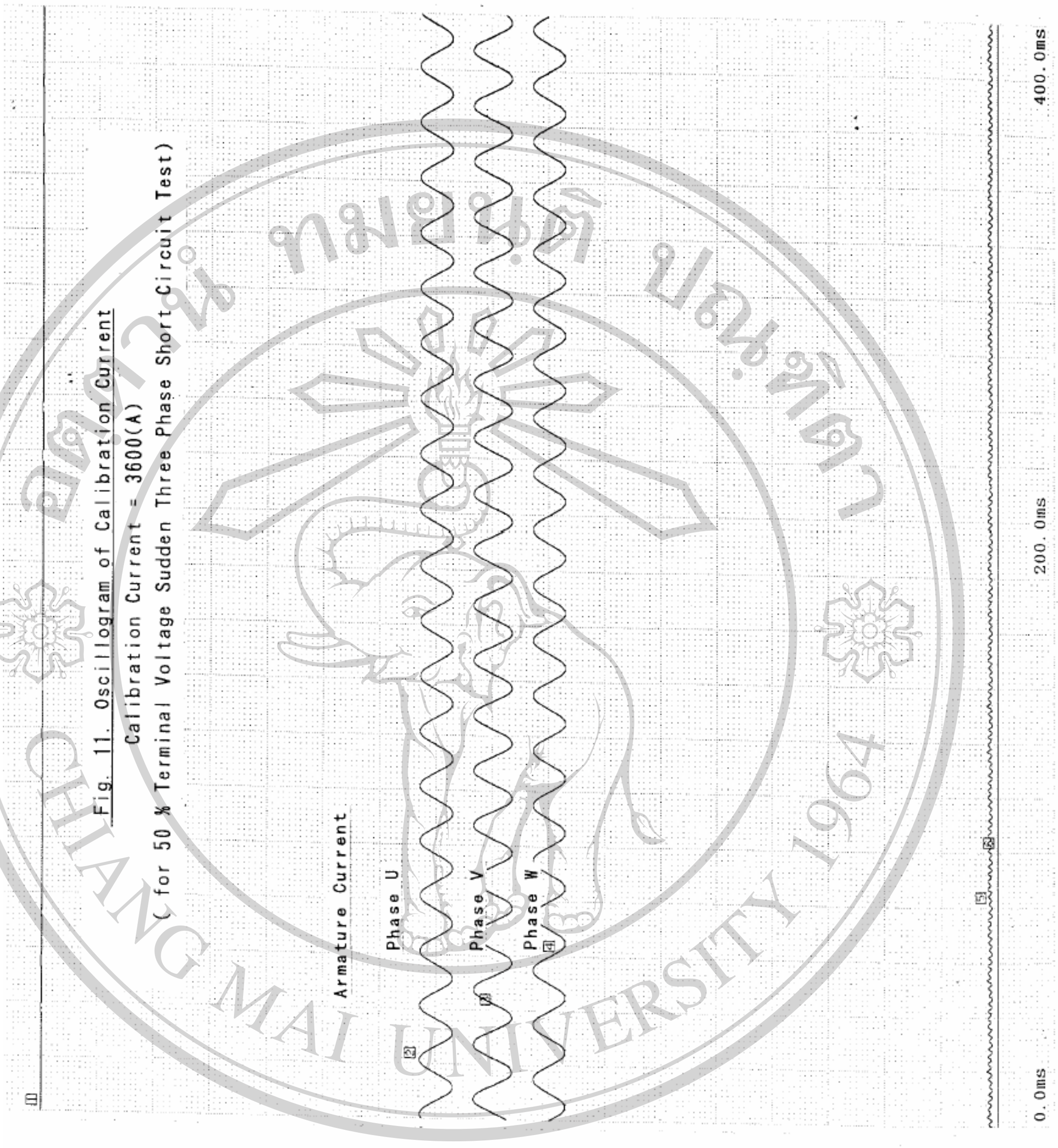


Fig. 11. Oscillogram of Calibration Current

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

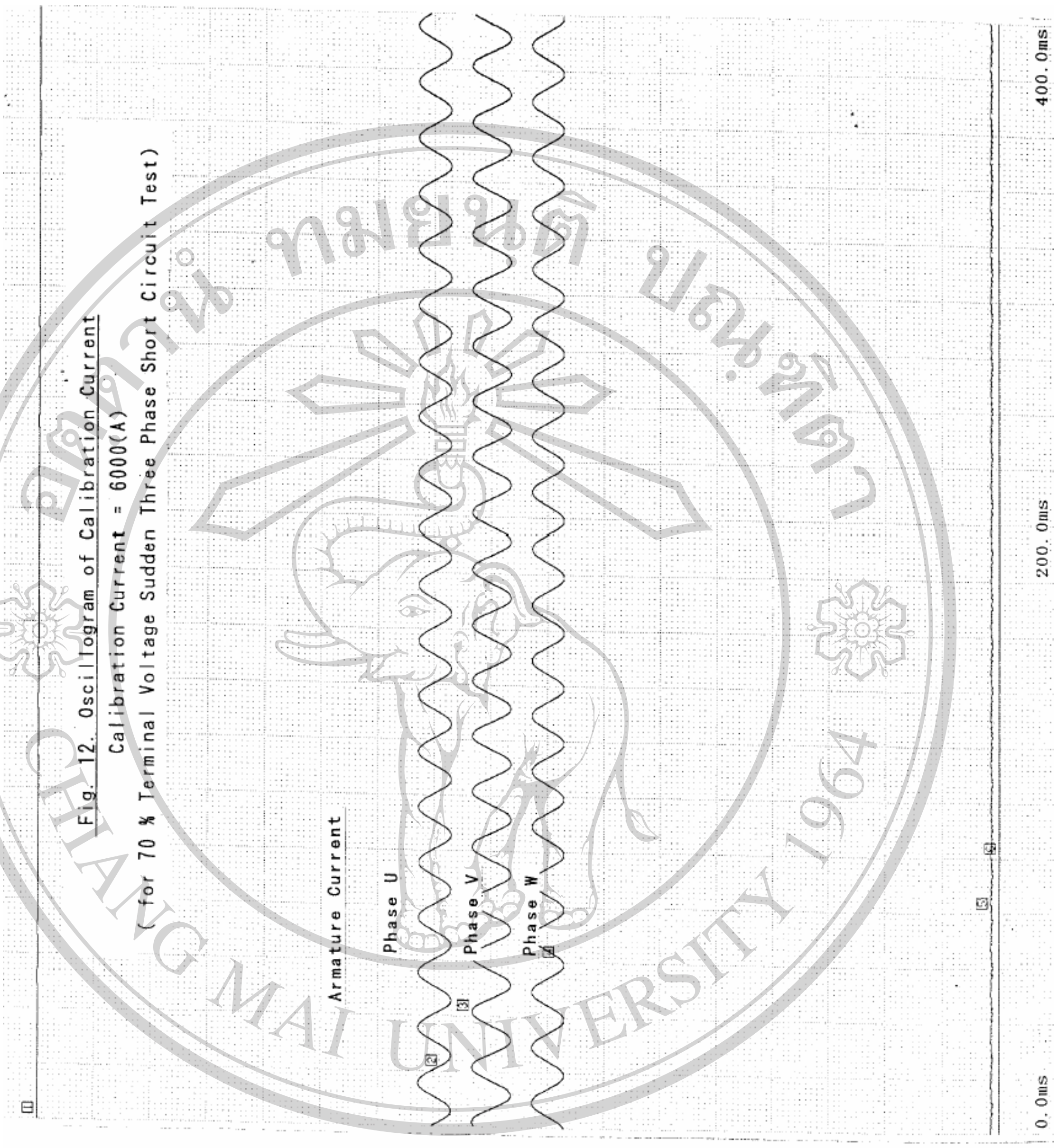


Fig. 12. Oscillogram of Calibration Current
Calibration Current = 6000(A)
(for 70 % Terminal Voltage Sudden Three Phase Short Circuit Test)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Results of Test and Inspection	Criteria	Judgement
	Leakage amount : Not more than 9 (m^3/day)	Good

18. Hydrogen Gas Leakage Test

Date: Apr. 15/16, 1998

*Calculation formula of leakage amount

$$L = 0.4V\left(\frac{P_1 + B_1}{273 + t_1} - \frac{P_2 + B_2}{273 + t_2}\right)\frac{24}{Th} \quad (m^3/day)$$

L : Total leakage amount (m^3/day)
V : Casing Volume (m^3)
P_1 : Casing gas pressure at beginning of the test (mmHg)
B_1 : Barometric pressure at beginning of the test (mmHg)
t_1 : Casing gas temperature at beginning of the test (℃)
P_2, B_2, t_2 : Casing gas pressure (mmHg), Barometric pressure (mmHg), Casing gas temperature (℃) at end of the test
Th : Test duration (Hour)

*Test record
Leakage test by Hydrogen gas : 5.0 (barg)
Test date : from 22:00 Apr. 15, 1998 to 13:00 Apr. 16, 1998

P_1 (mmHg)	B_1 (mmHg)	t_1 (℃)	P_2 (mmHg)	B_2 (mmHg)	t_2 (℃)
3808.8	762.0	26.63	3812.4	762.9	27.40

$$L = 0.4 \times 130\left(\frac{3808.8 + 762.0}{273 + 26.63} - \frac{3812.4 + 762.9}{273 + 27.40}\right) \times \frac{24}{15}$$

$$= 2.0 \quad (m^3/day)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

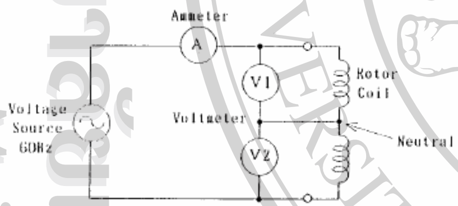
Results of Test and Inspection | Criteria | Judgement

19. Measurement of Rotor Impedance

Date: Mar. 25, 1998

Current (A)	Voltage (V)	
	V1	V2
5.0	7.69	7.88

《Test circuit》



Criteria:

Difference between
V_1 and V_2 :
Not more than 3 (%)

Witnessed by

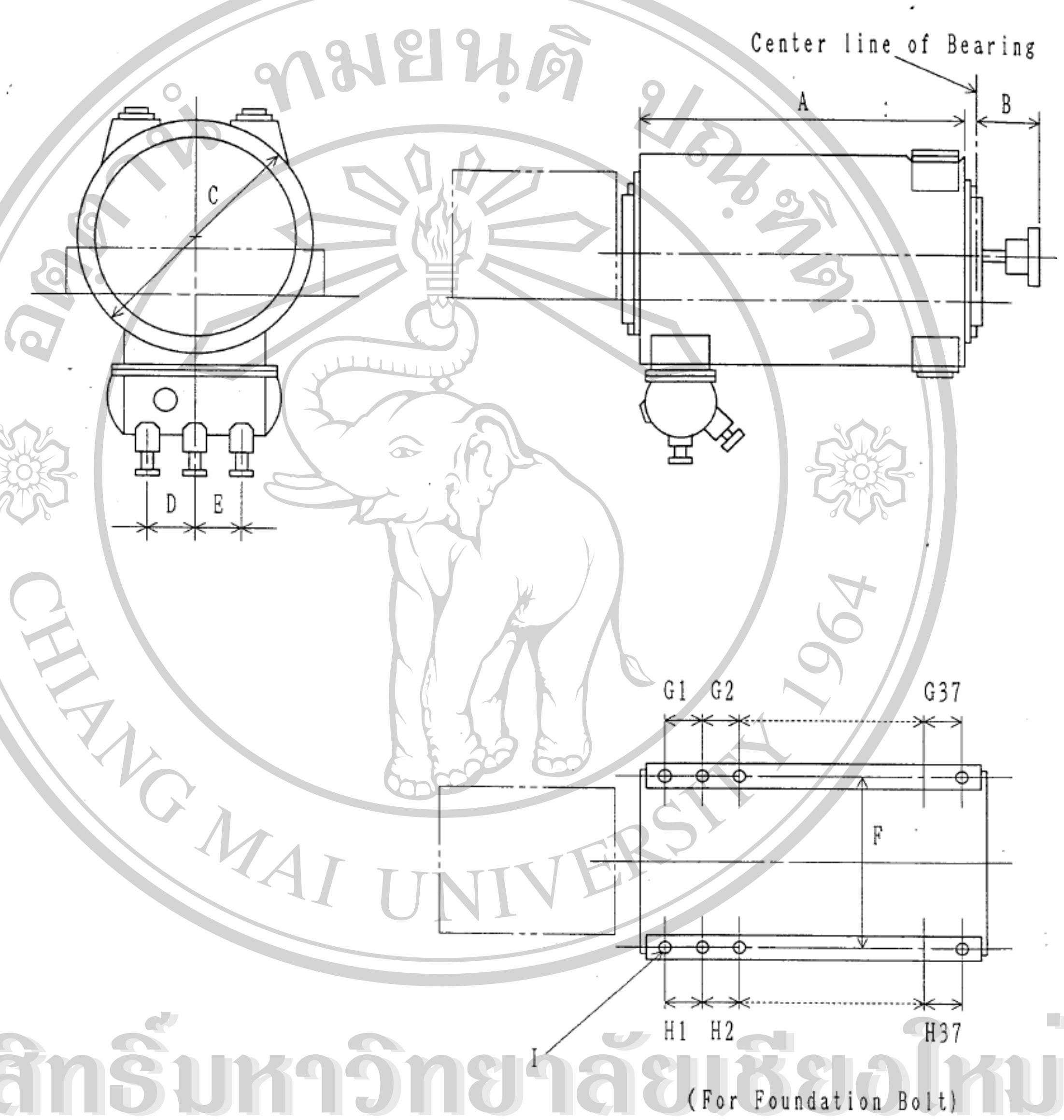
WITNESSED
~~REVIEWED~~ BY V. Noda
Mar. 25. '98 OMIC

OMIC MR. NODA

Judgement: Good

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

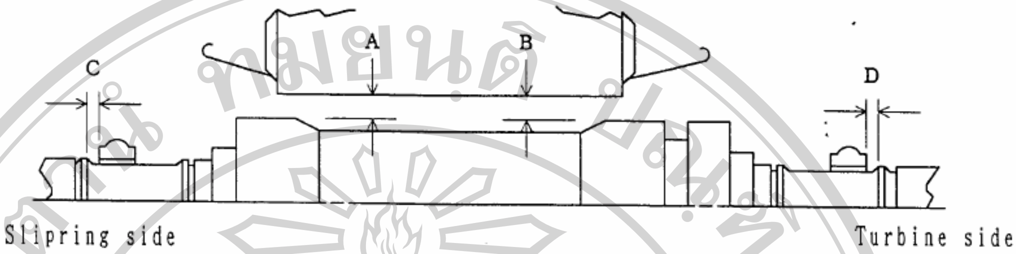
ASSEMBLY INSPECTION DATA



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

CUSTOMER : ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
SUBJECT : RATCHABURI THERMAL POWER PLANT
ARTICLE : UNIT-1 990MVA TURBINE GENERATOR
ORDER NO. : AD3301

(2) Measurement of air gap and end play

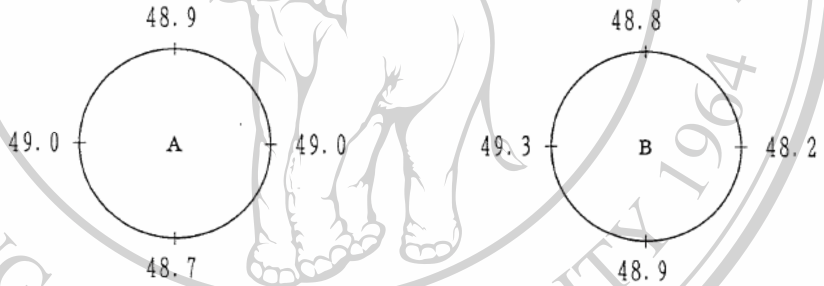


Air gap between stator and rotor (Viewed from Slipring side)

Design value : 49.5

Criteria : from 47.1 to 51.9

Unit : mm



End play

Design value : 25

Criteria : from 23.5 to 26.5

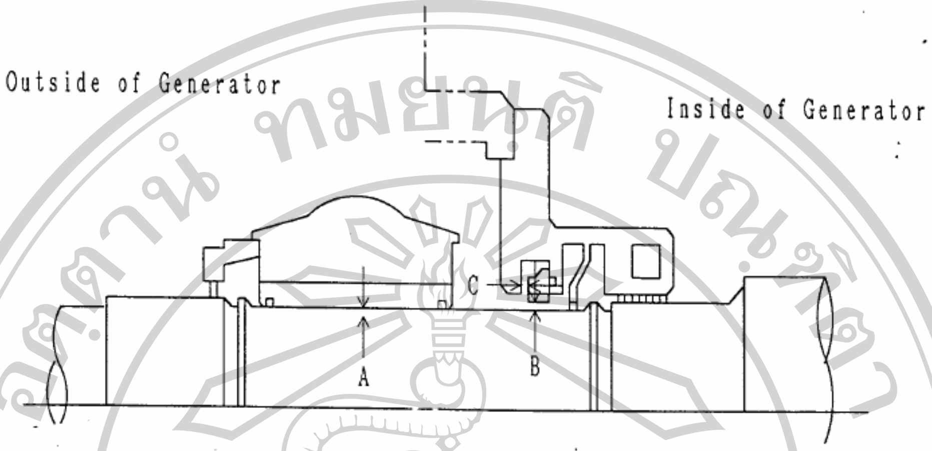
Results : C=25.3
D=25.3

Unit : mm

CUSTOMER : ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
SUBJECT : RATCHABUR THERMAL POWER PLANT
ARTICLE : UNIT-1 990MVA TURBINE GENERATOR
ORDER NO. : AD3301

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) Measurement of clearance



(A) Clearance between Shaft and Bearing

(B) Clearance between Shaft and Seal Ring

(C) Clearance between Gland Seal and Seal Ring

Unit:mm

Position	A		B	C
Design value	1.27	1.35	0.30	0.21
Criteria	1.16～1.38	1.24～1.46	0.28～0.32	0.19～0.23
Slipring side	1.26		0.31	0.20
Turbine side		1.32	0.31	0.20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

CUSTOMER : ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
SUBJECT : RATCHABURI THERMAL POWER PLANT
ARTICLE : UNIT-1 990MVA TURBINE GENERATOR
ORDER NO. : AD3301

(1) Outline Dimension

Unit:mm

	A	B	C	D	E	F	G1
Design value	11470	1300	φ4300	1400	1400	4106	300
Criteria	±1.0	±2.0	±6.0	±4.0	±4.0	±4.5	±2.0
Result	11470.3	1300	φ4300	1402	1397	4106	300
							(300)

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Design value	300	150	265	300	300	290	300
Criteria	±2.0	±1.2	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0
Result	300	150	265	300	300	290	300
	(300)	(150)		(300)	(300)		

	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15
Design value	300	295	300	300	295	300	300
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0
Result	300	295	300	300	295	300	300

	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22
Design value	325	490	375	300	300	295	300
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0
Result	325	490	375	300	300	295	300

( ) : Witnessed data

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

CUSTOMER : ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
SUBJECT : RATCHABURI THERMAL POWER PLANT
ARTICLE : UNIT-1 990MVA TURBINE GENERATOR
ORDER NO. : AD3301

Unit:mm

	G23	G24	G25	G26	G27	G28	G29
Design value	300	295	300	300	295	300	300
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0
Result	300	295	300	300	295	300.	300

	G30	G31	G32	G33	G34	G35	G36
Design value	490	300	285	160	300	265	160
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±1.2	±2.0	±2.0	±1.2
Result	490	300	285	160	300	265	160

	G37	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Design value	300	300	300	150	265	300	300
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±1.2	±2.0	±2.0	±2.0
Result	300	300	300	150	265	300	300
		(300)	(300)	(150)		(300)	(300)

	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13
Design value	290	300	300	295	300	300	295
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0
Result	290	300	300	295	300	300	295

( ) : Witnessed data

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

CUSTOMER : ELECTRICITY GENERARING AUTHORITY OF THAILAND
SUBJECT : RATCHABURI THERMAL POWER PLANT
ARTICLE : UNIT-1 990MVA TURBINE GENERATOR
ORDER NO. : AD3301

Unit:mm

	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
Design value	300	300	325	490	375	300	300
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0
Result	300	300	325	490	375	300.	300

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
Design value	295	300	300	295	300	300	295
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0
Result	295	300	300	295	300	300	295

	H28	H29	H30	H31	H32	H33	H34
Design value	300	300	490	300	285	160	300
Criteria	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±2.0	±1.2	±2.0
Result	300	300	490	300	285	160	300

	H35	H36	H37	I			
Design value	265	160	300	ϕ75			
Criteria	±2.0	±1.2	±2.0	——			
Result	265	160	300	ϕ75			
		(160)	(300)	(ϕ75)			

( ) : Witnessed data

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

CUSTOMER : ELECTRICITY GENERARING AUTHORITY OF THAILAND
SUBJECT : RATCHABURI THERMAL POWER PLANT
ARTICLE : UNIT-1 990MVA TURBINE GENERATOR
ORDER NO. : AD3301

No. 21 PAINTING INSPECTION

Customer	:	ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
Subject	:	RATCHABURI THERMAL POWER PLANT
Article	:	UNIT-1 990MVA Turbine Generator Frame
Order NO.	:	AD3301
Inspection and Test Plan	:	RTPP1-CUUU-E0700(GAE-CY-E802)
Test Procedure	:	GAE-CY-E162
Inspection Item	:	Painting Inspection
Inspection Date	:	April 15, 1998
Quantity	:	1
Condition	:	Color code ; RAL1014 Thickness ; Min. 115 micro
Result	:	More than 200 micro (Witness test on Apr. 17, 1998)
Judgement	:	Acceptable

* The unpainted area remained at witness test for the disassembly of the generator and it will be painted before shipment.

Manufacturer	:	MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION ENERGY & INDUSTRIAL SYSTEMS CENTER WADASAKI-CHO, HYOGO-KU, KOBE, JAPAN

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

WITNESS INSPECTION SCHEDULE

CUSTOMER : ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND

SUBJECT : RATCHABURI THERMAL POWER PLANT

ARTICLE : UNIT-1 990 MVA STEAM TURBINE GENERATOR

INSPECTION ITEM : OPERATION TEST
DIELECTRIC TEST

TEST PROCEDURE NO. : ART-T-3551 Rev. B

INSPECTION DATE : Apr. 16, to Apr. 18 , 1998

Date	Time	Inspection Item
Apr. 16, 1998	10:00～12:00	Greetings and explanation of the test schedule
	12:00～13:00	Lunch
	13:00～13:30	Hydrogen gas leakage test (Final confirmation)
	13:30～14:30	Three phase sudden short circuit test at 30% voltage
	14:30～19:00	Preparation for copper loss temperature rise test
	19:00～21:30	Copper loss temperature rise test (*)
	21:30～21:45	Current balance check
	21:45～22:00	Copper loss measurement at rated current
	22:00～22:30	Short circuit saturation curve test

[Note] * The copper loss temperature rise test will be performed from 20:00 because of the lack of the electrical power in the shop.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Date	Time	Inspection Item
Apr. 17, 1998	8:00～10:30	Core loss temperature rise test
	9:30～ 9:45	Deviation factor of the open circuit terminal voltage wave
	9:45～10:00	Voltage balance check
	10:00～10:15	Harmonic analysis and measurement of TIF (Balanced TIF)
	10:15～10:30	Core loss measurement at rated voltage and mechanical loss measurement at rated hydrogen gas pressure
	10:15～10:30	Shaft voltage measurement
	10:30～10:45	Open circuit saturation curve test
	10:45～11:00	Residual voltage measurement
	11:00～11:15	Phase sequence check
	11:00～11:15	Calculation of short circuit ratio
	11:00～11:15	Calculation of synchronous impedance
	11:15～11:30	Measurement of moment of GD^2
	11:30～12:00	Mechanical balance (Vibration measurement at each speed)
	12:00～13:00	Lunch
	13:00～13:30	Preparation for TIF measurement (Residual TIF)
	13:30～14:30	Harmonic analysis and measurement of TIF (Residual TIF)
	14:30～16:00	Preparation for dielectric test
	16:00～16:15	Measurement of insulation resistance
	16:15～16:45	Dielectric test
	16:45～17:00	Dimensional inspection
	17:00～17:15	Painting test
Apr. 18, 1998	8:30～12:00	Preparation for test report
	12:00～13:00	Lunch
	13:00～16:00	Explanation of the test results

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบฟอร์มการตรวจสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ELECTRICAL MAINTENANCE DIVISION	INSPECTION SHEET	Date : .... To .... Page 1 / 1
Department : กกม-ร.	Plant Name :	Job. No. .... Act. No. ....
Section : หบม2-ร.	Equipment / Part :	Plant - Unit : ....
	....	Maint. Type : [ ] MO [ ] MI
Eff. Date 29 / 05 / 43	Capacity :	[ ] CI [ ] WI [ ] ....

GAS TURBINE , COMBINE CYCLE & STEAM TURBINE GENERATOR VISUAL INSPECTION

☐ Pre Inspection ☐ Final Inspection

Item	Parts	Results: Norm.	Results: Others	Cause	Remark
	1. Stator Core				
	2. Finger Plate				
	3. Pressing Plate				
	4. Core Pressing Bolt				
	5. Through Bolt				
	6. Cotter				
	7. Core Pack				
	8. Cooling Duct				
S	9.Stopper Wedge				
T	10.Slot Wedge				
A	11.Top Ripple Spring				
T	12.Filler Strip				
O	13.Air Deflector				
R	14.Stiffening Ring				
	15.Top Coil				
	16.Bottom Coil				
	17.Coil Extension Spacer				
	18.Coil Involute Spacer				
	19.Ventilating Tube				
	20.Phase&Neutral Lead and Support				
	21.Phase Connector				
	22.Terminal Bushing&Flexible Lead				
	1. Rotor Body				
	2. Shaft Center Bore				FM02/E23S002
	3. Connecting Lug				
R	4. Balancing Weight				
O	5. Ground Brush				
T	6. Fan Blade				
O	7. Collector Ring				
R	8. Slot Wedge				
	9. Retaining Ring&Coil End				
	10.Radial Lead&Axial Lead				
	11.Distance Piece				
	12.End Plate				
E	1.Brush&Brush Holder				
X	2.Collector Ring				
C	3.Rectifier Wheel				
I	4.Diode Assembly				
T	5.Field Pole				
E	6.Rotor Exciter				
R	7.PMG.				

☐ ACCEPTED ☐ UN ACCEPTED

Checked by :	Approved By :	Inspected By : ....
(................................)	(..................................)	(..............................)
Date ...... / ...... /	Date ...... / .... /	Date ...... / ...... / .....
ฝ่ายบำรุงรักษาไฟฟ้า	รหัสเอกสาร FM01/E23S001	แก้ไขครั้งที่ 02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Insulation Diagnosis

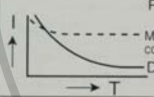
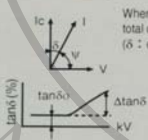
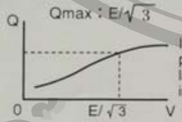
Quality control by trend data through regular diagnosing is the key point.

[How to carry preventive maintenance of insulation in the rotating machinery forward]

Number of years of operation / Insulation diagnosis → Total diagnosis → Regaining reliability by implementing countermeasure such as insulation renewal. ← **Quality control by trend data is important**

Recommended cycle of insulation diagnosis
Less than 10 years of operation : every 4 years
10 years or more of operation : every 2 years

[Insulation Diagnosis Test Item]

Test Item	Test Content and Definition	Purpose	Item		Tolerance Value (Parenthesis indicate the target value)
Insulation resistance measurement	 $R=\frac{E}{I}=M\Omega$ (I : μA E : V) Rd : dry Rw : wet	To grasp the deterioration of insulator, existence of defect, the level of extraneous dust, and moisture absorption condition.	Insulation resistance value [MΩ] (Note 2)	High tension	kV +1 or more (DR insulation : 35, DF insulation : 500)
				Low tension stator	1 (10) or more
				Low tension rotor	
			$\log(R_d/R_w)$		less than 3
Direct current absorption test	Polarization index $P.I.=\frac{\text{current at 1 minute}}{\text{current at 10 minutes}}$  Moisture absorption condition (leakage current is large) Dry condition	To grasp moisture absorption condition of insulator and surface stain condition.	P I		2.0 (2.5) or more
tan δ test	 When AC voltage V is applied to the dielectric, total current I will lag for charging current Ic. (δ : dielectric loss angle) Dielectric loss $W = V \cdot I\cos\varphi = V \cdot I\tan\delta$	To grasp moisture absorption condition of insulator and surface stain condition.	$\tan\delta_0$ [%]		less than 10 (8)
RC value	Insulation resistance $R=\rho\cdot\frac{t}{S}$ Electrostatic capacity $C=\varepsilon\cdot\frac{S}{t}$ $RC=\rho\cdot\varepsilon$ ρ : Volume resistance rate ε : Specific inductive capacity S : Electrode area t : Insulation thickness	To grasp the characteristics specific to insulator irrespective of the physical features of the equipment.	RC [Ω · F]		10 or more (DR insulation : 30, DF insulation : 100)
Partial discharge test	the maximum discharge value at Qmax : $E/\sqrt{3}$  If insulation deterioration progresses, Qmax becomes larger due to void in the insulation.	To grasp the defect condition inside the insulator. (Applied only to DF insulation)	Qmax [pC]		1×10^5 or less (5×10^4)
Visual inspection	Detection of microscopic crack, traces of tracking, white powder from wear of the insulator, and/or discoloration of insulator leads to prevention of big accidents from occurring and are one of the important diagnosing items.				

Note 1) In the low tension case, only the insulation resistance measurement and visual inspection shall be applied.
Note 2) The insulation resistance value is 40°C conversion value. Provided that only low tension rotor shall be per normal temperature value.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ELECTRICAL MAINTENANCE DEVISION Department :Generator and Motor Section : Engineering and Testing Date...13../..JUNE..../...01	INSPECTION SHEET Plant Name : RATCHABURI THERMAL PLANT UNIT#1 Equipment Name : GENERATOR STATOR "MITSUBISHI" S/N 96AD3301 , DATE. APR .,1998 Capacity : 990 MVA., 24 kV., 23,816 A., PF 0.85 , 3,000 RPM. EXCITATION 650 V., 6,405 A., INSULATION CLASS F	Date :....... To ..... Page :1 / 2 Job. No............Act. No......... Plant - Unit : .... Maint. Type : ☐ MO ☐ MI ☐ CI ☑ WI ☐ ....

STATOR WINDING

WINDING TEMP...31° C AMB. TEMP...31° C R.H...53...%

☑ GENERATOR ☐ MOTOR ☐ EXCITER ☐ PRE TEST ☑ FINAL TEST

☐ INSULATION RESISTANCE TEST

VOLTAGE (V.DC.)	TIME (MINUTE)	PHASE U	PHASE V	PHASE W	U+V+W
	1	3,480	3,520	3,640	1,500
☐ 500 V.	2	5,750	5,750	6,000	2,580
☐ 1000 V.	4	9,350	9,300	9,750	4,320
☐ 2000 V.	6	12,200	12,200	12,700	5,550
☑ 2500 V.	8	14,700	14,600	15,100	6,550
☐ 5000 V.	10	16,900	16,800	17,100	7,400
	P.I.	4.85	4.77	4.69	4.93

(INSULATION RESISTANCE (MΩ))

☑ DC. RESISTANCE TEST

PHASE	VOLTAGE (V.)	CURRENT (A.)	RESISTANCE (Ω)
U - X	0.01748	16.26	0.001075
V - Y	0.01732	16.15	0.001072
W - Z	0.01718	16.14	0.001064

☑ IMPEDANCE TEST

PHASE	VOLTAGE (V.)	CURRENT (A.)	IMPEDANCE (Ω)
U - X	1.331	10	0.1331
V - Y	1.277	10	0.1277
W - Z	1.669	10	0.1669

☑ CAPACITANCE TEST

PHASE	VOLTAGE (V.)	CURRENT(mA.)	CAPACITANCE(μ F)
U - GROUND	200	14.11	0.224477
V - GROUND	200	14.12	0.224636
W - GROUND	200	14.08	0.224000
U+V+W - GROUND	200	41.10	0.653864

EQUIPMENTS

☑ PORTABLE INSULATION RESISTANCE TESTER
MODEL...MEGGER BM21.....
SERIAL NO.................................

☐ PORTABLE DIELECTRIC HIGH VOLTAGE TESTER
MODEL.......................................
SERIAL NO.................................

☐ SURGE COMPARISON TESTER
MODEL.......................................
SERIAL NO.................................

☑ DIGITAL MULTIMETER
MODEL...MEGGER M8037...........
SERIAL NO 1..............................
2..............................
3..............................

☑ SINGLE PHASE VARIAC ...0-220 V..

☑ TRANSFORMER 220 / 22 V..........

☑ BATTERY......6.............V.DC.

JUDGEMENT

☑ ACCEPTED ☐ UN- ACCEPTED — INSULATION RESISTANCE Rmin is not less than ...150 Meg.Ohm. and PI.is not less than ...2.00... from SD NO. ...Manufacturer Recommended and Refer to Factory & Commissioning Test........

☑ ACCEPTED ☐ UN - ACCEPTED — DC. RESISTANCE of stator winding is not more than ..3.% between phase a , b ,c and previous values from SD NO. ...Refer to Factory Test & Design Value..........

☑ ACCEPTED ☐ UN - ACCEPTED — IMPEDANCE of stator winding is not more than ...-...% between phase a , b ,c and previous values from SD NO. ...Because of Rotor inside cause be Impedance Value between phase are not be equal.....

☑ ACCEPTED ☐ UN - ACCEPTED — CAPACITANCE of insulation is not more than...-... % between phase a , b ,c and previous values from SD NO. ...Measure for compare in the next time...(no have the Factory Test).............

RESULT :

☑ ACCEPTED

☐ UN-ACCEPTED

GOOD
* ROTOR INSIDE
* TEST WITH EGAT AND MITSUBISHI TECHNICAL ADVISOR

Tested By :	Approved By :	Inspected By: ....
(MR. CHAOWALIT CHUANRAKSASAT)	(MR. TOSHIHIRO HAMADA)	( )
Date :...13./...JUNE../...01......	Date :..13./..JUNE../..01..	Date : ....../......../.......
ฝ่ายบำรุงรักษาไฟฟ้า	รหัสเอกสาร FM01/E21S003	แก้ไขครั้งที่ 02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ELECTRICAL MAINTENANCE DEVISION Department :Generator and Motor Section : Engineering and Testing Date…06./…JUNE./…01…..	**INSPECTION SHEET** Plant Name : RATCHABURI THERMAL PLANT UNIT#1 Equipment Name : GENERATOR ROTOR "MITSUBISHI" S/N 96AD3301 , DATE. APR .,1998 Capacity : 990 MVA., 24 kV., 23,816 A., PF 0.85 , 3,000 RPM. EXCITATION 650 V., 6,405 A., INSULATION CLASS F	Date :……. To ….. Page :…/….. Job. No…………Act. No……… Plant - Unit : …………………… Maint. Type : ☐ MO ☐ MI ☐ CI ☑ WI ☐ ……………

ROTOR WINDING

WINDING TEMP…33.°C AMB. TEMP…33°C R.H…58 %

☑ INSULATION RESISTANCE TEST

TERMINAL	VOLTAGE (V.DC.)	INSULATION RESISTANCE (Meg. Ohm.) AT 1 MINUTE
Wdg. - Ground	500	2,260

☑ DC. RESISTANCE TEST

TERMINAL	VOLTAGE (V.)	CURRENT (A.)	RESISTANCE (Ω)
J - K	1.345	18.01	0.0747

☑ IMPEDANCE TEST

TERMINAL	VOLTAGE (V.)	CURRENT (A.)	IMPEDANCE (Ω)
J - K	14.19	5	2.838

☑ CAPACITANCE TEST

TERMINAL	VOLTAGE (V.)	CURRENT(mA.)	CAPACITANCE(μ F.)
Wdg. - Ground	200	52.5	0.8352

EQUIPMENTS

- ☑ PORTABEL INSULATION RESISTANCE TESTER MODEL…MEGGER BM21…… SERIAL NO…………………
- ☐ PORTABLE DIELECTRIC HIGH VOLTAGE TESTER MODEL……………………… SERIAL NO…………………
- ☑ DIGITAL MULTIMETER MODEL…FLUKE87 SERIAL NO1…………2… ……..3………..
- ☑ SINGLE PHASE VARIAC …0 - 220 V….
- ☑ BATTERY……6….VDC.

VOLTAGE DROP PER POLE

☐ DC. ☑ AC. SUPPLY 14.19 V. 5 A.

☐ Fig. A ☑ Fig. B

V1 =	7.11 V. (A)
V2 =	7.05 V. (B)
V3 =	
V4 =	

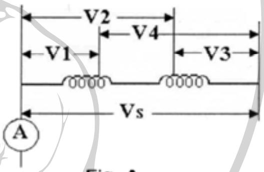


Fig. A

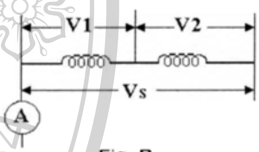


Fig. B

VOLTAGE DROP PER POLE FOR HYDRO POWER PLANT											
1		9		17		25		33		41	
2		10		18		26		34		42	
3		11		19		27		35		43	
4		12		20		28		36		44	
5		13		21		29		37		45	
6		14		22		30		38		46	
7		15		23		31		39		47	
8		16		24		32		40		48	

☐ DIELECTRIC HIGH VOLTAGE TEST

☐ DC.HIGH POTENTIAL TEST ☐ AC. HIGH POTENTIAL TEST

TERMINAL	VOLTAGE (kV.)	CURRENT(μ A.)	TIME (MINUTE)	REMARK
WINDING - GRD.				

JUDGEMENT

- ☑ ACCEPTED ☐ UN-ACCEPTED INSULATION RESISTANCE Rmin is not less than..10 Meg.ohm.. from SD NO…FACTORY TEST….
- ☑ ACCEPTED ☐ UN-ACCEPTED DC. RESISTANCE is not more than……% refer to previous values from SD NO…FACTORY TEST..
- ☑ ACCEPTED ☐ UN-ACCEPTED IMPEDANCE is not more than……….% refer to previous values from SD NO…FACTORY TEST…..
- ☑ ACCEPTED ☐ UN-ACCEPTED CAPACITANCE is not more than…-…% refer to previous values from SD NO…-……..
- ☑ ACCEPTED ☐ UN-ACCEPTED VOLTAGE DROP is not more than..3 % ..between poles and previous values from SD NO.FACTORY TEST
- ☐ ACCEPTED ☐ UN-ACCEPTED DIELECTRIC TEST is not breakdown on test from SD NO………………………

☑ ACCEPTED RESULT : GOOD

☐ UN-ACCEPTED * TEST WITH EGAT AND MITSUBISHI TECHNICAL ADVISOR

Tested By : …………………………………	Approved By : ………………………	Inspected By: ……………………
(MR. CHAOWALIT CHUANRAKSASAT)	(MR. TOSHIHIRO HAMADA)	( )
Date :…06../…JUNE../…01…	Date :.06../..JUNE../..01..	Date : ……/……../……
ฝ่ายบำรุงรักษาไฟฟ้า	รหัสเอกสาร FM01/E21S012	แก้ไขครั้งที่ 02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รายละเอียดการตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษาบางส่วนของโรงไฟฟ้า

GEN-C-100-200 Gasturbine & Combined Cycle Generator 100-200 MW.

1 STATOR-PREPARATION EQUIPMENT & FACILITY

2 SHORT CIRCUIT RTD.

3 STATOR-DISCONNECTION MAIN LEAD & NEUTRAL POINT

4 STATOR-CLEAN , RECONDITION MAIN LEAD & NEUTRAL POINT

5 STATOR-PRE ELECTRICAL TEST

6 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

7 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

8 IMPEDANCE MEASUREMENT

9 CAPACITANCE MEASUREMENT

10 STATOR-VISUAL INSPECTION

11 STATOR-CLEAN

12 STATOR-FINAL ELECTRICAL TEST

13 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

14 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

15 IMPEDANCE MEASUREMENT

16 CAPACITANCE MEASUREMENT

17 INSULATION POWER FACTOR TIP-UP MEASUREMENT

18 STATOR CONNECTION MAIN LEAD & NEUTRAL POINT

19 STATOR-FINAL INSPECTION & FINAL WORK

20 ROTOR-PREPARATION EQUIPMENT & FACILITY

21 ROTOR-PRE ELECTRICAL TEST

22 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

23 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

24 ROTOR-VISUAL INSPECTION

25 ROTOR-CLEAN

26 ROTOR-FINAL ELECTRICAL TEST

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

27 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

28 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

29 ROTOR-FINAL INSPECTION & FINAL WORK

30 EXCITER-INSPECTION

31 EXCITER-CLEAN

32 EXCITER-FINAL ELECTRICAL TEST

33 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

34 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

35 EXCITER-FINAL INSPECTION & FINAL WORK

36 OPEN CIRCUIT RTD.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รายละเอียดการตรวจสอบบำรุงรักษาทุกส่วนของโรงไฟฟ้า

GEN-C-100-200 Gasturbine & Combined Cycle Generator 100-200 MW.

1 STATOR-PREPARATION EQUIPMENT & FACILITY

2 SHORT CIRCUIT RTD.

3 STATOR-DISCONNECTION MAIN LEAD & NEUTRAL POINT

4 STATOR-CLEAN , RECONDITION MAIN LEAD & NEUTRAL POINT

5 STATOR-INSTALLATION PLATFORM

6 STATOR-PRE ELECTRICAL TEST

7 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

8 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

9 IMPEDANCE MEASUREMENT

10 CAPACITANCE MEASUREMENT

11 STATOR-VISUAL INSPECTION

12 STATOR-CLEAN

13 STATOR-WEDGE TIGHTNESS CHECK

14 STATOR-RECONDITION (REWEDGE < 20 %)

15 STATOR-DRYING OUT

16 STATOR-FINAL ELECTRICAL TEST

17 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

18 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

19 IMPEDANCE MEASUREMENT

20 CAPACITANCE MEASUREMENT

21 INSULATION POWER FACTOR TIP-UP MEASUREMENT

22 STATOR-VARNISH TREATMENT

23 STATOR CONNECTION MAIN LEAD & NEUTRAL POINT

24 STATOR-FINAL INSPECTION & FINAL WORK

25 ROTOR-PREPARATION EQUIPMENT & FACILITY

26 ROTOR-PRE ELECTRICAL TEST

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

27 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

28 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

29 IMPEDANCE MEASUREMENT

30 CAPACITANCE MEASUREMENT

31 ROTOR-VISUAL INSPECTION

32 ROTOR-CLEAN

33 ROTOR-WEDGE TIGHTNESS CHECK

34 ROTOR-NON DESTRUCTIVE TEST

35 ULTRASONIC TEST ROTOR RETAINING-RING

36 ULTRASONIC TEST ROTOR WEDGE

37 DRY PENETRANT TEST ROTOR FAN BLADE

38 ROTOR-SHAFT CENTER BORE LEAKAGE TEST

39 ROTOR-RECONDITION

40 ROTOR-DRYING OUT

41 ROTOR-FINAL ELECTRICAL TEST

42 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

43 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

44 IMPEDANCE MEASUREMENT

45 CAPACITANCE MEASUREMENT

46 AC. VOLTAGE DROP/POLE MEASUREMENT

47 ROTOR-VARNISH TREATMENT

48 ROTOR-FINAL INSPECTION & FINAL WORK

49 EXCITER-DISASSEMBLY EXCITER SET

50 EXCITER-INSPECTION

51 EXCITER-CLEAN

52 EXCITER-RECONDITION

53 EXCITER-WARM

54 EXCITER-FINAL ELECTRICAL TEST

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

55 INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

56 DC. RESISTANCE MEASUREMENT

57 IMPEDANCE MEASUREMENT

58 CAPACITANCE MEASUREMENT

59 EXCITER-ASSEMBLY EXCITER SET

60 EXCITER-FINAL INSPECTION & FINAL WORK

61 OPEN CIRCUIT RTD.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายสุภชัย ลือวรรณ

วัน เดือน ปี เกิด 29 เมษายน 2515

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า โรงเรียนเทคโนโลยีพระรามหก กรุงเทพ ปีการศึกษา 2533

สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพ ปีการศึกษา 2536

สำเร็จการศึกษาปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม ปีการศึกษา 2538

ทุนการศึกษา ได้รับทุนโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน วิศวกร บริษัท IBC SYMPHONY ปี 2538 – 2540

วิศวกร บริษัท World Cable Network ปี 2540 – 2541

วิศวกรฝ่ายวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี 2541 - ปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved