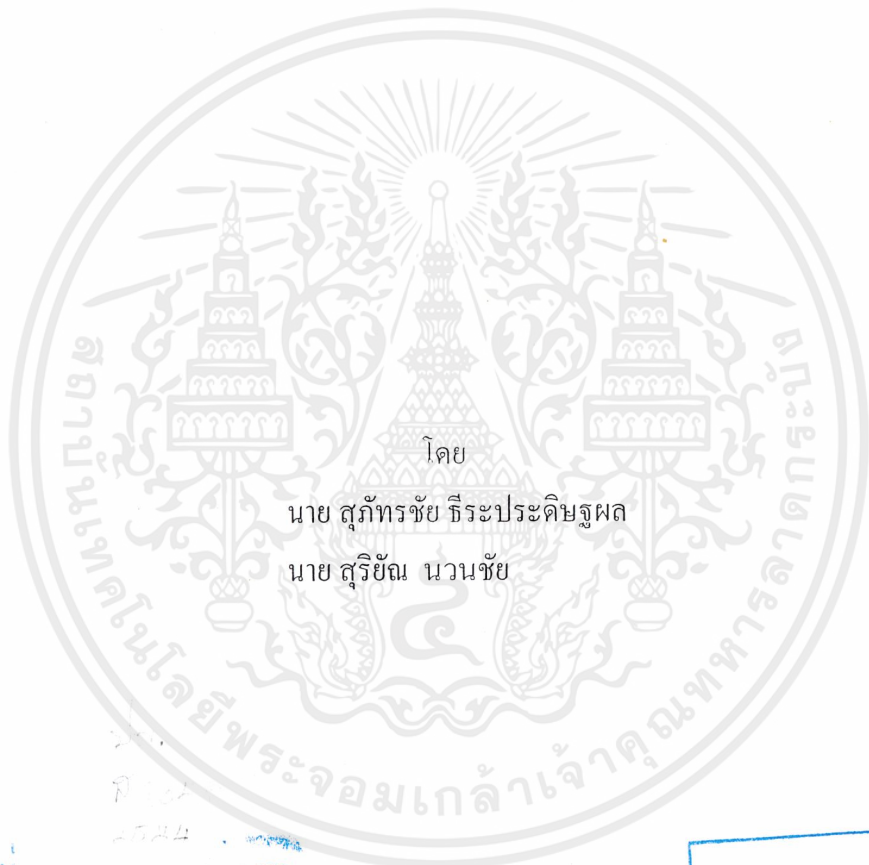




ปีการศึกษา 2544

การบำรุงรักษาและการศึกษาการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV.  
และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV. ในโรงประลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่

A MAINTENANCE AND INSTALLATION STUDY FOR AC 100 kV. AND DC 600 kV.  
HIGH VOLTAGE GENERATORS IN NEW HIGH VOLTAGE BUILDING



โดย  
นาย สุภัทรชัย วีระประดิษฐ์ผล  
นาย สุริยัณ นวนชัย

เลขที่.....  
เลขทะเบียน..... 45940  
วันที่, เดือน, ปี..... 26 ก.พ. 2546

b.....  
i.....

อาจารย์ที่ปรึกษา  
รศ. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การบำรุงรักษาและศึกษาการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV.  
และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV. ในโรงประลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่

ผู้จัดทำ

1. นายสุภัทรชัย วีระประดิษฐผล
2. นายสุริยวัฒน์ นวนชัย



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล)

## กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการเรื่องการบำรุงรักษาและศึกษาการติดตั้งเครื่องกำเนิดกระแสสลับ 100 kV. และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV. ในโรงทดลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่ได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลือให้คำปรึกษาและคำแนะนำจากอาจารย์ ศิริวัฒน์ โภธิเวชกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและได้รับความอนุเคราะห์ในด้านอุปกรณ์การทดลองจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตบางพลีโดยคุณพงษ์พัฒน์ ทางผู้จัดทำรู้สึกทราบบ้างและความกรุณาของทุกท่านอย่างที่สุดและขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณพี่เล็ก พี่โต้ง พี่แสบ พี่แอล พี่โส พี่ชะ พี่ปุ่นและพี่ ๆ ป.โททุกคนรวมทั้งเพื่อน ๆ ไม่ว่าจะเป็น โคง กุล ดัน เต็นท์ ปาน หนุ่ย แอม มะ นื่องคอน นื่องเบนซ์ นื่องจิบ นื่องต๊อบ และเพื่อน ๆ นื่อง ๆ อีกหลายคนซึ่งไม่สามารถจะกล่าวได้หมดที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือทุกอย่าง ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ กล้องดิจิทัล ปริ้นเตอร์ และอื่น ๆ ที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไหมที่ช่วยนั่งพิมพ์

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติมิตรทุกท่านที่ให้การสนับสนุนอำนวยความสะดวกและเป็นกำลังใจให้ทางคณะผู้จัดทำเสมอมา

สุภัทรชัย

ธีระประดิษฐ์ผล

สุริยณ

นวนชัย

การบำรุงรักษาและศึกษาการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV.  
และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV. ในโรงประลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่  
A MAINTENANCE AND INSTALLATION STUDY FOR 100 kV<sub>a.c.</sub> AND 600 kV<sub>d.c.</sub>  
HIGH VOLTAGE GENERATORS IN NEW HIGH VOLTAGE BUILDING.

นาย สุภัทรชัย วีระประดิษฐผล

นาย สุริยัณ นวนชัย

รศ. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544

**บทคัดย่อ**

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอการ ตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 กิโลโวลต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 กิโลโวลต์ ว่ายังสามารถจ่ายแรงดันได้ตรงตามมาตรฐาน IEC 52 หรือไม่ โดยใช้โอห์มมิเตอร์ทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ทำการสอบเทียบแรงดันเบรคความถี่ระยะแกป ต่าง ๆ และทำการเปรียบเทียบแรงดันที่ได้กับค่าแรงดันตามมาตรฐานของ IEC 52 เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและทำการบำรุงรักษา จากนั้นทำการออกแบบการวางตำแหน่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่องตามทฤษฎีของการออกแบบห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงของ M S Naidu High-Voltage Engineering. และทำการย้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 กิโลโวลต์ไปติดตั้งที่ห้องใหม่ โดยทำการติดตั้งตามระยะปลอดภัยที่ได้จากการคำนวณระยะห่างต่าง ๆ ที่เหมาะสม แล้วทดลองเก็บค่าการสอบเทียบแรงดันเบรคความถี่โดยใช้โอห์มมิเตอร์ทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร เพื่อเทียบกับค่าแรงดันเบรคความถี่มาตรฐานอีกครั้ง และสรุปผลความคลาดเคลื่อนเพื่อปรับแต่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และวางแผนการดำเนินงานรวมถึงค่าใช้จ่ายการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการเคลื่อนย้ายต่อไปในอนาคต

**A MAINTENANCE AND INSTALLATION STUDY FOR 100 kV<sub>ac</sub> AND 600 kV<sub>dc</sub>  
HIGH VOLTAGE GENERATORS IN NEW HIGH VOLTAGE BUILDING.**

Supatchai Teerapraditpol

Suriyan Nuanchai

Assoc.Prof. Siriwat Potivejkul Advisor

2001

**ABSTRACT**

For academic laboratories as well as researches on phenomena of high voltage system, it is necessary to use standardized procedures with efficient testing equipments. This project first checked the efficiency of preinstalled 100 kV<sub>ac</sub> and 600 kV<sub>dc</sub> high voltage generators to supply correct breaking down voltage of sphere gap with 25 cm diameter. The experimental results were analyzed for calibrating the generators conforming to Std. IEC 52. For the new laboratory room, layout plans for positioning the generators with consideration of safety clearance were designed by M S Naidu High-Voltage Engineering methods and described in this thesis. Finally, when moved and re-installed in the new laboratory room, the 100 kV<sub>ac</sub> generator were tested again by measuring breaking down voltage of sphere gap with 25 cm diameter. The errors were compared with Std. IEC 52 for re-calibrating the generators to supply the voltage within standard level.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
<b>บทที่ 1</b> <b>บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตปริญญาานิพนธ์	2
1.3 ลำดับการดำเนินงาน	3
<b>บทที่ 2</b> <b>การผลิตไฟฟ้าแรงสูงและห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง</b>	<b>4</b>
2.1 วิธีการสร้างแรงดันสูงกระแสตรง	4
2.2 วิธีการสร้างแรงดันสูงกระแสสลับ	5
2.3 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง	5
2.4 กิจกรรมนอกเหนือการทดสอบ	6
2.5 ประเภทห้องปฏิบัติการฯ	7
2.5.1 ห้องปฏิบัติการขนาดเล็ก	7
2.5.2 ห้องปฏิบัติการขนาดกลาง	8
2.5.3 ห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่	8
2.6 การออกแบบห้องปฏิบัติการฯ	9
2.7 การวางผังโดยทั่วไปสำหรับห้องปฏิบัติการ	10
2.7.1 ระยะห่างเพื่อความปลอดภัย	10
2.7.2 ระยะห่างสำหรับการทดสอบความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้า	11
2.7.3 ระยะห่างสำหรับการทดสอบความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์	12
2.7.4 ระยะห่างสำหรับความคงทนต่อไฟฟ้ากระแสตรง	12
2.7.5 ระยะห่างสำหรับการทดสอบความคงทนด้วยแรงดันสวิตชิงเสิร์จ	12
2.8 การวางผัง, จัดตำแหน่งของอุปกรณ์ทดสอบและเครื่องมือในการวัด	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.9 การออกแบบระบบกราวด์	14
2.9.1 กราวด์ในอุดมคติ	14
2.9.2 กราวด์เดี่ยว	14
2.9.3 กราวด์บัส	15
2.10 ระบบสายดินโรงประลองไฟฟ้าแรงสูงและสายดินห้องทดลอง	15
2.11 วิธีการวัดแรงดันเบรคดาวน์	18
2.12 แฟลคเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อแรงดันเบรคดาวน์	19
2.12.1 แฟลคเตอร์อันเนื่องมาจากทรงกลม	19
2.12.2 แฟลคเตอร์อันเนื่องมาจากความหนาแน่นของอากาศ	20
2.12.3 แฟลคเตอร์อันเนื่องมาจากความชื้นในบรรยากาศ	21
2.12.4 แฟลคเตอร์อื่น ๆ ที่มีผลต่อแรงดันเบรคดาวน์	21
2.13 มาตรฐานการติดตั้งทรงกลม	22
2.14 โครงสร้างและขนาดก้านยึดทรงกลม	22
2.15 ความสูงของทรงกลมเหนือพื้นกราวด์	24
2.16 ช่องว่างรอบ ๆ ทรงกลม	24
2.17 การต่อใช้งานทรงกลม	24
<b>บทที่ 3 การซ่อมบำรุงและการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์</b>	<b>26</b>
3.1 การปรับปรุงแก้ไขหม้อแปลง	26
3.2 การทดสอบความคงทนของฉนวนน้ำมัน	27
3.3 การปรับปรุงแก้ไขตู้คอนโทรล AC Generator	28
3.3.1 ปัญหาที่พบจากการใช้เครื่องมือ	28
3.3.2 แนวทางแก้ไข	28
3.3.3 ปัญหาจากเบรคเกอร์	29
<b>บทที่ 4 การทดสอบอุปกรณ์</b>	<b>38</b>
4.1 อุปกรณ์การทดลอง	38
4.2 ข้อควรระวังในการทดลอง	41
4.3 วิธีการทดลอง	41
4.3.1 การเตรียมตัวก่อนการทดลอง	41

	หน้า
4.3.2 การทดลอง	42
4.4 การคำนวณค่าความคาดเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง และกระแสสลับ	63
<b>บทที่ 5</b> <b>สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบ</b>	<b>65</b>
5.1 สรุปผลการทดสอบ	65
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	66
5.3 แนวทางแก้ไขและข้อเสนอแนะ	66
5.4 แผนการดำเนินงานต่อจากโครงการ	69

### เอกสารอ้างอิง

#### ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ค



## สารบัญรูปรภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 วงจรเพิ่มแรงดัน 2 เท่า แบบ full wave	4
รูปที่ 2.2 การจัดการทดสอบและการวัด	13
รูปที่ 2.3 การต่อใช้งาน EARTH TESTER	17
รูปที่ 2.4 ตำแหน่งของจุดต่อกราวนด์	18
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรการตัดต่อภายในตู้ AC Control	30
รูปที่ 3.2 แสดงจุดต่อ I/P, O/P ของหม้อแปลง Regulator	30
รูปที่ 3.3 ลักษณะของฟิวส์	31
รูปที่ 3.4 หม้อแปลง Regulator	31
รูปที่ 3.5 แสดงการต่อมิเตอร์วัดแรงดัน out put ของหม้อแปลง	32
รูปที่ 3.6 แปรงถ่านของหม้อแปลง Regulator	32
รูปที่ 3.7 Magnetic Contactor	33
รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อวงจรภายในตู้ AC Control	33
รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งการติดตั้งจริงภายในห้องประลองไฟฟ้าแรงสูง	34
รูปที่ 3.10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งจริงของเครื่อง AC Generator	35
รูปที่ 3.10 ก แสดงการติดตั้งจริง	35
รูปที่ 3.11 แสดงการต่อช่องว่างทรงกลม	36
รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อหม้อแปลง	36
รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่อจุดกราวนด์	37
รูปที่ 3.14 ตู้ AC Control	37
รูปที่ 4.1 Circuit of High Voltage DC Negative	39
รูปที่ 4.2 การติดตั้งอุปกรณ์ AC Generator	40
รูปที่ 4.3 วงจรการทดลอง	40
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรกคาว์นของเครื่อง DC.Gen. ปี 2528	46
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรกคาว์นของเครื่อง DC.Gen. ปี 2544 (ก่อนการย้าย)	49
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบแรงดันเบรกคาว์นกับเครื่องมาตรฐาน (ก่อนการย้าย)	50
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรกคาว์นของเครื่อง AC.Gen. ปี 2528	52

	หน้า
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรกคาวน์ของเครื่อง AC.Gen. ปี 2544 (ก่อนการย้าย)	54
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรกคาวน์ของเครื่อง AC.Gen. หลังการย้าย (13/3/45)	56
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรกคาวน์ของเครื่อง AC.Gen. หลังการย้าย (16/3/45)	58
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรกคาวน์ของเครื่อง AC.Gen. หลังการย้าย (17/3/45)	60
รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบแรงดันเบรกคาวน์เฉลี่ยกับค่ามาตรฐาน (หลังการย้าย)	61
รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบแรงดันเบรกคาวน์เฉลี่ยก่อนและหลังการย้ายกับค่ามาตรฐาน	62



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าอ้างอิงระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	9
ตารางที่ 2.2 ระยะห่างระหว่างแถบ	11
ตารางที่ 2.3 แสดงขนาดแรงดันทดสอบ	14
ตารางที่ 2.4 ผลการทดสอบค่าความต้านทานลงดินที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของห้องประลองฯเก่า	17
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าคงที่ correction factor	21
ตารางที่ 2.6 แสดงค่าแรงดันที่ใช้วัดสูงสุดของช่องว่างทรงกลม	23
ตารางที่ 2.7 แสดงค่าของมาตรฐานการติดตั้งช่องว่างทรงกลม	23
ตารางที่ 2.8 แสดงระยะในการติดตั้งทรงกลม	24
ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดสอบความคงทนฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง	27
ตารางที่ 3.2 แสดงค่า L, R ของคอยล์ magnetic	29
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าแรงดันเบรกคาวน์ที่สภาวะมาตรฐานของช่องว่างทรงกลม	43
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเบรกคาวน์ DC Generator 10-11/6/28	44
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเบรกคาวน์ DC Generator 10-11/6/28 คูณด้วยค่า correction factor	45
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเบรกคาวน์ DC Generator 10/9/44 (ก่อนการย้าย)	47
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเบรกคาวน์ DC Generator 10/9/44 (ก่อนการย้าย) คูณด้วยค่า correction factor	48
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 12/6/28	51
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 12/6/28 คูณด้วยค่า correction factor	51
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 12/9/44 (ก่อนการย้าย)	53
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 13/3/45 คูณด้วยค่า correction factor	53
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 13/3/45 (หลังการย้าย)	55
ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 13/3/45 คูณด้วยค่า correction factor	55
ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 16/3/45 (หลังการย้าย)	57
ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 16/3/45 คูณด้วยค่า correction factor	57
ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 17/3/45 (หลังการย้าย)	59
ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองเบรกคาวน์ AC Generator 17/3/45 คูณด้วยค่า correction factor	59
ตารางที่ 4.16 แสดงการหาค่าความคลาดเคลื่อนของ AC Generator	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงการหาค่าความคลาดเคลื่อนของ DC Generator



## บทที่ 1

### บทนำ

ระบบไฟฟ้าแรงสูงเป็นสิ่งจำเป็นในปัจจุบันนี้ ซึ่งใช้ในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปตามที่ต่างๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จำเป็นต้องถูกทดสอบคุณสมบัติต่างๆก่อนที่จะนำมาใช้งาน และอุปกรณ์ทดสอบถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ถ้าอุปกรณ์ทดสอบมีประสิทธิภาพสูงก็สามารถตรวจสอบอุปกรณ์ทางด้านแรงสูงได้อย่างแม่นยำถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ทำให้มีความปลอดภัยในระบบไฟฟ้าแรงสูง และยังสามารถที่จะนำเครื่องมือเหล่านี้มาใช้ในการศึกษาการทำการทดลองและการวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าแรงสูงได้ และสำหรับภาควิชาไฟฟ้ากำลังที่มีห้องประลองไฟฟ้าแรงสูงแห่งใหม่ จึงจำเป็นที่จะต้องเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปติดตั้งตามแบบที่ได้มาตรฐานโครงการนี้ จึงได้ทำการตรวจเช็ค,บำรุงรักษา,ออกแบบการติดตั้งรวมถึงติดตั้งจริง ณ ห้องประลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่

#### 1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 ทำการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV. และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับ 100 kV. เพื่อเทียบกับมาตรฐานกำหนดและหาค่าความคลาดเคลื่อนทั้งก่อนย้ายและหลังการติดตั้งที่ใหม่
- 1.1.2 ทำการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV. และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV. เพื่อให้ได้ค่าแรงดันตามมาตรฐานกำหนด
- 1.1.3 เคลื่อนย้ายและติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV. ณ ห้องประลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่ตามทฤษฎีของ M S Naidu , V Kamaraju , High-Voltage Engineering.
- 1.1.4 ออกแบบและทำแผนการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV. เพื่อให้มีประสิทธิภาพตามทฤษฎีของ M S Naidu , V Kamaraju , High-Voltage Engineering.

## 1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

โครงการนี้มีการบำรุงรักษาก่อนการเคลื่อนย้ายโดยการตรวจเช็คสภาพและทำการทดสอบ วัดผลของเครื่องซึ่งพบว่าเครื่อง DC Generator ได้ผลการทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนเครื่อง AC Generator ได้ผลการทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนมากกว่ามาตรฐานกำหนด โดยใช้มาตรฐาน IEC 52 ในการเปรียบเทียบ จึงทำการส่งซ่อมบำรุง แล้วศึกษาและออกแบบการติดตั้งเครื่อง AC generator และเครื่อง DC generator ร่วมกับเครื่อง Impulse ณ ห้องประลองไฟฟ้าแรงสูงแห่งใหม่ ต่อจากนั้นจึงทำการติดตั้งเครื่อง AC generator และทำการเก็บผลการทดสอบอีกครั้ง พบว่าได้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และทำแผนการติดตั้งเครื่อง DC generator ณ ห้องประลองแห่งใหม่ เพื่อสำหรับการติดตั้งในอนาคต

## 1.3 ลำดับการดำเนินโครงการ

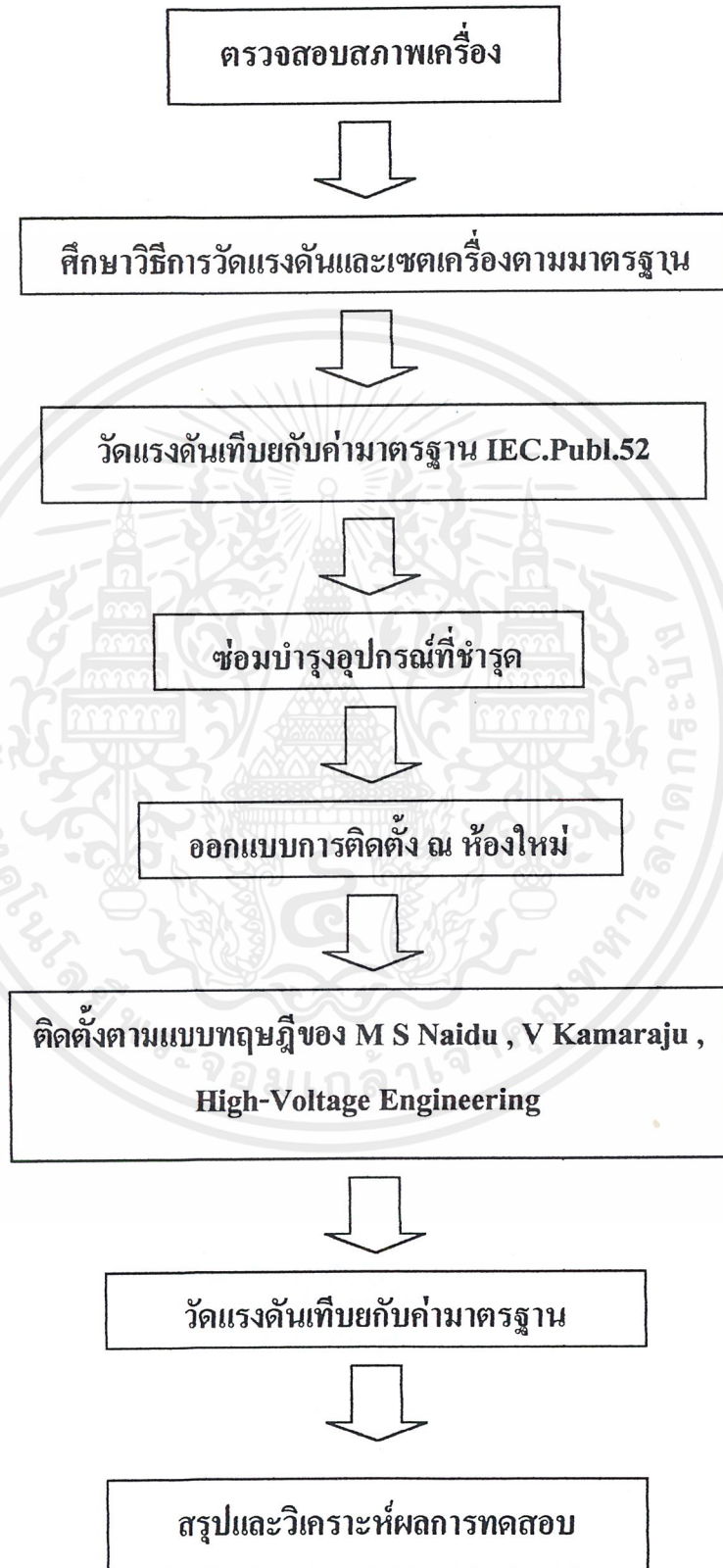
**เทอม 1** - ศึกษาการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่อง

- ศึกษาวิธีการวัดตามมาตรฐาน IEC. Publ. 52
- ปรับสภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่องตามมาตรฐาน IEC. Publ. 52
- ทดสอบเพื่อเก็บผลการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่อง
- วิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่อง
- ซ่อมบำรุงเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV.

**เทอม 2** - ศึกษาทฤษฎีห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง

- ออกแบบวางผังห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง
- ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV.
- ทดสอบเก็บผลการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV. ที่ติดตั้งใหม่
- สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV.
- ทำปริญญานิพนธ์

### Block Diagram of Project



## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 วิธีการสร้างแรงดันของ DC HIGH VOLTAGE GENERATOR 600 kV.

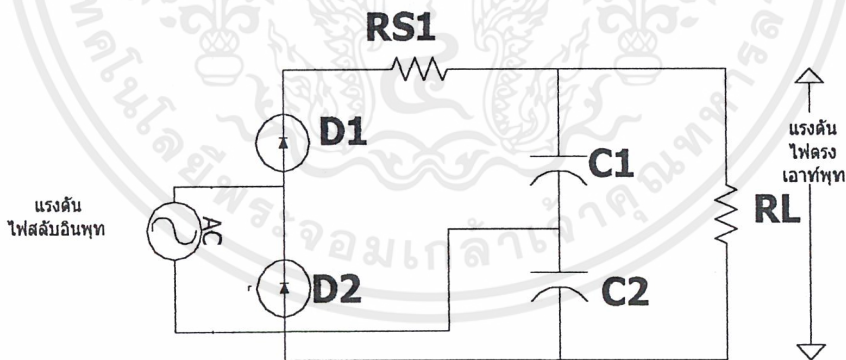
การสร้างแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV.อาศัยวงจรพื้นฐาน 2 วงจรคือ

1. วงจรสร้างแรงดันสองเท่าแบบฟูลเวฟ
2. วงจร Rectifier

สำหรับวิธีที่ใช้ในการสร้าง DC. High Voltage ให้ได้ Voltage สูงๆนั้นหลังจากได้ DC.Voltage แล้วก็นำมาต่อกันแบบ cascade อีกทีหนึ่งเพื่อเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้นอีก

##### 2.1.1 วงจรเพิ่มแรงดันสองเท่าแบบฟูลเวฟ

วงจรเพิ่มแรงดันแบบฟูลเวฟให้ข้อดีเนื่องจากวงจรสามารถเพิ่มแรงดันเอาต์พุตได้ตลอดไซเคิลของไฟสลับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวเก็บประจุที่เอาต์พุตจะมี 2 ตัว เพื่อเป็นตัวรับประจุจากการประจุของไฟอินพุตตัวละครึ่งไซเคิล วงจรเพิ่มแรงดันแบบนี้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรเพิ่มแรงดันสองเท่าแบบฟูลเวฟ

การทำงานของวงจรเริ่มจากตัวเก็บประจุ C2 ถูกประจุจนกระทั่งมีค่าแรงดันคร่อม VP โดยผ่านตัวไดโอด D2 และความต้านทาน RS1 ในช่วงครึ่งไซเคิลที่เป็นลบของแรงดันไฟสลับ แต่เมื่อถึงครึ่งไซเคิลที่เป็นบวกแรงดันไฟสลับจะทำหน้าที่ประจุให้กับตัวเก็บประจุ C1 โดยผ่านตัวไดโอด D1 และตัวความต้านทาน RS1 ดังนั้นแรงดันที่ขั้วเอาต์พุตจึงมีค่าเป็น 2VP

ในการใช้งานของวงจรนี้ตัวเก็บประจุทั้งสองจะต้องมีอัตราทนแรงดัน ได้สูงกว่า VP และค่าอัตราสูงสุดของแรงดันขณะ โบนแอสกลับที่ใด โอดทนได้จะต้องมีค่ามากกว่า 2VP

เนื่องจากวงจรนี้จะจ่ายกระแสเป็นพัลส์เข้าไปประจุให้กับตัวเก็บประจุ และอาจมีค่าสูงมาก ทำให้ไดโอดอาจเกิดการเสียหายได้ ดังนั้นการใส่ตัวต้านทาน RS1 และ RS2 เพื่อเป็นตัวกำหนดค่ากระแสสูงสุดของการประจุตัวเก็บประจุ

## 2.2 วิธีการสร้างแรงดันของ AC. HIGH VOLTAGE GENERATOR 100 kV.

การสร้างแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 100 kV. อาศัยหลักการ step up ของหม้อแปลงแรงดันสูง โดยการใช้หม้อแปลงแรงดันกระแสสลับขนาด 100 kV. Ratio = 100k / 235 ควบคุมการป้อนไฟเข้าโดย variac ขนาด 0 –235 V.

## 2.3 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง

ปัจจัยในการพัฒนาประเทศทางด้านอุตสาหกรรมคือพลังงานไฟฟ้า ซึ่งก็ต้องได้รับการพัฒนาและวิจัยด้านการผลิตและส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพของระบบสูงและเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า เมื่อมีการพัฒนาทางการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยแรงดันไฟฟ้าที่ระดับแรงดันสูงมากขึ้นเรื่อยๆ สิ่งที่ต้องพัฒนาให้ล้ำหน้าหรือสร้างขึ้นมาให้ได้เสียก่อนเสมอก็คือห้องปฏิบัติการทดสอบไฟฟ้าแรงสูง(high voltage testing laboratories) เพื่อใช้ในการสร้างแรงดันไฟฟ้าพื้นฐาน ซึ่งมีขนาดแรงดันสูงมากๆซึ่งได้แก่ ไฟฟ้ากระแสตรง(DC), กระแสสลับ(AC), อิมพัลส์แบบรูปคลื่นฟ้าผ่าและรูปแบบคลื่นเสิร์จสวิตซิ่ง(lightning and surge switching impulse)เพื่อใช้ประโยชน์ในการทดสอบวัสดุและอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากำลังต่างๆที่สำคัญ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง, ลูกถ้วยฉนวน, สายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูง, เพาเวอร์เซอร์กิตเบรคเกอร์, กัปคักฟ้าผ่า, และอุปกรณ์ประเภท line hardware ของระบบสายส่ง ฯลฯ โดยอุปกรณ์ต่างๆที่ยกตัวอย่างมาเหล่านี้จะต้องผ่านการทดสอบจากห้องปฏิบัติการก่อนนำไปติดตั้งใช้งานจริงเสมอ

การทดสอบภายในห้องทดสอบไฟฟ้าแรงดันสูง

ห้องปฏิบัติการทดสอบมักจะเกี่ยวข้องกับการทดสอบวัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังที่สำคัญหลายชนิดเช่น

1. หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (power transformer)
2. รีแอคเตอร์ (reactor)
3. เพาเวอร์เซอร์กิตเบรคเกอร์ (power circuit breaker)
4. เพาเวอร์คาปาซิเตอร์ (power capacitor)

5. กั๊บคักฟ้าผ่า (lightning arrestor)
6. สายเคเบิ้ลแรงสูง (HV cable)
7. ลูกถ้วยฉนวนและบุชซิ่ง (insulator and bushing)
8. หม้อแปลงแรงคั้นและกระแส (voltage and current transformer)
9. อุปกรณ์หรือวัสดุที่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้าแรงสูง

มาตรฐานการทดสอบที่สากลยอมรับไม่ว่าจะเป็น ANSI, IEEE, IEC, JEC ฯลฯ ได้กำหนดให้มีการทดสอบความคทนของฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังตามหัวข้อหลักๆเช่น

1. การทดสอบความคทนอยู่ค้ต่อแรงคั้นไฟฟ้ากระแสล้บที่ความถี่ปกติ (50-60 Hz) (testing with power frequency voltage withstand tests)
2. การทดสอบความคทนอยู่ค้ต่อแรงคั้นกระแสตรง (DC voltages withstand tests)
3. การทดสอบด้วยแรงคั้นหรือกระแสอิมพัลส์ลูกกล้่น
4. การทดสอบด้วยแรงคั้นเสีร์จสวิตซิ่ง(เฉพาะอุปกรณ์ที่จะใช้งานที่ระดับแรงคั้น 245 kV. และสูงกว้า ( testing with switching surge impulses)
5. การทดสอบคิสร้างบางส่วน (partial discharge test )
6. การวัดแรงคั้นไฟฟ้าแรงคั้นคล้่นวิทยุ (RIV) (radio influence voltage measurement)
7. การทดสอบภายใต้มลภาวะ (test under polluted atmospheric conditions)
8. การทดสอบแบบแตกสลายของฉนวน (disruptive tests)

หัวข้อ, จันตอน, วิธีการและระดับแรงคั้นที่ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์แต่ละชนิดจะไม่เหมือนกันให้ศึกษารายละเอียดจากมาตรฐานสากลหรือข้อตกลงเสมอ

#### 2.4 กิจกรรมนอกเหนือจากการทดสอบ

ภายในห้องปฏิบัติการทดสอบไฟฟ้าแรงสูงนั้นการใช้ประโยชน์จากแรงคั้นสูงกระแสตรง, กระแสล้บ และอิมพัลส์ถือว่าสำคัญมากเพราะนอกจากจะใช้ในการทดสอบวัสดุและอุปกรณ์สำคัญๆทางด้านไฟฟ้ากำลังแล้ว ยังมีประโยชน์ต่อการวิจัยพัฒนา อุปกรณ์ต่างๆ และสิ่งประดิษฐ์ เช่น

1. การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดแรงคั้นอิมพัลส์
2. การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ชุดประกอบสร้างแรงคั้นสูง
3. การศึกษากลไกและปรากฏการณ์การเบรคดาวนั้ของสราฉนวนต่างๆ
4. การศึกษาระบบการฉนวน ( insulation coordination)

5. การศึกษาต่อแรงดันไฟฟ้าสูงๆเป็นเวลานานและการเกิดควาบไฟตามผิว(surface flash over) ของอุปกรณ์ เช่น ลูกถ้วย ฯลฯ
6. การศึกษาปรากฏการณ์เมื่อเกิดกระแสสูงๆ เช่น เกิดอาร์กไฟฟ้าและฟิสิกส์พลาสมา(plasma)
7. การศึกษาการเกิดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (electrical interference) เนื่องจากเกิดดิสชาร์จภายในเนื้อฉนวนของอุปกรณ์เมื่อถูกใช้งานที่แรงดันไฟฟ้าสูงๆ
8. การศึกษาโคโรนาดิสชาร์จ (corona discharge)

สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบฯ ที่เน้นเรื่องการวิจัยพัฒนา ระดับของแรงดันทดสอบที่สร้างได้จะต้องสูงขึ้นไปอีก 1.3 เท่าของห้องปฏิบัติการทดสอบทั่วไป

ปกติแล้วเงินลงทุนในการสร้างห้องปฏิบัติการทดสอบฯจะสูงมาก ดังนั้นการออกแบบและวางผังที่คิดจะช่วยประหยัดเงินลงทุนไปได้มาก อีกทั้งยังช่วยให้ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง และเป็นสิ่งที่จะต้องคิดอย่างละเอียดรอบคอบเป็นอันดับแรก และถือว่าเป็นหัวใจของการออกแบบถัดจากเรื่องความปลอดภัยก็จะเป็นเรื่องของความสะดวกในการปฏิบัติงานและมีความอ่อนตัว (flexible) หากต้องการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ทดสอบ

## 2.5 ประเภทของห้องปฏิบัติการฯ

การแบ่งประเภทของห้องปฏิบัติการทดสอบ ไฟฟ้าแรงสูงสามารถแบ่งได้เป็นสามขนาด คือ

### 2.5.1 ห้องปฏิบัติการขนาดเล็ก

- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ต่ำกว่า 10kW. / 10kVA.
- เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์จ่ายพลังงานออกมาได้ประมาณ 10 kJ. หรือต่ำกว่า
- ขนาดของแรงดันทดสอบแรงดันกระแสสลับประมาณ 300kV. เมื่อต่อหม้อแปลงทดสอบตัวเดียว หรือประมาณ 500-600 kV. เมื่อนำหม้อแปลงทดสอบมาต่อเข้าด้วยกันแบบแคสเคด
- ขนาดของแรงดันทดสอบกระแสตรงประมาณ  $\pm 200$  ถึง 400 kV.
- ขนาดของแรงดันอิมพัลส์ น้อยกว่า 100kV.
- ขนาดของห้องประมาณ 15×10×8 m (ในกรณีความสูงจำกัด ใช้5-6 m. ก็พอ)
- เหมาะสำหรับองค์กร R&D ขนาดเล็ก สถาบันการศึกษา หรือศูนย์อบรมทางเทคนิคเนื่องจากใช้แรงดันทดสอบและเงินลงทุนไม่สูงนัก

### 2.5.2 ห้องปฏิบัติการขนาดกลาง

- แหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงและกระแสสลับสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 100-1000 kVA.
- ขนาดของแรงดันทดสอบกระแสสลับประมาณ 200-600 kV. ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ
- เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์จ่ายพลังงานออกมาได้ 20-100 kJ. หรือสูงกว่า
- มีเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ขนาด 100-250 kA. และ 50-100 kJ. เพื่อใช้ทดสอบ surge divider และมีอุปกรณ์ทดสอบอื่นๆ (dc test facility) สำหรับทดสอบสายเคเบิล ,คาปาซิเตอร์ ฯลฯ
- ขนาดของแรงดันกระแสตรงประมาณ  $\pm 800$  kV ขึ้นไป
- เหมาะสำหรับ โรงงานอุตสาหกรรมที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการผลิต หรือซ่อมแซมอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ,สายเคเบิลแรงสูง, ลูกถ้วยฉนวนและบุชชิง ฯลฯ
- มีอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายของที่มีน้ำหนักมาก เช่น เทรน รอยกหรือเบาะลม
- ใช้พื้นที่และเงินทุนสูง

### 2.5.3 ห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่

- ขนาดของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันมีพิกัดเป็น MVA. หรือ MV. ทั้งสิ้น
- เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์มีขนาดใหญ่มาก เช่น 5.4 MV. 750 kJ. หรือสูงกว่า
- มักมีห้องปฏิบัติการมากกว่าหนึ่งห้อง หรือมีพื้นที่การทดสอบอยู่ภายนอกอาคาร
- สามารถควบคุมบรรยากาศของพื้นที่ทดสอบได้เป็นอย่างดี
- สามารถทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ได้แทบจะไม่มีข้อจำกัด
- มีอุปกรณ์ทดสอบที่ใช้เทคโนโลยีทันสมัย
- มีอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายที่มีขนาดใหญ่
- มีผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการฯ มีวิศวกรทดสอบและช่างเทคนิคเป็นจำนวนมาก
- มีห้องประชุม ห้องสมุด และสำนักงานที่ทันสมัย
- ใช้เงินลงทุนมหาศาล

## 2.6 การออกแบบห้องปฏิบัติการฯ

รายละเอียดต่อไปนี้จะกล่าวถึงขนาดแรงดันทดสอบ และการเลือกขนาดพิกัดของอุปกรณ์ทดสอบที่จะใช้กับห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่ ซึ่งมักจะใช้ในการทดสอบกับอุปกรณ์ที่มีระดับแรงดันใช้งานของระบบ(voltage system) ตั้งแต่ 230 kV. ขึ้นไป ซึ่งจัดอยู่ในระดับ EHV(Extra High Voltage) หลังจากนั้นจึงจะไปถึงขั้นตอนในการวางแผนเพื่อจัดวางอุปกรณ์

ขนาดของแรงดันใช้งานและแรงดันทดสอบ ก่อนที่จะกล่าวถึงขนาดของแรงดันที่ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ควรจะได้ทราบถึงการแบ่งระดับของแรงดันไฟฟ้าที่นำไปใช้งานเสียก่อน โดยทั่วไปเรามักจะแบ่งระดับของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า และที่สถานีจ่ายกำลังไฟฟ้า ออกเป็นช่วงๆ ดังตารางที่2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าอ้างอิงของระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า(ค่าที่ปรากฏในตารางให้ใช้สำหรับอ้างอิงเท่านั้นค่าจริงจะต้องศึกษาจากมาตรฐานทุกครั้ง) โดยแบ่งตาม IS Standard

Class	System voltage	Highest Voltage	Permissible Lowest System Voltage
	Line to Line (rms)	Line to Line (rms)	Line to Line (rms)
LV (1ph)	220 V	242 V	198 V
MV	3.3 kV	3.6 kV	3.0 kV
MV	6.6 kV	7.2 kV	6.0 kV
MV	11 kV	12 kV	10 kV
MV	22 kV	24 kV	20 kV
MV	33 kV	36 kV	30 kV
HV	66 kV	72.5 kV	60 kV
HV	132 kV	145 kV	120 kV
EHV	220 kV	245 kV	200 kV
EHV	400 kV	420 kV	380 kV
UHV	765 kV	800 kV	750 kV

สำหรับประเทศไทยได้แบ่งระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในระบบสายส่ง (transmission line voltage) ออกเป็นสามระดับด้วยกัน ได้แก่

1. ระดับแรงดันสูง (HV) คือแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 1 kV. จนถึง 230 kV.
2. ระดับแรงดันสูงพิเศษ (EHV) คือแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 230 kV. จนถึง 765 kV.
3. ระดับแรงดันสูงยิ่ง (UHV) คือแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 765 kV. และสูงกว่า

สำหรับการเลือกขนาดแรงดันที่จะใช้ในการทดสอบนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับการฉนวน (insulation level) กล่าวคือ ขึ้นอยู่กับระดับแรงดันที่จะนำเอาวัสดุหรืออุปกรณ์นั้นๆ ไปติดตั้งใช้งาน โดยประเทศที่มีความก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมทั้งหลาย ต่างก็มีระดับมาตรฐานแรงดันที่จะใช้ในการทดสอบเป็นของตนเองอย่างไรก็ตามอาจเลือกเอามาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางมาเป็นมาตรฐานอ้างอิงหรือตกลงร่วมกันก็ได้เช่น DIN VDE 0111 หรือ IEC 71-1(1976) เป็นต้น โดยมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดระดับแรงดันทดสอบตามช่วงระบบแรงดันสูงสุดของอุปกรณ์ (maximum voltage for electrical apparatus, rms) เป็นสามช่วงคือ

class A ช่วงระบบแรงดันสูงสุดของอุปกรณ์ระดับสูงกว่า 1 kV. แต่ต่ำกว่า 52 kV.

class B ช่วงระบบแรงดันสูงสุดของอุปกรณ์ตั้งแต่ระดับ 52 kV. แต่ต่ำกว่า 300 kV.

class C ช่วงระบบแรงดันสูงสุดของอุปกรณ์ตั้งแต่ระดับ 300 kV. และสูงกว่า

## 2.7 การวางผังโดยทั่วไปสำหรับห้องปฏิบัติการฯ

รายละเอียดดังต่อไปนี้จะกล่าวถึงการวางผังเฉพาะห้องปฏิบัติการทดสอบไฟฟ้า แรงสูงชนิดใช้ทดสอบวัสดุอุปกรณ์ภายในอาคารทดสอบ (indoor type) เท่านั้น

นอกจากขนาดและพื้นที่หลักๆของห้องทดสอบแล้ว ยังจะต้องมีการเผื่อพื้นที่อีกส่วนหนึ่งเอาไว้สำหรับสร้างสำนักงาน, ห้องสำหรับงานวิจัยและพัฒนา, ห้องจัดเก็บหรือซ่อมแซมอุปกรณ์ทดสอบ ฯลฯ

**2.7.1 ระยะห่างเพื่อความปลอดภัย (safety clearances)** โดยปกติแล้วขนาดของห้องปฏิบัติการทดสอบมักจะขึ้นอยู่กับ

- ขนาดของแรงดันสูงสุดที่ห้องปฏิบัติการทดสอบถูกออกแบบเอาไว้
- จำนวนชั้นของอุปกรณ์ทดสอบ เช่น จำนวนชั้นของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ หรือหม้อแปลงทดสอบที่นำมาต่อแบบแคสเคดกัน
- ระยะ air gap และระยะปลอดภัยทางไฟฟ้าซึ่งเป็นตัวบังคับและจะต้องรักษาระยะห่างระดับนี้เอาไว้ให้ได้
- ชนิดของการทดสอบและขนาดวัสดุอุปกรณ์ที่ถูกทดสอบ

ระยะห่างเพื่อความปลอดภัยที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเพื่อวางผัง และจัดตั้งที่วางอุปกรณ์ทดสอบได้เป็นอย่างดี

### 2.7.2 ระยะห่างสำหรับการทดสอบความทนต่อแรงดันไฟฟ้าสูงเกินพิกัดที่ความถี่ไฟฟ้ากำลัง

การทดสอบตามหัวข้อนี้ความถี่จะเป็น 50 หรือ 60 Hz. ขนาดแรงดันที่ใช้ป้อนให้กับอุปกรณ์ที่ถูกทดสอบจะสูงกว่าแรงดันพิกัดใช้งานของอุปกรณ์นั้นประมาณ 2 เท่า และนาน 1 นาที และหากขนาดของแรงดันสูงตั้งแต่ 1000 kV. ขึ้นไปส่วนที่มีศักดาทางไฟฟ้าจะต้องการระยะห่างจากส่วนที่ไม่มีหรือส่วนที่ถือว่าเป็นกราวด์ เช่น ฝ้าผนังอาคาร, โครงสร้างเหล็ก หรือชิ้นส่วนอื่นๆที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ทดสอบ โดยระยะห่างที่ต้องการจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นประมาณ 4 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระยะห่างระหว่าง gap (rod –plane gap) ที่เพิ่มขึ้นตามระดับแรงดันทดสอบ

ระดับแรงดัน ทดสอบ (kVrms)	ระยะห่างระหว่าง gap (m)
1000	3.835
1500	7.754
2000	12.80

ระยะห่างตามตารางที่ 2.2 หาได้จากการทดสอบ 50% flash over โดยการใช้ rod plane gap และหาจากสมการที่ 2.1

$$V_{50} = 652 * D^{0.57} \quad \text{kV}_{\text{peak}} \quad (2.1)$$

D = ระยะห่างระหว่าง gap มีหน่วยเป็นเมตร

### 2.7.3 ระยะห่างสำหรับการทดสอบความทนต่อแรงดันอิมพัลส์

ระดับแรงดันสูงสุดสำหรับแรงดันอิมพัลส์ขณะนี้อยู่ที่ประมาณ 6-7 MV ระยะห่างเพื่อความปลอดภัยที่โครงการก็เพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นกับระดับแรงดันทดสอบเช่นกัน โดยทุกๆระดับ 1000 kV. จะต้องการระยะห่างเพิ่มขึ้น 2 เมตร สมการที่ 2.2 เมื่อใช้ rod plane gap คือ

$$V_{50} = 500.D \quad \text{kV}_{\text{peak}} \quad (2.2)$$

เมื่อ  $V_{50}$  มีหน่วยเป็น kV. และ D เป็นเมตร ทั้งนี้โดยทั่วไปจะถือว่าการทดสอบแบบ 80% ของ  $V_{50}$  ที่ระยะห่าง ระหว่าง rod plane gap เป็น 2 เมตร วัสดุที่ถูกทดสอบจะสามารถทนแรงดันได้ 800 kV<sub>peak</sub> แต่ถ้าใช้ gap ชนิดอื่นที่ระยะห่าง 2 เมตรเช่นกันก็จะสามารถทนต่อแรงดันทดสอบที่สูงกว่าได้

### 2.7.4 ระยะห่างสำหรับความทนต่อไฟฟ้ากระแสตรง

ระดับแรงดันทดสอบที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1000 kV ต้องการระยะห่างเพิ่มขึ้นระดับละ 4 เมตร

### 2.7.5 ระยะห่างสำหรับการทดสอบความทนด้วยแรงดันสวิตชิ่งเสิร์จ (switching surge)

ระยะห่าง D สำหรับการทดสอบในหัวข้อนี้หาได้จาก  $D = (MV)^2$  นั่นคือ ระยะห่าง 4 เมตร ที่ 1000 kV<sub>peak</sub> และที่ 16 เมตรที่ 2000kV<sub>peak</sub> ในกรณีที่ใช้ Paris' formula เพื่อหาระยะห่าง D ของ rod plane gap ตามสมการที่ 2.3

$$V_{50} = 500D^{0.6} \quad \text{kV}_{\text{peak}} \quad (2.3)$$

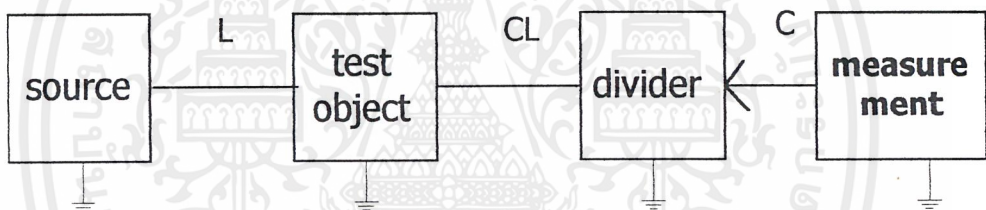
จะได้  $D = 3.2$  เมตรสำหรับ 1000 kV<sub>peak</sub> และ 10.1 เมตรสำหรับ 2000kV<sub>peak</sub> ในกรณีที่ทดสอบแบบ 80% ของ  $V_{50}$  CFO (Critical Flash Over) ระยะห่าง D ที่ต้องการคือ 4.6 เมตร สำหรับ 1000kV<sub>peak</sub> และ 14.6 เมตรสำหรับ 2000kV<sub>peak</sub>

เมื่อ ได้ทราบระยะห่างเพื่อความปลอดภัยแล้วก็สามารถจัดวางอุปกรณ์ทดสอบอย่างคร่าวๆได้ อย่างไรก็ตามการหาขนาดของห้องทดสอบโดยการรวมเอาระยะห่าง (clearance) ทั้งหมดที่ต้องการของการทดสอบแต่ละหัวข้อ ย่อมทำให้ได้ขนาดห้องที่ใหญ่ สิ้นเปลืองเนื้อที่และราคา ลงทุนสูงมาก ดังนั้นเพื่อให้ได้ขนาดห้องทดสอบที่เหมาะสม สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ อุปกรณ์ทดสอบหรือหัวข้อการทดสอบใดที่มีได้ใช้หรือทดสอบบ่อยเช่น การทดสอบ สวิตชิ่งอิมพัลส์ (switching impulse) ซึ่งจะต้องการระยะห่างมาก ทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบบนล้อ

เลื่อน หรือเตรียมอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายของหนักเอาไว้ให้พร้อม เช่น โอลเวอร์เฮดเครน หรือ เบาะลม ซึ่งสามารถใช้เคลื่อนย้ายอุปกรณ์หนักนับร้อยตันได้อย่างสบาย ไม่ว่าจะเป็นหม้อแปลง ทดสอบขนาดแรงดัน 200 kV. น้ำหนักราว 100 ตัน หรือเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ขนาด 60 MV 30 kJ ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 25 ตัน การที่สามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ทดสอบที่มีน้ำหนัก และใช้เนื้อ ที่มากได้อย่างสะดวก และใช้เวลาไม่มากนักจะช่วยให้เราประหยัดพื้นที่และเงินลงทุนไปได้มาก

## 2.8 การวางผังจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ทดสอบและเครื่องมือในการวัด

ในกรณีนี้เราจะตัดแปลงมาจากการวางผังของเครื่อง Impulse โดยจะแทนเครื่องกำเนิด Impulse ด้วยเครื่องกำเนิด AC และ DC โดยทั่วไปของเครื่องกำเนิดถ้าแรงดันที่ออกมาไม่สูง มากนักเราก็สามารถวัดค่านั้นๆ โดยตรงได้แต่ถ้าแรงดันนั้นมีค่าสูงมาก จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วย ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมวัดโดยใช้โวลต์เตจดิไวเดอร์หรือช่องว่างทรงกลม



รูปที่ 22. การจัดการทดสอบและการวัด

รูปที่ 2.2 แสดงถึงการวางผังจัดตำแหน่งของเครื่องกำเนิด(Source), อุปกรณ์ที่ถูกทดสอบ (Test object), สายตัวนำ(L) ซึ่งจะมีค่าความต้านทานอยู่ขนาดหนึ่งสำหรับ damp oscillation หรือทำ หน้าทีจำกัดกระแสลัดวงจรในกรณีที่วัสดุหรืออุปกรณ์ที่ถูกทดสอบเกิดเสียหาย (failed) และสายตัว นำ CL (Connecting Lead)ซึ่งจะใช้ในการต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ที่ถูกทดสอบเข้ากับโวลเตจดิไว เดอร์ (Divider) โดยด้านออกของดิไวเดอร์ (Divider) จะถูกนำไปต่อกับเครื่องมือวัดต่างๆเช่น ออส ซิลโลสโคป(Measurment) ภายในห้องควบคุมการทดลอง

เพื่อให้การวัดเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำมากขึ้นการจัดวางตำแหน่งของเครื่องมือวัดต่างๆละ สายนำสัญญาณควรจะเป็นไปตามรูปที่ 2.2 พยายามวางตำแหน่งการวัดของโวลเตจดิไวเดอร์ให้อยู่นอกวงจรของเครื่องกำเนิดแรงดัน และวัสดุที่ถูกทดสอบเสมอทั้งนี้ก็เพราะว่าหากต่อดิไวเดอร์ไว้ ร่วมวงจร เมื่อวัสดุเกิดการดิสนาธิ์ก็จะส่งย้อนกลับไปยังเครื่องกำเนิดและดิไวเดอร์ ทำให้ดิไวเดอร์ ถูกโหลด (loaded) โดยแรงดันตกคร่อมระหว่างสายตัวนำ L ทำให้การวัดขนาดของแรงดันคลาดเคลื่อน ไปจากค่าจริง

ตารางที่ 2.3 แสดงขนาดของแรงดันทดสอบ (ช่องที่ 2 ถึง 4 ของตาราง) และระยะห่างที่ต้องการอย่างน้อยที่สุด ระหว่างส่วนที่มีศักดาไฟฟ้าแรงสูง (high voltage potential) กับส่วนอื่นๆที่ถือว่าไม่มีศักดาไฟฟ้า (earth potential) โดยมีอากาศเป็นตัวกลาง

Working Voltage(kV)	Alternating Voltage (kV)	Lightning Impulse voltage(kV)	Switching Impulse voltage (kV)	Minimum Clearance (m)
30	85	170	-	-
110	260	550	-	-
220	505	1050	-	-
400	640	1425	900	4
765	960	2300	1300	12
1100	1400	2800	1800	20
1500	1900	3500	2200	30

## 2.9 การออกแบบระบบกราวนด์

คำว่า earth หรือ grounding system หมายถึงการจัดสร้างหรือทำตำแหน่งอ้างอิงที่มีเสถียรภาพทางศักดาไฟฟ้า (stable reference potential) ขึ้นมาโดยถือว่า ณ ตำแหน่งหรือจุดที่เป็นกราวนด์นั้นมีศักดาไฟฟ้าเป็นศูนย์ (zero potential)

การทำระบบกราวนด์ของห้องปฏิบัติการทดสอบฯ จะมีให้เลือกอยู่สามอย่างคือ

**2.9.1 กราวนด์ในเชิงอุดมคติ** ลักษณะเช่นนี้เหมือนกับการสร้าง equipotential plane ขนาดใหญ่ขึ้นมาโดยการใส่ finite conducting materials ระบบกราวนด์แบบนี้จะใช้แผ่นทองแดงวางปูให้ทั่วทั้งบริเวณทดสอบและห้องทดสอบ หลังจากนั้นจะต่อเชื่อมให้ถึงกันเป็นผืนเดียวทั่วทั้งบริเวณ การทำระบบกราวนด์แบบนี้ แม้ว่าจะดีที่สุด แต่ราคาค่าใช้จ่ายจะสูงมาก จึงไม่ค่อยพบว่ามีการใช้กันมากนัก

**2.9.2 กราวนด์เดี่ยว (single point ground)** ระบบกราวนด์แบบนี้มีใช้กันอย่างแพร่หลาย ทำได้โดยการปูตาข่ายทองแดง (copper mesh) ให้ทั่วทั้งบริเวณทดสอบ (laboratory floor) เช่นเดียวกับแบบแรก ควรใช้ทองแดงที่ทำขึ้นมาจากแผ่นทองแดงบาง (copper strip) ขนาดความกว้าง 1 เมตร เพราะจะไม่มีปัญหาเรื่องการเหนี่ยวนำขึ้นในวงจรของระบบ

กราวนด์ ซึ่งมักจะพบปัญหากับตาข่ายทองแดงแบบเส้นกลม การปูแผ่นตาข่ายทองแดงนี้ มักจะนิยมฝังอยู่ใต้ผิวของคอนกรีตลงไปลึกประมาณ 2 มิลลิเมตร และเชื่อมต่อโครงสร้างของอาคารทดสอบที่เป็นโลหะทั้งหมดเข้ากับระบบนี้ด้วย หลังจากนั้นทำการ common ground point (E) ขึ้นมา 1 จุด ซึ่งอาจจะใช้แท่งทองแดงขนาดใหญ่ (copper rod) ยาวประมาณ 4-6 เมตรตอกให้จมลงไปในพื้นที่คอนกรีตของบริเวณทดสอบ ตอกให้ทั่วทุก 16 ตร.ม. หรือครอบคลุมพื้นที่ให้ได้มากที่สุด ทั้งนี้จะได้ไม่ต้องมีการลากสาย ซึ่งจะต้องเผื่อเอาไว้ยาวๆหากมีจุดต่อเพียงแห่งเดียว หลังจากนั้นให้เชื่อมต่อหัวของแท่งทองแดงเข้ากับแผ่นตาข่ายด้วยความประณีตจุดต่อกราวนด์ของอุปกรณ์ทดสอบทุกชนิดจะถูกนำมาต่อที่จุด E เพียงจุดเดียวเท่านั้น

**2.9.3 กราวนด์บัส (bus ground)** ระบบกราวนด์แบบแรกเป็นระบบที่ดีที่สุด แต่เป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติ ควรเลือกใช้ระบบกราวนด์เดียวจะดีกว่าส่วนแบบกราวนด์บัสยังไม่ดีมากนัก จึงไม่ขอกล่าวในที่นี้

## 2.10 ระบบสายดินโรงประลองไฟฟ้าแรงสูงและสายดินห้องทดลอง

สำหรับห้องประลองไฟฟ้าแรงสูงแห่งใหม่นี้ได้มีการก่อสร้างและทำการติดตั้งระบบกราวนด์รวมถึงระบบการป้องกันการรบกวนของสนามไฟฟ้าต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสามารถแบ่งได้เป็นส่วนของโรงประลองชั้นล่างและห้องทดลองบนชั้นสอง

### ห้องประลองชั้นล่าง

- ระบบกราวนด์ ภายในโรงประลองประกอบไปด้วย ground rod, copper network, copper grid และ connection point โดยการวางตำแหน่งและจำนวนสามารถดูได้จากภาคผนวก ก.
- ระบบป้องกันการรบกวนของสนามไฟฟ้า โดยภายในโรงประลองฯ ใช้ระบบกรงฟาราเดย์หุ้มบริเวณผนังและเพดานทั้งหมด รายละเอียดดูได้ใน ภาคผนวก ก.

### ห้องควบคุม

- ภายในห้องควบคุมทั้งหมดไม่ว่าจะเป็น เพดาน ผนังและพื้นจะถูกบุด้วย copper grid รวมถึงในบานกระจกด้วยโดยทุกส่วนจะเชื่อมต่อถึงกันทั้งหมด และในส่วนของบานประตู ภายในประตูบุด้วย copper grid และเชื่อมต่อกับ copper grid ที่ผนังด้วย flexible copper braid รายละเอียดดูได้ใน ภาคผนวก ก.

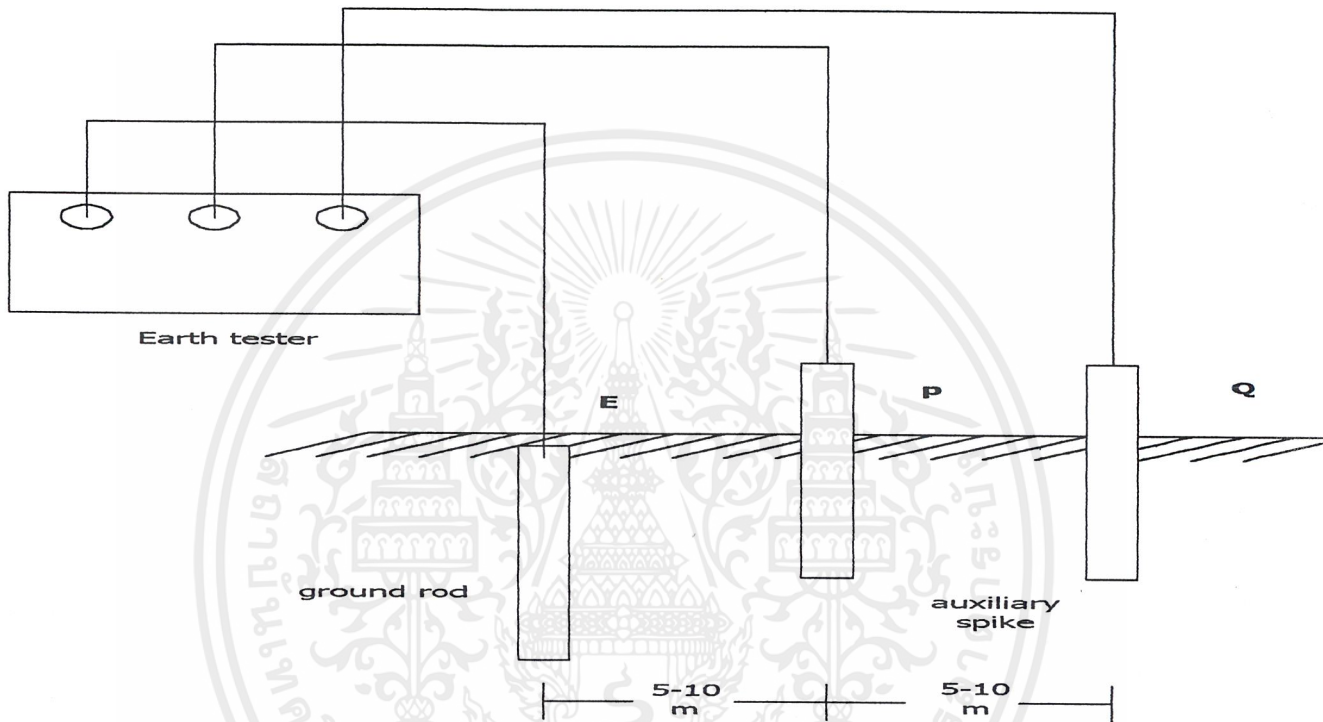
### ห้องทดลอง

- ระบบกราวด์ บริเวณพื้นห้องจะฝังด้วย copper network และ copper grid โดยจะเชื่อมต่อกันทั้งสามห้องและเชื่อมต่อดมายังระบบต่อลงดินของโรงประลองชั้นล่าง แต่แต่ละห้องจะมีจุดต่อลงดินอีกห้องละ สามจุดรายละเอียดดูได้ในภาคผนวก ข.
- ระบบป้องกันการรบกวนของสนามไฟฟ้า ใช้กรงฟาราเดย์หุ้มทั่วทั้งห้อง ทั้งพื้น และผนัง รายละเอียดดูได้ใน ภาคผนวก ข.



การทดสอบค่าความต้านทานการต่อลงดินของหม้อแปลงทดสอบไฟฟ้าแรงสูง  
อุปกรณ์การทดสอบ

1. ชุดทดสอบ EARTH TESTER ของ Yokogawa Electric works 1 เครื่อง



รูปที่ 2.3 การต่อใช้งาน EARTH TESTER

ตารางที่ 2.4 ผลการทดสอบค่าความต้านทานลงดินที่ตำแหน่งต่างๆของห้องประลองฯเก่า

จุดที่ทำกรวัดความต้านทาน	ครั้งที่			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	12.5	12	13	12.5
2	13.5	13.5	14	13.7
3	15	14	13.5	14
4	14	13	12.5	13
5	13	13.5	14.5	13.7
6	15	16	15.5	15.5



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งของจุดต่อกราวนด์

สำหรับห้องประลองแห่งใหม่ได้ทำการทดสอบเก็บค่าแล้วแต่ไม่สามารถเก็บค่าได้เนื่องจากไม่สามารถจะต่ออุปกรณ์ชุดการทดลองให้เป็นไปตามที่กำหนด เพราะว่าพื้นบริเวณรอบๆห้องประลองนั้นเป็นฉนวนด้วยคอนกรีตทำให้ไม่สามารถปักแท่ง Auxiliary spike ได้ จึงไม่สามารถเก็บค่าได้

### 2.11 วิธีการวัดแรงดันเบรคดาว์นของแรงดันไฟตรงและไฟสลับ

การวัดแรงดันสูงด้วยช่องว่างทรงกลมเป็นวิธีที่ง่ายและมีความแม่นยำเชื่อถือได้ อาศัยการเกิดสปาร์ก หรือเบรคดาว์นระหว่างทรงกลมโลหะที่วางอยู่ในอากาศหรือก๊าซ ซึ่งเป็นไปตามกฎการดีสชาร์จ์ของก๊าซ คือ สปาร์กหรือเบรคดาว์นจะเกิดขึ้นเมื่อแรงดันสูงถึงค่าหนึ่งซึ่งเป็นค่าแรงดันเบรคดาว์นสถิต ที่ทราบค่าความคลาดเคลื่อนแน่นอน ทำซ้ำเดิมได้ แรงดันตอนแรกควรจะมีขนาดต่ำพอที่จะไม่ให้เกิดเบรคดาว์นก่อนในสภาวะทรานเซียน (switching transient) แล้วจึงค่อยๆเพิ่มอย่างช้าๆ โดยดูจากด้านความดันต่ำที่มีโวลท์มิเตอร์อยู่หรืออีกวิธีหนึ่งคือให้แรงดันคงที่ตามทีประมาณไว้แล้วจึงค่อยๆลดระยะแยปลงจนเกิดเบรคดาว์น แต่ถ้ามีฝุ่นละอองหรือเขม่าควันในอากาศจะทำให้เกิดเบรคดาว์นที่แรงดันต่ำกว่าที่เป็นจริงโดยเฉพาะแรงดันไฟตรง สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการทดลองหลายๆครั้งก่อนนำข้อมูลไปใช้เพื่อไล่ฝุ่นและเขม่าเหล่านี้ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดไม่ควรเกิน  $\pm 3\%$  และที่ระยะแยปลมากกว่าแต่ไม่เกินเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลมไม่สามารถบอกค่าความคลาดเคลื่อนได้ ตามปกติถ้ามีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากฝุ่นละอองและหมอกควันในอากาศ จะประมาณค่าความคลาดเคลื่อนได้ประมาณ  $\pm 5\%$  ซึ่งระยะแยปลไม่เกิน 0.4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง

## 2.12 แฟกเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อแรงดันเบรคดาวน์

แฟกเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้า เช่น ระยะแก๊ป , รัศมีความโค้ง R , ลักษณะผิว S , ช่วงเวลาที่ป้อนแรงดัน , ความถี่ f , รูปคลื่นแรงดัน , อุณหภูมิ, ความอัดอากาศ P , ความชื้น h , ขั้วแรงดันบนอิลีคโตรดที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด

ในการวัดแรงดันเบรคดาวน์ของช่องว่างทรงกลมจะขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ต่างๆหลายอย่างดังสมการที่ 2.4

$$U_b = f(D, S, \&, U) \quad kV_{\text{peak}} \quad (2.4)$$

เมื่อ  $U_b$  = แรงดันเบรคดาวน์  
 $D$  = เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลม  
 $S$  = ระยะห่างระหว่างทรงกลม  
 $\&$  = ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน  
 $H$  = ความชื้นของอากาศ

### 2.12.1 แฟกเตอร์อันเนื่องมาจากทรงกลม

รูปร่างของทรงกลมจะมีลักษณะของสนามไฟฟ้าเกือบสม่ำเสมอ ทำให้ค่าแรงดันเริ่มต้นกับค่าแรงดันเบรคดาวน์จะเป็นค่าเดียวกัน คือจะเกิดการเบรคดาวน์ได้ทันที โดยไม่มีโคโรน่าเกิดขึ้นก่อนเบรคดาวน์ จึงเรียกว่าเป็นเบรคดาวน์โดยตรงแต่ในกรณีที่อัตราส่วน  $S/D$  เพิ่มขึ้นจะทำให้สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอมากขึ้นทำให้ผลของสิ่งแวดล้อมของทรงกลมมีอิทธิพลมากขึ้น ดังนั้นอัตราส่วน  $S/D$  จึงไม่ควรมากเกินไปดังตารางที่ 6.

ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดมาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของแรงดันที่จะวัดพอที่จะประมาณได้ดังนี้

$$D \text{ in mm. } \geq U \text{ in KV}$$

และมาตรฐาน IEC publ. 52 กำหนดค่าระยะห่างระหว่างทรงกลม ( S ) ไม่ควรเกินครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลาง และการกำหนดขนาดเริ่มแรกของช่องว่างทรงกลม ขนาดของทรงกลมจะมีความสัมพันธ์กับแรงดันสูงสุดที่จะใช้ตามตารางที่ 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดเบรคดาวระหว่างทรงกลมจะเกิดขึ้นที่จุดใกล้กันมากที่สุดของทรงกลมทั้งสองเราเรียกว่าจุดสปาร์ค ( sparking point ) แต่มันอาจจะเกิดขึ้นที่บริเวณรอบๆจุดสปาร์คนี้ก็ได้ ซึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลมจะมีขนาดตั้งแต่ 2 – 200 cm. ซึ่งทรงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 cm. จะติดตั้งในลักษณะแนวนอน แต่ถ้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าจะติดตั้งในแนวตั้ง

### 2.12.2 แฟลคเตอร์เนื่องมาจากความหนาแน่นของอากาศ

ผลของความดันและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทำให้ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนไป ทำให้แรงดันเบรคดาวที่วัดได้มีค่าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอากาศด้วย ซึ่งอธิบายได้ด้วยระยะอิสระ ( mean free path -  $\lambda$  ) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ ( T ) และเป็นสัดส่วนกลับกับความดัน ( P ) ดังสมการที่ 2.5

$$\lambda = [(KT)/(42r^2p)] \propto T/P \quad (2.5)$$

ตามมาตรฐานที่หาค่าแรงดันเบรคดาวนี้ได้ทำไว้ที่สภาวะ ความดัน 760 ทอร์อุณหภูมิ 20 เซนติเกรด แต่ในบริเวณที่ทำการทดลองไม่ได้ทำที่สภาวะนี้ จึงต้องมีการเปรียบเทียบค่าที่ถูกต้อง (calibration) โดยการคูณค่าคงที่ตามตารางที่ 2.5 ซึ่งค่าที่ถูกต้อง (correction factor) จะเท่ากับความหนาแน่นอากาศสัมพัทธ์ (relative air density – RAD) ระหว่าง 0.95-1.05 ค่าความหนาแน่นอากาศสัมพัทธ์หาได้จากสมการที่ 2.6

$$RAD = P(273+t_0)/P_0(273+t) \quad (2.6)$$

เมื่อ  $P_0$  = ความดันบรรยากาศที่สภาวะมาตรฐาน

$P$  = ความดันบรรยากาศที่สภาวะห้อง

$t$  = อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน

$t_0$  = อุณหภูมิที่สภาวะห้อง

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าคงที่ (correction factor)

ความหนาแน่นของอากาศ สัมพัทธ์(RAD)	ตัวคูณที่ถูกต้อง (correction factor)
0.70	0.72
0.75	0.77
0.80	0.82
0.85	0.86
0.90	0.91
0.95	0.95
1.00	1.00
1.05	1.05
1.10	1.09
1.15	1.13

### 2.12.3 แฟกเตอร์เนื่องจากความชื้นในบรรยากาศ

โมเลกุลของน้ำในอากาศมีลักษณะของกาซไฟฟ้าลบอ่อนๆ เพราะมีอะตอมของออกซิเจนประกอบอยู่ ทำให้อากาศมีความชื้นอยู่จะทำให้ความคงทนต่อแรงดันสูงขึ้นตรงเท่าที่ความชื้นยังไม่กั้นตัวเป็นหยดน้ำ หรือยังไม่ถึงจุดน้ำค้าง แต่ผลของความชื้นที่มีต่อสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยมีค่าไม่มากนัก ค่าแรงดันเบรคดาวน์จะเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนนักแต่จะอยู่ภายในช่วง 2-3% ของทุกช่วงความชื้นที่เปลี่ยนแปลง

### 2.12.4 แฟกเตอร์อื่นๆที่มีผลต่อแรงดันเบรคดาวน์

ผลของฝุ่นละออง ควัน หรือสิ่งเประอะเบื้อบนบนผิวทรงกลมจะมีผลอย่างมากต่อแรงดันเบรคดาวน์คือจะทำให้แรงดันลดลงมาก ดังนั้นจึงต้องทำความสะอาดทรงกลมอยู่เสมอ และอากาศจะต้องปราศจากฝุ่นละอองด้วย

ผลของรูปแรงดันสัญญาณอิมพัลส์จะมีผลต่อแรงดันเบรคดาวน์คือ แรงดันเบรคดาวน์ของอิมพัลส์ชั่ววอกจะมีค่ามากกว่าแรงดันเบรคดาวน์อิมพัลส์ชั่วลบในช่วงระยะแกปกว้างๆ ส่วนสัญญาณแรงดันไฟตรงไฟสลับไม่มีผลมากนัก ผลของประจุค้างจะไม่มีผลมากนักต่ออิล็คโตรดแบบทรงกลม แต่จะมีผลกับอิล็คโตรดแบบที่มีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง

### 2.13 มาตรฐานการติดตั้งทรงกลม

พื้นผิวของทรงกลมจะต้องมีความเรียบและลักษณะของทรงกลมต้องสม่ำเสมอ ซึ่งอาจจะพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1. ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของแต่ละทรงกลมต้องไม่ต่างกันเกินกว่า  $\pm 2\%$  จากค่ามาตรฐาน
2. พื้นผิวบริเวณจุดสปาร์คหรือบริเวณใกล้จุดสปาร์คจำเป็นต้องสม่ำเสมอหรือภายในบริเวณที่คิดจากจุดสปาร์คขึ้นมา 0.3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม
3. การวัดความสม่ำเสมออาจใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “ สเฟียร์โรมิเตอร์ ” ( Spherometer )

ลักษณะของผิวทรงกลมที่บริเวณใกล้ๆ และจุดสปาร์คต้องไม่มีรอยขีดข่วน น้ำมันชักเงาสารเคลือบป้องกันต่างๆ ต้องมีความสะอาดปราศจากฝุ่นละออง และต้องมีความแห้ง

### 2.14 โครงสร้างและขนาดก้านยึดทรงกลม ( Sphere shank )

ทรงกลมในแนวตั้ง ก้านยึดทรงกลมของทางค้ำแรงค้ำสูงควรจะไม่มีการบิดหรือมีมุม เส้นผ่าศูนย์กลางของก้านยึดไม่ควรเกิน 0.2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลม เพื่อลดผลของก้านยึดทรงกลมต่อการเบรคความถี่ของช่องว่าง ถ้าจะติดตั้งตัวกระจายความเครียด ( stress distributor ) ที่ปลายก้านยึดทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางไม่ควรเกิน 0.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม และต้องอยู่ห่างจากจุดสปาร์คอย่างน้อย 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม ส่วนก้านยึดทรงกลมที่ต่อกับกราวด์จะมีผลต่อการวัดเบรคความถี่น้อยมาก

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าแรงดันที่ใช้วัดสูงสุดของช่องว่างทรงกลม

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ตามมาตรฐาน	ระยะห่างของช่องว่าง ห่างไม่เกิน(cm)	วัดแรงดันได้สูงสุด (KV)
2	1	30.7
5	1.4	65.5
6.25	3.0	79.5
10	5	123
12.5	6	146
15	7.5	177
25	12	275
50	25	515
75	36	750
100	50	1010
150	75	1440

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าของมาตรฐานการติดตั้งช่องว่างทรงกลม

อัตราส่วน S/D	ความถูกต้องของ การวัดแรงดัน±%	อัตราส่วน A/D		อัตราส่วน B/D
		ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด
S/D<0.32	1	2.3	8	2.1
	2	1.5	∞	1.7
	3	1.1	∞	1.5
0.32<S/D<0.5	1	3.3	5	3.8
	2	2.6	6	3.0
	3	2.0	8.5	2.4
0.5<S/D<0.75	1	3.5	4.6	4.8
	2	3.2	5.1	4.3
	3	3.0	5.9	4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.15 ความสูงของทรงกลมเหนือพื้นกราวน์ ( ground plan – A )

ทรงกลมควรอยู่เหนือพื้นกราวน์หรือพื้นห้องทดลองด้วยความสูงจากจุดสปาร์คของทรงกลมแรงสูง ซึ่งมีค่าตามตารางที่ 2.8 ทั้งทรงกลมแนวนอนและแนวราบและถ้าติดตั้งทรงกลมอยู่ใกล้กับเพดาน กำแพง ฯลฯ ต้องอยู่ห่างมากพอ ซึ่งอัตราส่วน A/D ก็มีผลต่ออัตราการลดลงของแรงดันเบรคดาวน์ที่เกิดขึ้นด้วย

ตารางที่ 2.8 แสดงระยะในการติดตั้งทรงกลม

เส้นผ่าศูนย์กลาง(cm.)	ระยะต่ำสุด(A/D)	ระยะสูงสุด(A/D)	ระยะต่ำสุด(B/D)
6.25	7	9	14
12.5	6	8	12
25.0	5	7	10
50.0	4	6	8
75.0	4	6	8
100	3.5	5	7
150	3	4	6
200	3	4	6

### 2.16 ช่องว่างรอบๆทรงกลม ( clearance around sphere –B )

ถ้าวัสดุที่เป็นตัวนำเช่นหม้อแปลง สายแรงสูง ต้องอยู่ห่างจากจุดสปาร์คอย่างน้อยเป็นระยะทาง B ตามตารางที่ 2.8 ในบางกรณีอาจยอมให้ได้แต่ไม่ควรน้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม และฉนวนรองรับ ( supporting framework ) ซึ่งทำจากสารที่ทนแรงดันสูงต้องมีความสะอาดและแห้ง และต้องอยู่ห่างจากจุดสปาร์คอย่างน้อยเป็นระยะ 1.6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลมหรืออยู่นอกระยะ B

### 2.17 การต่อใช้งานช่องว่างทรงกลม

ระบบสายดินของทรงกลมลูกหนึ่งจะต่อลงดินโดยตรงแต่อาจจะต่อความต้านทานเพื่อกำหนดกระแสไหลลงดินได้ในกรณีพิเศษ แต่ต้องมีความต้านทานต่ำๆประมาณ 3-5Ω/m.

ส่วนตัวนำแรงสูงอาจจะติดตั้งกับความต้านทานอนุกรม ควรต่อกับจุดบนก้านยึดทรงกลม  
ควรห่างอย่างน้อย 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลมจากจุดสปาร์ก และตัวนำแรงสูงไม่ควรอยู่  
ในระยะ B ด้วย



### บทที่ 3

#### การซ่อมบำรุงและการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์

การทดลองวัดแรงดันเบรคควาน์ด้วยช่องว่างทรงกลมนั้น ทำเพื่อการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ตามเงื่อนไขต่างๆ ที่มีผลต่อการวัดกับมาตรฐานที่ทำไว้แล้ว และสามารถตรวจสอบคุณภาพของเครื่องได้ว่ามีความเที่ยงตรงเพียงใด เพราะว่าการวัดด้วยช่องว่างทรงกลมถ้าสามารถจัดเงื่อนไขได้ก็ตามค่ามาตรฐานได้แล้ว ข้อมูลที่ได้จะมีความถูกต้องมาก และนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ทำไว้แล้ว ก็สามารถหาค่าความผิดพลาดของเครื่องมือได้ว่ามีค่าความแน่นอนที่ระดับแรงดันต่างๆ เท่าใด ในการวัดต้องใช้วิธีทางสถิติมาเก็บข้อมูลและนำมาประเมินผลเพื่อนำไปสรุปผลต่อไป

#### 3.1 การปรับปรุงแก้ไขหม้อแปลง

เนื่องจากผลการทดลองเบรคควาน์โดยใช้ช่องว่างทรงกลม ค่าที่ได้นั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่มาตรฐานกำหนด ทำให้เกิดข้อสงสัยว่าเกิดจากสาเหตุใด และจากการสำรวจตัวหม้อแปลงจะพบว่าที่ตัวหม้อแปลงนั้นมีน้ำมันซึมออกมาจาก Bushing ด้านแรงต่ำ สาเหตุที่ทำให้ น้ำมันไหลออกมานั้นคิดว่าน่าจะมาจาก 2 สาเหตุใหญ่ๆคือ

สาเหตุแรกเมื่อดูจากอายุการใช้งานแล้วจะเห็นว่าหม้อแปลงมีอายุการใช้งานมานานมาก โดยการบำรุงรักษาครั้งล่าสุดก็ผ่านมาแล้วจึงอาจจะทำให้ อุปกรณ์ต่างเกิดการชำรุด เช่น seal ต่างๆ ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำมันออกมาได้

สาเหตุที่สองคือเมื่อได้สอบถามจากรุ่นพี่รุ่นก่อนๆก็ทำให้ทราบว่าในการทดลองในอดีตนั้นมีได้มีการคำนึงถึงพักเวลาในการทดลองเท่าไรหรือนักบางครั้งก็ทดลองอย่างต่อเนื่องเกินพักเวลาของหม้อแปลง อาจจะทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในตัวหม้อแปลงแล้วทำให้ฉนวนน้ำมันเกิดการขยายตัวและประกออบกับสาเหตุแรก ทำให้น้ำมันสามารถไหลซึมออกมาได้ และจากสาเหตุนี้เองที่คิดว่าทำให้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงลดลง และเนื่องมาจากการไหลซึมของน้ำมันหม้อแปลงออกมา จึงนำน้ำมันที่อยู่ในหม้อแปลงออกมาส่วนหนึ่งเพื่อนำไปทดสอบค่าความเป็นฉนวน โดยการ ทดสอบการเบรคควาน์ ณ มหาวิทยาลัยมหานคร โดยค่าที่ได้จากการทดสอบแสดงไว้ที่ตารางที่ 3.1

### 3.2 การทดสอบความคงทนของฉนวนน้ำมัน(วันที่ 4 ธันวาคม 2544 เวลา 10.40 น.)

สภาพแวดล้อม ความชื้น 78%

ความดัน 760.5 มม.ปรอท

อุณหภูมิ 27 °C

Ratio ของหม้อแปลง 220 V / 22 kV

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดสอบความคงทนฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง

ระยะห่าง (mm)	ระดับแรงดันเบรคดาวน์( โวลท์)					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
1	131	325.5	287.5	231.4	232.4	241.56
2	765	329.9	494	498	499	517.18
3	635	441	589	-	-	555

จากการทดสอบความคงทนของฉนวนน้ำมัน เราได้ผลการทดลองแล้วนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วจึงตัดสินใจส่งซ่อม เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ในภาควิชาฯ ไม่สามารถรองรับขั้นตอนการซ่อมบำรุงหม้อแปลงได้ โดยได้ส่งไปซ่อมที่บริษัท PRECISE ELECTRIC MFG. CO.,LTD. และภายใต้การซ่อมของบริษัท ทางบริษัทได้ทำการทดสอบค่าต่างๆของหม้อแปลง โดยแสดงได้ดังนี้

#### DIELECTRIC BREAKDOWN VOLTAGE OF OIL

AMBIENT TEMP 30.0 °C REL HUMIDITY 40.0 %

ASTM-D877 38 kV

#### INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT(AT 2500 VDC) AMBIENT TEMP 30.0 °C

REL HUMIDITY 40.0 %

HV. TO LV. + CASE 800 Mohm

LV. TO HV. + CASE 2500 Mohm

WINDING RESISTANCE MEASUREMENT AMBIENT TEMP 30.0 °C  
RELHUMIDITY 40.0 %

TAP	HV TERMINAL (K-ohm)	LV TERMINAL (K-Ohm)
VOLTAGE	A-n	A-B
100000	54.93	118.90

VOLTAGE RATIO MEASUREMENT AMBIENT TEMP 30.0 °C REL HUMIDITY  
40.0 %

TAP VOLTAGE	RATIO	MEASURED	%ERRER
100000	425.53	433.67	1.912

### DIELECTRIC TEST

ON PRIMARY, SEPARATE SOUCE VOLTAGE WITHSTAND AT      KV. 60sec

ON SECONDARY, SEPARATE-SOUCE VOLTAGE WITHSTAND AT 3 KV. 60 sec

INDUCED OVER VOLTAGE WITHSTAND , 50 H<sub>z</sub> AT 80 KV. 30 sec

### 3.3 การปรับปรุงแก้ไขตู้คอนโทรล AC. Generator

#### 3.3.1 ปัญหาที่พบจากการทดลองใช้เครื่องก็คือ

- เบรกเกอร์จะไม่ทำการตัดเมื่อเกิดการเบรคคาวน
- เบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่ตัดอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์

#### 3.3.2 แนวทางแก้ไข

- จากปัญหาที่เบรกเกอร์ไม่ทำการตัดในขณะที่เกิดเบรคคาวนนั้น จากการเปิดดูภายในตู้คอนโทรลปรากฏว่ามีสองสาเหตุที่พบคือ

- คอยล์ที่ทำหน้าที่ magnetic ในขณะที่เกิดเบรคคาวน ตัวหนึ่งนั้นขาดทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่ในการตัดได้ จึงได้ทำการรื้อออกมาซ่อม โดยแกะขดลวดเดิมออกแล้วทำการพันขดลวดใหม่ลงไปแทน ใช้ขดลวดที่มีขนาดใกล้เคียงกับขดลวดของคอยล์อีกอันหนึ่งแล้วทำการวัดค่า L และ C ให้มีค่าใกล้เคียงกันด้วย โดยไปทำการวัดที่ห้องวิจัยของอาจารย์ พิชิตได้ค่าในตารางที่3.2

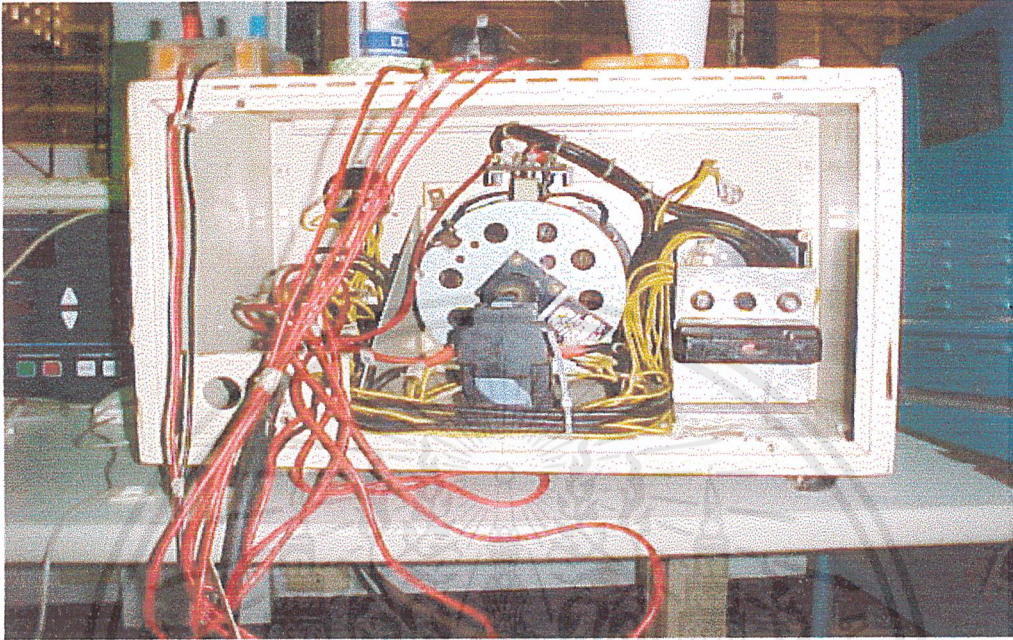
ตารางที่ 3.2 แสดงค่า L,R ของคอยล์ magnetic

ความถี่ (Hz)*	คอยล์ชุดเดิม		คอยล์ชุดใหม่	
	L(mH)	R( $\Omega$ )	L(mH)	R( $\Omega$ )
100	2.41940	1.53057	2.78	1.435
150	2.398	1.72	2.63	1.446
200	2.36	1.89	2.48	1.57

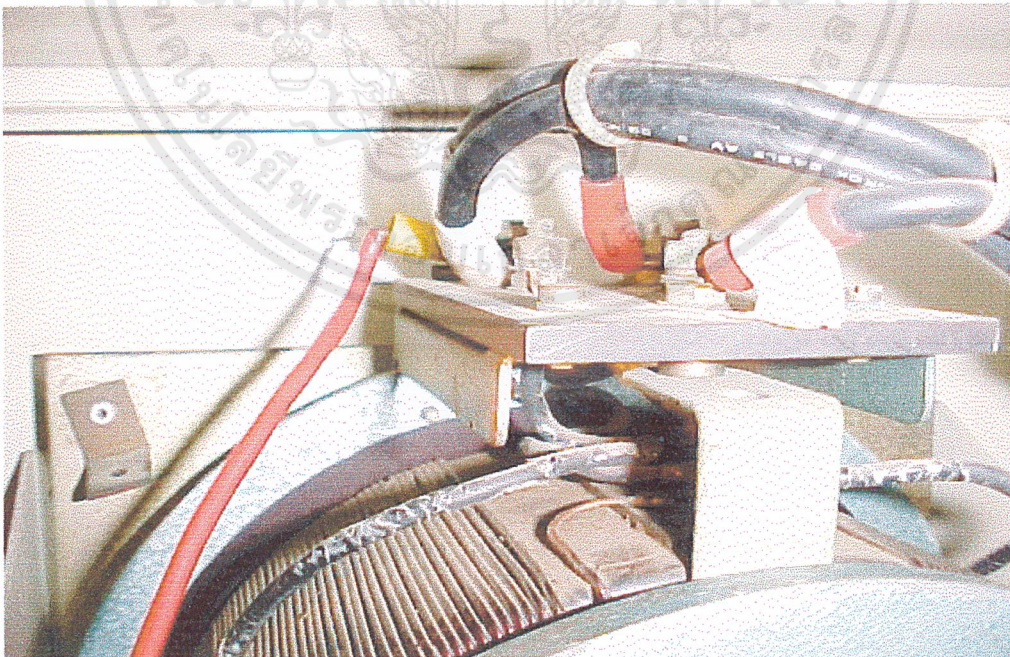
หมายเหตุ \* เนื่องจากเครื่องวัดค่า L สามารถวัดได้ที่ความถี่ต่ำสุด 100 Hz

- เมื่อได้ไถ่วงจรดูแล้วปรากฏว่าได้มีการตัดแปลงตู้คอนโทรลโดยมีการตัด วงจรของเบรกเกอร์ชุดตัดวงจรขณะเกิดเบรกคาว์นออก โดยใช้เบรกเกอร์อีกตัวหนึ่ง(เพิ่มขึ้นมาใหม่)ขนาด 30 A เป็นตัวเล็ก เมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่าอาจจะทำให้เกิดความสับสนและเกิดอันตรายต่อหม้อแปลงได้ จึงได้ตัดเอาวงจรที่ต่อเพิ่มนี้ใหม่ออกไป

3.3.3 ปัญหาจากเบรกเกอร์อยู่ในสภาพไม่ดีพร้อมทางด้าน Mechanic นั้นเมื่อทำการสำรวจแล้วพบว่าสาเหตุที่ทำให้เบรกเกอร์ทำงานได้ไม่ดีนั้นเกิดจากสปริงที่ใช้ดันตัวเบรกเกอร์นั้นหัก การจะทำการซ่อมแซมหรือหาอะไหล่มาเปลี่ยนนั้นทำไม่ได้เลยเนื่องจากอุปกรณ์ทั้งหมดเป็นอุปกรณ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ(ประเทศอังกฤษ) และนำเข้ามาเป็นระยะเวลาานมากการจะหาอะไหล่จึงเป็นเรื่องที่ยากมาก และเมื่อดูจากระบบการทำงานแล้วไม่สามารถจะ apply อุปกรณ์สมัยใหม่ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดเข้าไปทดแทนได้ การแก้ไขที่สามารถทำได้คือ ใช้สารหล่อลื่นเพื่อช่วยให้อุปกรณ์ทาง Mechanic ทำงานได้ดีขึ้น



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรตัดต่อภายใน

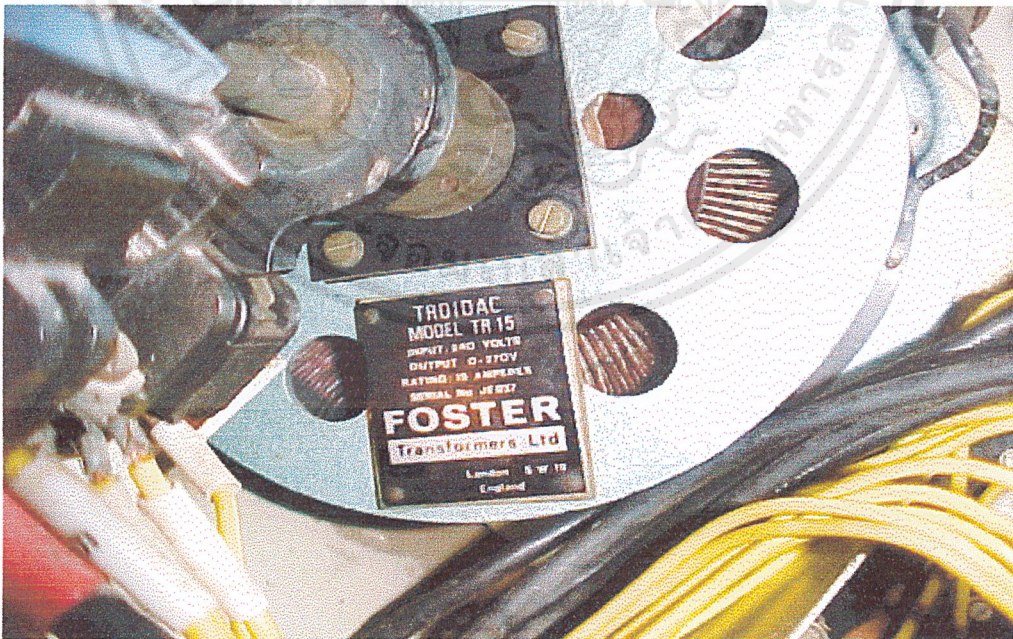


รูปที่ 3.2 แสดงจุดต่อ I/P, O/P ของหม้อแปลง Regulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

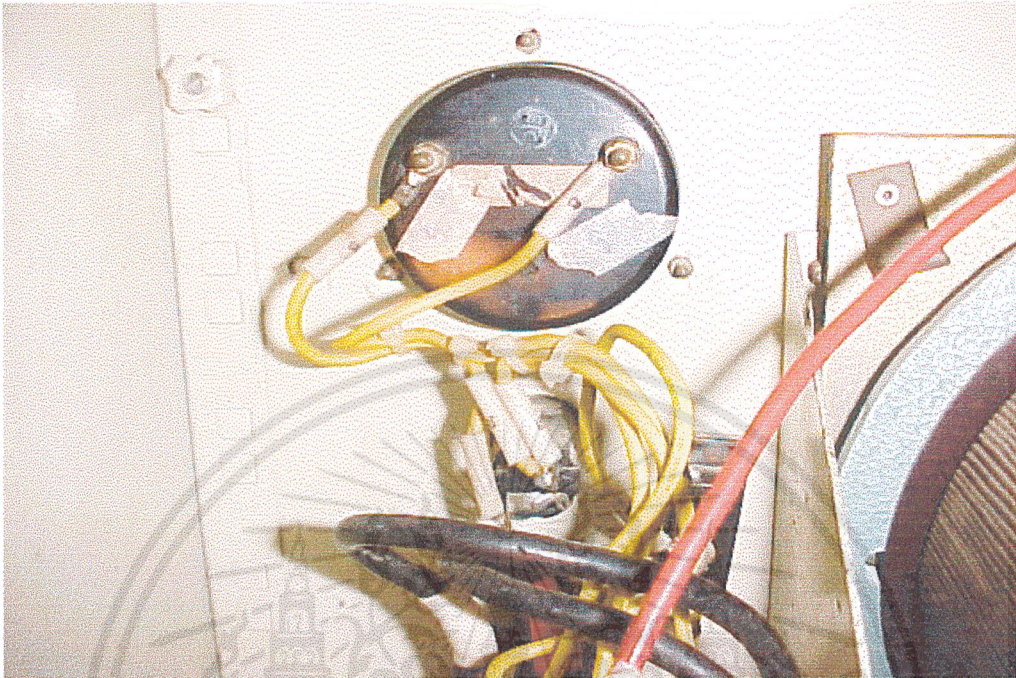


รูปที่ 3.3 ลักษณะของฟิวส์

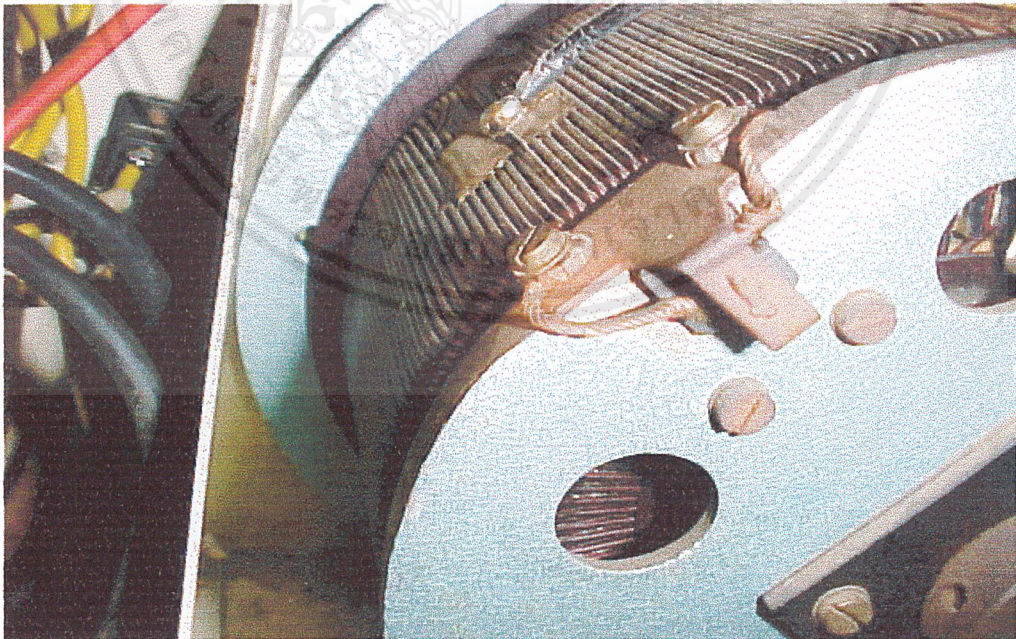


รูปที่ 3.4 หม้อแปลง Regulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

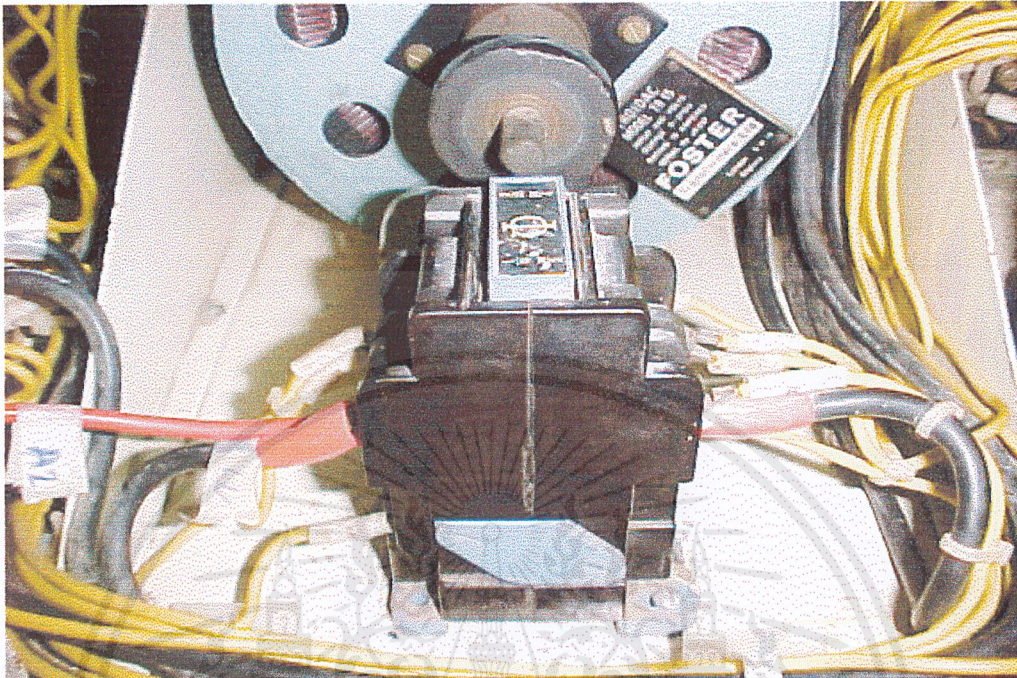


รูปที่ 3.5 แสดงการต่อมิเตอร์วัดแรงดัน out put ของหม้อแปลง

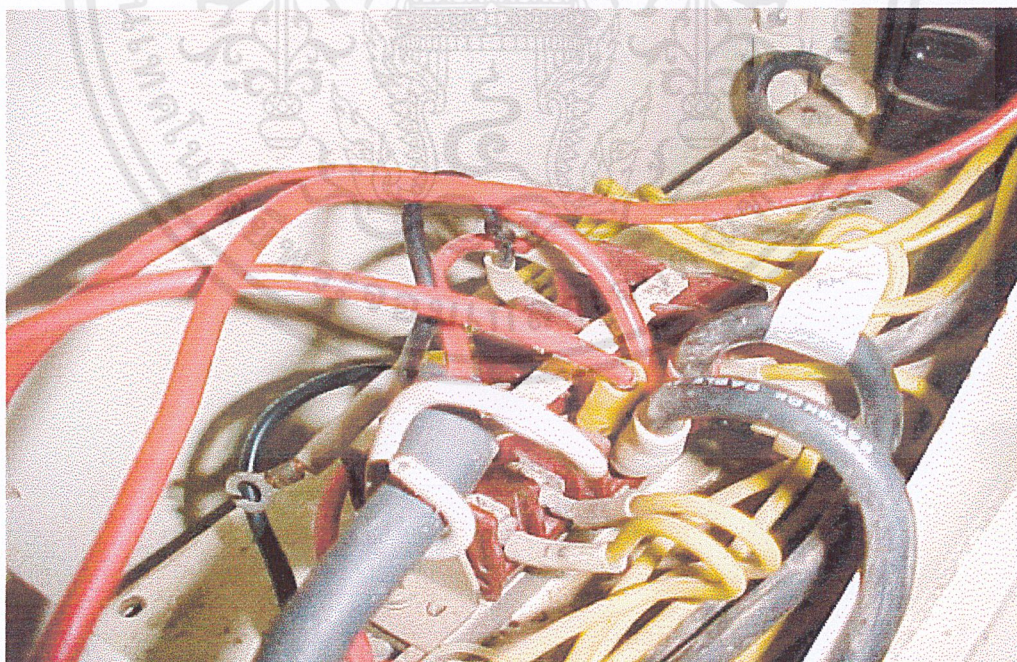


รูปที่ 3.6 แปลงถ่านของ Regulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

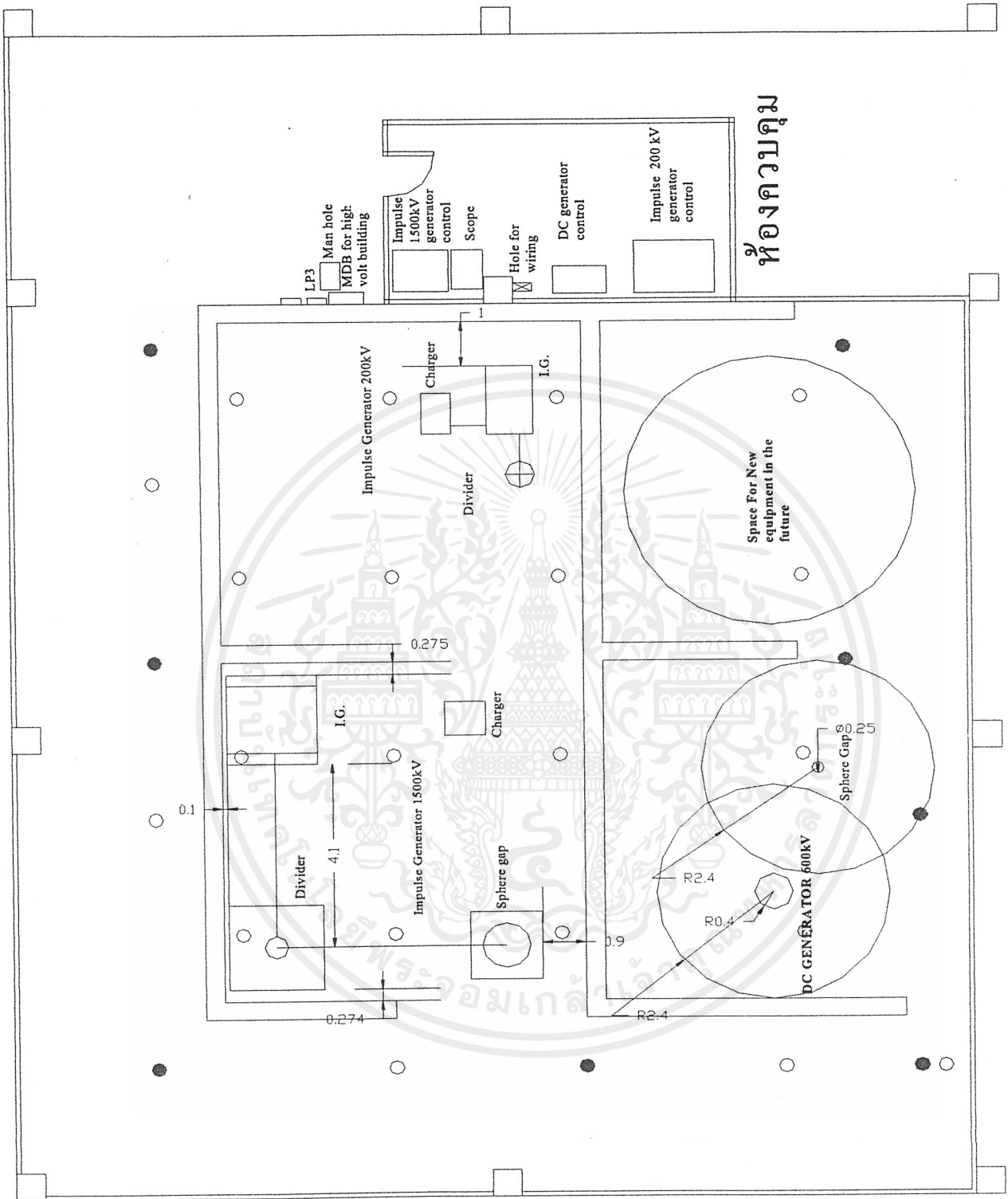


รูปที่ 3.7 Magnetic Contactor



รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อวงจรภายใน

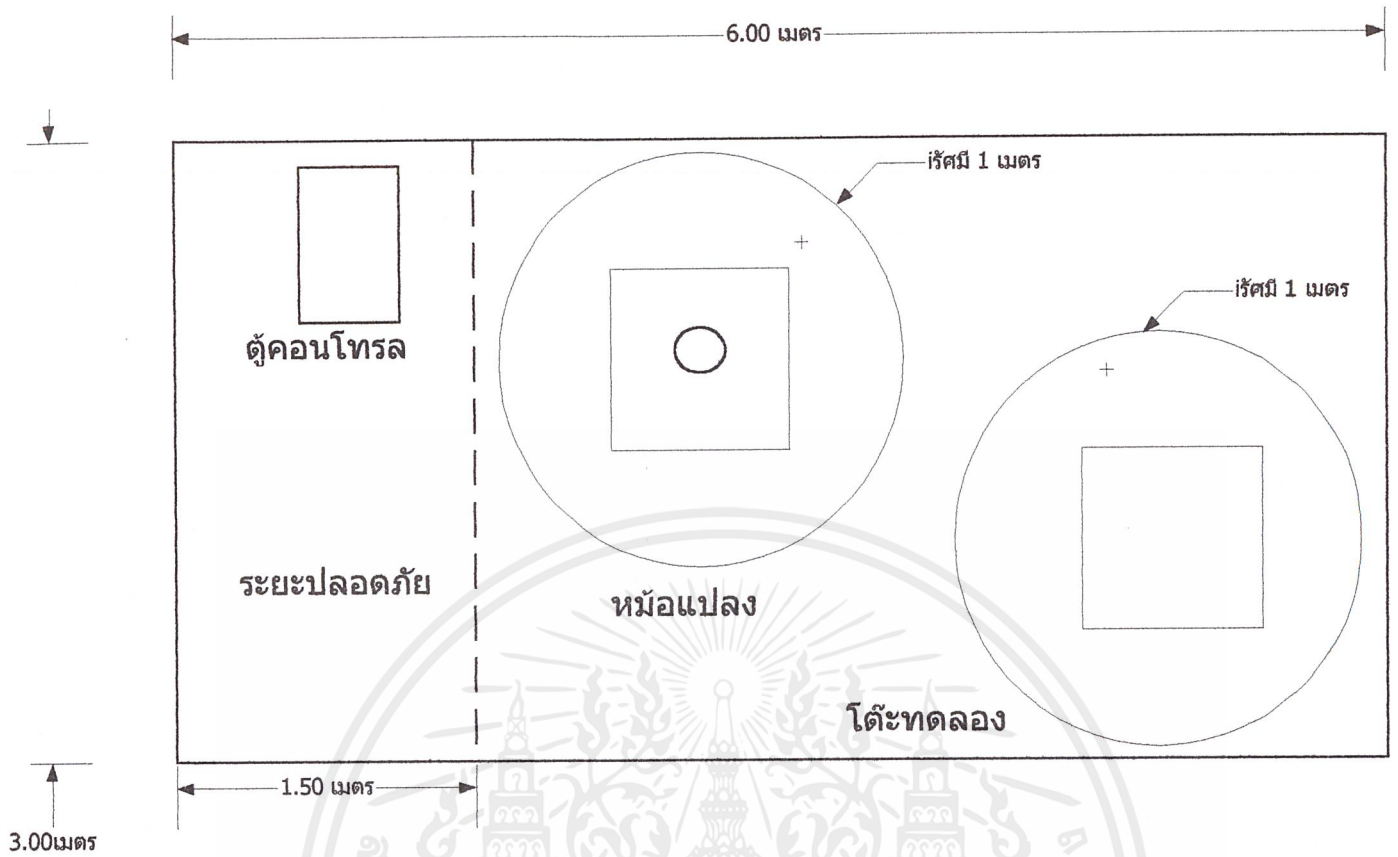
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



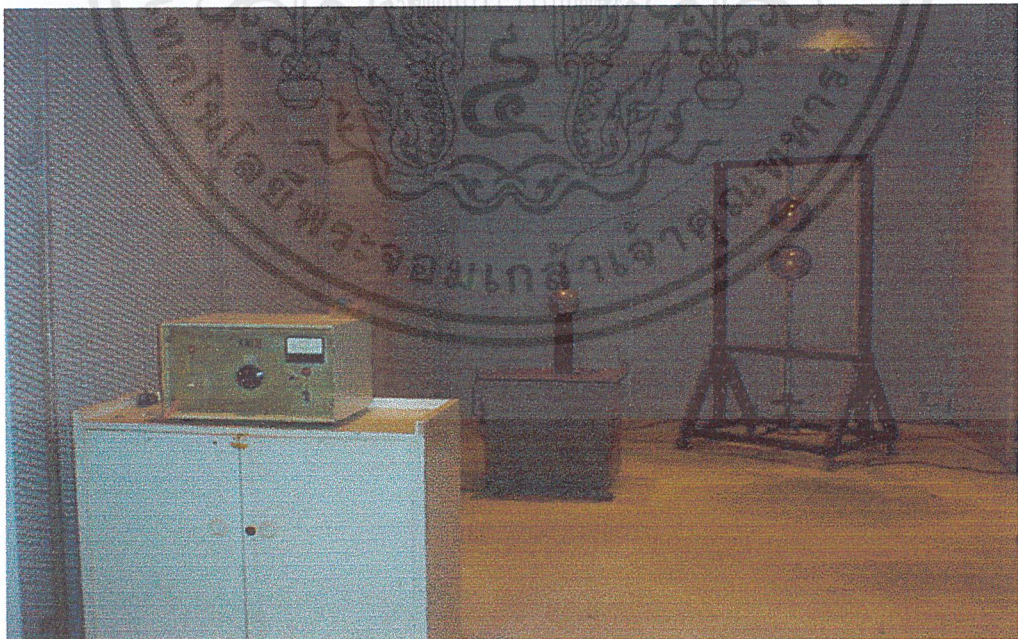
โรงประลองไฟฟ้าแรงสูง

รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งการติดตั้งจริงภายในโรงประลองไฟฟ้าแรงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

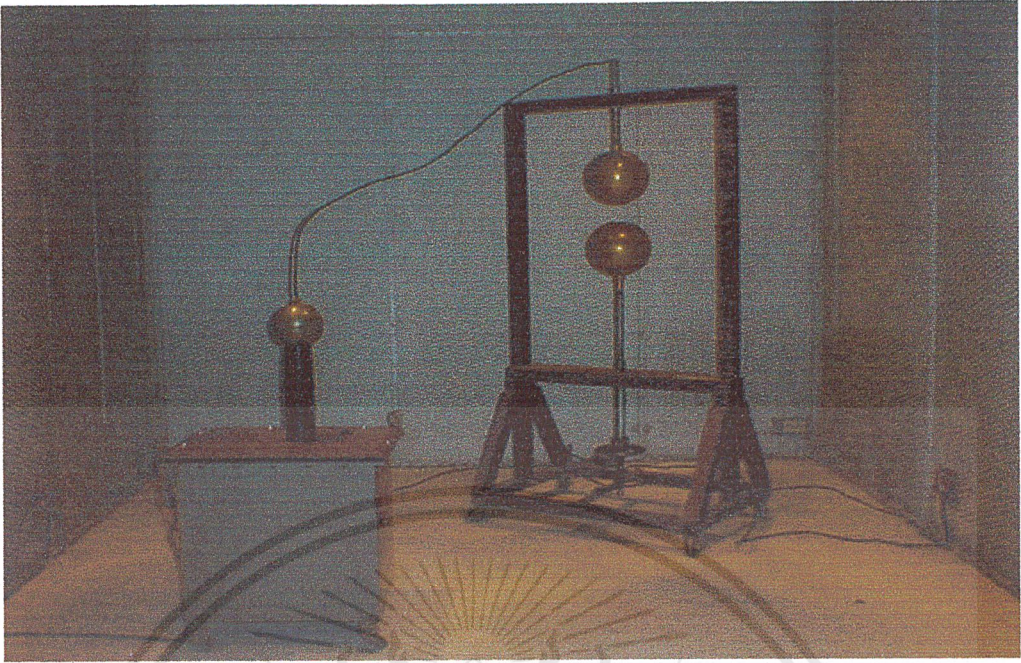


รูปที่ 3.10 ลักษณะการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

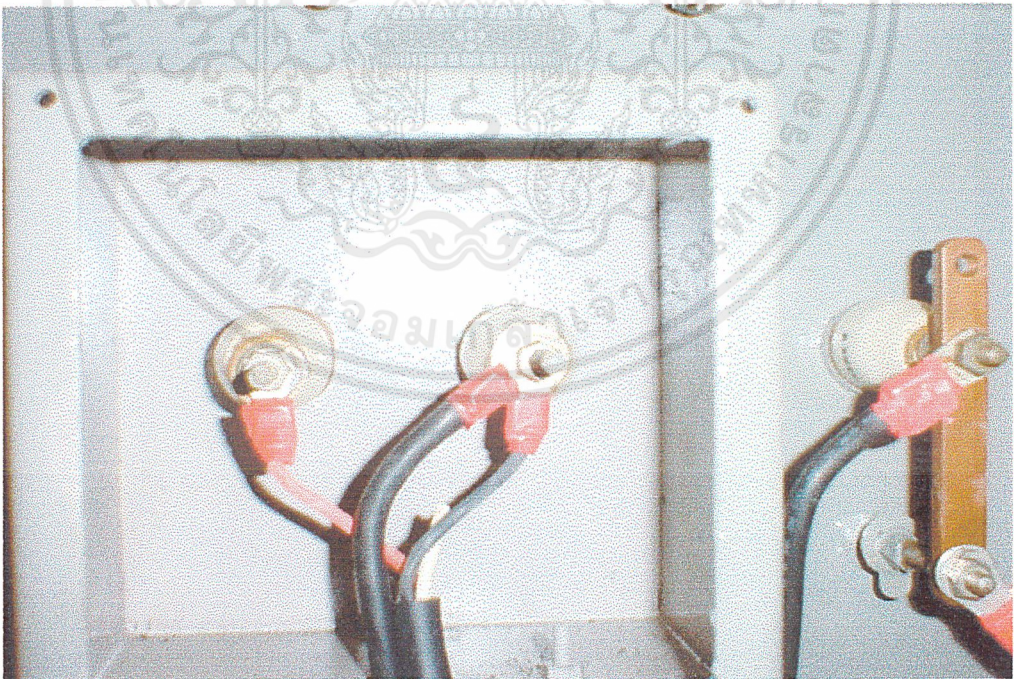


รูปที่ 3.10 ก แสดงการติดตั้งจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

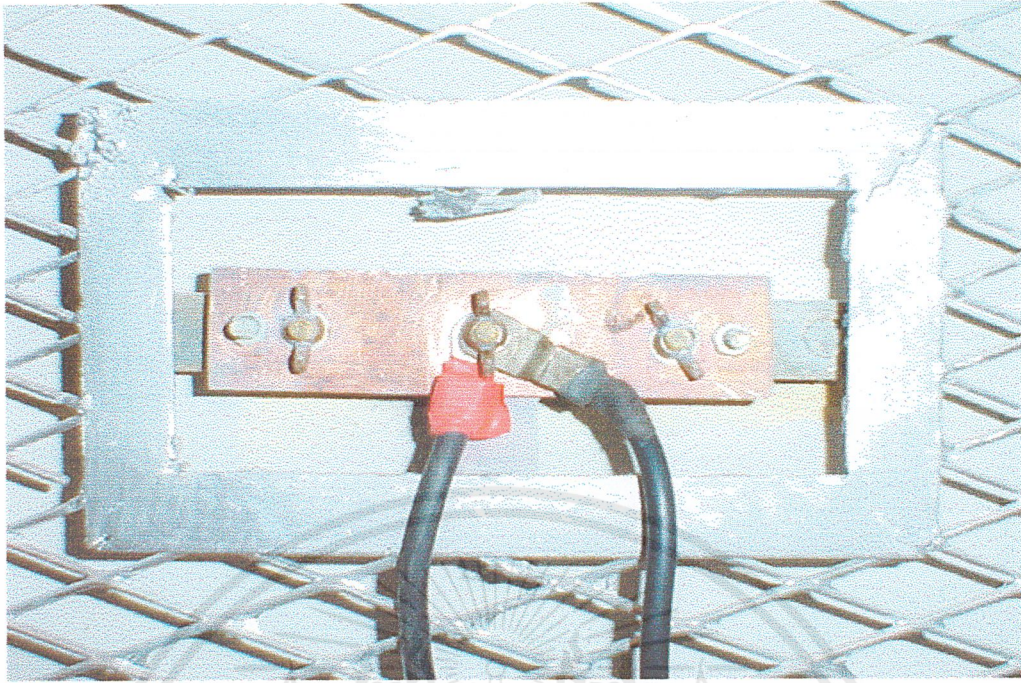


รูปที่ 3.11 แสดงการต่อช่องว่างทรงกลม

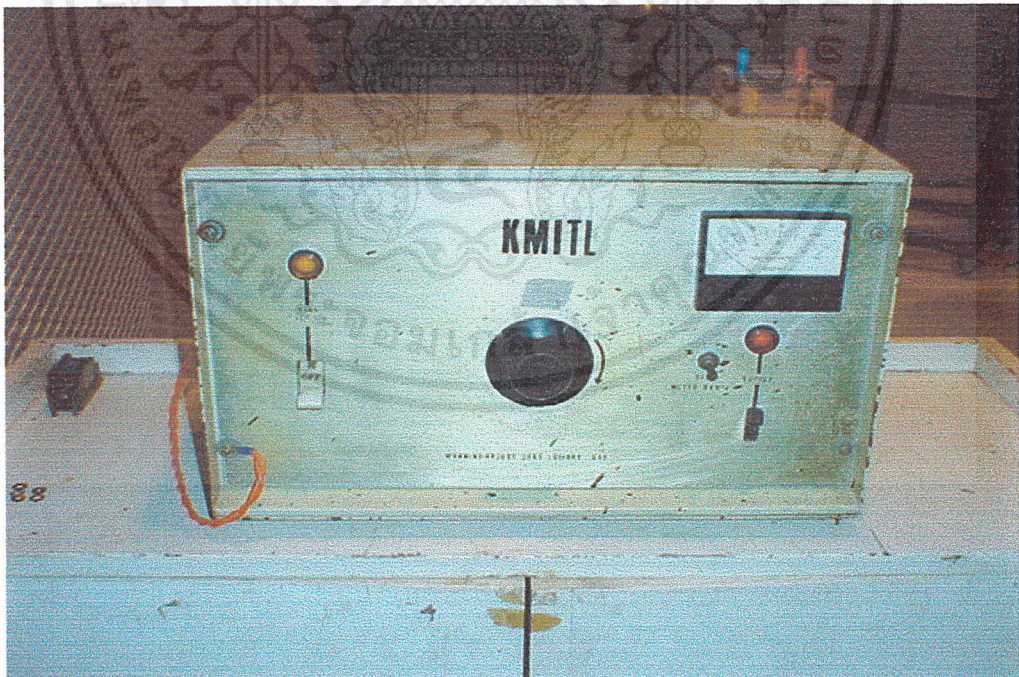


รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่อจุดกราวด์



รูปที่ 3.14 ตู้ AC. CONTROL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

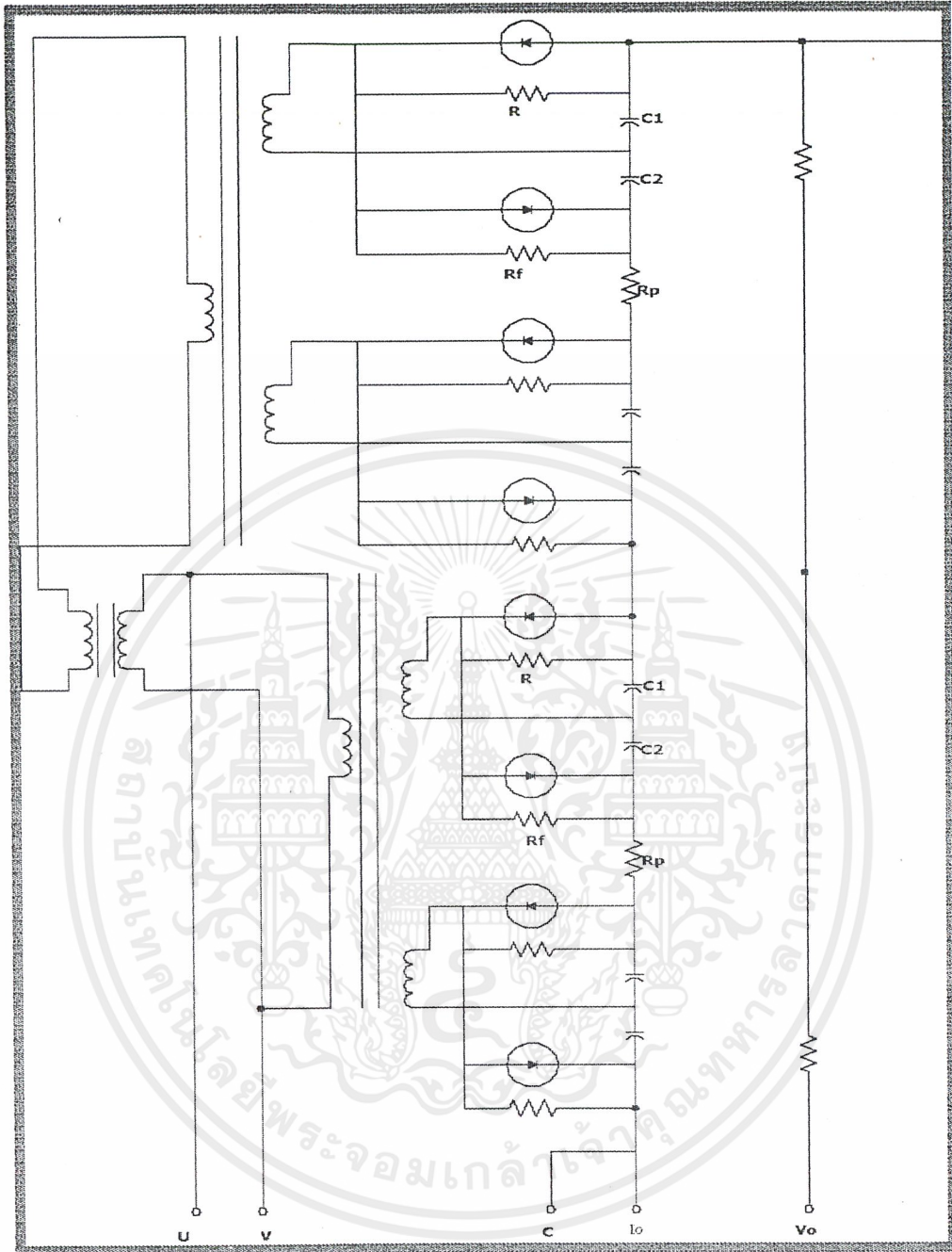
### การทดสอบอุปกรณ์

การทดสอบอุปกรณ์ทำเพื่อต้องการทราบค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็นการทดสอบก่อนการบำรุงรักษาและติดตั้งที่ห้องทดลองไฟฟ้าฯ ใหม่และการทดสอบหลังการออกแบบและติดตั้งเครื่องที่ห้องทดลองไฟฟ้าฯ ใหม่แล้ว การทดสอบในบทนี้เป็นการทดสอบโดยใช้ช่องว่างทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 25 เซนติเมตรในการวัดแรงดันเบรคดาวน์เปรียบเทียบกับค่าแรงดันเบรคดาวน์มาตรฐานของ IEC 52 โดยก่อนการทดสอบจะทำการจัดวางอุปกรณ์ทุกอย่างตามมาตรฐานของ IEC 52 ด้วยเพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

#### 4.1 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

- 1) แหล่งผลิตสัญญาณ
  - AC Generator Voltage 100 KV. rms 50 Hz
  - DC Generator Voltage 600 KV.
- 2) ช่องว่างทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 25 cm. ใช้วัดแรงดันได้ไม่เกิน 275 KV. และระยะห่างไม่เกิน 12 cm. รวมทั้งมาตรฐานในการติดตั้งและการวัดคั้งที่กล่าวมาแล้ว
- 3) Multimeter สำหรับวัดแรงดันค้ำแรงต่ำ



รูปที่ 4.1 CIRCUIT OF HIGH VOLTAGE DC NEGATIVE

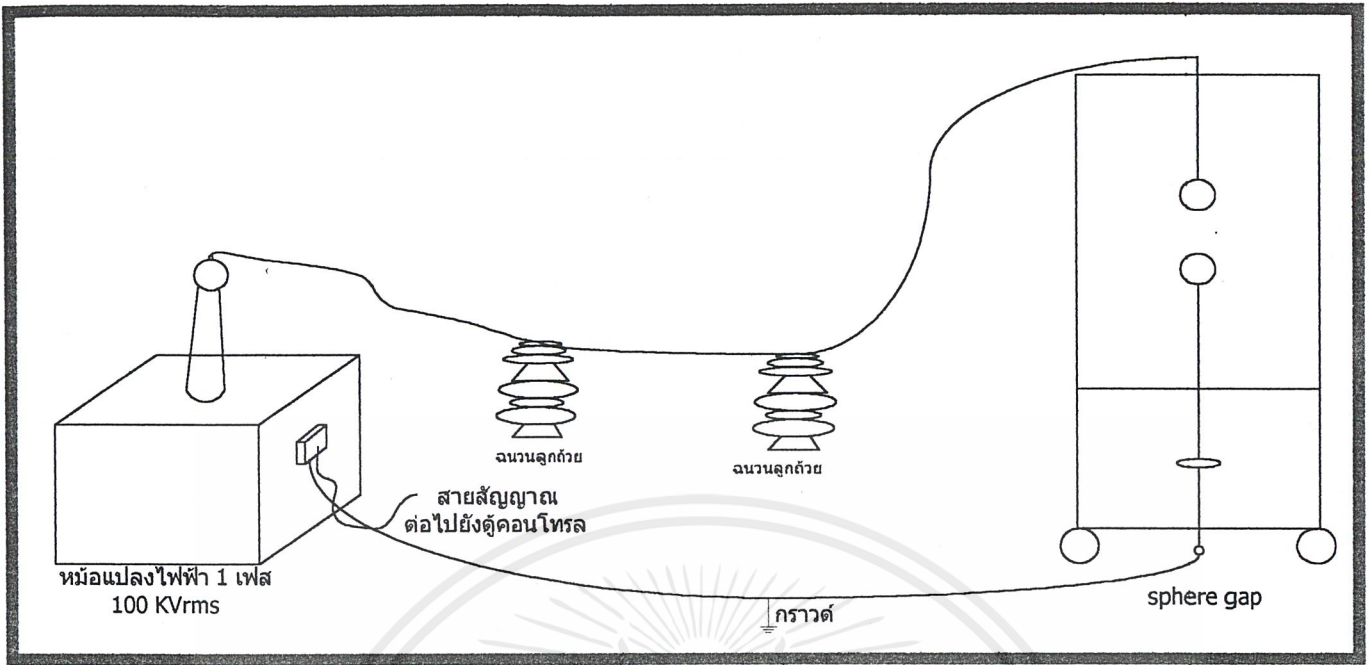
R : ทำหน้าที่ป้องกัน diode ขณะ revers bias

Rf : diode rectifier

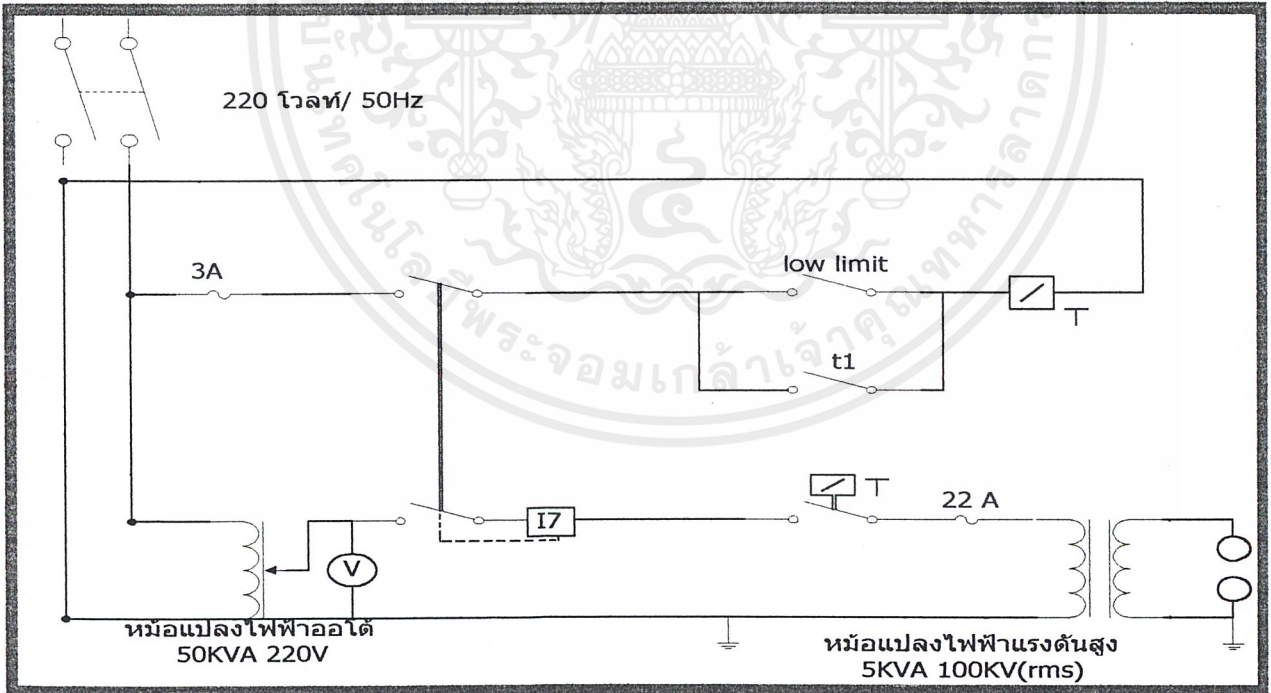
Rp : ทำหน้าที่จำกัดกระแสของ load ขณะเกิด break down

RM : high impedance แบ่งแรงดัน output สำหรับวัดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การติดตั้งอุปกรณ์ AC Generator



รูปที่ 4.3 วงจรการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การสร้างความแรงดันสูงกระแสสลับ ประกอบด้วย

1. หม้อแปลง cascade 1 เฟส 50 Hz input 220 V output พิกัด 100KVrms
2. ตู้คอนโทรล
3. ชุด spheres gap ขนาด diameter 25 cm. 4. โวลท์มิเตอร์

#### 4.2 ข้อควรระวังในการทดลอง

- 4.2.1 ต้องศึกษาวิธีการใช้อุปกรณ์ผลิตแรงดัน ส่วนควบคุมและการใช้ห้องทดลอง แรงสูงให้ชัดเจนก่อนการทดลอง
- 4.2.2 การใช้สัญญาณไฟสลับในการทดลอง ต้องไม่ลืมการต่อกราวด์ของทรงกลม
- 4.2.3 การใช้เครื่องผลิตสัญญาณไฟตรง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองทุกครั้ง จะต้องทำการกราวด์เครื่องก่อนเสมอ เพื่อคิซซาร์จประจุที่หลงเหลืออยู่ใน ส่วนผลิต ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ทดลองถ้าอยู่ใกล้ หรือ ไปแตะต้องอุปกรณ์ที่ ต่ออยู่
- 4.2.4 ในส่วนที่เป็นตัวนำที่มีสัญญาณ ไฟไหลผ่านไม่ควรทำให้มีส่วนแหลมหรือเป็น เหลี่ยมควรทำให้มีลักษณะ โคง เรียบเพื่อลดผลของโคโรนา
- 4.2.5 เครื่องจับยึดสายหรืออุปกรณ์การทดลองต้องทนแรงดัน ได้สูงรวมทั้งต้อง สะอาดและแห้งเพื่อป้องกันกระแสรั่ว ทำให้การทดลองผิดพลาด
- 4.2.6 ขณะที่ทำการทดลองต้องพร้อมที่จะหยุด โดยการกดปุ่มฉุกเฉินของแหล่งผลิต สัญญาณ ไฟตรงหรือหยุดการทำงานของแหล่งผลิตสัญญาณ ไฟสลับเมื่อเซอร์ กิตเบรคเกอร์ไม่ทำงาน

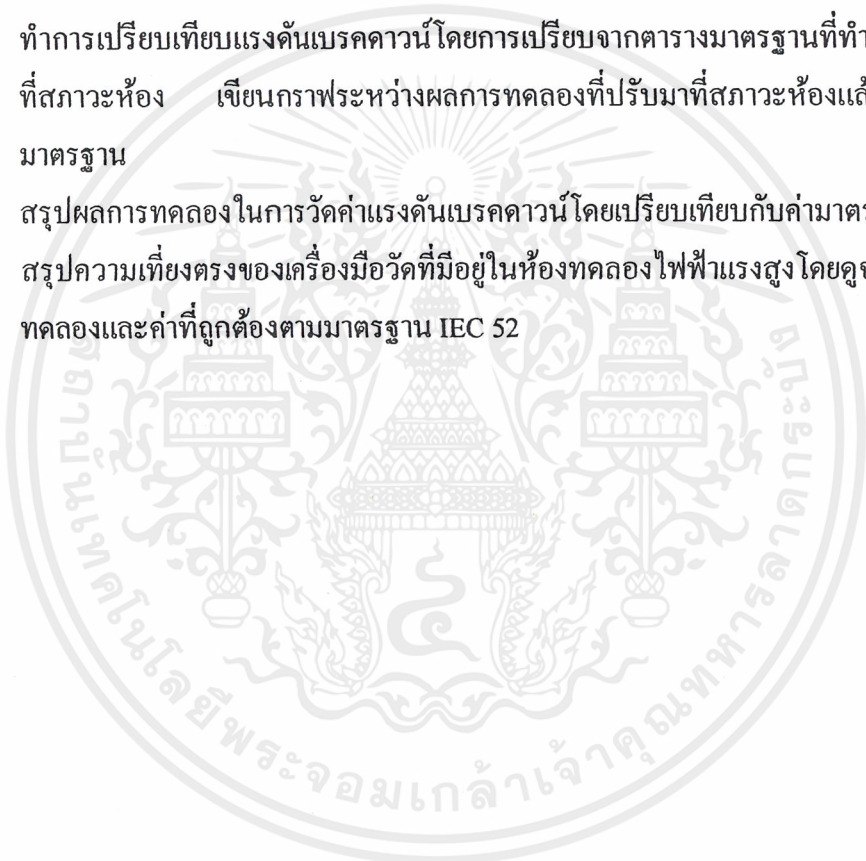
#### 4.3 วิธีการทดลอง

##### 4.3.1 การเตรียมตัวก่อนการทดลอง

- 1) ก่อนการทดลองต้องทบทวนการใช้ห้องทดลอง เครื่องผลิตสัญญาณ เครื่องมีวัด พร้อมกับหลักความปลอดภัยก่อน
- 2) ทำความสะอาดทรงกลมโดยการขัดออกไซด์ ความสกปรกความชื้น พร้อมทั้งขัด เงานให้ทั้งสะอาดและแห้ง อย่าให้มีความขรุขระ โดยเฉพาะจุดสปาร์ค
- 3) จัดช่องว่างทรงกลมตามมาตรฐาน เช่นระยะห่าง เงื่อน ไขต่างๆ
- 4) วัดสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่นอุณหภูมิ ความดัน ความชื้น ฯลฯ

### 4.3.2 การทดสอบ

- 1) ตรวจสอบโดยใช้สัญญาณไฟตรง
- 2) ปรับระยะแกปที่ 1 ซม. แล้วค่อยๆปรับแรงดันจนเกิดเบรคความถี่ปล่อยให้สปาร์คทิ้งประมาณ 5-6 ครั้ง เพื่อขจัดฝุ่นละอองที่ยังหลงเหลืออยู่ออกให้หมด แล้วจึงวัดค่าแรงดันเบรคความถี่ 6 ครั้ง
- 3) ปรับระยะแกปตามตารางและค่อยๆปรับแรงดันจนเกิดเบรคความถี่ทำการทดลองซ้ำๆกัน 6 ครั้ง ในแต่ละระยะแกปต่างๆเพื่อหาค่าเฉลี่ย
- 4) ทำการเปรียบเทียบแรงดันเบรคความถี่โดยการเปรียบจากตารางมาตรฐานที่ทำไว้แล้วมาที่สภาวะห้อง เขียนกราฟระหว่างผลการทดลองที่ปรับมาที่สภาวะห้องแล้วและจากมาตรฐาน
- 5) สรุปผลการทดลองในการวัดค่าแรงดันเบรคความถี่โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
- 6) สรุปความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดที่มีอยู่ในห้องทดลองไฟฟ้าแรงสูงโดยดูจากผลการทดลองและค่าที่ถูกต้องตามมาตรฐาน IEC 52



ตารางที่ 4.1 แสดงค่าแรงดันเบรคความถี่ที่สภาวะมาตรฐานของช่องว่างทรงกลม

ระยะห่างช่องว่าง (ซ.ม.)	แรงดันกระแสตรง,กระแสสลับ ( kV)
1.00	31.70
1.50	45.50
2.00	59.00
2.50	73.00
3.00	86.00
3.50	99.00
4.00	112
4.50	125
5.00	137
5.50	149
6.00	161
6.50	173
7.00	184
7.50	195
8.00	206
9.00	226
10.00	244
11.00	261
12.00	275
13.00	289

\* สภาวะความดัน 760 ทอร์ อุณหภูมิ 20 องศาเซนติเกรด

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน DC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0จนถึงเบรคดาวนั วันที่ 10-11 มิถุนายน 2528

สภาวะแวดล้อม : ความดัน 760.73 ม.ม.ปรอท

อุณหภูมิ 31 องศาเซนติเกรด

ความชื้น 76 %

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง (อิเล็กโตรด, ช่องว่างทรงกลม) 25 ซม.

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคดาวนั(กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		30	29.7	30	29.7	30	30	29.9
1.5		44.4	43.2	43.8	44.4	43.8	43.2	43.8
2.0		56.4	55.8	54	56.4	57	57	56.1
2.5		70.2	70.2	69.6	70.8	70.2	70.2	70.2
3.0		82.2	82.8	83.4	81.6	82.2	82.2	82.2
3.5		93.0	99	96	93	96	93	95.0
4.0		108	105	102	99	108	102	104
4.5		118.5	111	114	114	117	114	114.8
5.0		132	126	126	126	123	121.5	125.8
5.5		141	144	144	135	132	142.5	139.8
6.0		147	150	147	144	147	147	147
6.5		150	165	150	150	153	168	156
7.0		159	165	171	168	159	174	166
7.5		174	189	174	180	174	177	178
8.0		183	174	171	177	195	183	180.5
9.0		192	186	204	216	210	210	203
10		225	213	228	222	231	225	224
11		237	246	237	240	246	237	240.5
12		240	252	243	252	249	267	250.5
13		264	276	264	261	276	270	268.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน DC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0 จนถึงเบรคดาวน์ วันที่ 10-11 มิถุนายน 2528

สถานะแวดล้อม : ความดัน 760.73 ม.ม.ปรอท

อุณหภูมิ 31 องศาเซนติเกรด

ความชื้น 76 %

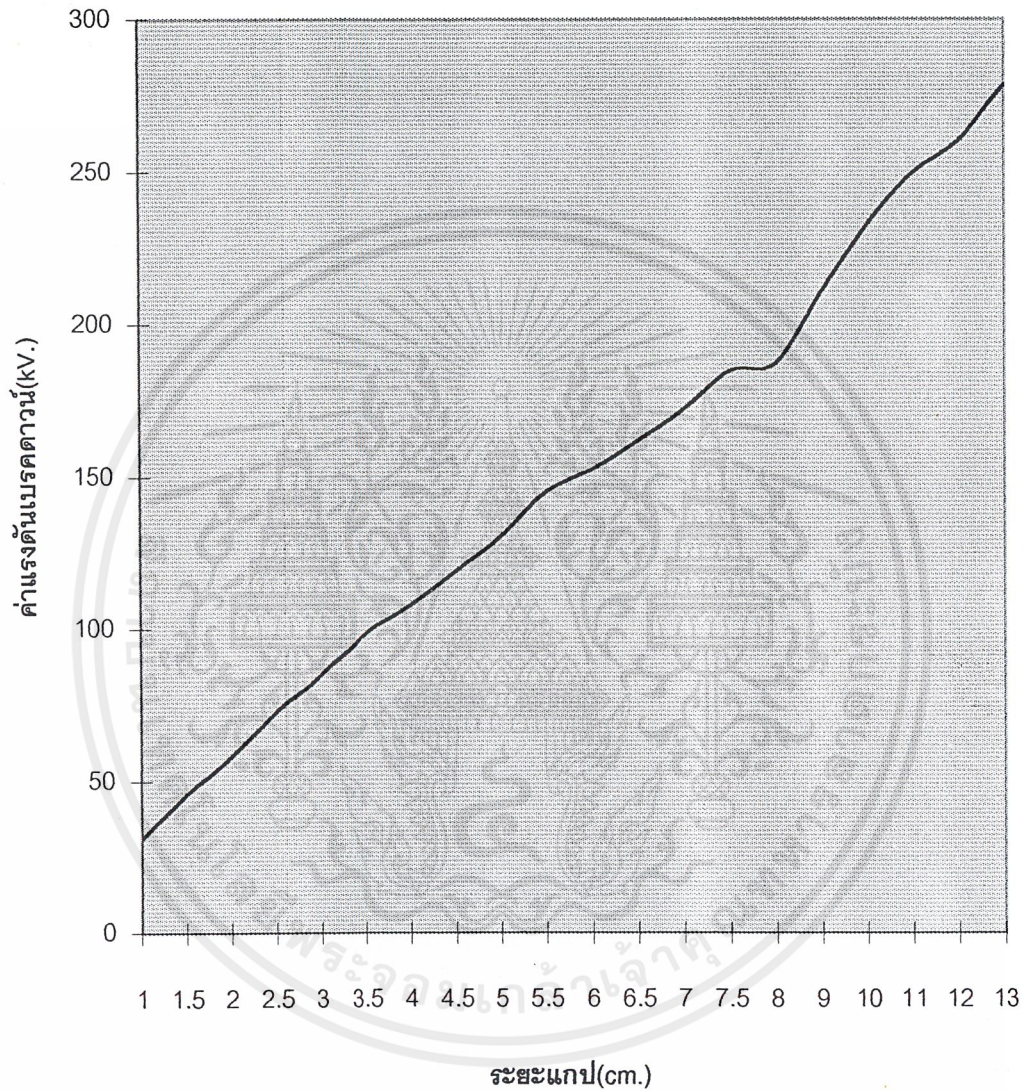
ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง (อิเล็กโตรด, ช่องว่างทรงกลม) 25 ซม. (เมื่อคูณด้วยค่า correction factor = 1.038)

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อ ความ	ระดับแรงดันเบรคดาวน์(กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		31.14	30.83	31.14	30.83	31.14	31.14	31.04
1.5		46.09	44.84	45.46	46.09	45.46	44.84	45.64
2.0		58.54	57.92	56.0	58.54	59.17	59.17	58.23
2.5		72.87	72.87	72.24	73.49	72.87	72.87	72.87
3.0		85.32	85.95	86.57	84.70	85.32	85.32	85.32
3.5		96.54	102.76	99.65	96.53	99.65	96.54	98.61
4.0		112.1	108.99	105.87	102.76	112.10	105.87	107.95
4.5		123.00	115.22	118.33	118.33	121.45	118.33	119.16
5.0		137.02	130.79	130.79	130.79	127.67	126.12	130.58
5.5		146.36	149.47	149.47	140.13	137.02	147.92	145.11
6.0		152.59	155.70	152.59	149.47	152.59	152.59	152.59
6.5		155.70	171.27	155.70	155.70	158.81	174.38	161.93
7.0		165.04	171.27	177.50	174.38	165.04	180.61	172.31
7.5		180.61	196.18	180.61	186.84	180.61	183.73	184.76
8.0		189.95	180.61	177.50	183.73	202.41	189.95	187.36
9.0		199.30	193.07	211.75	224.21	217.98	217.98	210.71
10		233.55	221.09	236.66	230.44	239.78	233.55	232.51
11		246.01	255.35	246.01	249.12	255.35	246.01	249.64
12		249.12	261.58	252.23	261.58	258.46	277.15	260.02
13		274.03	286.49	274.03	270.92	286.49	280.26	278.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการวิจัยเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรคดาวน์ของเครื่อง DC Generator  
ของปีพ.ศ.2528โดยใช้ช่องว่างทรงกลม



ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน DC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0จนถึงเบรคควาน์ วันที่ 10 กันยายน 2544 (ก่อนการย้าย)

สถานะแวดล้อม : ความดัน 772.4 ม.ม.ปรอท  
อุณหภูมิ 30.9 องศาเซนติเกรด  
ความชื้น 74 %

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง (อิเล็กโตรด, ช่องว่างทรงกลม) 25 ซม.

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อ ความ	ระดับแรงดันเบรคควาน์(กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		26.4	27.6	26.8	27.6	28.8	28.8	27.66
1.5		40.8	40.8	41.4	40.8	40.8	40.8	40.9
2.0		54	54.6	54.6	54.6	54	54.6	54.4
2.5		66.6	66.9	66.9	67.2	67.2	66.6	66.9
3.0		81	81	81	81.9	82.2	82.5	81.6
3.5		90	90.9	90.9	93	90	93	91.3
4.0		102	105	105.9	105.9	105.9	105.3	105
4.5		120	117.6	117	120	120	119.4	119
5.0		132	131.4	131.4	130.8	131.1	130.8	131.25
5.5		144.6	138	141.6	142.8	142.2	140.1	141.55
6.0		138.6	154.5	154.5	153	156	153.6	151.7
6.5		155.19	150.48	158.16	149.34	159.39	146.34	153.15
7.0		161.88	173.31	158.07	167.04	168.18	173.22	166.95
7.5		185.25	170.37	188.49	181.95	174.99	189.06	181.68
8.0		173.25	183.72	175.08	192.96	181.02	180.78	181.14
9.0		188.46	206.01	192.51	190.41	203.7	213.81	199.15
10		202.26	213.54	206.67	207.81	200.88	217.53	208.12
11		215.49	219.87	214.14	224.88	217.74	225.84	219.66
12		221.04	223.74	228.99	239.28	244.68	235.47	232.2
13		257.07	236.55	247.59	245.34	247.05	245.88	246.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน DC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0จนถึงเบรคความัน วันที่ 10 กันยายน 2544(ก่อนการย้าย)

สภาวะแวดล้อม : ความดัน 772.4 มม.ปรอท

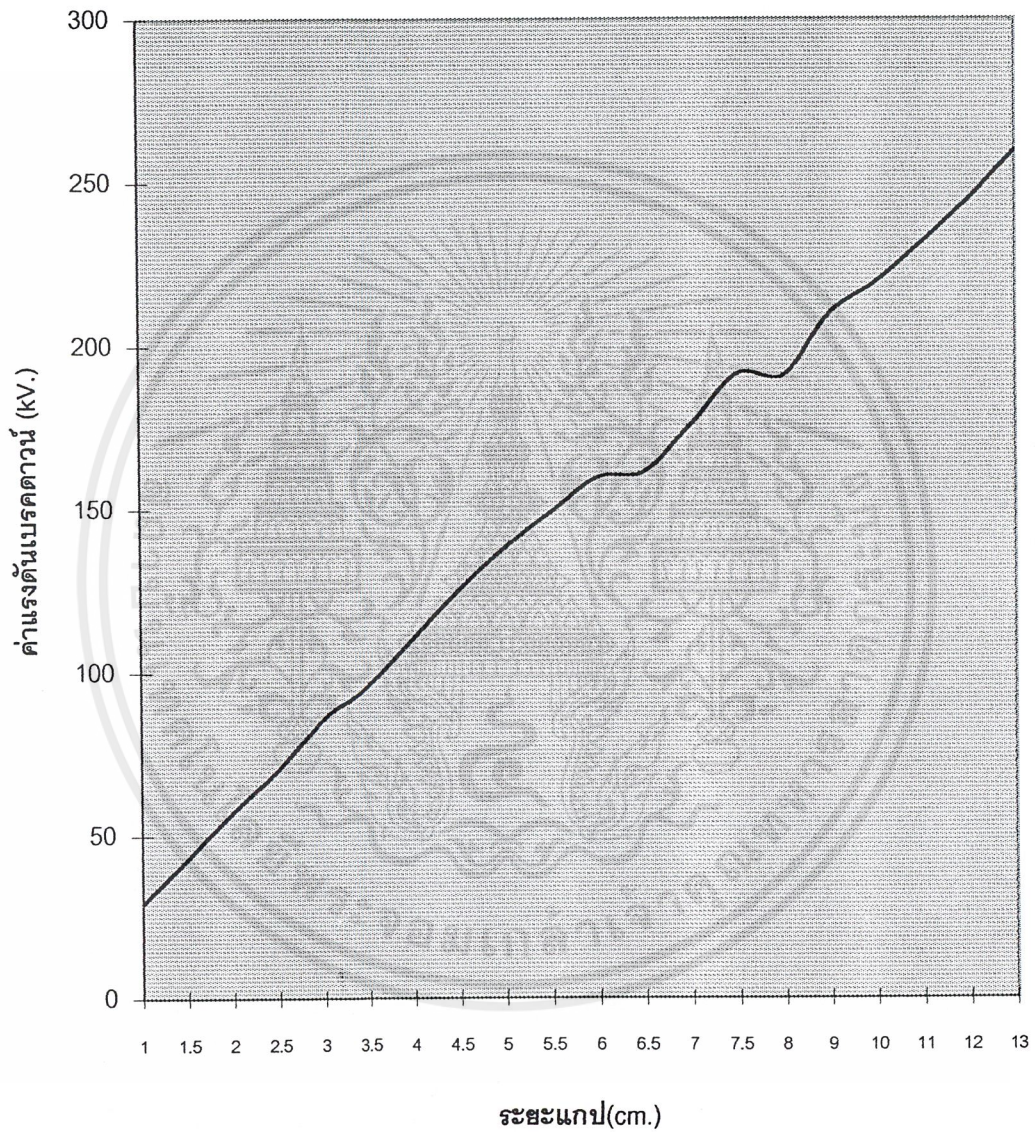
อุณหภูมิ 30.9 องศาเซนติเกรด ความชื้น 74 %

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง(อิเล็กโตรด,ช่องว่างทรงกลม) 25 ซม. (เมื่อคูณด้วยค่า correction factor = 1.054 )

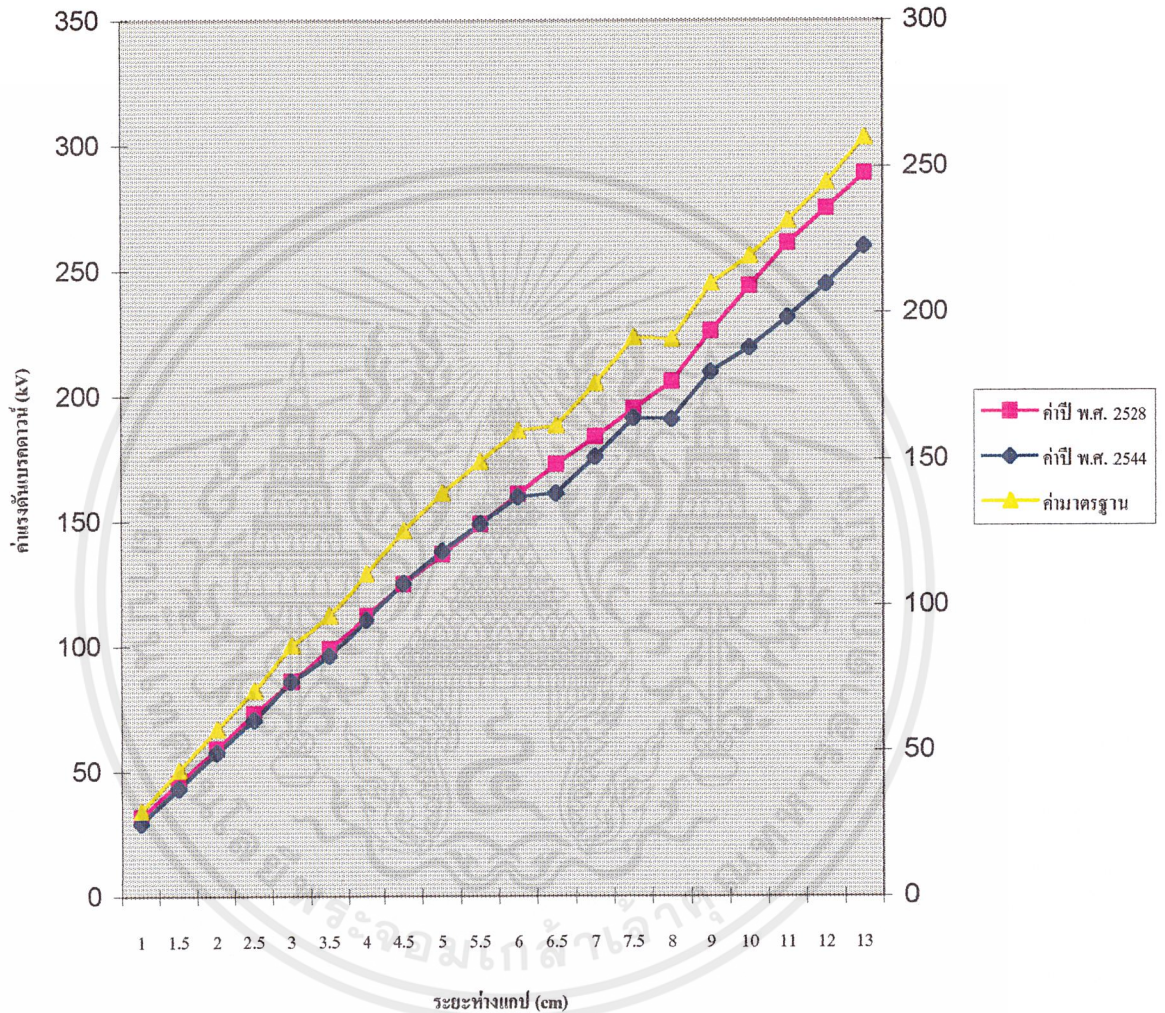
ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อ ความ	ระดับแรงดันเบรคความัน(กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		27.83	29.09	28.25	29.09	30.36	30.36	29.15
1.5		43.00	43.00	43.64	43.00	43.00	43.00	43.11
2.0		56.92	57.55	57.55	57.55	56.92	57.55	57.34
2.5		70.20	70.51	70.51	70.83	70.83	70.20	70.51
3.0		85.37	85.37	85.37	86.32	86.64	86.96	86.00
3.5		94.86	95.81	95.81	98.02	94.86	98.02	96.23
4.0		107.51	110.67	111.62	111.62	111.62	110.99	110.67
4.5		126.48	123.95	123.32	126.48	126.48	125.85	125.43
5.0		139.13	138.50	138.50	137.86	138.18	137.86	138.34
5.5		152.41	145.45	149.25	150.51	149.88	147.67	149.19
6.0		146.08	162.84	162.84	161.26	164.42	161.89	159.89
6.5		163.57	158.61	166.70	157.40	168.00	154.24	161.42
7.0		170.62	182.67	166.61	176.06	177.26	182.57	175.97
7.5		195.25	179.57	198.67	191.78	184.44	199.27	191.49
8.0		182.61	193.64	184.53	203.38	190.79	190.54	190.92
9.0		198.64	217.13	202.91	200.96	214.70	225.36	209.90
10		213.18	225.07	217.83	219.03	211.73	229.28	219.36
11		227.13	231.74	225.70	237.02	229.50	238.04	231.52
12		232.98	235.82	241.36	252.20	257.89	248.19	244.74
13		270.96	249.32	260.96	258.59	260.39	259.16	259.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรคดาวน์ของเครื่องDC Gen. ของปี  
พ.ศ. 2544 โดยใช้ช่องว่างทรงกลม(ก่อนการย้าย)



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าแรงดันเบรคตาวนระหว่างค่ามาตรฐานกับค่าของปี พ.ศ. 2528 และค่าของปี พ.ศ. 2544 ของเครื่อง DC Generator โดยใช้ช่องว่างทรงกลม(ก่อนการย้าย)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก0จนถึงเบรคความ วันที่ 12 มิ.ย. 2528

สถานะแวดล้อม : ความดัน 760.73 มม.ปรอท ความชื้น 76 %

อุณหภูมิ 31 องศาเซนติเกรด

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม.

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคความ(กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		29.7	29.7	30.4	29.7	31.1	31.1	30.28
1.5		42.4	43.8	42.4	42.4	43.8	43.8	43.1
2.0		56.6	55.2	56.6	56.6	55.2	55.2	55.9
2.5		67.2	67.2	66.5	65	67.2	66.5	66.93
3.0		80.6	80.6	79.9	79.2	79.9	79.2	79.9
3.5		92.6	93.3	93.3	92.6	93.3	94.8	93.32

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก0จนถึงเบรคความ วันที่ 12 มิ.ย. 2528

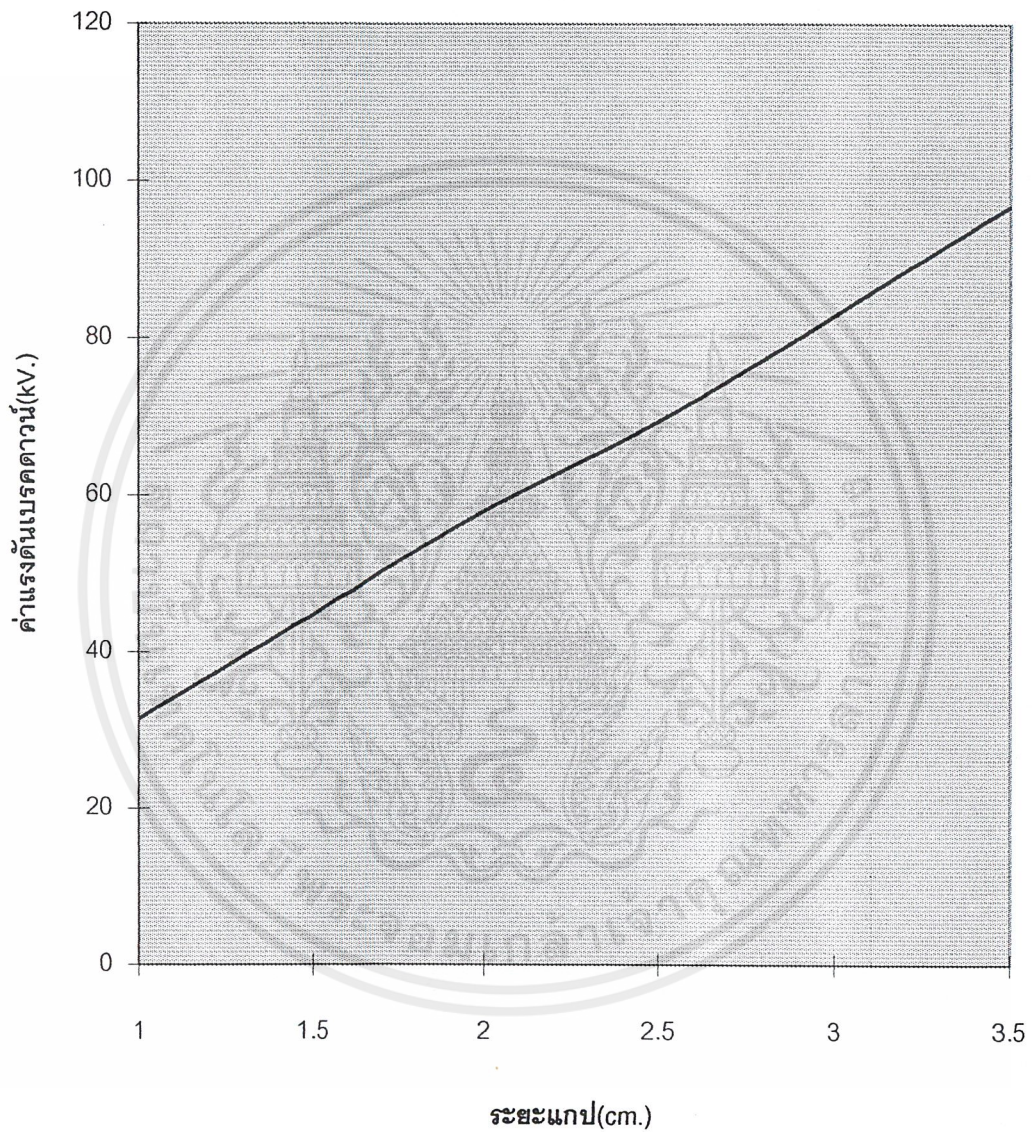
สถานะแวดล้อม : ความดัน 760.73 มม.ปรอท ความชื้น 76 %

อุณหภูมิ 31 องศาเซนติเกรด

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม. (เมื่อคูณด้วยค่า correction factor = 1.038)

	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคความ(กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		30.83	30.83	31.56	30.83	32.28	32.28	31.43
1.5		44.01	45.46	44.01	44.01	45.46	45.46	44.74
2.0		58.75	57.30	58.75	58.75	57.30	57.30	58.02
2.5		69.75	69.75	69.03	67.47	69.75	69.03	69.47
3.0		83.66	83.66	82.94	82.21	82.94	82.21	82.94
3.5		96.12	96.85	96.85	96.12	96.85	98.40	96.87

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรคดาวน์ของเครื่อง AC Generator  
ของปี พ.ศ. 2528 โดยใช้ช่องว่างทรงกลม



ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก0จนถึงเบรคความ วันที่ 12 กันยายน 2544(ก่อนการย้าย)

สภาวะแวดล้อม : ความดัน 772 มม.ปรอท ความชื้น 75 %

อุณหภูมิ 31 องศาเซนติเกรด

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม.

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคความ(กิโล โวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		27.61	27.72	27.65	27.52	27.71	27.65	27.64
1.5		39.20	38.21	38.31	39.00	38.91	38.65	38.71
2.0		47.62	48.41	52.76	53.26	52.07	52.45	51.09
2.5		62.67	62.56	65.03	66.03	65.04	64.48	64.30
3.0		78.60	76.62	78.60	79.69	78.60	78.45	78.42
3.5		90.48	92.16	91.07	91.87	91.27	91.56	91.40

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก0จนถึงเบรคความ วันที่ 12 กันยายน 2544(ก่อนการย้าย)

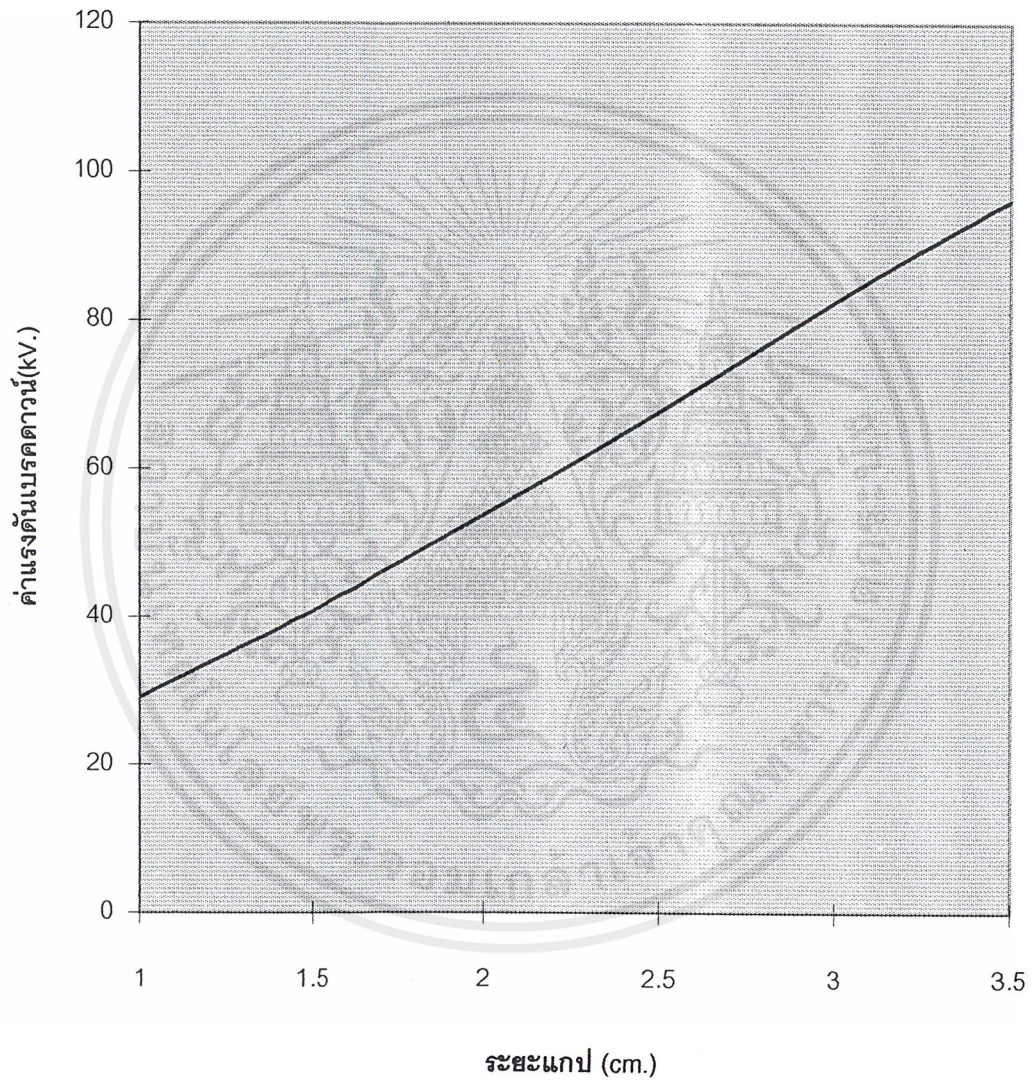
สภาวะแวดล้อม : ความดัน 772 มม.ปรอท ความชื้น 75 %

อุณหภูมิ 31 องศาเซนติเกรด

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม. (เมื่อคูณด้วยค่า correction factor = 1.053 )

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคความ(กิโล โวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		29.07	29.19	29.12	28.98	29.18	29.12	29.11
1.5		41.28	40.24	40.34	41.07	40.97	40.70	40.76
2.0		50.14	50.98	55.56	56.08	54.83	55.23	53.80
2.5		65.99	65.88	68.48	69.53	68.49	67.90	67.71
3.0		82.77	80.68	82.77	83.91	82.77	82.61	82.58
3.5		95.28	97.04	95.90	96.74	96.11	96.41	96.25

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรคดาวน์ของเครื่อง AC Generator  
ของปี พ.ศ. 2544 โดยใช้ช่องว่างทรงกลม  
(ก่อนการย้าย)



ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0 จนถึงเบรคดาวน์ วันที่ 13 มีนาคม 2545 (หลังการย้าย)

สภาวะแวดล้อม : ความดัน 760 มม.ปรอท ความชื้น 75.5 %

อุณหภูมิ 29.5 องศาเซนติเกรด

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม.

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคดาวน์(กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		27.24	28.34	27.48	28.64	27.14	29.50	28.06
1.5		40.94	41.49	42.48	42.24	42.06	41.56	41.79
2.0		55.62	54.14	55.38	54.69	55.44	55.06	55.06
2.5		68.58	68.38	68.38	66.96	68.21	67.64	68.03
3.0		79.92	81.35	79.48	80.23	81.53	81.84	80.71
3.5		94.47	95.90	92.82	92.69	92.44	95.83	94.30

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0 จนถึงเบรคดาวน์ วันที่ 13 มีนาคม 2545 (หลังการย้าย)

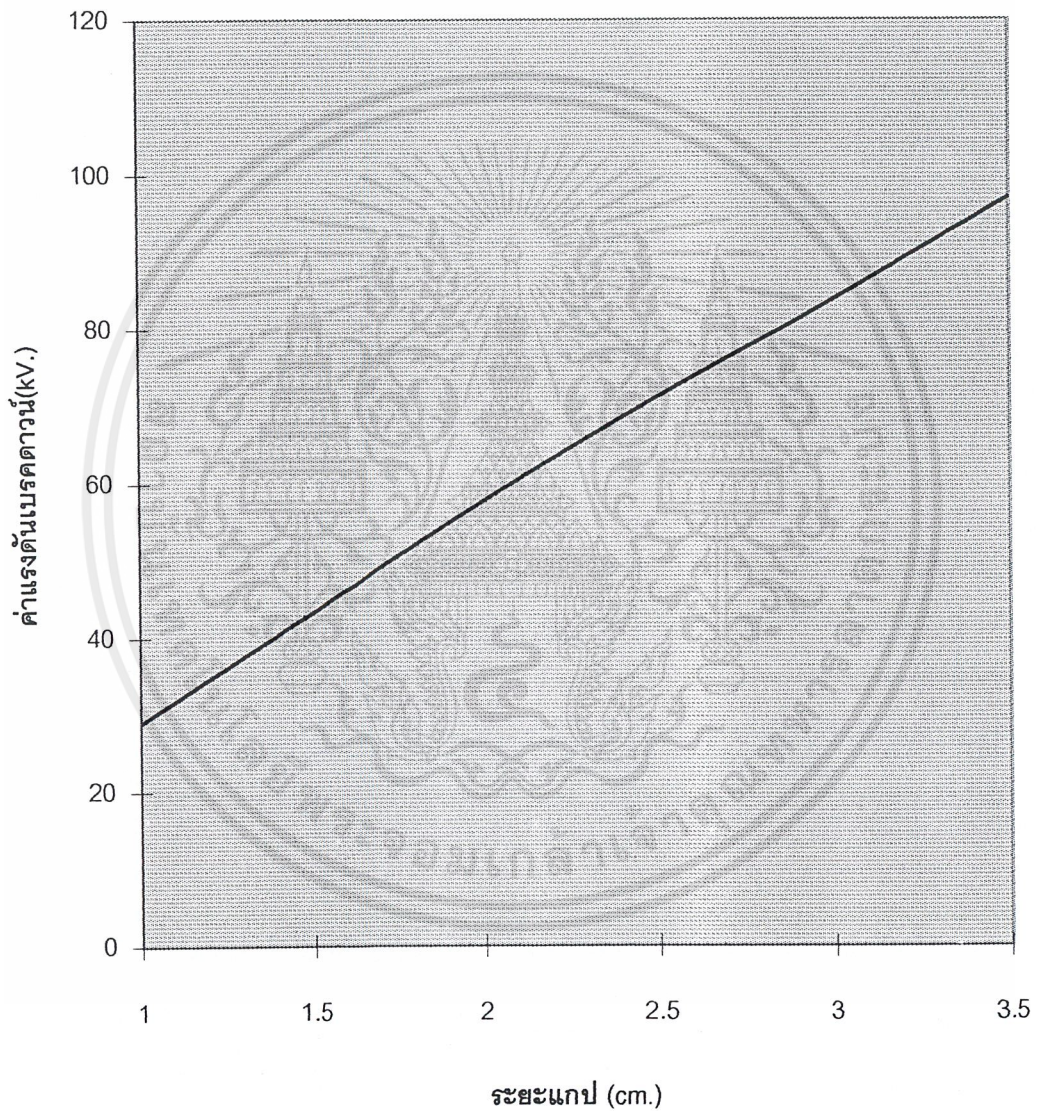
สภาวะแวดล้อม : ความดัน 760 มม.ปรอท ความชื้น 75.5 %

อุณหภูมิ 29.5 องศาเซนติเกรด

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม. (เมื่อคูณด้วยค่า correction factor = 1.0324)

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคดาวน์(กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		28.64	29.79	28.36	29.56	28.01	29.41	28.96
1.5		42.56	42.83	43.85	43.59	43.41	42.89	43.34
2.0		58.41	55.88	57.17	56.44	58.21	56.83	57.81
2.5		70.77	71.57	71.57	68.87	70.39	69.81	71.21
3.0		82.48	83.95	82.03	82.81	84.14	84.46	83.75
3.5		97.50	98.96	95.78	95.65	95.39	98.90	97.03

รูปที่ 4.9 กราฟค่าแรงดันเบรคดาวน์ของเครื่อง AC Generator ของ  
วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2545 โดยใช้ช่องว่างทรงกลม(หลังการย้าย)



**ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)**

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0 จนถึงเบรคความถี่ วันที่ 16 มีนาคม 2545 (หลังการย้าย)

สภาวะแวดล้อม : ความดัน 763 มม.ปรอท ความชื้น 75 %

อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม.

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคความถี่ (กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		28.03	27.64	27.84	28.94	27.26	29.12	28.14
1.5		41.24	40.79	42.26	42.74	42.19	41.97	41.86
2.0		54.69	54.04	55.62	54.24	55.23	55.16	54.99
2.5		68.24	68.12	67.97	68.54	67.21	68.24	68.05
3.0		79.56	81.34	80.03	79.23	80.53	81.12	80.31
3.5		94.59	95.24	93.75	92.15	92.75	92.45	93.48

**ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดลองเรื่อง การวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)**

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0 จนถึงเบรคความถี่ วันที่ 16 มีนาคม 2545 (หลังการย้าย)

สภาวะแวดล้อม : ความดัน 763 มม.ปรอท ความชื้น 75 %

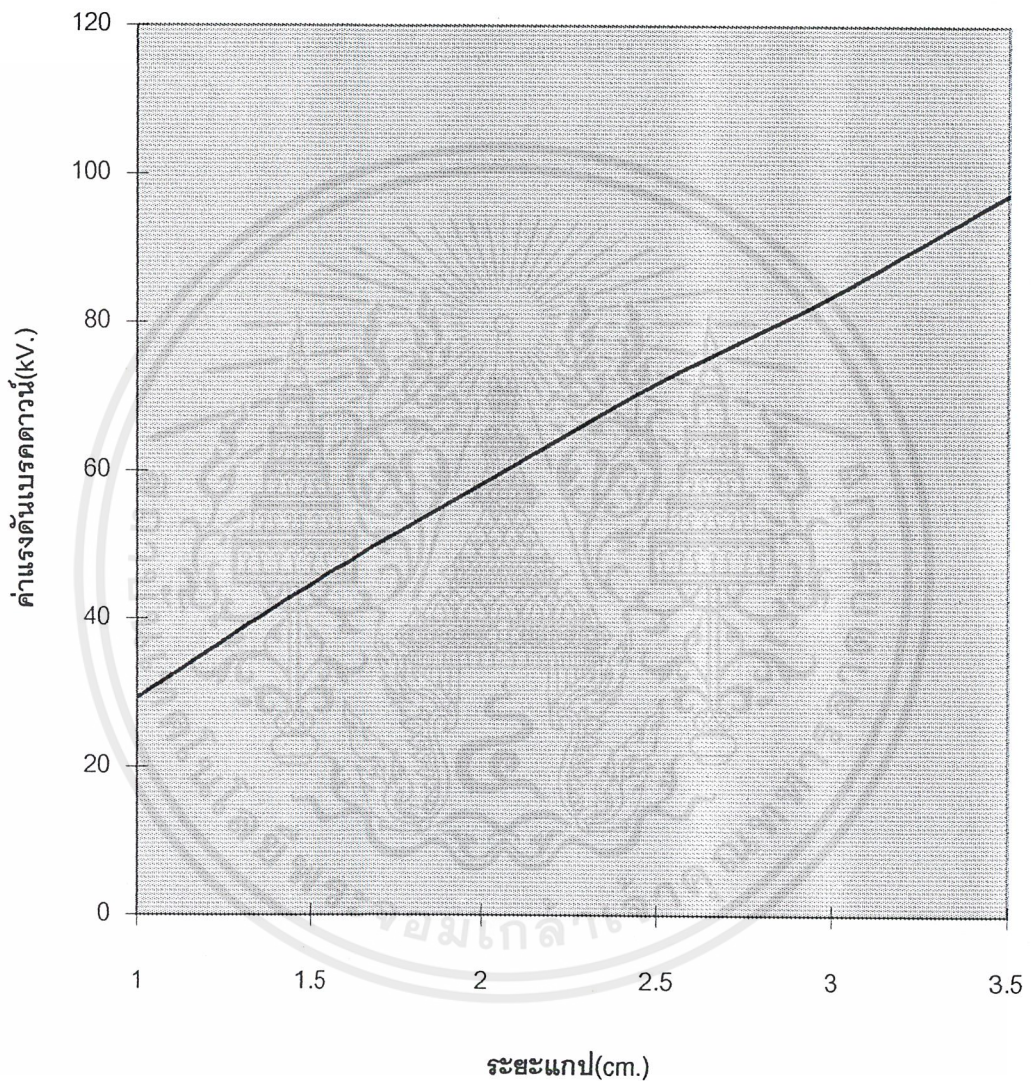
อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม. (เมื่อคูณด้วยค่า correction factor = 1.042 )

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคความถี่ (กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		29.21	28.80	29.01	30.16	28.41	30.34	29.32
1.5		42.97	44.50	44.03	44.54	44.96	43.73	44.62
2.0		56.98	56.31	58.96	56.52	58.55	57.48	58.30
2.5		72.11	71.98	70.83	71.42	71.03	72.11	71.91
3.0		82.90	84.76	83.39	82.56	83.91	84.53	83.78
3.5		98.56	99.24	97.69	96.02	96.65	96.33	97.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรคดาว์นของเครื่อง AC  
Generator ของวันที่ 16 มีนาคม 2545 โดยใช้ช่องว่างทรงกลม  
(หลังการย้าย)



ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลองเรื่องการวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0 จนถึงเบรคความ วันที่ 17 มีนาคม 2545 (หลังการย้าย)

สถานะแวดล้อม : ความดัน 765 มม.ปรอท ความชื้น 76 %

อุณหภูมิ 31.5 องศาเซนติเกรด

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม.

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคความ (กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		28.45	28.24	28.75	27.38	27.45	28.96	28.21
1.5		41.52	41.16	40.97	41.86	42.46	41.79	41.60
2.0		55.35	55.75	54.85	54.19	55.74	54.84	55.12
2.5		67.28	67.93	68.46	68.76	68.48	67.74	68.11
3.0		80.52	81.36	79.68	79.23	81.74	81.16	80.62
3.5		93.56	94.25	92.63	93.18	92.24	95.02	93.48

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดลองเรื่องการวัดแรงดัน AC ด้วยช่องว่างทรงกลม (SPHERE GAPS MEASUREMENT)

วิธีการทดลอง ปรับแรงดันจาก 0 จนถึงเบรคความ วันที่ 17 มีนาคม 2545 (หลังการย้าย)

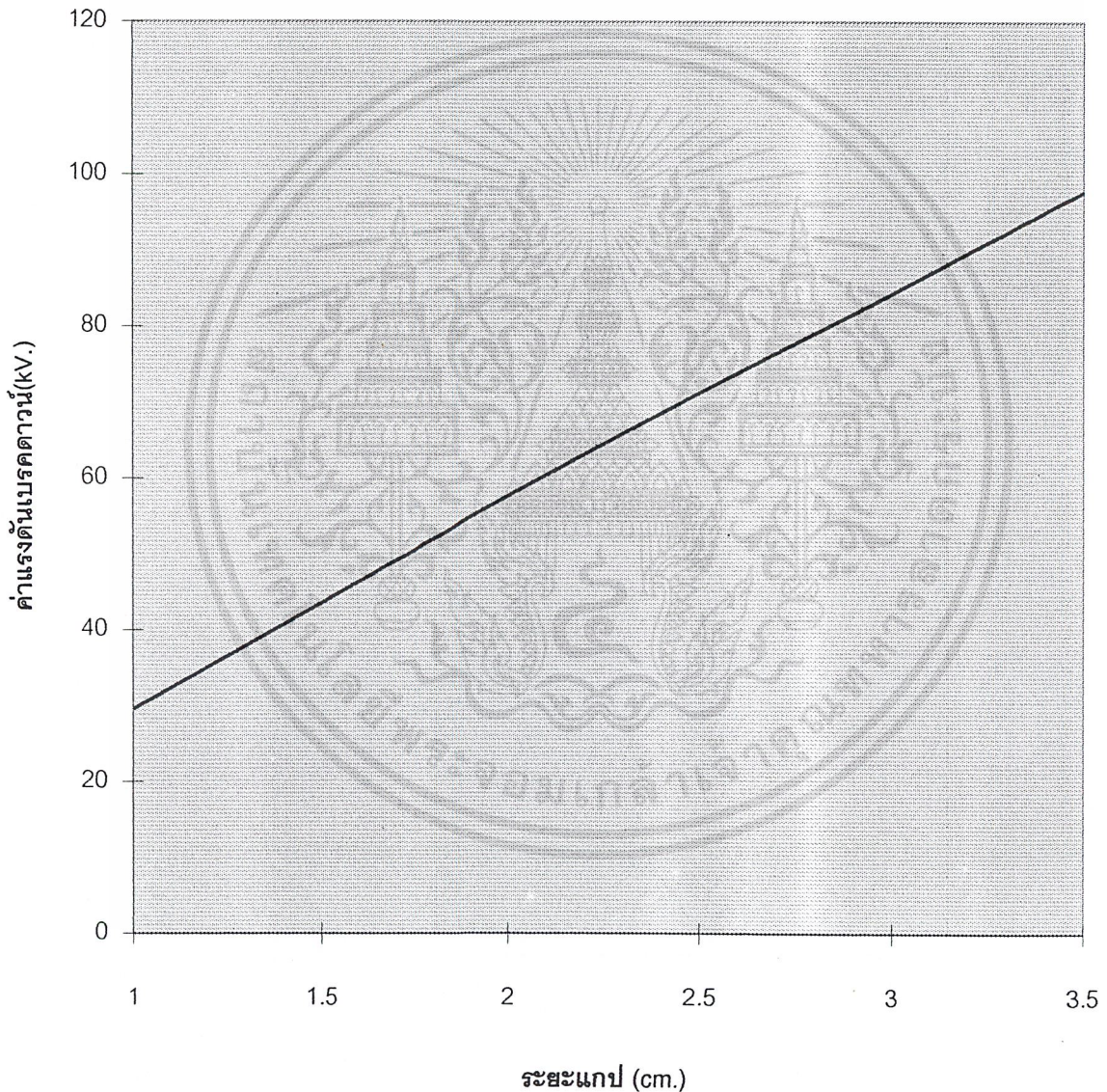
สถานะแวดล้อม : ความดัน 765 มม.ปรอท ความชื้น 76 %

อุณหภูมิ 31.5 องศาเซนติเกรด

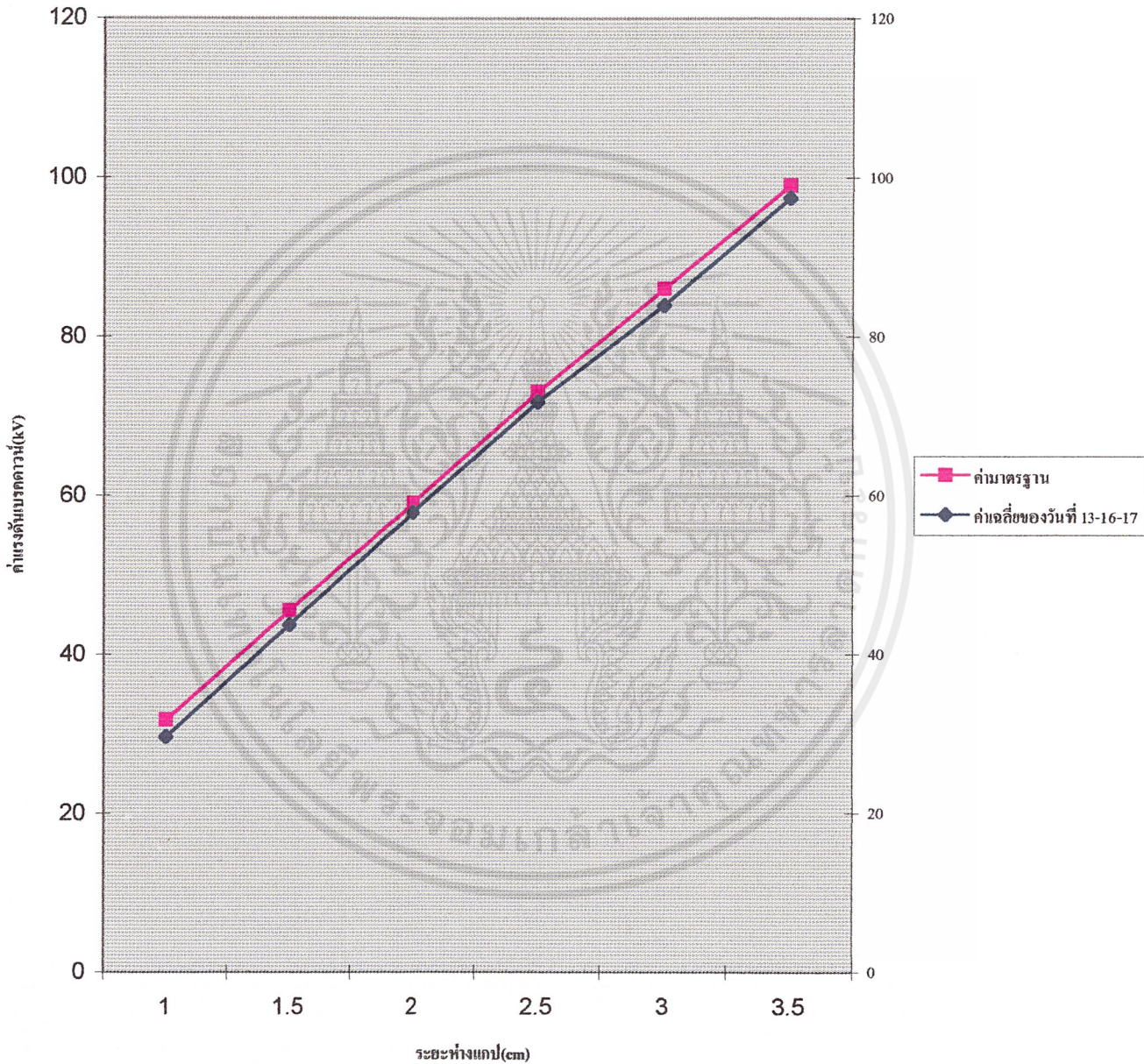
ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม. (เมื่อคูณด้วยค่า correction factor = 1.046 )

ระยะห่าง (ซ.ม.)	บันทึกข้อความ	ระดับแรงดันเบรคความ (กิโลโวลท์) 6 การทดลอง						ค่าเฉลี่ย (kV.)
		1	2	3	4	5	6	
1.0		29.75	29.53	30.07	28.64	28.71	30.29	29.51
1.5		43.42	43.05	42.85	43.78	44.41	43.71	43.51
2.0		57.89	58.31	57.37	56.68	58.30	57.36	57.65
2.5		70.37	71.05	71.61	71.92	71.63	70.86	71.24
3.0		83.94	85.10	83.35	82.87	85.50	84.89	84.38
3.5		97.86	98.58	96.89	97.46	96.48	99.39	97.78

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าแรงดันเบรคดาวน์ของเครื่อง AC Generator ของ  
วันที่ 17 มีนาคม 2545 โดยใช้ช่องว่างทรงกลม  
(หลังการย้าย)



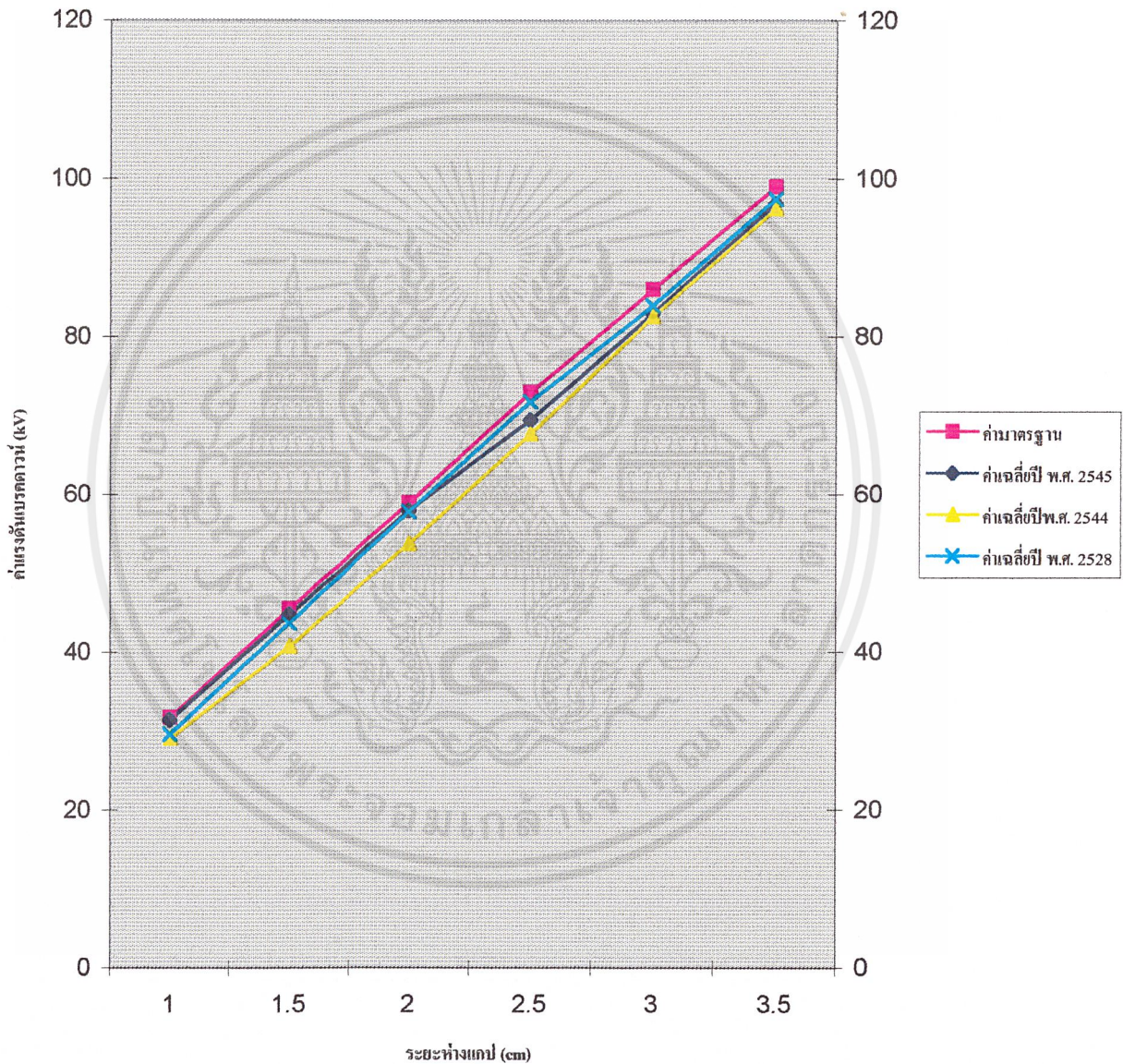
รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกดาวนระหว่างค่ามาตรฐานและค่าเฉลี่ย  
ของวันที่ 13-16-17 มี.ค. 2545(หลังการย้าย)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบค่าแรงดันเบรคตาวนระหว่างค่ามาตรฐานกับค่าเฉลี่ย ปี 2528 ,ปี 2544และปี 2545ของเครื่อง AC Generator โดยใช้ช่องว่าง

ทรงกลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงและกระแสสลับ

จากค่าแรงดันเบรคควานที่วัดได้จากการทดลองสามารถนำมาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนได้จากการเปรียบเทียบกับค่าแรงดันเบรคควานมาตรฐาน โดยการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแรงดันเบรคควานที่ระยะแกปต่างๆแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยจากทุกระยะอีกครั้งหนึ่ง จะได้เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้จากการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

$$\text{ERROR} = \frac{\sum \sqrt{[(a - \bar{a}) / \bar{a}]^2}}{N}$$

โดยที่  $a$  = ค่าแรงดันเบรคควานที่ระยะแกปต่างๆ  
 $\bar{a}$  = ค่าแรงดันเบรคควานมาตรฐานที่ระยะแกปต่างๆ  
 $N$  = จำนวนระยะแกป

ตารางที่ 4.16 แสดงการหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับ

ระยะแกป	พท.2528	ก่อนย้าย	หลังย้าย	ค่ามาตรฐาน	ค่าERROR
1.0	31.43	29.11	29.59	31.7	0.066
1.5	44.74	40.76	43.72	45.5	0.039
2.0	58.02	53.80	57.85	59.0	0.019
2.5	69.47	67.74	71.79	73.0	0.016
3.0	82.94	82.58	83.97	86.0	0.023
3.5	96.87	96.25	97.41	99.0	0.016

\* ได้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับเป็น 2.89 %

\* ค่าความคลาดเคลื่อนก่อนการบำรุงรักษาและติดตั้งใหม่เป็น 6.7 %

\* มาตรฐานกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับไว้ไม่เกิน  $\pm 3$  %

หมายเหตุ : หลังการทดลองเมื่อวันที่ 12/9/44 พบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าระดับมาตรฐานกำหนดจึงได้ทำการส่งหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับไปทำการบำรุงรักษาและทำให้ได้ค่า RATIO เปลี่ยนจาก 425.53 ไปเป็น 433.67 ซึ่งการคำนวณค่าแรงดันเบรคควาน

3 ครั้งหลังได้ใช้ค่า RATIO ใหม่ที่ได้จากการทดสอบห่อแปลงมาคำนวณหาค่าแรงดันเบรคความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับ

ตารางที่ 4.17 แสดงการหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง

ระยะแกป	แรงดันที่วัดได้ ( 10/9/44 )	แรงดันมาตรฐาน	ค่าERROR
1.0	29.15	31.7	0.0800
1.5	43.11	45.5	0.0525
2.0	57.43	59.0	0.0280
2.5	70.51	73.0	0.0341
3.0	86.00	86.0	0.0000
3.5	96.23	99.0	0.0279
4.0	110.67	112.0	0.0119
4.5	125.43	125.0	0.0034
5.0	138.34	137.0	0.0098
5.5	149.19	149.0	0.0013
6.0	159.89	161.0	0.0069
6.5	161.42	173.0	0.0669
7.0	175.97	184.0	0.0436
7.5	191.49	195.0	0.0180
8.0	190.92	206.0	0.0732
9.0	209.90	226.0	0.0712
10.0	219.36	244.0	0.1010
11.0	231.52	261.0	0.1129
12.0	244.74	275.0	0.1100
13.0	259.89	289.0	0.1007

\* ได้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงเป็น 4.57 %

\* มาตรฐานกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไว้ไม่เกิน±5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบเมื่อทำการทดลองก่อนการเคลื่อนย้ายไปติดตั้งที่ห้องประลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่ เพื่อหาความเที่ยงตรงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่องพบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมีความคลาดเคลื่อนของแรงดัน out put อยู่ที่ 4.57% และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีความคลาดเคลื่อนของแรงดัน out put อยู่ที่ 6.7% ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมีความคลาดเคลื่อนของแรงดัน out put อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดที่  $\pm 5\%$  ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีความคลาดเคลื่อนของแรงดัน out put มากกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ  $\pm 3\%$  ทำให้ต้องทำการซ่อมบำรุง โดยการส่งตัวหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับไปเปลี่ยนน้ำมันฉนวนและซีลรอบๆ ตัวถัง ซึ่งเมื่อทำการบำรุงรักษาหม้อแปลงแล้วพบว่าค่า ratio ที่วัดได้ใหม่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจาก 425.53 เป็น 433.67 ซึ่งค่า ratio นี้มีความคลาดเคลื่อนไปจากเดิม 1.912% ทำให้การทดสอบหลังจากที่ทำการซ่อมบำรุงหม้อแปลงแล้วต้องคำนวณค่าแรงดัน out put จากค่า ratio ใหม่

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดแรงดันเบรคดาวน์ที่ระยะแกปต่างๆ ตามตารางที่ทำการทดลองพบว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันกับค่ามาตรฐานจะแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย อันเนื่องมาจากผลของความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ความสกปรกและความขรุขระของผิวทรงกลมรวมทั้งความชื้นของอากาศที่แตกต่างกันด้วย อีกประการหนึ่งคือความผิดพลาดของเครื่องมือวัดเอง รวมทั้งการอ่านค่าข้อมูลด้วย ค่าแรงดันเบรคดาวน์ที่วัดได้จึงมีความผิดพลาดเคลื่อนไปบ้างจากค่ามาตรฐาน

ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนจากมาตรฐานอาจเนื่องมาจาก

1. ผลความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากเครื่องมือวัด
2. สภาพลักษณะของอิเล็กทรอนิกส์ทรานซิมิตเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง
3. สภาพของอากาศที่ไม่คงที่และไม่สามารถควบคุมได้

## 5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อสรุปความคลาดเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงและเครื่องมือวัด จะเห็นว่าจากการทดลองจะได้ผลของแรงดันกระแสตรงที่คลาดเคลื่อนไปจากค่ามาตรฐานประมาณ 4.57 % และผลของแรงดันกระแสสลับที่คลาดเคลื่อนไปจากค่ามาตรฐานประมาณ 2.89% ซึ่งมาตรฐานกำหนดความคลาดเคลื่อนไว้ประมาณ  $\pm 3$  % สำหรับแรงดันไฟสลับ และไม่เกิน  $\pm 5$  % สำหรับแรงดันไฟตรง ซึ่งแสดงว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงในห้องทดลองไฟฟ้าแรงสูงเก่าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับที่ห้องทดลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่มีความถูกต้องเที่ยงตรงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดแล้ว

## 5.3 แนวทางการแก้ไขและข้อเสนอแนะ

-การติดตั้งรั้วเหล็กครอบเครื่อง

-สภาวะอากาศภายในห้องทดลองควรที่จะปราศจากฝุ่นละอองในอากาศ เนื่องจากฝุ่นละอองในอากาศจะมีผลทำให้แรงดันเบรคความค้ลดลง ดังนั้นควรที่จะมีอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นละอองที่ประตูเหล็กใหญ่ทางด้านข้างของห้องประลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่ เพราะเป็นทางที่ฝุ่นละอองจากภายนอกสามารถเข้ายังภายในห้องได้ง่าย และควรป้องกันนกหรือสัตว์อื่นที่จะเข้ามาทำรังหรือทำความสกปรกให้กับเครื่องหรืออุปกรณ์การทดลองซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของการทดลองลดลง

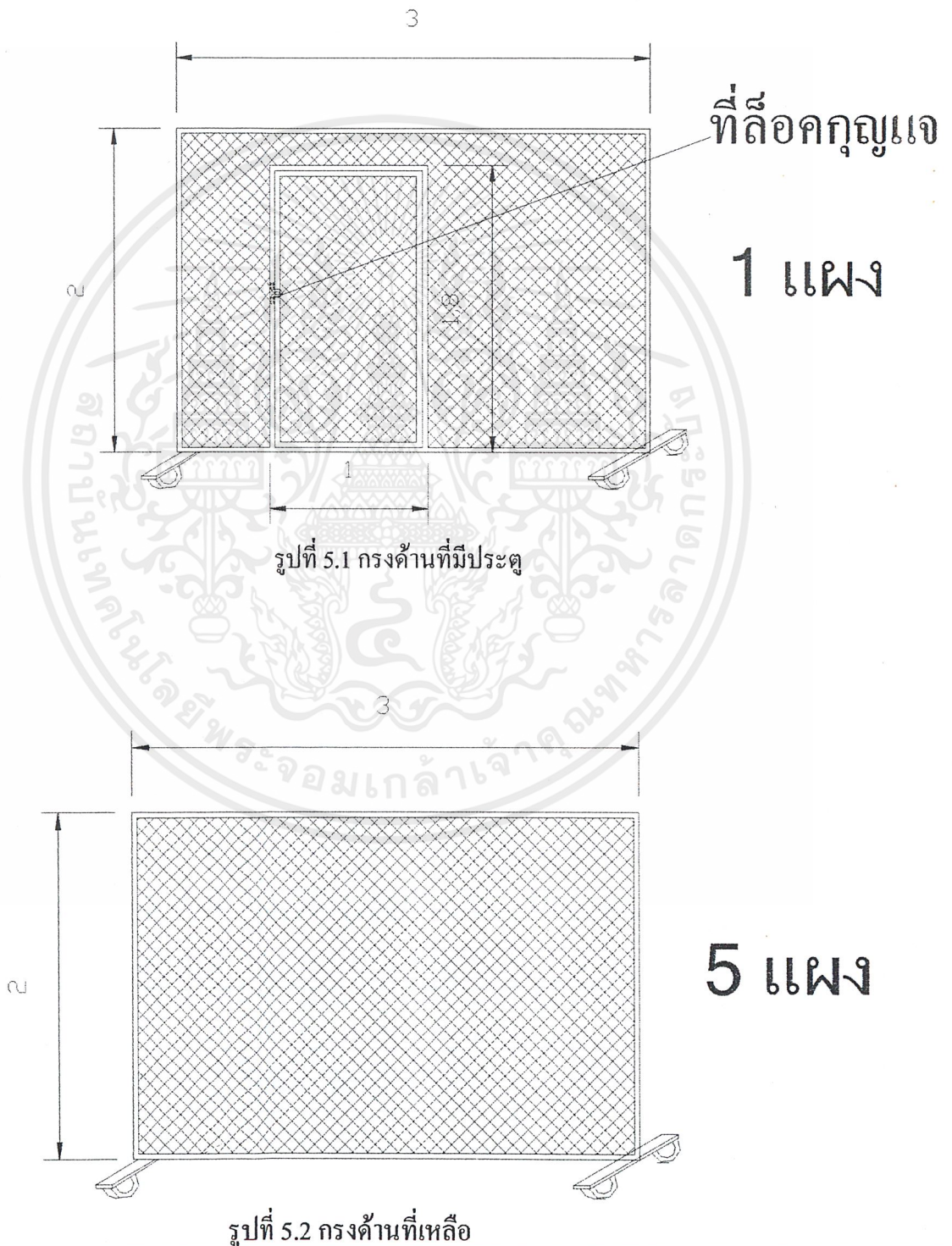
-อุปกรณ์ทดลองช่องว่างทรงกลมควรมีการเปลี่ยนใหม่เนื่องจากของเก่ามีความเสียหายจากการตก,ถูกกระแทกทำให้ลูกทรงกลมเกิดการบวมและทำให้สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอที่บริเวณผิวมากนักทำให้การทดลองอาจเกิดการคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ควรจะเป็น

-เบรคเกอร์ที่ใช้ตัวฉนวนทางด้านซ้ายของตู้ CONTROL AC. ควรได้รับการเปลี่ยนเนื่องจากกลไกการตัดต่อมีความเสียหายอยู่บ้าง ทำให้บางครั้งเวลาเปิดอาจไม่ทำงานได้

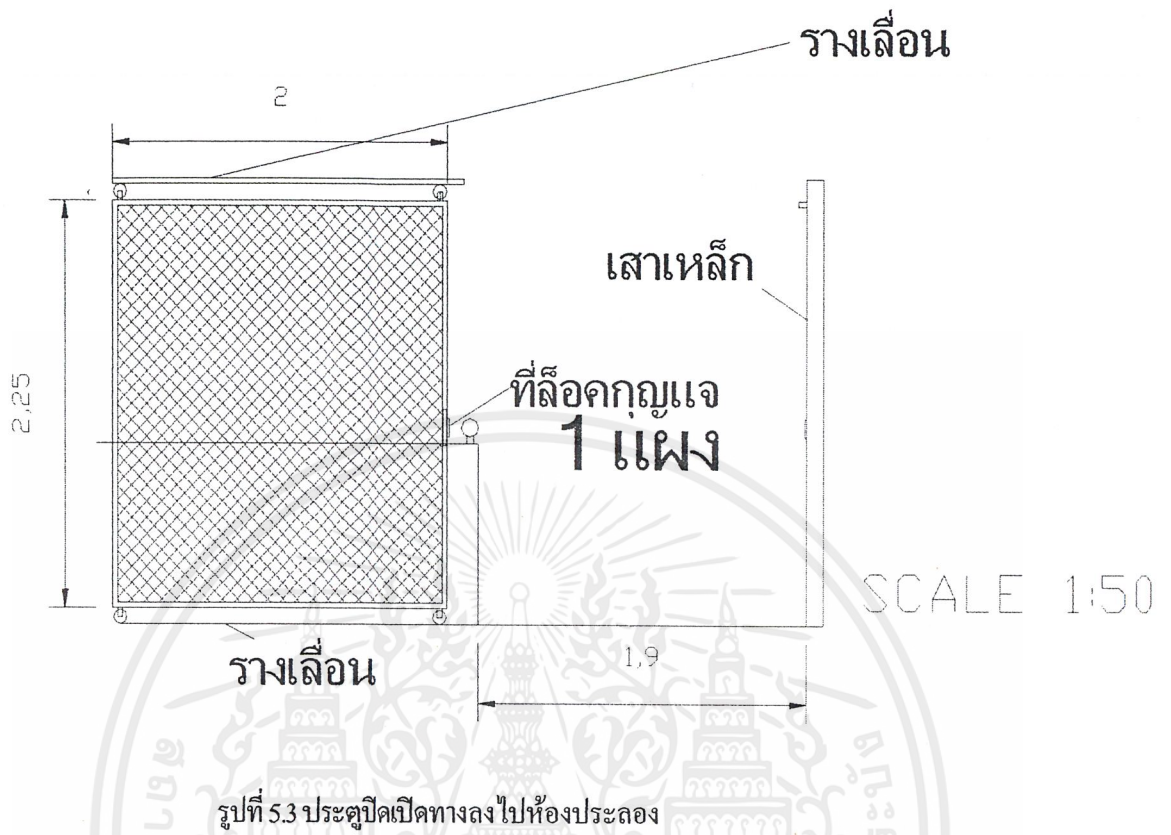
-ภายในห้องทดลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่ ควรมีอุปกรณ์ป้องกันเหตุฉุกเฉิน เช่น ถังดับเพลิง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น โดยมีได้คาดหมายไว้ และอาจทำให้เกิดความเสียหายให้กับอุปกรณ์การทดลองและอาคาร ได้รวมทั้งตัวบุคคลที่ทำการทดลองเองด้วย

สำหรับการเคลื่อนย้ายและติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 600 kV. ณ ห้องประลองไฟฟ้าแรงสูงใหม่นั้นยังไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากทางสถาบันยังไม่มีความพร้อมที่จะสนับสนุนในการย้ายและติดตั้งและอุปกรณ์เครื่องมือภายในสถาบันไม่สามารถที่จะทำการเคลื่อนย้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ จึงทำให้การเคลื่อนย้ายและติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นเพียงแผนการดำเนินงานต่อ ซึ่งเมื่อมีความพร้อมที่จะเคลื่อนย้ายและติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟ

ฟ้ากระแสสลับ 600 kV. ก็สามารถที่จะทำการเคลื่อนย้ายและติดตั้งได้ตามแผนดำเนินงานที่ได้เสนอไว้ดังนี้

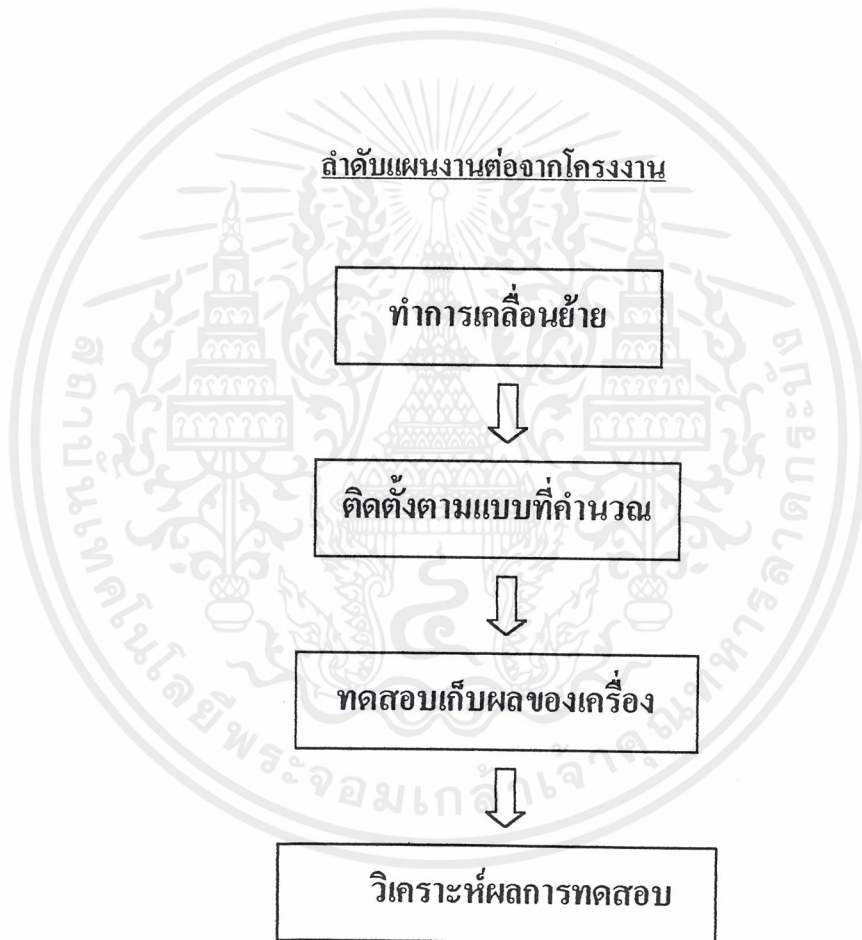


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### 5.4 แผนการดำเนินงานต่อจากโครงการงาน

- ทำการเคลื่อนย้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV.
- ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 600 kV. ตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้แล้ว
- ทดสอบเก็บผลการทดลองของเครื่องเทียบกับมาตรฐาน IEC Pub. 52
- วิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง



### รายการอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้าย

1. รถเข็น

### รายการอุปกรณ์ในการติดตั้ง

1. สาย Power จากตู้ LP.3
2. ท่อร้อยสายไฟจาก LP.3 มายังตู้ control
3. ท่อร้อยสายสัญญาณจากตู้ control ไปยังตัวถัง DC. GEN.
4. สาย coaxial RG 213, 50  $\Omega$  จำนวน 60 เมตร
5. สาย Power ชนิด VCT 3 $\times$ 8 mm<sup>2</sup> จำนวน 30 เมตร

### ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อ

- |   |                    |
|---|--------------------|
| 1. ท่อร้อยสายจำนวน 3 เส้นๆละ 160 บาท                                    | เป็นเงิน 480 บาท   |
| 2. สาย coaxial RG 213, 50 $\Omega$ ราคาเมตรละ 60 บาท จำนวน 60 เมตร      | เป็นเงิน 3,600 บาท |
| 3. สาย VCT 3 $\times$ 8 mm <sup>2</sup> ราคาเมตรละ 55 บาท จำนวน 30 เมตร | เป็นเงิน 1,650 บาท |
| 4. ค่าจ้างรถเข็น 1 วันๆละ 4,000 บาท                                     | เป็นเงิน 4,000 บาท |
| <b>รวมเป็นเงินทั้งสิ้น</b>  | <b>9,370 บาท</b>   |

## หนังสืออ้างอิง

1. ดร. ตำรวย สังข์สะอาด “วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. สมคิด เจริญวรรณ ,สุพิชัย แซ่จิว “High voltage experiment” ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2528
3. The Institute of Electrical and Electronic Engineers , Inc “IEEE standard Techniques for High Voltage Testing” 6<sup>th</sup> Edition , Willey – Interscience , 1978
4. IEC Publication 52 “High – Voltage Measurement by mean of sphere gaps” , 1960

## ภาคผนวก ก.

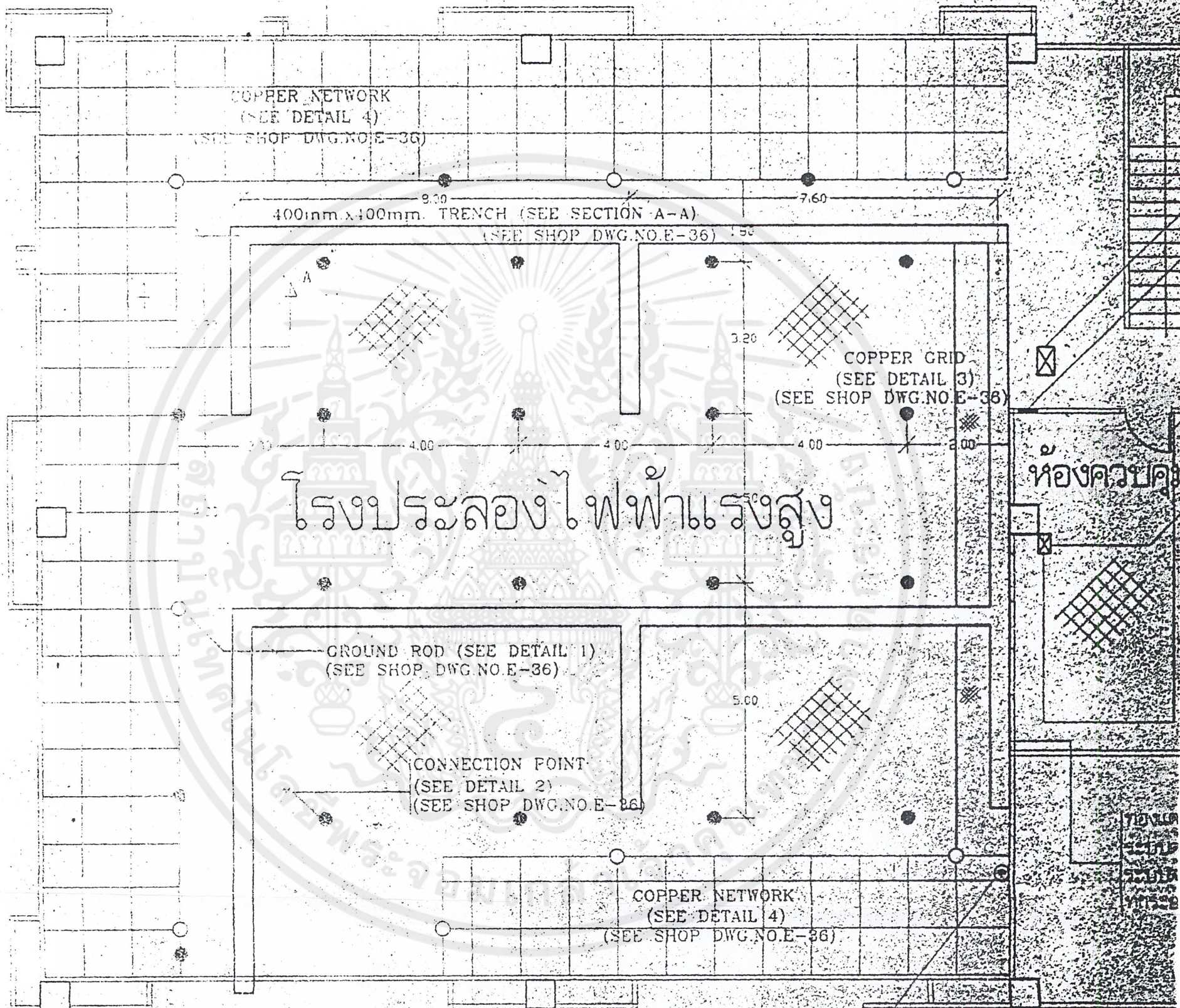


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A B B C

10.00 4.00 6.00 6.00

ติดตั้งสายเหล็กนิรภัยลึงกระติ ( ขนาดช่อง 1"x1" ) ที่ผนัง  
ด้านในโถงรอบ และที่เพดานของโรงประลอง  
เชื่อมต่อ COPPER NETWORK เข้ากับเหล็กโครงสร้าง  
ของอาคาร และสาย ( ขนาดช่อง 1"x1" ) ที่ผนัง เพดาน  
ทุกระยะ 1 ม. รอบห้อง ( รอบเชื่อมยาว 2 นิ้ว )



# โรงประลองไฟฟ้าแรงสูง

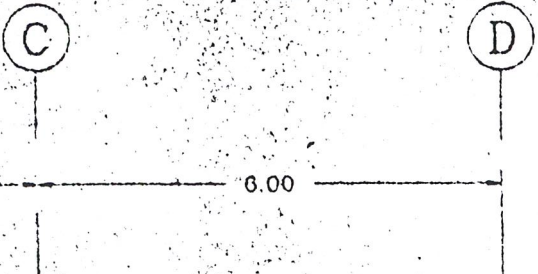
ทองแดง 25x3 mm. เชื่อมต่อ  
กับ COPPER NETWORK ของ  
โรงประลอง ชั้นที่ 1 ขึ้นไปในระบบ  
สองชั้นของชั้นที่ 2 (ดูแบบชั้นที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและรูปร่างของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

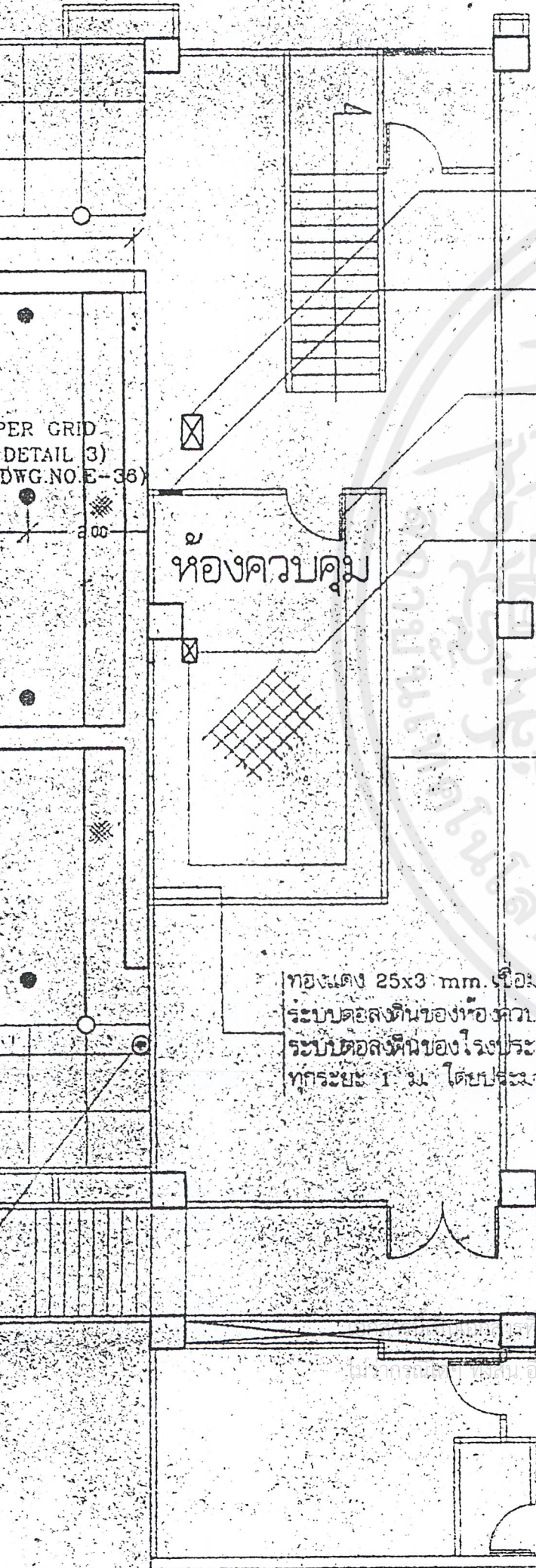
## แปลนพื้นที่ 1

1  
2  
3  
4

2.75  
10.00  
10.00  
2.50  
4.10



) ที่ผนัง  
ผนัง เหล็กงาน



ช่องเปิดขนาด 600x300 มม. ที่พื้น  
เพื่อเดินสายระหว่างทางเดินไฟฟ้า กับ TRENCH  
ใน 600x400 มม. WIRE WAY

ช่องเปิดขนาด 400x200 มม. ที่ผนัง ระดับเหนือฝ้า  
เพื่อเป็นช่องทางสำหรับท่อโลหะทุกระบบและสายเข้ามาในห้องควบคุม

บานประตูพร้อมวงกบโลหะ ภายในประตูให้ด้วย COPPER GRID และเชื่อมต่อ  
เข้ากับโครงโลหะของประตู พร้อมเชื่อมต่อ FLEXIBLE COPPER BRAID  
เข้ากับ COPPER GRID และไฟลิ่งปลั๊กด้วย FLEXIBLE COPPER BRAID  
ที่ประตูบานอื่นของอาคาร เพื่อเชื่อมต่อกับ COPPER GRID ที่ผนัง

ช่องเปิดขนาด 400x200 มม. ที่พื้น  
เพื่อเดินสายระหว่างห้องควบคุม กับ TRENCH  
ใน 400x200 มม. WIRE WAY

ห้องควบคุม

ห้องควบคุมมีพื้น ผนัง และเพดานคอนกรีต  
ด้วย COPPER GRID ในชั้นแรกมี COPPER GRID  
และเชื่อมต่อกับ COPPER GRID ในผนัง

ท่อนแดง 25x3 มม. เชื่อมต่อระหว่าง  
ระบบต่อลงดินของห้องควบคุม กับ  
ระบบต่อลงดินของโรงประลอง  
ทุกระยะ 1 ม. โดยประจกน

SEE DETAIL 5  
SHOP DWG. NO. E-36

ท่อนแดง 25x3 มม. เพื่อเชื่อมต่อ  
ลงไปที่ระบบต่อลงดินของ  
โรงประลอง ( ดังในพื้นของพื้นที่ 2 )

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
หากมีการนำข้อมูลนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

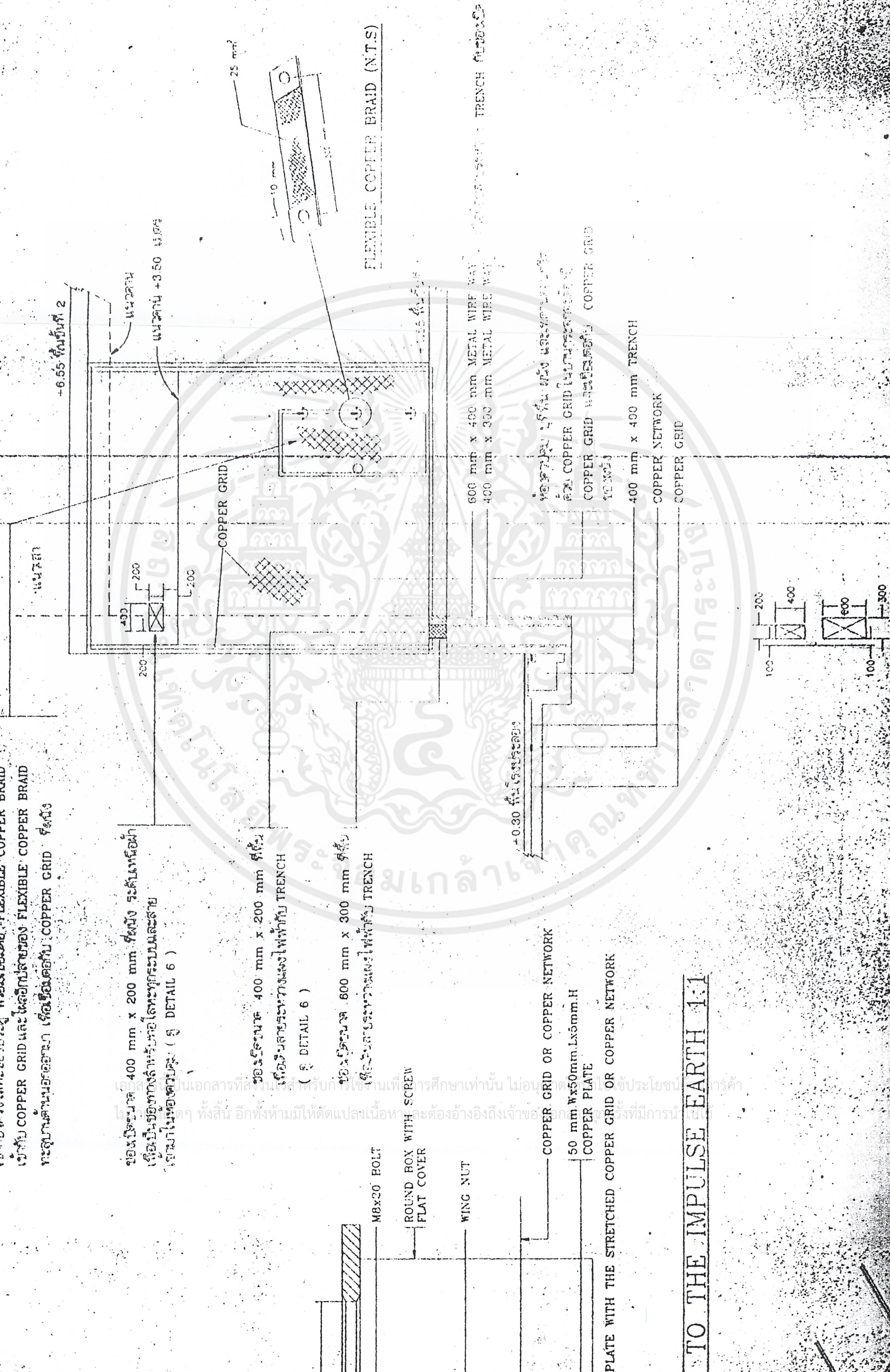
บ้านประตูปฐมวงกลมโลหะ ภายในโครงเหล็ก โดยด้วย COPPER GRID และด้วยโครงเหล็ก  
 เข้ากับโครงโลหะของโครงเหล็ก พร้อมใช้โครงเหล็ก FLEXIBLE COPPER BRAID  
 เข้ากับ COPPER GRID และใช้โครงเหล็กของ FLEXIBLE COPPER BRAID  
 ที่ฐานบ้านประตูปฐมวงกลม เพื่อเชื่อมต่อกับ COPPER GRID ที่ฝัง

ของโครงเหล็ก 400 mm x 200 mm ฝังฝัง ระดับไม่ต่ำกว่า  
 เพื่อเป็นช่องว่างสำหรับท่อโลหะทุกกรณีและสาย  
 เสาหมอนในท่อเดือย ( ดู DETAIL 6 )

ของโครงเหล็ก 400 mm x 200 mm ฝังฝัง  
 เพื่อเป็นสายระบายทางแรงไฟฟ้ากับ TRENCH  
 ( ดู DETAIL 6 )

ของโครงเหล็ก 600 mm x 300 mm ฝังฝัง  
 เพื่อเป็นสายระบายทางแรงไฟฟ้ากับ TRENCH

FLEXIBLE COPPER BRAID (N.T.S)



TO THE IMPULSE EARTH 1:1

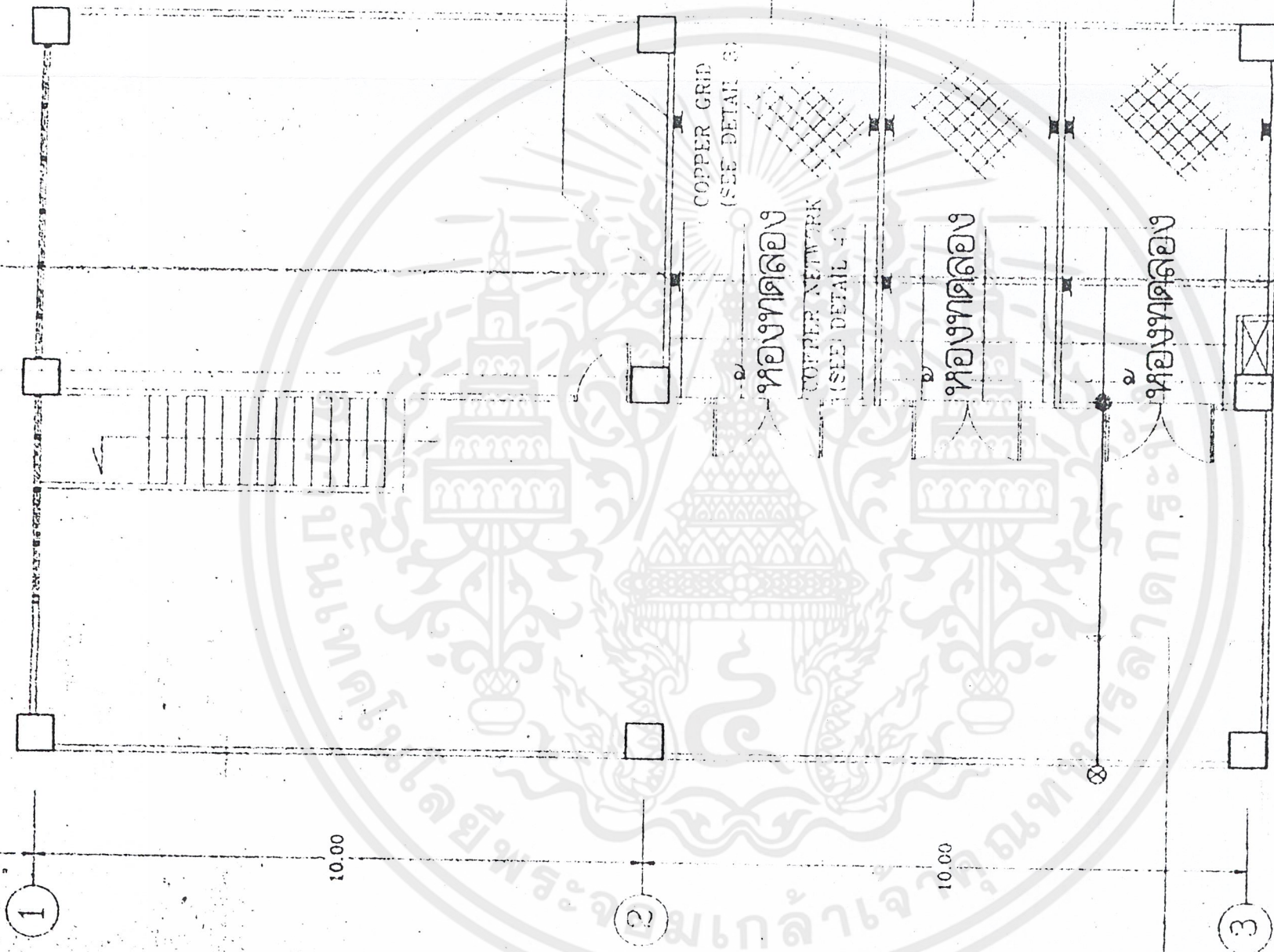
DETAIL 5 ของเปิดตีพิมพ์ และระบบสายดินของโครงเหล็ก 1:50

## ภาคผนวก ข.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

275



TRENCH

ร่อง  
ระบบและสถานีภายในห้องควบคุม

SEE DETAIL 5  
SHOP DWG. NO. E-36

ติดตั้งโดย  
ใช้สายทองแดง  
สายทองแดง  
สายทองแดง  
สายทองแดง

TRENCH

ช่องนำ  
COPPER GRID

COPPER NETWORK  
COPPER GRID (SEE DETAIL 7)  
(SEE DETAIL 7)  
SEE SHOP DWG. NO. E-36

COPPER GRID (SEE DETAIL 3)

ห้องทดลอง  
COPPER NETWORK (SEE DETAIL 4)

ห้องทดลอง

ห้องทดลอง

ติดตั้งโดย  
(SEE DETAIL 1 & 2) (SEE DETAIL 1 & 2)  
SEE SHOP DWG. NO. E-36  
COPPER NETWORK (SEE DETAIL 3)  
COPPER GRID

ขนาด 25x3 mm  
ใช้สำหรับ  
ติดตั้งในห้องควบคุม ( ดูในช่องว่างที่ 2 )

## ภาคผนวก ค.

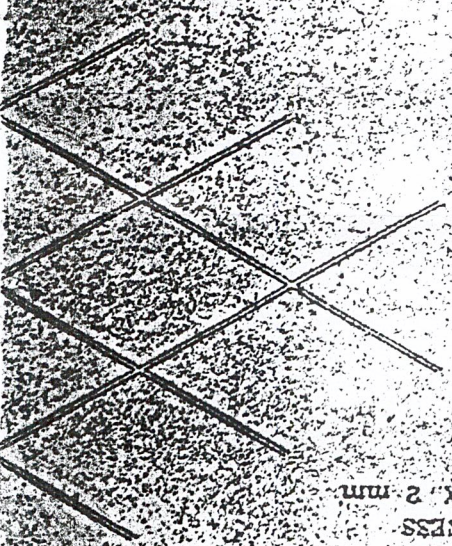


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOLDERED CONNECTION  
BETWEEN THE STRETCHED  
COPPER GRID AND THE  
STRETCHED COPPER  
STRIP NETWORK

DETAIL 1 GROUND ROD 1-1

SOLDER THE STRETCHED COPPER GRID  
WITH THE GUIDE PAILS OF THE IRON COVER  
SCREW THE IRON COVER WITH THE GUIDE PROFILE



THICKNESS  
APPROX. 2 mm

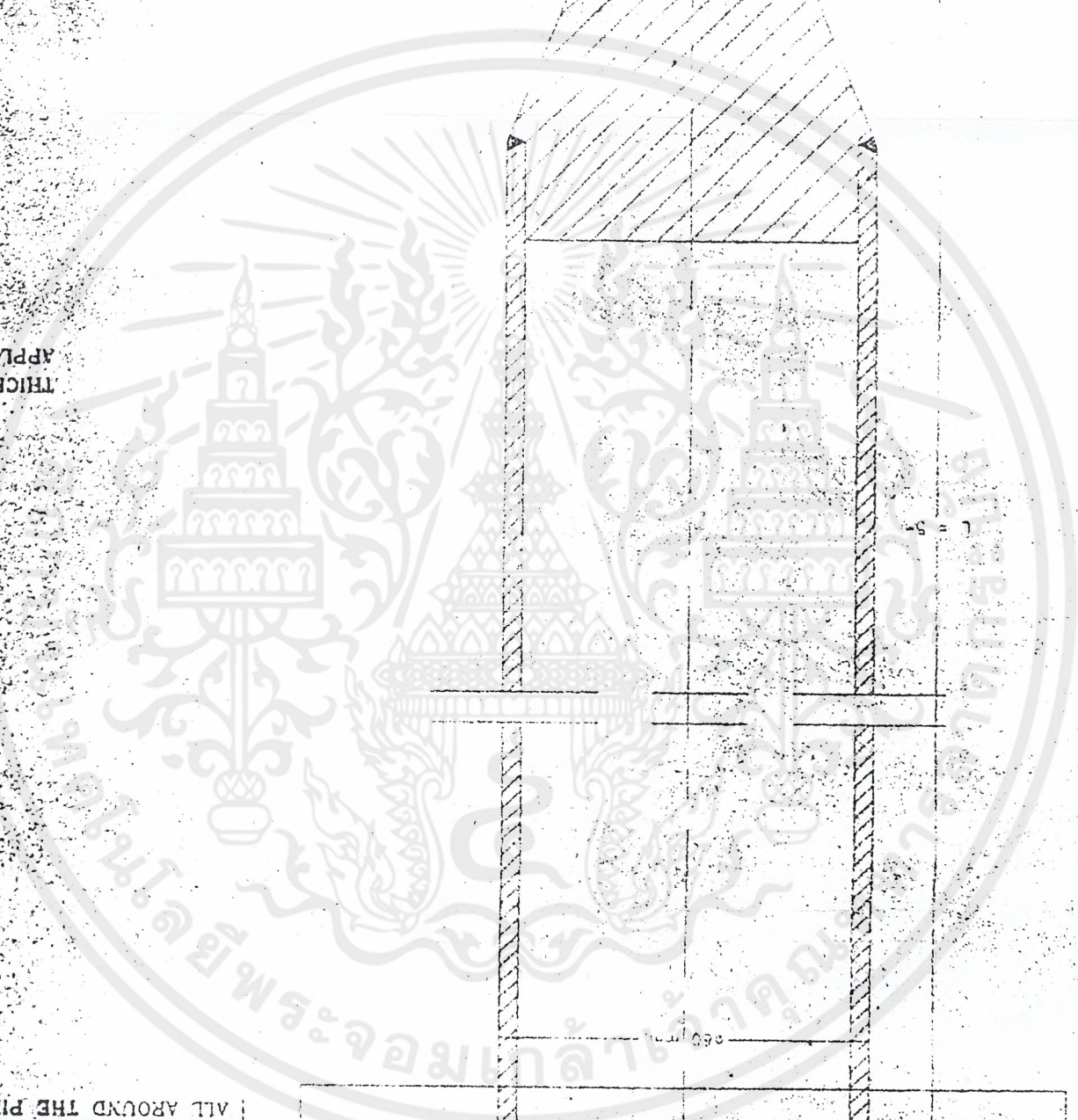
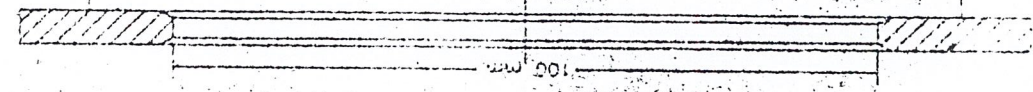
DETAIL 2

SOLDER THE STRETCHED COPPER  
GRID AND THE STRETCHED COPPER  
NETWORK WITH THE GROUND ROD  
ALL AROUND THE PIPE

ROUND BOX WITH SCREW  
FLAT COVER

M8x22 HEX HEAD BOLT

WING NUT



DETAIL

THICKNESS  
APPROX. 2 mm



EXPANDED COPPER GRID = IMPULSE EARTH

DETAIL 3 COPPER GRID 1:1

THE STRETCHED COPPER GRID  
THE GUIDE RAILS OF THE IRON COVER  
THE IRON COVER WITH THE GUIDE PROFILE RAILS



EXPANDED COPPER GRID - IMPULSE EARTH

DETAIL 3 COPPER GRID 1:1

VER  
E. PROFILE RAILS

CROSSING  
THE  
IRONS



SOLDER THE CROSSING POINT (TYPICAL)

COPPER NETWORK  
COPPER STRIPS 25x3 mm

DETAIL 4 COPPER NETWORK 1:50

รายละเอียดระบบสายดินโรงประลองไฟฟ้าแรงสูง

SCALE

NTS.

นางสาว นัทธา

STRUCTURE ENG.

นายณัฐกร

20.1177

CONTRACTOR



บริษัท  
JES

นายสมชาย ใจดี

ELECTRICAL ENG.

นายสมชาย ใจดี

20.1177