



แผนผังของสถานีไฟฟ้าอ้อย 230 กิโลโวลต์ ชนิดภายนอกอาคาร
LAYOUT PLAN OF OUTDOOR TYPE 230 kV SUBSTATION



โดย

นายสัญญา

สาระชิต

นายอิศรา

พันธ์คล้าย

นายกฤษฏา

มโนวัฒน์

นายวิโรจน์

เอกอำไพ

วัน เดือน ปี.....5.คค 2541

เลขทะเบียน.....038464

เลขเรียกหนังสือ.....T.40.00.5. 555 W

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการปีการศึกษา 2540 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไปว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038464

ปีการศึกษา 2540

แผนผังของสถานีไฟฟ้าย่อย 230 กิโลโวลต์ ชนิดภายนอกอาคาร
LAYOUT PLAN OF OUTDOOR TYPE 230 kV SUBSTATION



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2540

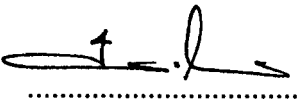
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แผนผังของสถานีไฟฟ้าย่อย 230 กิโลโวลต์ ชนิดภายนอกอาคาร

ผู้จัดทำ




..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังของสถานีไฟฟ้าย่อย 230 กิโลโวลต์ ชนิดภายนอกอาคาร

นายสัญญา สาระชิต
 นายอิสรา พันธุ์คล้าย
 นายกฤษฎา มโนวัฒน์
 นายวิโรจน์ เอกอำไพ
 รศ. ศิริวัฒน์ โภธิเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสถานีไฟฟ้าย่อยชนิดภายนอกอาคารระบบแรงดัน 230 กิโลโวลต์ ซึ่งใช้โปรแกรมออตแวร์ (Authoware) มาช่วยในการประมวลผลโดยจัดทำเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป โปรแกรมการศึกษาแบบสถานีไฟฟ้าย่อยที่ได้ทำการรวบรวมข้อมูลและออกแบบจัดทำในครั้งนี้ ใช้มาตรฐานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นมาตรฐานอ้างอิงหลัก

โครงการที่ได้ ทำการศึกษาค้นคว้านี้เป็นโครงการต่อเนื่องจากโครงการเรื่อง การออกแบบไดอะแกรมเส้นเคี้ยว ของสถานีไฟฟ้าย่อย 230 kV ชนิดภายนอกอาคาร โดยในส่วนของโครงการนี้มุ่งเน้นการศึกษาในส่วน แผนผังของการจัดวางอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าย่อยซึ่งมีทั้งแบบที่แสดงว่าระยะห่างต่ำสุดที่สามารถจัดวางอุปกรณ์ได้ และแบบระยะห่างมาตรฐานที่ยังกันอยู่โดยทั่วไปตลอดจนรายละเอียดของการต่ออุปกรณ์แต่ละชนิด โดยผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำการศึกษาโดยใช้การกำหนดค่าของพิกัดโหนดที่ต้องการเพื่อให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล ซึ่งอาศัยฐานข้อมูลที่รวบรวมมาจากการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยหลายๆแห่ง นอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรแกรมที่ได้ศึกษาเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับสถานีไฟฟ้าย่อยได้อีกหนึ่งวิธีนอกเหนือจากการศึกษาในตำราทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LAYOUT PLAN OF OUTDOOR TYPE 230 kV SUBSTATION

Sanya Sarachit

Isara Punklai

Krisada Manovat

Wirote Akeumphai

Assoc. Prof. Siriwat Potivejkul Advisor

1998

Abstract

This project is study about the basic of outdoor type 230 kV substation. This method use the Authoware program to make this project to be instant program. In this project which study of the substation shall conform to the applicable requirement of Electricity Generating Authority of Thailand standard (EGAT)

This project is the continuous project from single line diagram of outdoor type 230 kV substation design . In this part is study about layout plan of substation . It will show the minimum and standard plan of distance between each of equipment that require to install in the substation . The user who would like to use this program by program process (auto matic process). This program are depend on the collection data from many substation . For order use the student who would like to study about the substation they can learn from this program beyond study by the text book.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูปภาพ	III
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถานีไฟฟ้าย่อย	3
2.1 การแบ่งประเภทของสถานีไฟฟ้าย่อย	3
2.2 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในสถานีไฟฟ้าย่อย	5
2.3 การเลือกจัดบัสของสถานีไฟฟ้าย่อย	5
2.4 การจัดบัสสำหรับสถานีไฟฟ้าย่อยชนิดภายนอกอาคาร	6
บทที่ 3 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อย	14
3.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit - Breaker)	14
3.2 ดิสคอนเนคติงสวิตช์ (Disconnection - Switch)	22
3.3 สวิตช์ต่อลงกราวด์ (Earthing Switch)	26
3.4 เครื่องมือวัด (Instrument Transformer)	28
3.5 อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Arrester and Surge Arrester)	30
3.6 หม้อแปลง (Power Transformer)	46
3.7 ชันท์รีแอกเตอร์ (Shunt Reactor)	58
3.8 คาปาซิเตอร์แบงก์ (Capacitor Bank)	59
3.9 ไลน์แทรป (Line Trap)	62
บทที่ 4 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าย่อย	65
4.1 Single Line Diagram	65
4.2 Layout Plan	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 คำแนะนำการใช้โปรแกรม

82

บทที่ 6 บทสรุปและวิจารณ์

102

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ค

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1	outdoor substations	3
รูปที่ 2-2	GIS – insulated substations	4
รูปที่ 2-3	Single-Bus-Scheme	6
รูปที่ 2-4	Main-and-Transfer-Bus-Scheme	7
รูปที่ 2-5	Double-Main-Bus-and-A- Transfer-Bus-Scheme	8
รูปที่ 2-6	Double-Bus- Double-Breaker- Scheme	9
รูปที่ 2-7	Breaker-and-A-Half- Scheme Scheme	9
รูปที่ 2-8	Double-Bus- Single-Breaker- Scheme	10
รูปที่ 2-9	Ring-Bus- Scheme	11
รูปที่ 3-1	ส่วนประกอบของ interrupter แบบ SF6 circuit-breaker และ porcelain chamber	17
รูปที่ 3-2	ลักษณะของ Support Structure ของ circuit-breaker	18
รูปที่ 3-3	ลักษณะของ SF6 GAS circuit-breaker	19
รูปที่ 3-4	การทำงานของ interrupter แบบ SF6 GAS circuit-breaker	20
รูปที่ 3-5	ลักษณะของ SF6 GAS circuit-breaker ที่ระดับ 420 kV	21
รูปที่ 3-6	SF6 GAS circuit-breaker ที่มี Capacitor ต่อคร่อมอยู่	22
รูปที่ 3-7	SF6 GAS circuit-breaker ที่มีทั้ง Resistor และ Capacitor ต่อคร่อมอยู่	22
รูปที่ 3-8	ลักษณะโครงสร้างของ Disconnecter	24
รูปที่ 3-9	ลักษณะโครงสร้างของ Current-Transformer แบบ Tank-type	30
รูปที่ 3-10	ลักษณะโครงสร้างของ Current-Transformer แบบ Wound-primary-type	31
รูปที่ 3-11	ตัวอย่างโครงสร้างภายนอกของ Lightning – Arrester	38
รูปที่ 3-12	การต่อสายกราวด์และสัญลักษณ์ของ Arrester	40
รูปที่ 3-13	การระบายความร้อนแบบ FOA	49
รูปที่ 3-14	Solid-type-bushing	51
รูปที่ 3-15	Condenser- type-bushing	51
รูปที่ 3-16	Pressure relief device	52
รูปที่ 3-17	Oil – Thermometer	53
รูปที่ 3-18	Winding- Thermometer	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ถือลิขสิทธิ์ฉบับนี้ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-19	Bachholz-Relay	54
รูปที่ 3-20	Oil-Level-indicator	55
รูปที่ 3-21	No-load-tap-changer	56
รูปที่ 3-22	On-load-tap-changer	57
รูปที่ 3-23	ลักษณะโครงสร้างของ Capacitor – Bank	60
รูปที่ 3-24	ลักษณะโครงสร้างของ Line-traps ใช้ Suspension insulator ในการแขวน	62
รูปที่ 4-1	Circuit Breaker ยี่ห้อ ABB type HLP-A	67
รูปที่ 4-2	Disconnecting Switch ยี่ห้อ COELME	68
รูปที่ 4-3	Potential Transformer ยี่ห้อ HAEFELY TRENCH TYPE TEVE 230H	68
รูปที่ 4-4	Current Transformer ยี่ห้อ ABB TYPE IMBE 36-300	69
รูปที่ 4-5	ระยะติดตั้งระหว่าง Bus Support กับ Disconnecting Switch	70
รูปที่ 4-6	ระยะติดตั้งระหว่าง Bus Support กับ Disconnecting Switch ที่ปรับลดระยะปลอดภัย	71
รูปที่ 4-7	ระยะติดตั้งระหว่าง Disconnecting Switch กับ Circuit Breaker	71
รูปที่ 4-8	ระยะติดตั้งระหว่าง Disconnecting Switch กับ Circuit Breaker ที่ปรับลดระยะปลอดภัย	72
รูปที่ 4-9	ระยะติดตั้งระหว่าง Circuit Breaker กับ Current Transformer	73
รูปที่ 4-10	ระยะติดตั้งของ Circuit Breaker กับ Current Transformer ที่ปรับลดระยะปลอดภัย	73
รูปที่ 4-11	ระยะติดตั้งของ Potential Transformer กับ Disconnecting Switch	74
รูปที่ 4-12	ระยะติดตั้งของ Potential Transformer กับ Disconnecting Switch ที่ปรับลดระยะปลอดภัย	75
รูปที่ 4-13	ลักษณะการใช้งาน connector V angle และ I angle	80
รูปที่ 4-14	Connector ชนิด tube to flat	80
รูปที่ 5.1	โครงสร้างของโปรแกรมโดยรวม	82
รูปที่ 5.2	แผนผังขอบเขตของเบย์	83
รูปที่ 5.3	แผนผัง MAIN MENU	85
รูปที่ 5.4	แผนผัง MENU BUS STRUCTURE PLAN	86
รูปที่ 5.5	แผนผัง MENU BUS STRUCTURE SECTION	86
รูปที่ 5-6	แผนผัง MENU การพิจารณา Clearance	87

รูปที่ 5.7	แผนผัง MENU ASSEMBLY DETAIL และ LEGEND	88
รูปที่ 5-8	คอมพิวเตอร์แสดงภาพเข้าสู่โปรแกรมการใช้งาน	88
รูปที่ 5-9	โปรแกรมเข้าสู่โหมดการป้อนข้อมูลของสถานีไฟฟ้า	89
รูปที่ 5-10	การกำหนดค่าโหลด	89
รูปที่ 5-11	ข้อมูลสรุป	90
รูปที่ 5.12	Single line diagram และ เมนูหลัก	91
รูปที่ 5-13	เมื่อคลิกปุ่ม Bus structure plan	91
รูปที่ 5-14	เมื่อคลิกปุ่มการไฟฟ้าฝ่ายผลิตของ Bus structure plan	92
รูปที่ 5-15	เมื่อคลิกปุ่ม Bus structure section	93
รูปที่ 5-16	เมื่อคลิกปุ่มการไฟฟ้าฝ่ายผลิตของ Bus structure section	93
รูปที่ 5-17	เมื่อเราคลิกเมนู พิจารณา Clearance	94
รูปที่ 5-18	เมื่อเราคลิกเมนู Equipment	95
รูปที่ 5-19	เมื่อเราคลิกเมนู Circuit Breaker	95
รูปที่ 5-20	เมื่อเราคลิกเมนู Clearance	96
รูปที่ 5-21	เมื่อเราคลิกเมนู Dis. & CB.	96
รูปที่ 5-22	เมื่อเราคลิกเมนู Clearance ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต	97
รูปที่ 5-23	เมื่อเราคลิกเมนู Dis. & CB. ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต	97
รูปที่ 5-24	เมื่อคลิกที่ปุ่ม Assembly detail 1	98
รูปที่ 5-25	เมื่อคลิกที่ปุ่ม Assembly detail 2	98
รูปที่ 5-26	เมื่อคลิกที่ปุ่ม Assembly detail 3	99
รูปที่ 5-27	เมื่อคลิกที่ปุ่ม Assembly detail 4	99
รูปที่ 5-28	เมื่อคลิกที่ปุ่ม Assembly detail 5	100
รูปที่ 5-29	เมื่อคลิกที่ปุ่ม Assembly detail 6	100
รูปที่ 5-30	เมื่อคลิกที่ปุ่ม legend	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3-1 Standard Burden for Current Transformer	36
ตาราง 3-2 Standard Burden for Potential Transformer	36
ตาราง 3-3 Standard Accuracy Classes and Limits of TCF for Current Transformer for Metering Service	37
ตาราง 3-4 Standard Accuracy Classes and Limits of TCF for Potential Transformer	37
ตารางที่ 4-1 พิกัดกระแสของท่อ Aluminum	77
ตารางที่ 4-2 คุณสมบัติต่างๆของสาย ACSR	79
ตารางที่ 4-3 พิกัดกระแสของสาย ACSR	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่พัฒนาไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุดตามกระแสการขยายตัวของเศรษฐกิจ ดังนั้นความต้องการที่จะใช้พลังงานไฟฟ้าจึงมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน ความจำเป็นที่จะต้องหาพลังงานไฟฟ้ามาให้เพียงพอกับความต้องการของประชาชนนั้นก็เป็นสิ่งที่สำคัญ โดยการที่จ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มในปริมาณค่าความต้องการมาเท่านั้น ต้องมีการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยแห่งใหม่ขึ้นมารองรับปริมาณการขยายของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ในการออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยแต่ละแห่งมีด้วยกันหลายขั้นตอนซึ่งยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้คือ

1. SINGEL LINE DIAGRAM
2. GENERAL ARRANGEMENT PLAN
3. BUS STRUCTURE PLAN
4. BUS STRUCTURE SECTION
5. SUBSTATION GROUNDING SYSTEM
6. CONTROL ROOM EQUIPMENT LAYOUT
7. SUBSTATION STRUCTURE LAYOUT
8. SUBSTATION CABLE TRENCH AND CONDUIT LAYOUT
9. IDENTIFICATION PLATE AND LOCATION

โครงการนี้ได้จัดทำเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยให้การออกแบบมีความสะดวกยิ่งขึ้น โดยในโปรแกรมนี้ได้ออกแบบในส่วน SINGLE LINE DIAGRAM, BUS STRUCTURE PLAN และBUS STRUCTURE SECTION ของสถานีไฟฟ้าย่อย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ สถานีไฟฟ้าย่อยในส่วนต่างๆที่น่าสนใจเกี่ยวกับการออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยโดยทั่วไป นอกจากนี้ยังรวมไปถึงรูปแบบของโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยที่ได้ทำการศึกษาตามหัวข้อของโครงการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยเนื้อหาของปริญญานิพนธ์ได้แบ่งเป็นส่วนต่างๆตามหัวข้อดังต่อไปนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับชนิดและหน้าที่ นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ การเลือกจัดบัส ตลอดจนขั้นตอนวิธีข้อเสียบของการจัดบัสแบบต่างๆ ตลอดจนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อย จะกล่าวถึงลักษณะและหน้าที่ของอุปกรณ์ที่สำคัญต่างๆในสถานีไฟฟ้าย่อย เพื่อให้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านั้นได้ถูกต้องและปลอดภัย โดยจะแบ่งออกเป็นหลายชนิด

บทที่ 4 กล่าวถึงรูปแบบโครงสร้างของ LAYOUT PLAN SUBSTATION ซึ่งจะมีแบบต่างๆคือ BUS STRUCTURE PLAN, BUS STRUCTURE SECTION, ASSEMBLY DETAIL และ LEGEND เพื่อประกอบความเข้าใจ นอกจากนี้จะมีการพิจารณาค่า clearance ของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในสถานีไฟฟ้าย่อย

บทที่ 5 เป็นการแนะนำวิธีการใช้โปรแกรมการออกแบบ ที่ได้ทำการศึกษาามาทั้งหมดแก่ผู้สนใจในโครงการนี้

บทที่ 6 เป็นบทสรุปและวิจารณ์การทำงานที่ได้ทำมาทั้งหมดตลอดปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

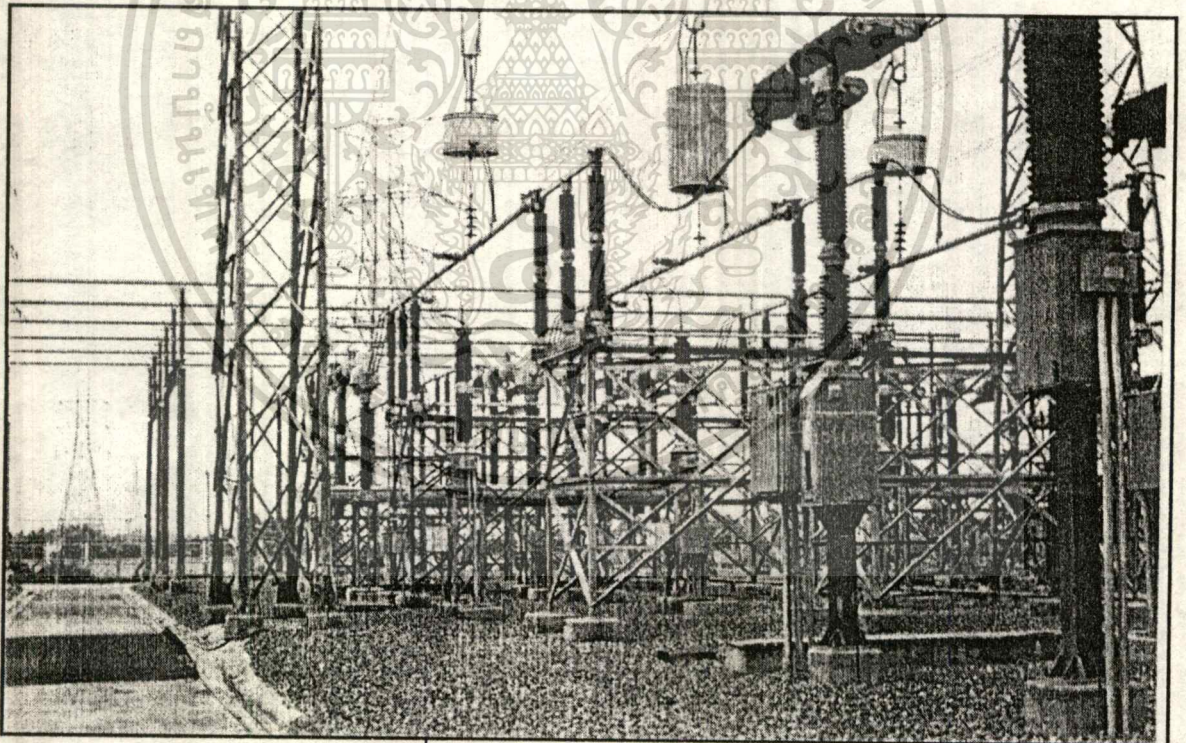
บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ สถานีไฟฟ้าย่อย

สถานีไฟฟ้าย่อย เป็นสถานีกกลางซึ่งรับพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง เพื่อถ่ายผ่านสู่ระบบจำหน่ายโดย สถานีไฟฟ้าย่อย มีหน้าที่และจุดประสงค์ ดังนี้

1. เป็นจุดเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า
2. เป็นจุดปรับแรงดันในระบบให้คงที่
3. เป็นจุดเชื่อมระหว่างระบบสายส่งกับระบบจ่ายไฟฟ้า ในการตัดตอนออกและต่อเข้าสู่ระบบ
4. เป็นจุดวัดปริมาณทางไฟฟ้า
5. เป็นจุดเชื่อมโยงระบบสื่อสาร โทรมาตรและป้องกันสายส่ง
6. เป็นตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า และอุปกรณ์ ตัดตอน

2.1 การแบ่งประเภทสถานีไฟฟ้าย่อย

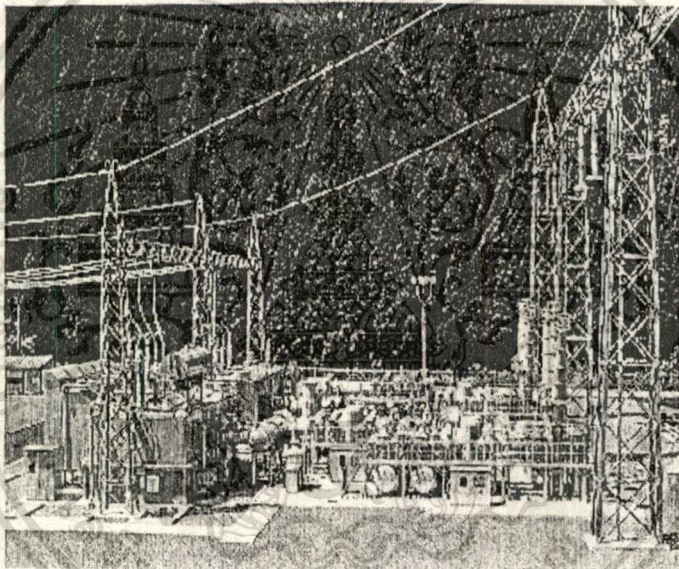


รูปที่ 2-1 outdoor substations

2.1.1 outdoor substations จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงภายนอกอาคาร เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ,circuit breaker ,Disconnecter โดยจะมีอุปกรณ์ควบคุมอยู่ภายในอาคาร โดยจะทำการต่อวงจรจากในอาคาร แต่เราก็สามารถ operate โดยตรงที่อุปกรณ์ก็ได้ กรณีที่เกิดการขัดข้องขึ้นมา สถานีไฟฟ้าย่อย แบบนี้ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก แต่ค่าก่อสร้างราคาถูก และสามารถจัดวาง

อุปกรณ์ได้สะดวก ระบายความร้อนได้ดี ฉะนั้นจึงเหมาะสมใช้ในบริเวณชานเมือง ซึ่งราคาที่ดินไม่แพงนัก แต่ในกรุงเทพ ซึ่งราคาที่ดินแพง แต่ว่าเดิมใช้แบบ outdoor เมื่อต้องการเพิ่มความสามารถการจ่ายพลังงานไฟฟ้า แต่พื้นที่ไม่ค่อยจะอำนวย ก็จะใช้วิธีออกแบบที่สลับซับซ้อนยิ่งขึ้นต่อไป

2.1.2 indoor substations เป็นการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงอยู่ในอาคาร ปัจจุบันที่ใช้ อยู่ คือ GIS (Gas-insulated substations) ซึ่งลักษณะเด่นของมันคือ ใช้แก๊ส SF₆ เป็นฉนวนอุปกรณ์ต่างๆ จะอยู่ใน enclosure substations แบบนี้ส่วนใหญ่ใช้ในที่ๆ เจริญ เช่น ย่านตัวเมือง ซึ่งราคาที่ดินแพง หรือในบริเวณชายทะเลซึ่งมีไอน้ำเค็มเกิดเป็นคราบเกลือ ซึ่งจะทำให้เกิด breakdown กับอุปกรณ์ง่าย ปัจจุบันประเทศไทยได้นำมาใช้บ้างแล้ว เช่นที่ สลิม พัทลุง เป็นต้น



รูปที่ 2-2 GIS-insulated substation

2.1.3 Hybrid substations เป็น สถานีไฟฟ้าย่อย ที่รวมการติดตั้งอุปกรณ์ฉนวน SF₆ และ อุปกรณ์ฉนวนอากาศใน สถานีไฟฟ้าย่อย เดียวกัน โดยในการออกแบบข้อมสุดแล้วแต่ความเหมาะสม โดยจะพิจารณาข้อแตกต่าง ทางด้านคุณสมบัติ ของฉนวนในตำแหน่งที่ติดตั้ง แบบ Hybrid โดย

- ติดตั้ง busbar และ Disconnecter โดยใช้ GIS และอุปกรณ์อื่นใช้วัสดุฉนวนอากาศ
 - ติดตั้ง busbar และ Disconnecter โดยใช้ฉนวนอากาศส่วนอุปกรณ์อื่นๆ ใช้ GIS เป็นวัสดุ
- ในการติดตั้ง ในการใช้งานจะพิจารณาให้เหมาะกับแต่ละสถานี หรืออาจใช้ราคาเป็นตัวตัดสินก็ได้

2.1.4 Mobile substations สถานีแบบนี้มีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าติดตั้งบนรถลากหรือรถบรรทุก ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในกรณีที่ต้องใช้แทน สถานีไฟฟ้าย่อย ที่เกิดความผิดปกติ และใช้ช่วย
 เอกสารค่า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับภาระไฟฟ้าที่เกินเกณฑ์ปกติตามฤดูกาลต่างๆ และใช้สำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะชั่วคราว
อย่างไรก็ดีในกิจการไฟฟ้าทั่วไปมักไม่ใช้ สถานีไฟฟ้าย่อย ชนิดนี้นอกจากจะใช้เป็นการชั่วคราว

2.2 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ใน สถานีไฟฟ้าย่อย

การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ใน สถานีไฟฟ้าย่อย มีวิธีต่างๆ ดังนี้

2.2.1. Manual Operation เป็นการควบคุมสำหรับ substation ขนาดเล็ก การควบคุมอุปกรณ์
ต่างๆ จะกระทำโดยคนทั้งหมด

2.2.2. Semi-Automatic Operation เป็นการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ ใน สถานีไฟฟ้าย่อย ส่วน
ใหญ่ใช้วิธีนี้โดยการ remote ไปควบคุมบน Switch board ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ operator ว่าจะใช้การควบคุม
อย่างไร

2.2.3. Automatic Operation เป็นการควบคุมโดยไม่ใช่คนเลย

2.2.4. Supervisory เป็นการควบคุมจากจุดศูนย์กลางการจ่ายกระแสไฟฟ้าโดย Operator จะ
ทำการควบคุม ระบบโดยทราบสภาพของ สถานีไฟฟ้าย่อย ต่างๆ ในขณะนั้นจากข้อมูลที่ส่งมายังจุด
ศูนย์กลางนั้น

2.3 การเลือกการจัด Bus ของ สถานีไฟฟ้าย่อย

ในการเลือกจะต้องให้มีความเหมาะสมทั้งด้านเศรษฐกิจ และการใช้งานโดยพิจารณาถึง
โอกาสที่จะเกิดความผิดปกติ กรณีจากการตรวจสอบ การก่อสร้างเพื่อขยายระบบซึ่งรวมถึงความ
เชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต่างๆแบบของ สถานีไฟฟ้าย่อย สิ่งแวดล้อม การเพิ่มขึ้นของการใช้ไฟฟ้า
นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงการหยุดชะงักในการบริการไฟฟ้า ส่วนประกอบของระบบไฟฟ้า การ
ทำงานและความสำคัญของ สถานีไฟฟ้าย่อย การให้บริการในเขตจำหน่ายไฟฟ้าโดยที่ระบบวงจร
ไฟฟ้าใน สถานีไฟฟ้าย่อย เกี่ยวเนื่องกับส่วนต่างๆของระบบไฟฟ้าและระบบป้องกัน busbar จำเป็น
ต้องเลือกการต่อวงจรให้เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าข้างต้น ทั้งนี้ควรจัดให้การต่อวงจรได้ใช้
ประโยชน์เต็มที่ ไม่ยุ่งยากในการตรวจสอบ และใช้ระบบที่ง่ายที่สุด เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำ
หน้าที่ได้น่าเชื่อถือมากที่สุด

2.3.1 การพิจารณาเกี่ยวกับความผิดปกติ

โดยที่ Circuit breaker จะตัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากความผิดปกติออกจากระบบไฟฟ้า
ฉะนั้นต้องติดตั้ง Circuit breaker ไว้ที่หม้อแปลงไฟฟ้า สายส่งไฟฟ้า และวงจรระหว่างสะพานไฟ
ฟ้า ถึงแม้ว่า Circuit breaker จะช่วยทางด้านการทำงาน และป้องกันระบบได้เพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่
ในการจัด Circuit breaker ควรพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจ ความสมดุลของอัตราค่าการเกิดความผิด
ปกติก่อให้เกิดความเสียหายแก่ระบบไฟฟ้า และความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า เนื่องจากการตรวจสอบ

2.3.2 การพิจารณาเกี่ยวกับการตรวจสอบ

ในการตรวจสอบอุปกรณ์ใดๆ ก็ตามจะต้องปลด Disconnect เพื่อตัดอุปกรณ์นั้นออกจากวงจรไฟฟ้า การติดตั้ง Disconnect ไว้ทั้งสองด้านของ Circuit breaker ก็เพื่อใช้ในการตรวจสอบดังกล่าว บางกรณีก็อาจใช้ Disconnect คล่อมวงจร (by-pass disconnecter) เพื่อให้ไฟฟ้าผ่านได้ในปัจจุบันนี้ได้มีเครื่องมืออุปกรณ์ทำงานเมื่อมีไฟฟ้าในสายได้โดยทำงานได้ดัดนาเชื่อถือมากขึ้นทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ Disconnect ในบางจุด จึงเป็นการประหยัดเพิ่มมากขึ้น

ในกรณีที่ไม่ต้องมีการให้บริการด้านไฟฟ้าหยุดชะงัก เมื่อต้องตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ควรพิจารณาใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ใช้วงจร bundle สำหรับสายส่ง หรือสายจำหน่ายไฟฟ้า หรือใช้ระบบ busbar คู่ เป็นต้น แต่ต้องลงทุนซื้ออุปกรณ์เพิ่มมากขึ้น ฉะนั้นต้องควรคำนึงถึงระดับบริการของเขตที่ใช้ไฟฟ้า ลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้า และความถี่ในการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมทั้งสายส่ง การกำหนดระบบเชื่อมวงจรไฟฟ้าที่เหมาะสม และถูกหลักเศรษฐกิจของ สถานีไฟฟ้าย่อย สำหรับสายส่งทั้งหมด

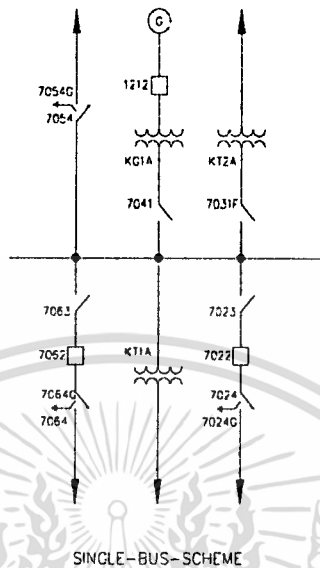
2.3.3 การพิจารณาเกี่ยวกับการก่อสร้าง

การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าของ สถานีไฟฟ้าย่อย มักจะทำเป็นระยะตามความต้องการของการใช้ไฟฟ้า ฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาก่อนที่จะลงมือก่อสร้าง หรืออาจต่อวงจรและการจัดอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อให้ขยายออกไปได้ในอนาคต โดยทั่วไปแล้วการใช้ busbar แบบ single bus อาจจะทำให้การให้บริการต้องหยุดชะงักมากกว่าระบบที่ใช้ busbar แบบ double bus แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องพิจารณาถึงความยากง่ายในการก่อสร้างบำรุงรักษา และอื่นๆ เพื่อกำหนดระบบการต่อวงจรที่เหมาะสม

2.4 การจัด bus สำหรับ Outdoor substations

2.4.1 Single-Bus-Scheme เป็นลักษณะที่ง่ายและประหยัด แต่มีข้อเสียตรงที่ถ้า Circuit breaker ตัวใดตัวหนึ่งขัดข้อง เมื่อจะตัดตอนเอามาบำรุงรักษา จะต้องตัด Line ออก ซึ่งจะแก้ไขได้โดยใช้ by-pass ในกรณีถ้ามี fault เกิดขึ้นในสายส่งที่ใช้ by-pass อยู่ จะมีผลต่อ bus ทำให้สายอื่นๆ พลอลดับไปด้วย ซึ่งสภาพนี้เรียกว่ามี fault level สูง และข้อเสียอีกอย่างหนึ่งคือ กรณีที่ต้องการซ่อมหรือทำงานที่ bus จะต้องดับไฟทั้งสถานีไฟฟ้าย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 Single-Bus-Scheme

ข้อดี

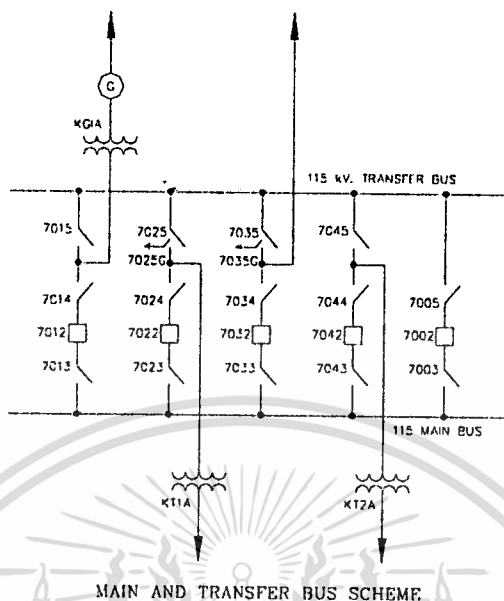
1. ออกแบบง่าย
2. ราคาไม่แพง
3. การจัดระบบป้องกัน
4. ใช้เนื้อที่น้อย
5. ค่าลงทุนเป็น 1.0 (base)

ข้อเสีย

1. ขาดความเชื่อถือ(ถ้าเกิดbus หรือ breaker fault จะทำให้ไฟดับหมดทั้งสถานี)
2. ขาดต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้ง
3. มีความสามารถในการใช้งานต่ำ

2.4.2 Main-and -Transfer-Bus-Scheme คล้ายกับแบบที่ 1 แต่มี transfer bus และ bus tie breaker เพื่อว่าหากมี Circuit breaker bay ใดขัดข้อง หรือต้องการตัดตอนนอกระบบ เพื่อซ่อมบำรุง ก็สามารถจ่ายไฟทาง transfer bus โดยใช้ tie breaker เป็นตัวป้องกันได้ แต่ถ้าต้องการซ่อม main bus ก็ต้อง shut down ทั้งสถานี หรือสามารถจ่ายโดยไม่มีการป้องกัน สถานีไฟฟ้าย่อย แบบนี้ มี flexibility และ reliability ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 Main-and -Transfer-Bus-Scheme

ข้อดี

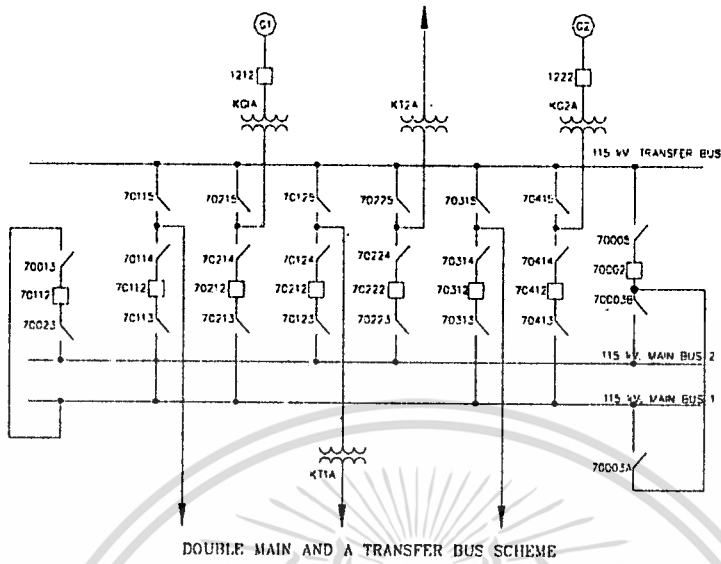
1. ราคาปานกลาง
2. มีความคล่องตัวในการใช้งาน
3. breaker หรือ line relays สามารถถอดออกเพื่อบำรุงรักษาได้ โดยมีอุปกรณ์ชุดอื่น ทำหน้าที่แทน

ข้อเสีย

1. ขาดความเชื่อถือ (เมื่อ bus หรือ breaker fault)
2. ต้องมี breaker เพิ่มอีก 1 ตัวเพื่อเชื่อม bus
3. Bus tie breaker relaying มีการต่อที่ยุ่งยาก เพราะต้องต่อเพื่อแทน breaker ตัวใดๆ ใน bus
4. ต้องมีวงจรป้องกันสำหรับ bus แยกกัน
5. ค่าลงทุนเป็น 1.4 เท่า

2.4.3 Double-Main-Bus-and-a-Transfer-Bus-Scheme เหมือนแบบ Main-and-Transfer-Bus แต่ Main Bus สามารถแยกส่วนเป็น 2 ส่วน ในการรับและจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะแยกรับและจ่ายพลังงานไฟฟ้าจาก Main Bus แต่ละ Bus กรณีที่มี Bus Differential จะทำให้ไฟฟ้าดับเป็นบางส่วนเท่านั้น ช่วยให้ fault level ลดลงและระบบมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น ข้อดีข้อเสียโดยทั่วไปเหมือนการจัด Bus แบบ Main and transfer bus ผิดกันที่การจัด Bus แบบนี้จะมีข้อดีคือมี 2 bus ดังนั้นเมื่อเกิด bus fault จะทำให้ไฟฟ้าดับเพียงครั้งเดียว ข้อเสียก็คือมีค่าการลงทุน 1.6 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-5 Double-Main-Bus-and-A-Transfer-Bus-Scheme

ข้อดี

1. ราคาปานกลาง
2. มีความคล่องตัวในการใช้งาน
3. breaker หรือ line relays สามารถถอดออกเพื่อบำรุงรักษาได้ โดยมีอุปกรณ์ชุดอื่น ทำหน้าที่แทน
4. มีความเชื่อถือเมื่อ bus หรือ breaker fault

ข้อเสีย

1. ต้องมี breaker เพิ่มอีก 1 ตัวเพื่อเชื่อม bus
2. Bus tie breaker relaying มีการต่อที่ยุ่งยาก เพราะต้องต่อเพื่อแทน breaker ตัวใดๆใน bus
3. ต้องมีวงจรป้องกันสำหรับ bus แยกกัน
4. ค่าลงทุนเป็น 1.6 เท่า

2.4.4 Double-Bus-Double-Breaker-Scheme ใช้ Circuit breaker 2 ตัวต่อ Line มีข้อดีคือ เมื่อ Circuit breaker ตัวใดตัวหนึ่งขัดข้อง สามารถตัดตอนเอาออกมาตรวจซ่อมได้โดยไม่ต้องดับไฟ และยังมีระบบป้องกันอยู่ สถานีไฟฟ้าข้อยแบบนี้มีความน่าเชื่อถือสูง .เหมาะสำหรับ สถานีไฟฟ้าข้อย ใหญ่ๆ และสำคัญๆ

ข้อดี

1. แต่ละวงจรมี 2 Breaker
2. Feeder มีจุดต่อที่สามารถเชื่อมต่อกับ Bus อื่น ๆ ได้
3. แต่ละ Breaker สามารถปลดออก

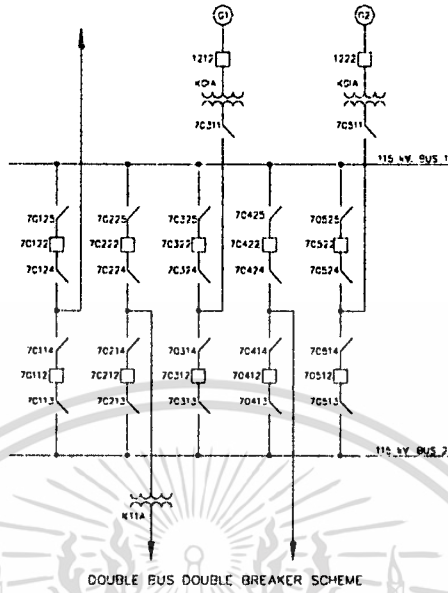
เพื่อการบำรุงรักษาได้

4. มีความน่าเชื่อถือสูง

ข้อเสีย

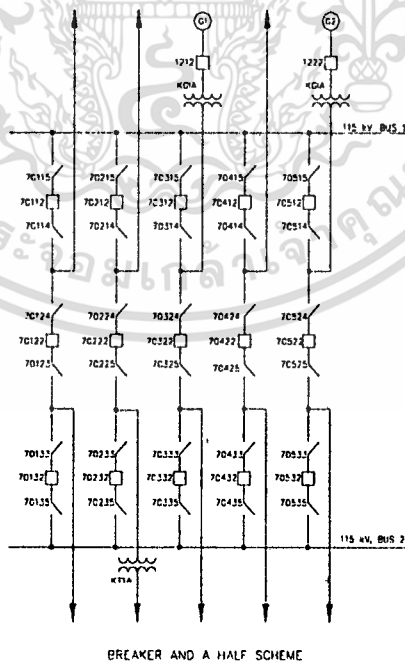
1. ค่าใช้จ่ายสูงมาก
2. วงจรจะตัดไฟครึ่งหนึ่งสำหรับการการ Fault ของ Breaker ถ้าวางจรไม่ได้ต่อเชื่อม bus ทั้ง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสจว.ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 Double-Bus-Double-Breaker-Scheme

2.4.5 Breaker-and-a-Half-Scheme คล้ายแบบ Double-Bus-Double-Breaker แต่ใช้ Circuit Breaker 3ตัว ต่อ Incoming หรือ Outgoing Line 2 สาย สามารถตรวจซ่อม Bus หรือ Circuit Breaker โดยไม่ต้องดับไฟ แบบนี้มี Fault Level สูงกว่าแบบ Double-Bus-Double-Breaker



รูปที่ 2-7 Breaker-and-a-Half-Scheme

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

1. มีความน่าเชื่อถือสูง
2. การ switching ทั้งหมดกระทำโดย Breaker
3. ไม่ต้องใช้ Disconnecting switching สำหรับการทำงานปกติ
4. เมื่อ Breaker ของ bus side breaker เกิดความเสียหายจะปลดแค่ 1 วงจร
5. แต่ละ main bus สามารถหยุดเพื่อการบำรุงรักษาได้ตลอดเวลา

ข้อเสีย

1. ใช้ 1/2 Breaker ต่อวงจร
2. Relaying และ Automatic reclosing จะส่งผลกระทบต่อ Breaker ตรงกลางที่มีการตอบสนองต่อวงจรอื่นๆที่ต่อร่วม

2.4.6 Double-bus Single-Breaker-Scheme เป็นแบบที่ลงทุนต่ำ สามารถตรวจซ่อมหรือบำรุงรักษาที่ Bus ได้โดยไม่ต้องดับไฟ ในกรณีที่ถือโอกาสที่จะต้องซ่อม Bus มีมากกว่าการตรวจซ่อม Breaker แต่ถ้ามี Breaker ตัวมดตัวหนึ่งขัดข้องก็จำเป็นจะต้องตัด Line นั้นออกจากระบบ แก้ไขโดยใช้ By-pass

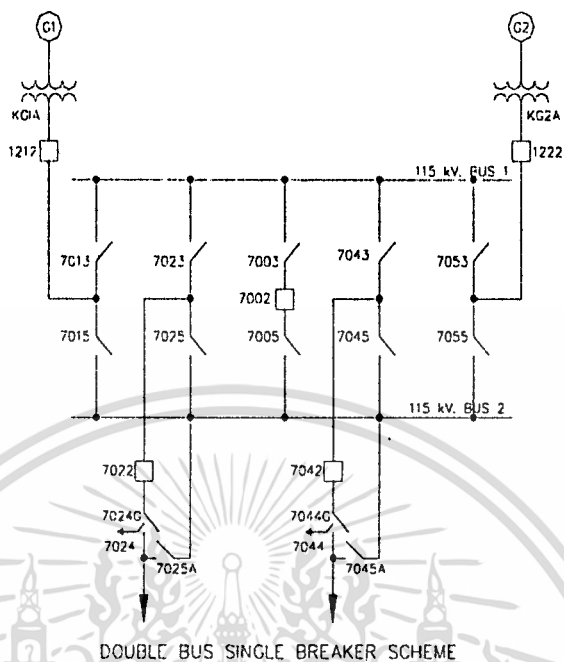
ข้อดี

1. มีจุดต่อสำหรับ bus ปฏิบัติการ 2 bus
2. main bus แต่ละอันสามารถแยกออกเพื่อการบำรุงรักษา
3. วงจรสามารถเปลี่ยนจาก Bus หนึ่งไป Bus อื่นๆได้โดยใช้ Bus-Tie Breaker และเลือก Disconnecting switch

ข้อเสีย

1. ต้องใช้ Breaker พิเศษสำหรับ Tie-Bus
2. ต้องใช้ switch 4 ตัวต่อวงจร
3. Bus Protection Scheme อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียใน สถานีไฟฟ้าย่อย ถ้ามันทำงานโดยวงจรทั้งหมดต่ออยู่กับ Bus นั้น
4. เมื่อ Line-Breaker Fault จะทำให้วงจรที่ต่อกับมันทั้งหมดหยุดทำงาน
5. เมื่อ Bus tie breaker fault จะทำให้ สถานีไฟฟ้าย่อย ทั้งหมดหยุดทำงาน

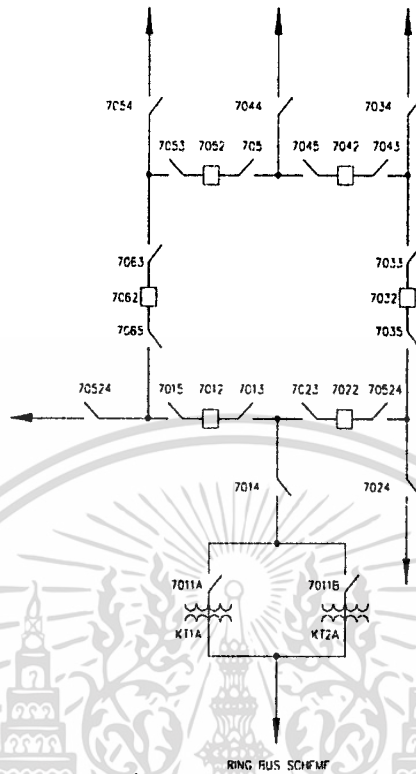
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-8 Double-bus Single-Breaker-Scheme

2.4.7 Ring-Bus-Scheme สามารถปลด Circuit Breaker หรือ Switch ออกจากระบบเพื่อตรวจซ่อมโดยไม่ต้องดับไฟ และระบบป้องกันยังคงสมบูรณ์เหมือนปกติ และถ้าเกิดเหตุขัดข้องขึ้นในส่วนใดส่วนหนึ่งของ Ring ก็จะตัด Breaker หัวท้ายส่วนนั้นออกโดยส่วนที่เหลือยังคงอยู่ในสภาพปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-9 Ring-Bus-Scheme

ข้อดี

ข้อเสีย

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. ค่าใช้จ่ายเริ่มแรกและสุดท้ายต่ำ 2. สามารถสับเปลี่ยนการทำงานเพื่อ 3. Breaker แต่ละตัวสามารถปลดออกมาทำการบำรุงรักษาโดยไม่ต้อง Interupting load 4. มีเพียง 1 Breaker ต่อวงจร 5. ไม่ต้องใช้ mainbus 6. การ switching ทั้งหมดทำโดย Breaker | <ol style="list-style-type: none"> 1. ถ้ามีการ Fault เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่ทำการบำรุงรักษา Breaker วงแหวนจะแยกเป็น 2 ตอน 2. Automatic reclosing และวงจรป้องกัน Relay ก่อนข้างจะซับซ้อน 3. เมื่อ single-set of relay ถูกใช้วงจรต้องหยุดการทำงานเพื่อการบำรุงรักษา Relay |
|---|---|

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์หลักที่ใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อย

ในสถานีไฟฟ้าย่อย นั้นจะมีอุปกรณ์ต่างๆ เป็นส่วนประกอบอยู่หลายชนิด เพื่อให้สามารถทำงานได้ ตามวัตถุประสงค์และให้ความปลอดภัยต่อผู้ทำงาน รวมทั้งเพื่อให้สะดวกต่อการเข้าไปบำรุงรักษา อุปกรณ์แต่ละตัวมีหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งแต่ละอุปกรณ์ก็ยังมีอยู่หลายชนิด จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะ และหน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆ ใน สถานีไฟฟ้าย่อย เพื่อให้สามารถนำไปพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์เหล่านั้นไปใช้กับ สถานีไฟฟ้าย่อย ให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่และให้ระบบมีความเสถียรภาพ อุปกรณ์หลักๆ ที่สำคัญใน สถานีไฟฟ้าย่อย พอจะกล่าวได้ดังต่อไปนี้

3.1 ลักษณะและหน้าที่ ของ Circuit Breaker

โดยปกติแล้วการเปิดวงจรไฟฟ้า ขณะที่มีการเสถียรจำนวนมากไหลอยู่ จะมีเปลว arc และเกิดขึ้นตรงจุดที่เป็วงจร ความรุนแรงของการ arc จะขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสที่ไหลในวงจร ถ้าใช้สวิตช์ธรรมดา เป็วงจรแล้วความร้อนจากการ arc นั้นจะทำให้หน้าสัมผัสหลอมละลายเสียหายได้ จึงต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า circuit breaker ยังใช้ในการ trip วงจรเมื่อเกิดหัยัน fault ขึ้นในระบบ ซึ่ง fault current จะมีความมากกว่ากระแสปกติหลายเท่า เมื่อ clear fault แล้วก็จะ reclose circuit breaker เข้าไปใหม่โดยอัตโนมัติ เพื่อให้จ่ายกระแสไฟฟ้าตามเดิม ซึ่งจะเพิ่มความปลอดภัยและเพิ่มเสถียรภาพให้แก่ระบบด้วย

3.1.1 หน้าที่ของ circuit breaker

ก่อนที่จะกล่าวถึงหน้าที่ จะอธิบายถึงคำว่า Recovery voltage เป็นแรงดันระหว่างหน้าสัมผัส ขณะที่หน้าสัมผัสเริ่มแยกออกจากกัน ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับค่าของ inductance และค่า capacitance ในวงจรเป็นส่วนใหญ่ผลที่เกิดขึ้นตาม Recovery voltage ก็คือหลังจากที่กระแสผ่านค่าศูนย์ (zero current) ไปแล้ว ถ้าบังเอิญในขณะนั้นค่า recovery voltage มีค่าสูงกว่าระดับของ Dielectric strength (หรือ Insulation level) ของ gap ระหว่าง contact ของ breaker แล้วจะเกิด arc ผ่านระหว่าง contact นั้นซ้ำอีกเป็นครั้งที่ 2 ซึ่ง arc ครั้งนี้เกิดจาก voltage ต่างจาก arc ครั้งแรกที่เกิดจาก current การเกิด arc จาก recovery voltage นี้ถ้าเกิดขึ้นภายใน 1/4 ของ cycle หลังจาก zero current แล้วเรียกว่า Re-ignition แล้วถ้าเกิดภายหลัง 1/4 ของ cycle ไปแล้ว เรียกว่า Restrike

การใช้ circuit breaker ในระบบนั้น มันจะมีหน้าที่ ที่สำคัญอยู่ 3 ประการคือ

3.1.1.1. Normal switching เป็นการเปิดและปิด ของวงจรในกรณีปกติ โดยเฉพาะการเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 วงจร มีประเด็นพิเศษที่น่าสนใจอยู่ 2 ประการคือ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1.1 Inductive current switching คือการเปิดวงจรที่มี inductance อยู่ในระบบเป็นส่วนใหญ่ เช่นหม้อแปลงหรือ reactor ที่ลด load ออกหมดแล้ว เป็นต้น ขณะปลด circuit breaker ออกนั้นพลังงานที่สะสมอยู่ใน inductance ของวงจร (มีค่าเท่ากับ $1/2 Li^2$) จะกระจายตัวออกมาในรูปของ Damped High frequency Oscillation จะทำให้เกิด Transient Voltage ที่มีค่าสูงกว่า Recovery Voltage ตามปกติและอาจสูงกว่า System Voltage ถึงหลายเท่าในเสี้ยวของ Cycle แรก หลังจากปลด Breaker ออกซึ่งเมื่อมากระแสลดมาจนถึงจุด Zero current ที่เป็นจุดดับของ arc แล้วก็ตาม voltage นี้ก็ยังคงสูงอยู่ และเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิด restriking ขึ้นได้โดยง่าย การป้องกันไม่ให้เกิด restriking ทำได้โดยการต่อ resistor ครอบ interrupter ไว้เพื่อจะ damp over voltage

3.1.1.1.2 Capacitive Current Switching คือ การเปิดวงจรสายส่งระยะไกลเมื่อลด load ออกหมดแล้ว จะมีก็เพียง line charging current ไหลอยู่เนื่องจากค่า capacitance ในสายส่งซึ่ง current จะ lead voltage ประมาณ 90(องศา) ดังนั้นแม้ว่าขณะที่แยกหน้าสัมผัสกระแสจะเป็นศูนย์ (zero current) ก็ตาม แต่ voltage ยังคงอยู่ประมาณค่าสูงสุด ซึ่งจะเป็นการเสริมค่าของ recovery voltage ให้สูงขึ้นตามไปด้วย recovery voltage นี้หลังจาก interruption ไปแล้วประมาณ 1/2 cycle จะมีค่าประมาณ 2 เท่าของ system voltage อาจจะทำให้เกิด restriking ได้เหมือนกัน การป้องกันถึงแม้จะติด resistor ครอบ interrupter ซึ่งจะช่วยลด damp recovery voltage ลงได้บ้างแต่ก็จำเป็นจะต้องปรับปรุงขบวนการของ interrupter ให้มีสมรรถนะในการกลับคืนสู่สภาพ dielectric strength เดิมโดยเร็วที่สุด ในระหว่างเวลาขณะดับ arc นั้นเพื่อให้ insulation level ของ gap สูงกว่า recovery voltage ในกรณีที่มี interrupter เฉลี่ยรับกระแสเท่าๆกัน Capacitor นั้นมีหน้าที่เฉลี่ย voltage ที่ตกคร่อม interrupter ให้เท่าๆกันมิให้ interrupter ใดรับภาระเพียงอันเดียว และการต่อ interrupter หลายๆชุดจะทำให้ breaker ทนแรงดันสูงขึ้น

3.1.1.2. Fault interruption เป็นการ Trip วงจรออกโดยอัตโนมัติเมื่อมี fault หรือเหตุขัดข้องเกิดขึ้นในระบบ เช่น สายส่งขาด, short circuit หรือเกิด surge voltage ขึ้นในระบบเพื่อให้ประโยชน์ทางด้าน protection อย่างเต็มที่ และได้ผลแน่นอน นั่นก็คือ circuit breaker จะต้องพร้อมที่จะ trip ได้ทันที เมื่อได้รับสัญญาณที่ส่งมาจาก relay ว่ามี fault เกิดขึ้นในระบบซึ่งจำเป็นต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการคือ

3.1.1.2.1 ต้องมี source of control power ที่แน่นอน สำหรับใช้กับอุปกรณ์ที่ไป control หรือ trip circuit breaker

3.1.1.2.1 จะต้องจัดกลไก และระบบการ trip circuit breaker นั้นให้ทำงานเป็นอิสระ สามารถที่จะ trip ได้ทุกโอกาส โดยไม่มีสิ่งใดมาขัดขวางในการ trip ซึ่งคุณลักษณะนี้เรียกว่า trip free

3.1.1.3 Circuit reclosing เป็นการปิดวงจร อีกครั้งหลังจากเปิดวงจรเมื่อมี fault เกิดขึ้นในระบบสายส่ง fault ที่เกิดขึ้นส่วนมากเป็น temporary fault ซึ่งอาจมีต้นเหตุจากฟ้าผ่า หรือเหตุชั่วคราวจากอื่นๆ เช่น ลดพัดกิ่งไม้มาถูกสายไฟ เป็นต้น เมื่อ circuit breaker trip ออกแล้ว reclosing relay ก็จะส่งสัญญาณมาที่ circuit breaker สับกลับเข้าไปใหม่โดยอัตโนมัติ และระบบก็จะทำการจ่ายพลังงานตามปกติ แต่ถ้า fault นั้นยังไม่ clear หลังจากที่ breaker reclose แล้วก็จะ trip ออกอีก ซึ่งสามารถที่จะตั้งจำนวนครั้งและเวลาในการ reclose ครั้งใหม่นี้ได้ตามต้องการ โดยให้เป็น instantaneous หรือ time delay เท่าใดก็ได้ตามต้องการ ระยะเวลาตั้งแต่ fault เกิดขึ้นจนถึง circuit breaker reclose เข้าไปใหม่ เรียกว่า period of system disturbance จะใช้เวลาประมาณ จะใช้เวลาประมาณ 30-50 cycle โดยขึ้นส่วนต่างๆ ของ circuit breaker จะทำงานต่อเนื่องเป็นลำดับ

Reclosing relay ที่ใช้กันโดยทั่วไปนั้น การทำงานครั้งแรกเป็น instantaneous คือพอหลังจาก circuit breaker trip จะ reclose ทันที และถ้าหาก fault ยังไม่ clear ออกไป breaker จะ trip และจะเว้นระยะเป็น time delay ตามที่ตั้งเวลาเอาไว้ จากนั้นก็จะ reclose เข้าไปใหม่ และถ้า circuit breaker trip ออกมาอีก ก็จะเว้นระยะเวลา แล้วจะ reclose ในลักษณะเช่นครั้งก่อนจนกระทั่ง reclose ถึงจำนวนครั้งที่ติดตั้งไว้ circuit breaker ก็ยัง trip ออกเช่นนี้ circuit breaker ก็จะ lock out คือไม่ reclose กลับอีก หากภายในจำนวนครั้งที่ติดตั้งไว้ breaker สับติดเป็นผลสำเร็จ reclosing relay จะ reset ตัวเองโดยอัตโนมัติ

การ reclose นี้ ในบางกรณีอาจต้องการให้ reclose ครั้งแรกครั้งเดียวเท่านั้นก็พอ นั่นคือถ้าหาก circuit breaker ทำการ reclose เข้าไปแล้วเกิด trip อีก ก็จะไม่ทำการ reclose อีก ซึ่งในกรณีนี้เรียกว่า single-shot-reclosing การ reclose มีทั้ง single-pole reclosing และ three-pole reclosing การ reclose แบบ single pole นั้น มีข้อได้เปรียบ ก็คือ หากมี fault เกิดขึ้นในเฟสใด ก็ trip และ reclose เฉพาะ phase นั้น โดยเฟสอื่นจะไม่ถูกรบกวน และยังสามารถจ่ายกระแสไฟได้ตามปกติ ในระหว่าง circuit breaker trip เพื่อทำการ clear fault ทั้งนี้เนื่องจากในระบบจะเกิด transient single-phase เป็นส่วนใหญ่

3.1.2 ลักษณะโครงสร้างของ circuit breaker

ลักษณะ โครงสร้างของ circuit breaker แบ่งออกเป็นหลักๆ ได้ดังนี้

3.1.2.1 interrupter

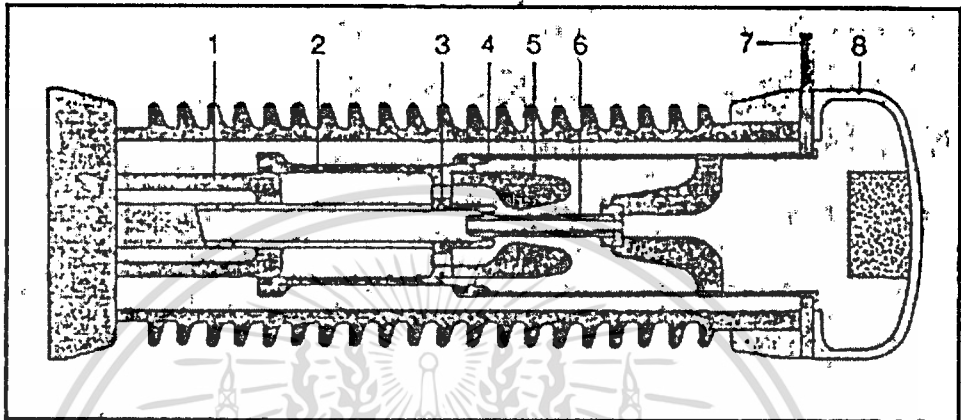
3.1.2.2 support

3.1.2.3 mechanism

3.1.2.4 control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.1 Interrupter คือ ระบบชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เปิด contact และดับ arc ซึ่งประกอบไปด้วย contact (stationary contact กับ moveable contact) และ arc controlling device ชิ้นส่วนเหล่านี้จะติดตั้งอยู่ใน interrupting chamber ของ circuit breaker ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ส่วนประกอบของ interrupter แบบ SF6 circuit breaker และ porcelain chamber

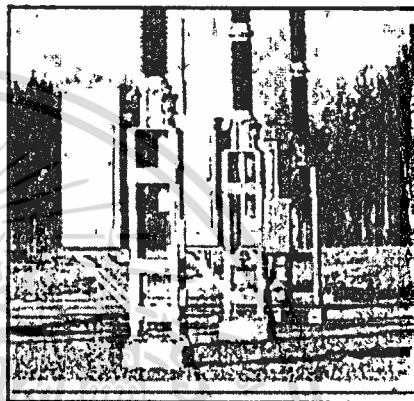
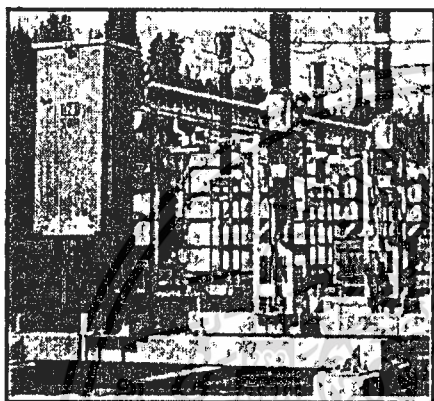
- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1. Fixed piston | 2. Compression cylinder |
| 3. Arcing contact | 4. Rated current contact |
| 5. Insulating nozzle | 6. contact tube |
| 7. Terminal pad | 7. Cover with filter |

ในขณะที่ circuit breaker เปิดวงจร และ contact กำลังเคลื่อนออกจากกันนั้น จะเกิดเปลว arc ขึ้นระหว่างหน้า contact ทั้งสอง arc จะทำให้อากาศโดยรอบตัวเกิดการ ionize มีคุณสมบัติกลายเป็น conductor และมีความต้านทานทางไฟฟ้าต่ำลง ทำให้ arc ยิ่งเดินได้สะดวกและเพิ่มความรุนแรงมากขึ้น จึงต้องทำการดับ arc ให้หมดอย่างรวดเร็ว ภายใน interrupting chamber (หรือเรียกอีกอย่างว่า porcelain housing ซึ่งทำจาก porcelain) จะบรรจุฉนวนอยู่ด้วยเช่น น้ำมัน หรือ SF6 โดยฉนวนนี้จะเป็นตัวช่วยในการดับ arc เช่นใน SF6 ซึ่งเป็นฉนวนที่มีคุณสมบัติ พิเศษคือจะแตกตัวได้เร็ว เมื่อมี arc และความร้อนเกิดขึ้นซึ่งจะดึงเอาอิเล็กตรอนรอนเข้าไปรวมตัวไว้ ทำให้ arc ดับได้เร็ว นอกจากนี้แล้วยังมีส่วนที่ไม่ใช่ interrupter แต่เป็น polecat, chamber ซึ่งเป็นตัวกระดกของ interrupting chamber ให้ได้ระยะระหว่าง phase กับ ground ตามมาตรฐาน รวมทั้งเป็นตัวส่งผ่านกลไกทาง mechanism ที่จะควบคุมการทำงานของ interrupter ด้วยตัวแสดง ในรูปที่ 2-2

3.1.2.2. Support structure ตามปกติแล้วเฉพาะตัว circuit breaker (ยังไม่รวม support)

จะออกแบบให้ระยะห่างระหว่าง phase กับ ground ให้ได้ตามมาตรฐานอยู่แล้ว โดยมี porcelain chamber เป็นตัวยกระดับความสูง แต่การวางเฉพาะตัว circuit breaker ไว้กับพื้นเลยจะมีข้อเสียไม่มากนักใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหากมีเหตุเปลี่ยนแปลงปัญหาและต้องย้ายถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ หรือ อาจจะมีเศษก้อนหินเล็กๆ ใน สถานีไฟฟ้าย่อย เองนั้นไปกระทบดูกับ circuit breaker ชำรุด

เร็ว และเป็นอันตรายต่อผู้ที่เข้าไปทำงาน หรือรถที่เข้าไปใน สถานีไฟฟ้าย่อย ทำให้ระยะห่างลดลง ดังนั้นจึงต้องมี support ยึดไว้อย่างแน่นหนา เพื่อความแข็งแรงไม่ให้ ล้ม และมีความสูงกว่าความสูงของคน เพื่อให้ได้ระยะห่างที่เหมาะสมกับความปลอดภัยในการที่จะเข้าไปทำการซ่อมบำรุงส่วนรูป ลักษณะของ support นั้นจะมีลักษณะแตกต่างกันไปแล้วแต่การออกแบบ ดังแสดงตัวอย่างของ support ในรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 ลักษณะของ support structure ของ circuit breaker

3.1.2.3 Mechanism เป็นกลไกที่ใช้ในการรับคำสั่งจากส่วน relay protection ให้ทำการเปิดหรือ interrupter โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ชุด close กับ ชุด trip และแบ่งตามชนิดของการทำงาน ออกเป็น 4 ประเภท คือ

- 3.1.2.3.1 close ด้วย spring trip ด้วย spring
- 3.1.2.3.2 close ด้วย pneumatic trip ด้วย spring
- 3.1.2.3.3 close ด้วย spring trip ด้วย pneumatic
- 3.1.2.3.4 close ด้วย hydraulic trip ด้วย hydraulic

โดยช่วงเวลาที่ใช้การ close จะช้ากว่า trip เพราะว่าตอน close นั้นจะเกิด arc แต่จะสั้นลงเรื่อยๆ และดับเองเมื่อน้ำสัมผัสติดกัน ส่วนตอน trip ต้องเร็ว เพื่อแยกหน้าสัมผัสให้ได้ระยะห่างตามต้องการ เพื่อ arc จะได้ดับไปได้โดยเร็ว ในขณะนี้การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทยนั้นยังคงใช้ mechanism แบบ close และ trip ด้วย spring เป็นส่วนมาก ทั้งนี้เพราะความเร็วในการทำงานนั้นเพียงพอต่อความต้องการและยอมรับได้ ถึงแม้จะช้ากว่าแบบอื่นก็ตาม และมีข้อดีกว่าแบบอื่น ตรงที่แบบ pneumatic หรือ hydraulic นั้นจะต้องทำการ seal ไม่ให้รั่วได้อีก ทั้งสภาพอากาศของประเทศไทย เป็นแบบร้อนชื้น ทำให้ดึงและท่อลมหรือน้ำมันสุกร้อนชำรุดได้ง่าย

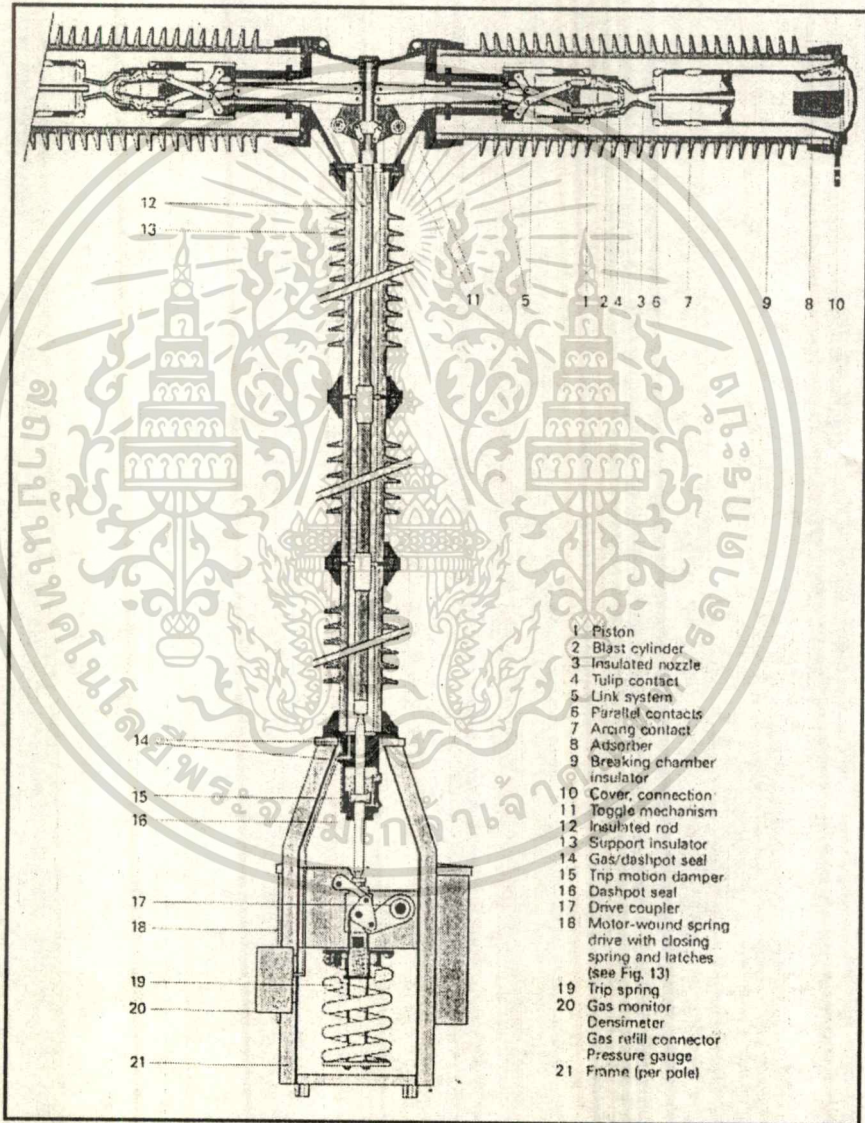
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.1.2.4 Control ส่วนควบคุมการทำงานของ circuit breaker นั้นจะมีสาย cable ต่อกออกมาจากส่วน mechanism แล้วลากสาย cable มาทาง cable duct เข้ามาในห้อง control room โดยส่วน control ของ circuit breaker จะเป็นพวกเครื่องมือวัดและ relay ต่างๆ

3.1.3 ประเภทของ circuit breaker

3.2.3.1 Oil Circuit Breaker (OCB)



รูปที่ 3-3 ลักษณะของ SF6 Gas circuit breaker

3.2.3.2 Airblast Circuit Breaker (ACB)

3.2.3.3 Vacuum Circuit Breaker (ACB)

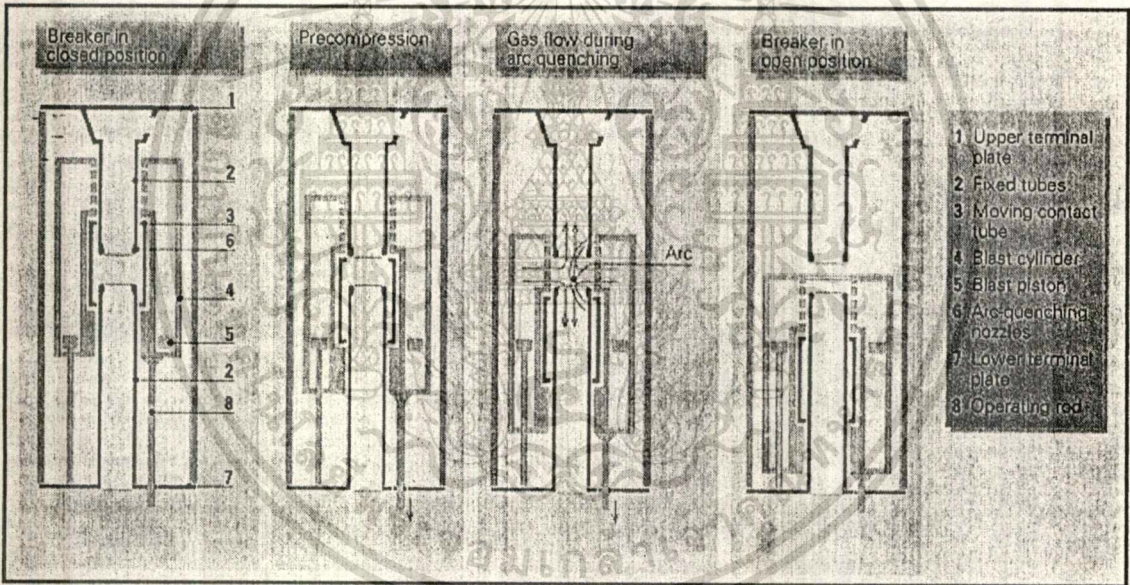
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3.2.3.4 SF6 Gas Circuit Breaker (GCB)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกกฎหมายให้เด็ดขาดและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

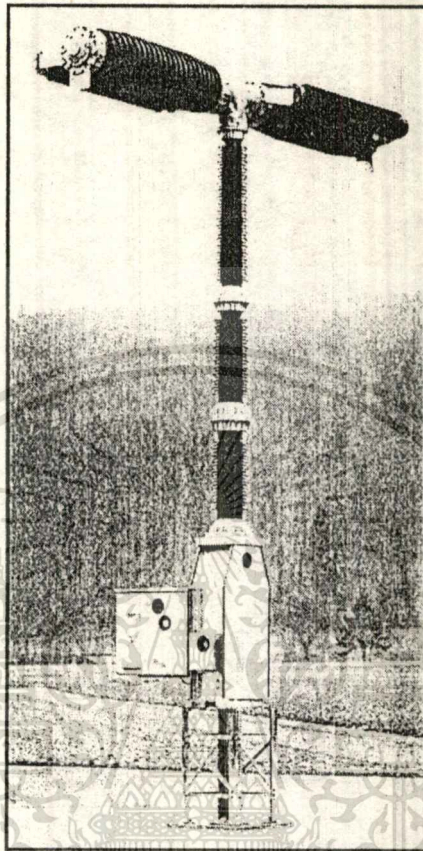
ประเภทของ circuit breaker นั้น แบ่งตามลักษณะของฉนวน และเนื่องจากในปัจจุบันนั้น ส่วนมากจะนิยมใช้ฉนวนที่เป็นแก๊ส sulphur hexafluoride (SF6) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษดีกว่าฉนวนชนิดอื่น ดังจะกล่าวต่อไปนี้ ลักษณะทั่วไปของ SF6 Circuit Breaker แสดงดังรูปที่ 3-3

ลักษณะการทำงานของ interrupting chamber ของ SF6 Gas Circuit Breaker จากรูปที่ 3-4 แสดงภาพตัดของ interrupting chamber แสดงตำแหน่ง closed ของ circuit breaker โดย pressure ของ gas ที่ใช้ในการดับ arc จะถูกผลิตออกมาจาก nozzle โดยในภาวะก่อนจะเกิดการ breaker นั้น ภายใน nozzle นี้จะมีความดันอยู่เพียงไม่กี่บาร์ เมื่อเกิดการ breaking (เกิด fault ในลักษณะต่างๆ) ในตอนแรก compression cylinder cylinder จะแยกออกจาก rated current contact ก่อน (โดยที่ arcing contact และ contact tube ยังไม่จากกัน) ดังนั้นจึงไม่เกิด arc ขึ้นเมื่อ compression cylinder เคลื่อนลงมาจะทำให้เกิดความดันของแก๊สเพิ่มมากขึ้น และทำให้ arcing



รูปที่ 3-4 การทำงานของ interrupter แบบ SF6 Gas circuit breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



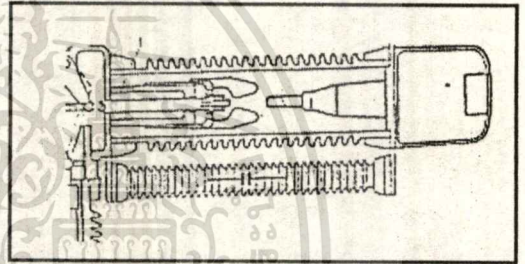
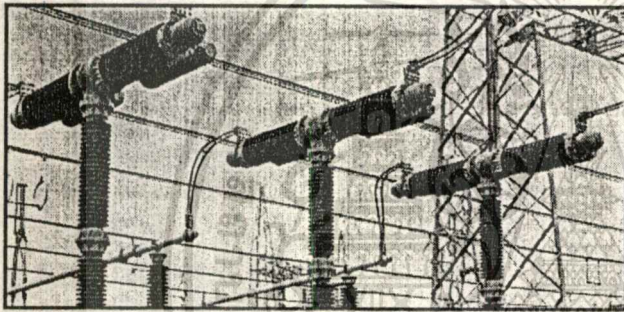
รูปที่ 3-5 ลักษณะของ SF6 Gas circuit breaker ที่ระดับ 420 kV

contact เริ่มแยกออกจาก contact tube รวมทั้งเกิด arc ทำให้เกิดการ ionize ในขณะที่ compression cylinder เคลื่อนลงมานั้น arcing contact จะเลื่อนตาม ตงและทำให้ arc ยาวขึ้น แต่การที่ compression cylinder เคลื่อนลงมาหา fixed position นั้น มันจะเกิดความดันของ gas และจะพุ่งออกมาทาง insulating nozzle เพื่อมาดับ arc โดยเกิดขึ้นก็จะถูกดับ pressure ของ gas ที่ออกมาจาก nozzle และ compression cylinder ก็จะเลื่อนมาอยู่ตรง fixed position ดังรูปที่ 3-4

ในระบบแรงดันต่ำๆ เช่น 115 kV หรือต่ำกว่านี้ circuit breaker จะมีเฉพาะชุด interrupter และจะมีเพียงชุดเดียว ส่วนในระบบแรงดันสูงๆ นั้น จะมี interrupter ตั้งแต่ 2 ชุด หรือ 3-4 ชุดขึ้นไป ดังแสดงในรูปที่ 3-5 ทำให้ switching surge ที่เกิดขึ้นนั้น มีค่าสูงเช่นกัน ดังนั้นในระบบแรงดันสูงๆ จึงมีการต่อ R ครอบมกับชุด interrupter

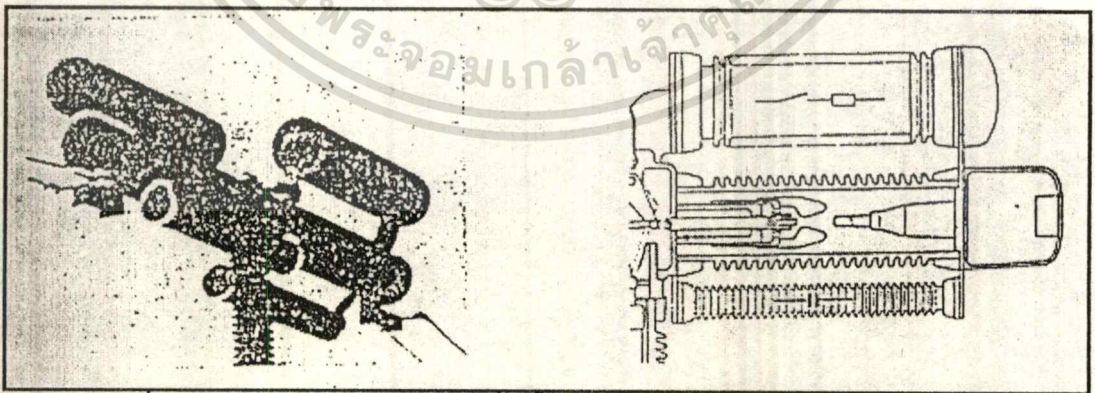
และบางกรณีต่อ capacitor ครอบมชุด interrupter เพื่อแก้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นก็คือ ที่ระบบแรงดันสูงๆ นั้น จะมีชุด interrupter 2 ชุด หรือ มากกว่า 2 ชุด ขึ้นไป ตอนที่ close circuit breaker ไม่มีทางเป็นไปได้ที่ interrupter ทั้งสองชุดนั้นจะ closed พร้อมกันได้และจะมีผลเสียตามมา เช่น สมมุติว่าระบบเป็น 230 kV ดังนั้น interrupter ทั้งสองชุด จะแบ่งกันรับ ชุดละ 115 kV เพราะฉะนั้น

ถ้าเกิด closed interrupter ทั้งสองชุด closed ไม่พร้อมกันแล้ว ก็จะทำให้ชุด interrupter ชุดใดชุดหนึ่งรับแรงดันไปถึง 230 kV ซึ่งจะทำให้เสียหายได้ (ชุด interrupter แต่ละชุดที่ออกแบบมานั้นออกแบบให้รับได้เพียง 115 kV เท่านั้น) ดังนั้นสาเหตุที่ใส่ capacitor ครอบชุด interrupter นั้นก็คือ capacitor ทั้ง 2 ตัว นั้นที่ครอบ interrupter แต่ละชุดจะมีแรงดันตกคร่อมเท่าๆกัน (ตอนยังไม่ closed circuit breaker) และเมื่อทำการ closed ชุด interrupter แล้ว ถึงแม้ว่า closed ไม่พร้อมกันก็ไม่มีผลเสีย เพราะว่าจากคุณสมบัติของ capacitor นั้น แรงดันที่ตกคร่อม capacitor ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทันทีทันใด และเมื่อชุด interrupter closed เข้าไปแล้วก็เสมือนกับการ short capacitor ทั้งไปพร้อมๆกันนั่นเองดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 SF 6 Gas circuit breaker ที่มี capacitor ต่อคร่อมอยู่

ส่วนในกรณีที่แรงดันสูงมากๆ (extra high voltage) ชุด interrupter ของ circuit breaker จะมีทั้ง R และ C ต่อคร่อมอยู่เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นมา ดังรูป 3-7



รูปที่ 3-7 SF 6 Gas circuit breaker ที่มีทั้ง resistor และ capacitor ต่อคร่อมอยู่

3.2 ลักษณะและหน้าที่ของ Disconnector

Disconnector คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการ switching ด้วยกลไกซึ่งในตำแหน่ง open นั้น จะทำให้ได้ระยะห่างที่ปลอดภัย นั่นคือแรงดันระหว่างขั้วของ disconnector จะไม่สามารถทำให้ใช้อิเล็กทรอนิกส์รอนริงข้ามไปได้ ในการเปิดและปิดวงจรของ disconnector จะกระทำได้ดีต่อเมื่อ ไม่มี

กระแสไหลผ่าน หรือมีแต่น้อย นอกจากนั้นจะทำงานเมื่อสัปดาห์ระหว่างขั้วทั้งสองเท่ากันเท่านั้น ไม่เหมือนกับ circuit breaker ที่นั่นหน้าสัมผัสไม่ได้ออกแบบมาเพื่อทนการ arc มากๆ ได้ แต่อาจอาจทำงานตอนที่กระแสเล็กน้อยได้ เช่น Capacitive charging current ในสายส่งหรือกระแสเหลวนในอุปกรณ์วัด อย่าง voltage transformer เป็นต้น

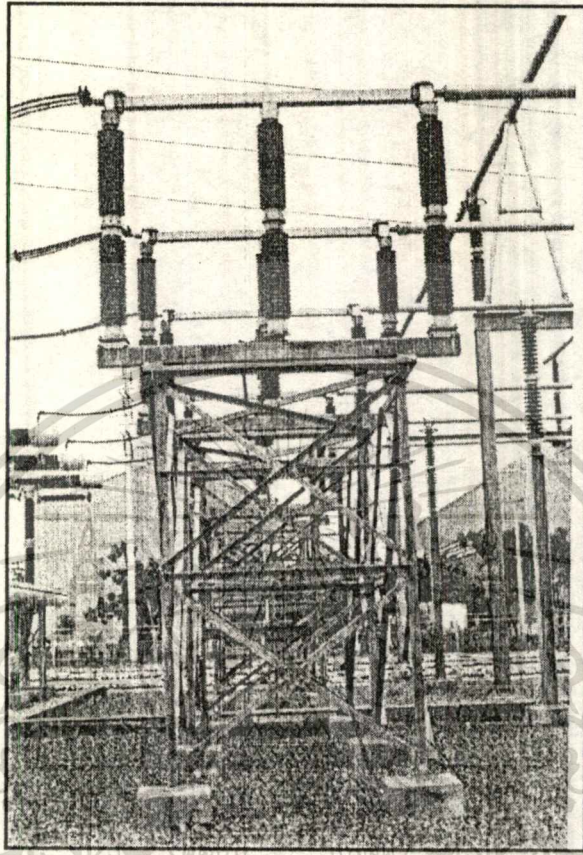
3.2.1 หน้าที่ของ disconnecter

Disconnecter ที่ใช้อยู่ใน สถานีไฟฟ้าย่อย มีหน้าที่ดังนี้คือ

- ใช้เปิดและปิดวงจร เพื่อแยกหรือต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าบางอย่างใน สถานีไฟฟ้าย่อย กับระบบ เช่น ใช้แยกหรือต่อ circuit breaker เข้ากับ busbar หรือสายส่ง เพื่อทำการซ่อมบำรุงได้โดยง่ายและปลอดภัย เพราะ Disconnecter จะตัดมิให้สัปดาห์ ไฟฟ้ามาอยู่ที่ขั้วของ breaker ทำให้สามารถทำการซ่อมบำรุงหรือถอดเปลี่ยนได้ โดยมีต้องดับไฟทางสายส่งหรือไฟที่จ่ายเข้า busbar
- ใช้ทำหน้าที่เป็น by-pass switch เพื่อให้ไฟเข้า Auxiliary busbar (transfer busbar) ในกรณีที่เกิดแบบที่มี Aux. busbar เพื่อให้สามารถทำการซ่อมบำรุง main busbar หรือเปลี่ยน busbar ได้ชั่วคราว
- ใช้ทำหน้าที่ by-pass circuit breaker โดยต่อพร้อม circuit breaker เพื่อให้สามารถปลด circuit breaker ออกไปซ่อมโดยไม่ต้องตัดวงจรทิ้ง และยังสามารถจ่ายไฟใน line นั้นได้ตามปกติ แต่ไม่สามารถตัดวงจรได้ เพราะไม่ได้ออกแบบมาใช้ตัดวงจร ดังนั้นจึงแทนได้ชั่วคราว
- เป็นจุดที่ติดตั้ง Earthing switch หรือ Grounding switch โดยใช้ support เดียวกัน และ mechanism ร่วมกัน โดยมีการ inter lock ซึ่งกันและกัน เพื่อให้ Disconnecter และ Earthing Switch ทำงานไม่พร้อมกัน

3.2.2 ลักษณะโครงสร้างของ Disconnecter

ลักษณะโครงสร้างของ Disconnecter แบ่งออกเป็นหลักๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 3-8 ลักษณะ โครงสร้างของ Disconnector

3.2.2.1 Switching arm คือแท่งตัวนำที่ใช้ทำหน้าที่เป็นส่วนที่ให้กระแสผ่าน ขณะปิดวงจรที่ปลายของ Switch rod จะมีหน้าสัมผัสของส่วนที่เคลื่อนที่ เพื่อใช้ในการต่อกับหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ Switching rod อาจจะมีเพียงส่วนเดียวหรือสองส่วนก็ได้ แล้วแต่นิคมของ disconnector

3.2.2.2 Fixed contact เป็นหน้าสัมผัสคงที่ ที่ติดอยู่บน post insulator เพื่อรับกับ Moving contact บน Switching arm เพื่อนำไฟฟ้าผ่าน contact ต่อไปยังอุปกรณ์อื่นที่ต้องการ

3.2.2.3 Gear box เป็นส่วนที่รับแรงจากการหมุนของ Rotating insulator ไปจับให้ Switching arm เคลื่อนที่ในการเปิดหรือปิดวงจร

3.2.2.4 Rotating insulator เป็น Porcelain insulator ที่ออกแบบมาให้ทนแรงบิด ได้เมื่อหมุน Gear box ให้ทำงาน โดยรับแรงขับเคลื่อนมาจาก operating mechanism การที่ต้องใช้เป็น insulator เพราะถ้าใช้เป็น steel จะเกิดการ breakdown ระหว่าง line กับ Ground ได้

3.2.2.5 Post insulator เป็นฉนวนรองรับให้ส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้า อยู่สูงจากส่วนที่เป็นสตัคค้ำเป็น ground เพื่อให้ได้ระยะห่างที่เหมาะสม Post Insulator ส่วนใหญ่จะเป็น Porcelain Steel support structure คือ โครงสร้างเหล็กที่กึ่งกลางของ Disconnector ให้สูงจากพื้น เพื่อความปลอดภัย

ภัยต่อตัว Disconnecter เองและกับบุคคลที่เข้าไปทำงานหรือซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังเป็นส่วนที่ชิด Disconnecter มิให้ล้มเนื่องจากการทำงานหรือลมหัด

3.2.2.7 Operating mechanism เป็นส่วนของกลไกในการทำงานในการสร้างแรงขับเพื่อให้ Disconnecter เปิดหรือปิดวงจรส่วนของ Mechanism นี้จะอยู่ในกล่องส่วนล่างที่ติดกับ Steel Support Structure ส่วนใหญ่จะเป็น Motor drive โดยได้รับคำสั่งการทำงานจากห้อง control ส่วนของกลไกนี้จะสร้างแรงไปหมุนส่วนของ Rotating Insulator นอกจากนี้ ยังมีแขนสำหรับใช้งานเป็น Manual operating ติดอยู่กับ Mechanic ส่วนนี้ โดยจะต้องทำการ Operate ภายใน สถานีไฟฟ้าย่อย

3.2.3 ประเภทของ Disconnecter

Disconnecter แบ่งตามจำนวน post insulator ที่ใช้กับ Disconnecter ได้เป็น

3.2.3.1 Two-column disconnecter เป็น Disconnecter ที่มี post insulator อยู่ 2 ข้าง ซึ่งยังจะแบ่งได้เป็น

3.2.3.1.1 Horizontal center-break disconnecter ที่มี Post insulator อยู่ 2 ข้าง และ Switching arm ทั้ง 2 แขน สามารถหมุนได้ 90 องศา เมื่อ open ทำให้มีระยะห่างระหว่างขั้วที่ได้ค่าตามมาตรฐาน Arm ส่วนใหญ่จะทำจากอลูมิเนียม เพื่อให้เบา และเป็นตัวนำที่ดี การทำงานนั้น rotating insulator จะหมุนทั้งสองข้างพร้อมๆกัน เพื่อเปิดหรือปิดวงจร โดยได้รับแรงขับจาก operating mechanism ทำให้ Switching arm ทั้งสองมาต่อ หรือแยกกันตรงส่วนกลาง ของ disconnecter โดยการเคลื่อนที่ของ arm จะอยู่ในแนวระดับ

3.2.3.1.2 Vertical center-break disconnecter มีลักษณะเดียวกับ Horizontal center break disconnecter จะต่างกันที่ส่วนของ Switching arm จะเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) ทำให้สามารถประหยัดพื้นที่ของแขนที่ยื่นในแนวระดับ แต่จะมีข้อเสียตรงที่จะใช้พื้นที่บริเวณแนวตั้งมาก ซึ่งทำให้ในกรณีที่มีสายส่งผ่านด้านบนต้องสูงขึ้น และตัว take off structure ต้องสูงขึ้นตามไปด้วย

3.2.3.1.3 Vertical break disconnecter มีลักษณะการ operate ของ disconnecter ในแนวตั้ง ด้วยแขนเพียงข้างเดียวและแขนนี้เมื่อ open จะสามารถพับลงมาได้คล้ายข้อศอกคน ทำให้ลดระยะความสูงแนวตั้งลงมาได้ Disconnecter ชนิดนี้จะใช้ rotating insulator เพียงข้างเดียวเท่านั้น ทำให้กลไกไม่ยุ่งยากเท่าใดนัก แต่ยังมีข้อเสียในด้านพื้นที่ด้านบนจะถูกใช้เป็นส่วน Live part ทำให้สายส่งที่พาดอยู่ต้องสูงขึ้น

3.2.3.2 Three-column disconnecter เป็น Disconnecter ที่ประกอบด้วย Post insulator อยู่ 3 Column มีอยู่ชนิดเดียวคือ Horizontal double side-break disconnecter โดยจะมี Post insulator ทั้ง 2 ข้าง เป็น Fixed post-insulator และ insulator ตรงกลางเป็น Rotating insulator ซึ่งจะมี switching arm เปิดและปิด โดยสัมผัสกับ Fixed contact ที่ Post-insulator ทั้ง 2 ข้าง Disconnecter

ประเภทนี้ จะสามารถทำให้ประหัดพื้นที่ทั้งในแนวระดับ และแนวตั้งทั้งนี้เพราะส่วนของ switching arm เมื่อ open แล้วจะไม่เป็น Live part หรือเป็น Ground ทำให้สามารถระยะห่างระหว่าง phase กับ phase ของแต่ละ phase ลงมาได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะใช้ในลักษณะนี้ เพราะสามารถลดพื้นที่ของ สถานีไฟฟ้าย่อย ลงได้อย่างดี และสายส่งสามารถพาดผ่าน โดยมีตั้งอยู่สูง

3.2.3.3 Single-column disconnector เป็น disconnector ที่มีเพียง post insulator เดียวเท่านั้น มีอยู่ชนิดเดียวคือ pantograph หรือ vertical-reach disconnector ซึ่งใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยที่สุด ทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ มีลักษณะคล้ายกล้ำกั้มเมื่อ close จะขึ้นไปติดกับ contact bar ซึ่งติดกับ main busbar หรือ สายส่ง การเคลื่อนที่ของกล้ำกั้มเคลื่อนที่ขึ้นลง กรณีที่ปิด หรือเปิดวงจร แต่ disconnector นี้จะมีข้อเสียตรงที่มีราคาแพงมากพอๆกับ Circuit breaker

Rating ของ disconnector

- Rated voltage หมายถึงค่าแรงดันของระบบที่จะนำ disconnector ไปใช้เป็นค่าแรงดัน line กับ line
- Rated impulse withstand voltage แบ่งออกเป็น lighting impulse withstand voltage 1.2 /50 microsecond และ switching impulse withstand voltage 250/2500 microsecond โดยแต่ละชนิด ยังต้องผ่านการทดสอบแรงดันระหว่าง phase กับ phase ,phase กับ ground และระหว่าง column ทั้งสองของ disconnector ในการเลือกต้องให้ได้มาตรฐาน
- Frequency Rating
- Rated normal current คือ ปริมาณกระแสสูงสุดที่ disconnector ขอมให้ไหลผ่านได้ อย่างต่อเนื่องในขณะที่ใช้งาน โดยไม่เป็นอันตรายกับตัว disconnector ที่อุณหภูมิปกติ
- Rated peak withstand current คือค่ากระแสสูงสุดที่ disconnector ขอมให้ไหลผ่านได้ ชั่วขณะ เช่น ตอนเกิด fault ออกจากวงจรทันที มิฉะนั้นจะเป็นอันตรายต่อ disconnector
- Rated peak withstand current คือค่ากระแสสูงสุดที่ disconnector ขอมให้กระแสไหลผ่านได้ภายใน 1 วินาที ถ้านานเกินกว่านี้ จะมีอันตรายต่อตัว disconnector

3.3 ลักษณะและหน้าที่ของ Earthing switch

ใน สถานีไฟฟ้าย่อย นั้น Earthing switching มีความสำคัญต่อระบบ โดยจะประกอบติดอยู่กับตัว disconnector หรืออาจจะแยกไปติดตั้งต่างหากก็ได้ เช่น ติดไว้กับ busbar เพื่อที่จะ discharge capacitive charging current ของ busbar เป็นต้น โดยจะมีชุด mechanism ทำงานต่างหากแต่อาจจะมี การ interlock กันทาง mechanism มากับ disconnector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3.3.1 หน้าที่ของ Earthing switch มีหน้าที่สำคัญคือ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีเห็นเหตุจำเป็นที่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Earthing switch มีหน้าที่สำคัญดังนี้คือ

3.3.1.1 ใช้ในการ discharge ค่า capacitive charging current ที่มีอยู่ในสายส่งกำลังให้ลง ground ขณะที่ทำการซ่อมบำรุงสายส่ง เพื่อความปลอดภัยกับผู้ที่ทำการบำรุงรักษาสายส่ง ถ้ามิได้ทำการ Earthing จะมีกระแสจาก line charge ผ่านผู้ทำงานลง ground ถึงแม้จะไม่มีแรงดันในสายส่งแล้วก็ตาม ซึ่งจะทำให้เสียชีวิตได้

3.3.1.2 ใน Gis จะใช้ Earthing เพื่อความแน่ใจว่าไม่มีแรงดันอยู่ในตัวนำภายใน Gis แล้ว เพราะเรามองเห็นได้ว่า disconnecter เปิดหรือปิด หรือ breaker trip ไปแล้วหรือไม่

3.3.1.3 High speed earthing switch เป็น earthing switch ที่มีความเร็วสูง เพื่อให้เกิด arc น้อยที่สุด ใช้ป้องกันหม้อแปลงอย่างประหัต ในกรณีเกิดการผิดปกติในตัวหม้อแปลงโดยติดตั้งไว้ที่สถานีปลายทาง (end substation) ที่มีไฟฟ้าเข้าด้านเดียวและจะใช้ breaker ใน สถานีไฟฟ้าย่อย คั่นทาง เป็นตัวปลดหม้อแปลงออกจากระบบแทนที่จะติดตั้ง breaker ไว้ป้องกันที่สถานีปลายทางโดยตรง ซึ่งราคาจะถูกกว่าใช้ breaker มาก จะเห็นว่าไม่จำเป็นต้องติดตั้ง circuit breaker 1 และ 2 เพราะถ้ามี fault ที่หม้อแปลงไม่สามารถจ่ายโหลดได้อยู่แล้ว จึงตัด source ที่คั่นทางนั้นเลยจะดีกว่า โดยนำสัญญาณ fault เกิดขึ้นในหม้อแปลงมาส่งให้ HSG ทำงาน โดยทำการสร้าง fault เทียม ขึ้นมา ทำให้ สถานีไฟฟ้าย่อย ที่คั่นทางเห็น fault ได้ชัดเจนขึ้น และทำงานเร็วขึ้นด้วย โดย trip breaker ที่คั่นทางทำให้สามารถที่จะประหัต circuit breaker ได้

3.3.2 ลักษณะโครงสร้างของ Earthing switch

3.3.2.1 Fixed contact เป็นหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่ โดยจะเป็นส่วนที่อยู่กับสายส่ง หรือ ส่วนที่ต้องการ Earthing จะอยู่ด้านบน post insulator

3.3.2.2 Post insulator เป็นฉนวนรองรับให้ fixed contact นั้นอยู่สูงจากส่วนที่เป็น earth ด้วยระยะห่างที่ปลอดภัย

3.3.2.3 Earthing rod คือแท่งตัวนำที่มีศักย์ค่าเป็น Ground เพื่อทำการ Earthing สายส่ง โดยผ่าน Earthing rod นี้ลงดิน

3.3.2.4 Operating mechanism เป็นกลไกในการทำให้ Earthing rod เปิดหรือปิดวงจร สร้างแรงขับจาก motor เช่นเดียวกับ disconnecter

3.3.2.5 support structure คือเหล็กยึดกับ Earthing switch เพื่อความแข็งแรงและยกขึ้นให้สูงเพื่อความปลอดภัยกับผู้เพื่อความปลอดภัยกับผู้ที่จะเข้าไปทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ประเภทของ Earthing switch

แบ่งออกได้ง่ายๆ เป็นแบบที่ติดตั้งกับตัว disconnecter และแบบแยกต่างหาก หรืออาจจะแยกตามความเร็วในการทำงานของ Earthing switch เป็น Maintenance Earthing switch และ High speed Earthing switch ตามลักษณะหน้าที่ที่จะนำไปใช้งาน

Rating ของ Earthing switch

การใช้งานตามลักษณะของ Earthing switch นั้น มีลักษณะต่างๆ ไปคล้ายกับ disconnecter และ Earthing switch มี rated ทางไฟฟ้า เช่นเดียวกับ disconnecter ทั้งทางด้าน voltage current และ frequency

3.4 ลักษณะหน้าที่ของ Instrument transformer

Instrument transformer เป็นหม้อแปลงที่ใช้แปลงแรงดันและกระแสจากระบบลงมาให้มีค่าต่ำลง เพื่อใช้กับอุปกรณ์ในการวัด (meter), การแสดงผล และ การป้องกันระบบ แบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ current transformer (C.T.) และ potential transformer (P.T.) ในการต่อขด primary ของ C.T. นั้น จะต่ออนุกรมกับวงจรที่ต้องวัด ส่วน P.T. จะต่อระหว่าง line กับ line หรือ line กับ neutral ก็ได้และในการต่อจะต้องดูขั้วของ primary และ secondary ด้วยเพื่อให้สามารถใช้งานได้ถูกต้องในด้านของ phase angle ทำให้การทำงานของเครื่องวัดและรีเลย์ทำงานไม่ผิดพลาด

3.4.1 หน้าที่ของ Instrument transformer

Instrument transformer มีหน้าที่ต่างๆ ไปดังนี้คือ

3.4.1.1 ใช้แปลงกระแสจำนวนมากๆ (C.T.) หรือแรงดันสูงๆ (P.T.) ของวงจรให้ลดลงมา ถึงระดับพอเหมาะที่จะนำไปใช้งานกับ meter, relay, และ control device ซึ่งตามมาตรฐานที่ใช้จะมี rating ที่ 5 Amp. และ 115 volt.

3.4.1.2 ใช้เป็นตัวแยกอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสออกจากไฟฟ้าแรงสูง เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่อผู้ที่ทำงานและเพื่อให้การป้องกันอันตรายที่สมบูรณ์ขึ้น Casing ของ instrument transformer จะต่อลงดินด้วย นอกจากนี้ที่ขั้วใดขั้วหนึ่งทางด้าน secondary จะต่อลงดินด้วย เพื่อเป็นทางให้ surge voltage ผ่านลงดินไป ทำให้ไม่เป็นอันตรายกับอุปกรณ์อื่น และบุคคลที่ทำงานด้วย

3.4.1.3 การใช้ coupling capacitor potential transformer มีหน้าที่ที่ร่วมกับ line trap ในการผ่านสัญญาณ power line carrier เข้าไปใช้กับการรับหรือส่งสัญญาณสื่อสาร

3.4.2 ลักษณะโครงสร้างของ Instrument transformer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
3.4.2.1 primary winding คือขดลวดทางด้านปฐมภูมิที่นำมาจากระบบ หรือส่วนที่ต้องการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนห้ามมิให้ตีแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่ขอสงวนไว้
ทำการวัดใน C.T. นั้น Primary winding จะมีเพียงรอบเดียวหรือหลายรอบก็ได้ ทั้งนี้ถ้าโดยปกติถ้า

หลายรอบอยู่แล้ว จำนวนรอบขึ้นอยู่กับอัตราทดแรงดันที่ต้องการ ขดลวดของ Primary winding อาจเป็นทองแดงหรืออลูมิเนียมก็ได้ ส่วนใหญ่จะทำจากอลูมิเนียม

3.4.2.2 Secondary winding คือขดลวดทางด้านทุติยภูมิที่ลดกระแส หรือแรงดันให้มีค่าต่ำลงมาแล้วพร้อมที่จะนำไปใช้งาน สำหรับจำนวนรอบขึ้นอยู่กับ อัตราทดของกระแสหรือแรงดันที่ต้องการ ขดลวดของ secondary winding จะใช้ทองแดง ทั้งขด primary และ secondary จะถูกแยกออกจากกันด้วยการ ฉนวนด้วยกระดาษชุบน้ำมันและภายในยังฉนวนด้วยสารที่เป็นฉนวนที่ป้องกันการ breakdown กับตัวถัง

3.4.2.3 Core คือแกนเหล็กที่มีขดลวดพันอยู่ เป็นตัวส่งถ่ายแม่เหล็กพลังงานไฟฟ้าจาก primary ไปยัง secondary มีคุณสมบัติดีกว่าอากาศ เพราะมีค่า leakage inductance น้อยกว่าแกนอากาศ ทำให้การส่งถ่ายพลังได้ดี เหล็กที่จะใช้เป็นเหล็กแผ่นนำมาซ้อนกัน

3.4.2.4 Post insulator เป็นส่วนที่ทำจากฉนวน poslatin เพื่อแยกส่วนของสายที่นำเข้ามาจากไฟฟ้าแรงสูงให้ได้ระยะห่างระหว่าง phase กับ ground ตามมาตรฐานจากส่วนที่เป็น tank ภายใน post insulator จะมีสายของ primary หรือ secondary ร้อยผ่านมายังด้านล่าง

3.4.2.5 Tank or housing เป็นถังใช้ครอบคลุมแกน เหล็กเอาไว้ซึ่งจะต้องแข็งแรงและเป็นส่วนที่ให้แกนเหล็กอยู่ ส่วนใหญ่ถังนี้จะอยู่ด้านล่าง แต่บางชนิดถังนี้จะอยู่ส่วนบน C.T. แบบ Inverted type เป็นต้น

3.4.2.6 Terminal box เป็นจุดต่อที่จะนำสัญญาณจาก secondary winding ไปใช้ ซึ่งจะต่อไปยังห้องควบคุม เพื่อต่อกับอุปกรณ์วัด หรือ relay ตามต้องการ

3.4.2.7 Internal insulator เป็นฉนวนที่ทำการฉนวนอยู่ในตัว Instrument transformer ตลอดตั้งแต่ส่วนบนไปยังส่วนล่าง เพื่อป้องกันมิให้มีการ breakdown เกิดขึ้นได้ ทำให้ขนาดของอุปกรณ์นี้เล็กลงมา การฉนวนภายในชนิด conventional ปกติจะเป็นน้ำมัน ส่วนของ GIS จะใช้การฉนวนด้วยแก๊ส SF₆

3.4.2.8 Support structure เป็นโครงเหล็กที่ใช้ในการยึดอุปกรณ์ให้แข็งแรงและยกระดับให้สูงขึ้นเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน

นอกจากโครงสร้างหลักๆแล้วยังมีส่วนประกอบอื่นๆอีกหลายอย่างโดยเฉพาะใน coupling capacitor potential transformer นั้น ภายในจะประกอบไปด้วย capacitor divider และยังมีอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อต่อสายสัญญาณ ไปยังห้องควบคุม นอกจากขด secondary

3.4.3 ประเภทของ Instrument transformer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

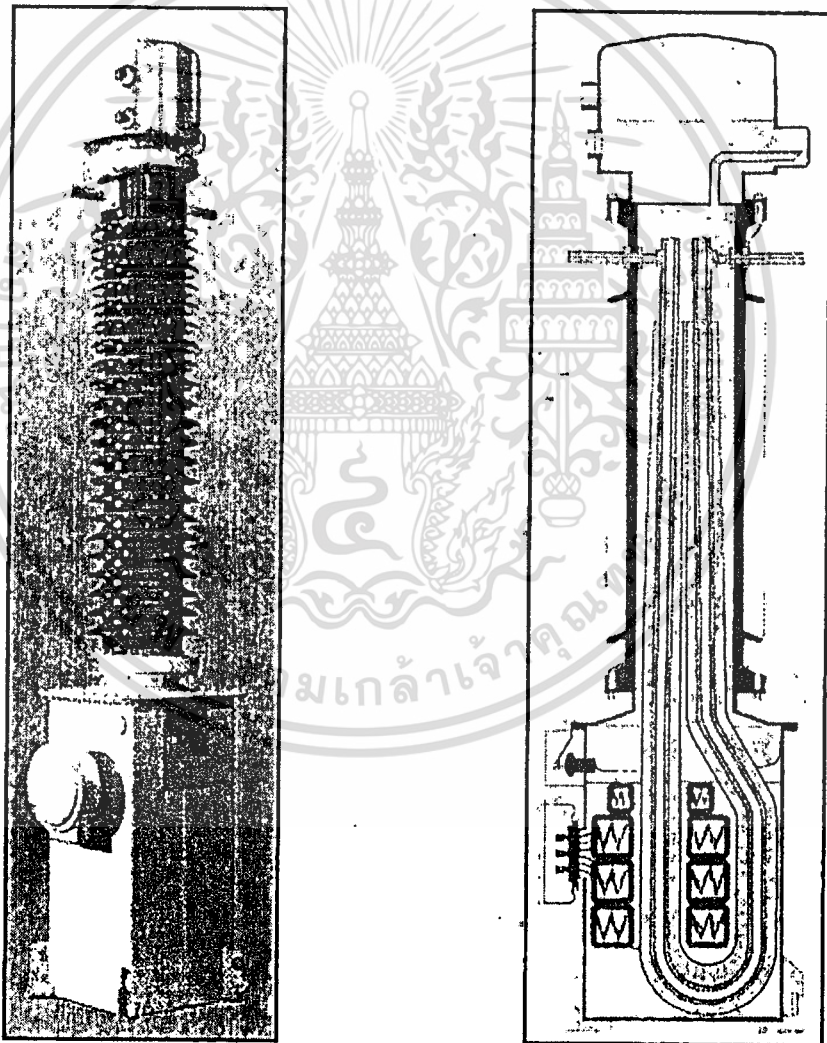
3.4.3.1 แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.1.1 Indoor-type เป็นชนิดที่ติดตั้งในร่มถ้าเป็นระดับแรงต่ำกว่า 15 kV จะใช้แบบ dry-type ตั้งแต่ 15-25 kV จะใช้แบบ compound-filled หรือ oil-immersed ในกรณีที่ใช้กับแรงดันระดับสูงกว่านี้ จะเป็นแบบที่ฉนวนด้วยกรกฏาคม SF6

3.4.3.1.2 Outdoor -type โดยมากจะกำหนด rating ตั้งแต่ 25 kV ขึ้นไป และเนื่องจากเป็นชนิดที่ใช้ติดตั้งกลางแจ้งมีโอกาสที่ได้รับอันตรายจากฝนฟ้าอากาศได้มาก จึงเป็นแบบ compound-fooled หรือ oil-immersed

3.4.3.2 แบ่งตามลักษณะการฉนวน



รูปที่ 3-9 ลักษณะ โครงสร้างของ current transformer แบบ Wound - primary type

3.4.3.2.1 Dry-type เป็นชนิดที่ทำให้แห้งแล้วหุ้มด้วยวานิชธรรมชาติ ใช้กับระบบแรงดันที่มีค่าไม่เกิน 15 kV และ ไม่ติดตั้งกลางแจ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นฉบับละเมิดลิขสิทธิ์การคัดลอกโดยไม่ได้รับอนุญาต พึงส่ง ยักยอกให้ไม่มีเหตุให้เบี่ยงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.2.2 Compound filled เป็นชนิดที่ทำการฉนวนด้วยสารประกอบบางชนิดเช่น cast resin ใช้กับแรงดันปานกลางตั้งแต่ 15 kV ขึ้นไปจนถึงประมาณ 25 kV ติดตั้งกลางแจ้งได้

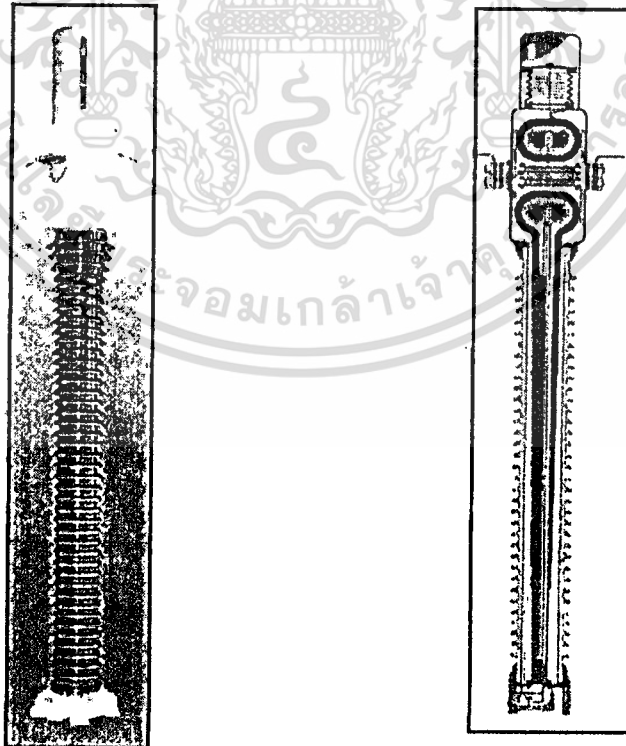
3.4.3.2.3 Oil-immersed เป็นชนิดที่ทำการฉนวนด้วยการแช่น้ำมัน ใช้กับไฟฟ้าแรงดันสูงได้ และใช้ในการติดตั้งกลางแจ้ง ดังนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่ติดตั้งกลางแจ้งจะใช้น้ำมันเป็นฉนวนเสียส่วนใหญ่

3.4.3.2.4 SF₆-insulation เป็นชนิดที่ทำการฉนวนด้วยแก๊ส SF₆ ใช้กับแรงดันสูงๆ ได้และมีขนาดเล็ก สามารถใช้ติดตั้งในร่มหรือกลางแจ้งก็ได้ จะใช้ใน Gas insulated substation เท่านั้น

3.4.3.2 แบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางกล

การเลือก P.T. นั้นโดยทั่วไปมักนิยมใช้แบบ wound (or wound primary) type ซึ่งจะมีการพันจำนวนรอบทาง primary เป็นขด แต่การเลือกใช้ C.T. นั้นมีแบบต่างๆคือ

3.4.3.2.1 Wound - primary type เป็นชนิดที่มีทางพันขดลวด ทาง primary หลายรอบจะเป็นชนิด tank type โดยมีแกนเหล็กอยู่ส่วนล่างของตัว C.T. ทำให้สามารถทนกระแสได้น้อยกว่าแบบที่พันรอบเดียวในขณะที่ตัวเท่ากัน เพราะสายไฟที่ผ่านขึ้นและลงจะมีแรงผลึกซึ่งกันและกันทำให้ต้องทำฉนวนที่แข็งแรงกว่า ดังแสดงในรูปที่ 3-9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3-10 ลักษณะ โครงสร้างของ current transformer แบบ Single - turn type โยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.2.2 Single - turn type เป็นชนิดที่มี primary รอบเดียว นั่นคือให้ตัวนำของ primary ร้อยผ่าน core ออกไปตรงๆ เช่น inverted type, bar type, และ window type เป็นต้น โดยสามารถทนกระแสได้มากกว่าแบบ wound-type ในขณะที่ตัวเท่ากัน แต่จะข้อเสียดตรงที่แกนเหล็กจะอยู่ด้านบน ทำให้ลึบง่าย จึงต้องออกแบบให้ post insulator แข็งแรงรับน้ำหนักได้ดี นอกจากนี้เมื่อมีแกสเกิดขึ้นในน้ำมัน จะลอยตัวขึ้นด้านบน ทำให้เกิดการ breakdown ระหว่าง primary กับ secondary ซึ่งด้านหนึ่งต้องลง ground อยู่ ทำให้มีปัญหาเกิดขึ้นบ่อยๆ ลักษณะโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 3-10

3.4.3.2.3 Bushing type เป็นชนิดที่ใช้กับหม้อแปลงโดยจะอยู่ใน bushing ของหม้อแปลง เพื่อวัดกระแสที่ไหลเข้าหรือออกหม้อแปลง

3.4.3.2.4 Multi - secondary type เป็นชนิดที่มีขด secondary อยู่หลายๆชุด ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะแยกวงจรของอุปกรณ์ที่สำคัญให้ทำงานอิสระจากขดอื่น เช่น ใช้เป็น primary protection และ back-up protection คนละชุดกัน แต่ใช้ primary ร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง แทนที่จะติดตั้งหลายๆตัวอนุกรมกัน

3.4.3.2.5 Split - core type เป็นชนิดที่มีแกนเหล็กแต่ละขดแยกกันไป เพื่อให้ความอึดตัวของแกนเหล็กแต่ละแกนแยกจากกัน ทำให้ขด secondary แต่ละขดนั้นทำงานแยกกันโดยอิสระ นอกจากนี้ยังสามารถจัดให้ลักษณะรวมของแกนทั้งหมดอยู่ในวงกลมได้ง่าย

Coupling capacitor voltage transformer ซึ่งมีหน้าที่ดังกล่าวแล้วจะแยกประเภทออกมาพิเศษต่างหากโดยใช้หลักการแบ่งแรงดันของ capacitor และยังทำหน้าที่เป็นตัวผ่านสัญญาณสื่อสารเข้าไปยังอุปกรณ์ PLC อีกด้วย ข้อดีของ CCVT ก็คือ มีราคาถูกกว่า น้ำหนักเบาว่า ไม่เปลืองเนื้อที่ในการติดตั้งและสามารถแก้ power factor ของ burden ให้สูงขึ้นเพื่อให้มี accuracy ดีขึ้น

Rated ของ Instrument transformer

การเลือกใช้ instrument transformer นั้นมีความสำคัญต่อการทำงานของอุปกรณ์อื่น ทั้งชนิดที่เป็นแบบอัตโนมัติ และ manual ให้ได้ผลสมความมุ่งหมาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงคุณลักษณะของ instrument transformer กับสภาพของอุปกรณ์และวงจรที่จะต่อเข้าใช้งาน นอกจาก Rated ทางด้านแรงดัน กระแส และ turn ratio แล้ว ยังต้องคำนึงถึงค่าอื่นๆดังนี้

ทางด้าน secondary ของ instrument transformer นั้น จะต่ออยู่กับอุปกรณ์ต่างๆดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งจะทำให้มีทั้ง active power และ reactive power ไหลอยู่ในวงจรที่อยู่ทางด้าน secondary นี้ ซึ่งค่าของกำลังที่ไหลอยู่นี้ จะถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติของ instrument transformer ค่ากำลังในวงจรนี้เรียกว่า burden ของ instrument transformer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวทวไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของ C.T. นั้น อุปกรณ์จะต่ออนุกรมกัน ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงกำหนดค่าของ burden เป็น impedance (z) ของวงจรมีหน่วยเป็น ohm เมื่อต้องการหา total burden ก็นำค่า impedance ของแต่ละอุปกรณ์มารวมกันจะได้ total burden ดังนี้

$$Z = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X_L)^2}$$

หรือถ้าทราบ volt-ampere burden (VA) ก็จะสามารถหา impedance burden ได้จาก

$$Z = \frac{VA}{I^2} \quad \Omega$$

$$p.f. = \frac{\sum R}{Z}$$

และ

ในกรณีของ P.T. นั้น อุปกรณ์ต่างๆ จะต่อขนานกัน ถ้ากำหนด burden เป็น impedance จะไม่สะดวกต่อการคำนวณจึงกำหนดเป็น volt-ampere (VA) แทน เมื่อต้องการหา total burden ก็นำ VA ของอุปกรณ์แต่ละตัวรวมกัน โดย total burden มีค่า

$$VA = \sqrt{(\sum W)^2 + (\sum VAR)^2}$$

หรือถ้าทราบเป็น impedance burden (Z) ก็จะได้

$$VA = \frac{E^2}{Z}$$

และ

$$p.f. = \frac{\sum W}{VA}$$

ในการเลือก burden ของ instrument transformer จะต้องเลือกให้มีค่ามากกว่า burden อุปกรณ์ที่ต่อในวงจรเพื่อให้สามารถจ่ายกำลังได้อย่างเพียงพอ ถ้าเลือกน้อยไปจะทำให้เกิดความผิดพลาด ในการวัดแรงดันหรือกระแส และการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ จะผิดพลาด

Insulation class คือข้อกำหนดว่า instrument transformer จะต้องมีการฉนวนทางด้าน primary ดีพอที่จะทนแรงดันที่กำหนดให้ได้นั้นๆ ได้ มิใช่เพียงแต่ทน rated voltage ได้เท่านั้น ซึ่งจะมีการทดสอบที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. Applied potential test ทำการทดสอบคุณภาพของฉนวน ระหว่างขดกับขด และขดลวดกับ ground ตามแรงดันที่กำหนด โดยการ short circuit ขดลวดนั้น ต่อไฟแรงดันตามกำหนดสายไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่ง เข้ากับขดลวด ส่วนสายที่เหลือต่อเข้ากับ casing หรือ core ส่วนขดอื่นที่ไม่ได้ทำการวัดให้ลัดวงจรกันไว้ แล้วต่อลง casing หรือ core เหมือนกัน ทดสอบด้วยระยะเวลาานาน 1 นาที

2. Impulse test เป็นการทดสอบคุณภาพของฉนวนว่าจะทนต่อแรงดัน surge ที่เกิดจากการฟ้าผ่า และ surge จาก switching ได้หรือไม่ impulse test ทำได้ 2 กรณี คือ chopped - wave test และ full-wave test โดยใช้คลื่น lightning impulse ขนาด 1.2/50 microseconds และ switching surge ขนาด 250/2500 microsecond โดยใช้คลื่นนี้ผ่านเข้าไปในขดลวดของ instrument transformer ซึ่งต้องทนแรงดันนั้นได้

Error

การคำนวณ turn ratio ของ instrument transformer จะคำนึงถึงเพียง ideal case ไม่ได้ ทั้งนี้เพราะต้องนำไปใช้กับอุปกรณ์ประเภทอื่นในการวัดและอำนวยความสะดวกกับระบบ จึงต้องมีความละเอียดแม่นยำและแน่นอน เนื่องจากใน instrument transformer นั้นมีค่าที่ต้องคำนึงถึงมากมาย เช่น exciting current I_e ซึ่งประกอบด้วย magnetizing current component I_m กับ iron-loss component I_w , secondary induced voltage E_s , working flux, burden phase angle δ ซึ่งเป็นมุมระหว่าง I_e กับ E_s , α ซึ่งเป็นมุมระหว่าง I_e กับ Φ และ transformer angle ซึ่งเป็นมุมระหว่าง $-I_p$ กับ I_p กับ $-V_p$ กับ V_p ฯลฯ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิด error หรือความคลาดเคลื่อนกับ instrument transformer

C.T. Error

1. C.T. ratio error ค่า I_p/I_s เรียกว่า transformer ratio (R) จะได้

$$R = n + (I_e \cos \delta + I_m \sin \delta) / I_s$$

R ซึ่ง มีค่าน้อยมากประมาณ ศูนย์จะได้

$$R = n + \frac{I_e}{I_s}$$

จะเห็นว่า R ไม่เท่ากับ n ซึ่งเป็น turn ratio ซึ่ง R จะไม่คงที่แต่จะเปลี่ยนค่าตาม I_e คือ iron - loss component กับ I_s คือกระแสในวงจร secondary ความคลาดเคลื่อนนี้ เราเรียกว่า ratio error จากคำนิยามจะได้

Ratio error = (Nominal ratio - Actual ratio) / Actual ratio (Nominal ratio คือ turn ratio บน name plate ของ C.T. ส่วน Actual ratio = I_p / I_s)

จึงทำให้มี ratio correction factor (RCF) ไว้คูณค่าที่ได้จากการอ่านมิเตอร์เพื่อให้ได้ค่าที่

แท้จริง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RCF = \text{Actual ratio} / \text{Nominal ratio} = (I_p / I_s) / \text{Nominal ratio}$$

2. C.T. phase angle error มีค่า θ_c ซึ่งเป็นมุมระหว่าง $-I_e$ กับ I_p ตาม ideal ต้องเท่ากับ ศูนย์ แต่ในทางที่จริง

$$\tan\theta_c = \frac{(I_m \cos\delta - I_e \sin\delta)}{nI_s}$$

โดย θ_c เป็นมุมเล็กๆ $\tan\theta_c = \theta_c$ และ δ มีค่าน้อยจนไม่คิดจะได้

$$\theta_c = \frac{I_m}{nI_s}$$

จะเห็นว่า phase angle ของ C.T. มีค่าผิดพลาดไป และมีค่าเปลี่ยนแปลงตาม I_e กับ I_m คือ magnetizing component ซึ่ง Error นี้จะมีผลกับอุปกรณ์ที่มีเรื่องมเข้ามาเกี่ยวข้องกับ เช่น wattmeter

$$PACF = \frac{\cos\phi}{\cos(\phi - \theta_c)}$$

เป็นต้น จึงต้องมี phase angle correction factor (PACF) เป็นตัวคูณเพื่อให้ได้ค่าที่แท้จริง ซึ่ง δ คือมุมต่างๆ phase ของ load ระหว่าง E_p และ P_p การแก้ความคลาดเคลื่อนทั้ง ratio error และ phase angle error ไปพร้อมๆกันเรียกเป็น transformer correction factor (TCF)

$$TCF = RCF * PACF$$

P.T. Error

1. P.T. ratio error ค่า V_p / V_s เรียกว่า voltage transformer ratio (R) จะมีค่าดังนี้

$$R = n + (nI_s (R_s \cos\Delta + X_s \sin\Delta) + I_e R_p + I_m X_p) / V_s$$

Δ คือ phase angle ระหว่าง I_s และ V_s จะเห็นว่า R ไม่เท่ากับ turn ratio แต่จะขึ้นอยู่กับ burden, impedance, I_e และ I_m จะได้

$$P.T. \text{ ratio error} = (\text{nominal ratio} - \text{Actual ratio}) / \text{Actual ratio} \quad (\text{Actual ratio} = E_p / E_s)$$

และมี

$$RCF = \text{Actual...ratio} / \text{Nominal...ratio} = (E_p / E_s) / \text{Nominal...ratio}$$

2. P.T. phase angle error จะมีค่า θ_p ของ P.T. คือมุมต่างๆ phase ระหว่าง V_s กับ V_p ,

$$\theta_p = (I_s / V_s) (X_s \cos\Delta - R_s \sin\Delta) + (I_e X_p + I_m X_p) / nV_s$$

จะมีค่า

จะเห็นว่าได้ว่า phase angle error เปลี่ยนตาม I_s , impedance ของ P.T. และ I_e กับ I_m

ซึ่งผลของ error เหล่านี้จะมีผลต่อความผิดพลาด ในการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$PACF = \frac{1}{(1 - \theta_p) \tan\phi} \quad TCF = RCF * PACF$$

Accuracy class การเลือกสรร instrument transformer ที่ใช้งาน ต้องคำนึงถึงความแม่นยำ ซึ่งค่าความแม่นยำ (Accuracy) จะขึ้นอยู่กับ error ด้วย ซึ่ง ratio error มีผลมากกว่า phase angle error และ ratio error ขึ้นอยู่กับ burden ดังนั้นการกำหนด accuracy ต้องระบุด้วยว่า burden นั้นมีค่าเท่าไร ซึ่งมีมาตรฐานดังตารางที่ 3-1 และ 3-2 ในตารางที่ 3-1 นั้น Burden B- 0.1 ,0.2 และ 0.5 จะใช้งานทางด้าน metering วัตต์ที่ 90 % power factor 60 Hz ส่วน B-1 ,2,4 และ 8 ใช้งานทาง relaying ในตารางที่ 3-2 Burden ของ P.T. ใช้กับงาน metering และ relaying

Designation of Burden	Standard Burden Characteristic		5 amp.Secondary Current		
	Resistance(Ω)	Inductance(mho)	Impedance	Volt-Amps	PF
B-0.1	0.09	0.116	0.1	2.5	0.9
B-0.2	0.19	0.232	0.2	5.0	0.9
B-0.5	0.45	0.580	0.5	12.5	0.9
B-1	0.50	2.30	1.0	25	0.5
B-2	1.00	4.60	2.0	50	0.5
B-4	2.00	9.20	4.0	100	0.5
B-8	4.00	18.40	8.0	200	0.5

ตารางที่ 3-1 Standard Burdens for Current Transformer

Designation Burden	Secondary Volt-Amperes	Burden Power Factor
W	12.5	0.10
X	25	0.70
Y	75	0.85
Z	200	0.85
ZZ	400	0.85

ตารางที่ 3-2 Standard Burdens for Potential Transformers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Standard accuracy class

ในตารางที่ 3-3 แสดง standard accuracy class ของ C.T. ที่ใช้กันในงาน metering และ ใน ตารางที่ 3-4 เป็นของ P.T. ที่ใช้งานทั่วไป Accuracy class ต่างๆ จะถูกจำกัดไว้ด้วย range ของ TCF

Accuracy Class	Limit of Transformer Correction Factor				Limit of Power Factor (Lagging) of metered Power Load
	100 % Rated Current		10 % rated Current		
	Min.	Max	Min.	Max	
1.2	0.988	1.012	0.976	1.024	0.6-1.0
6	0.994	1.006	0.988	1.012	0.6-1.0
0.3	0.997	1.003	0.994	1.006	0.6-1.0
0.5	0.995	1.005	0.995	1.005	0.6-1.0

These values also apply to 150 % rated current

ตารางที่ 3-3 Standard Accuracy Classes and Limits of TCF for Current Transformer for Metering Service

Accuracy Class	Limits of Power of Transformer Correction Factor		Limits of Power Factor (Lagging) of Metered Load	
	Min.	Max	Min.	Max
	1.2	0.988	1.012	0.6
0.6	0.994	1.006	0.6	1.0
0.3	0.997	1.003	0.6	1.0

ตารางที่ 3-4 Standard Accuracy Classes and Limits of TCF for Potential Transformer

การบอก accuracy class จำเป็นต้องระบุ burden ไว้ด้วย ตัวอย่าง เช่น C.T. ตัวหนึ่งมี accuracy class 0.3B-0.2,P.T. ตัวหนึ่งมี accuracy class 0.6 X เป็นต้น

กรณี accuracy class ของ C.T. ที่ใช้งาน relaying หรือเรียกว่า over current curacy นั้น เอกส เนื่องจาก C.T. ในงานนี้ใช้ในขณะเกิด fault ทำให้มีกระแสสูงมากหลายเท่าของกระแสปกติ ดังนั้น ค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C.T. จึงต้องทำงานในเหตุการณ์นี้ได้ โดย accuracy ยังอยู่ในขอบเขตที่กำหนด ซึ่งจะถูกกำหนดด้วยเลขและตัวอักษร 3 ชุด คือ

- ตัวที่ 1 เป็นตัวเลขแสดง percent ratio error มี 2 class คือ 2.5 % และ 10 %
- ตัวที่ 2 เป็นตัวอักษร บอกระบบ H หรือ L H หมายถึง C.T. สามารถจ่ายกระแสได้ตั้งแต่ 5 ถึง 20 เท่าของค่าปกติ ณ แรงดันที่กำหนด โดยที่ accuracy class ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ระบุ ส่วน L หมายถึง C.T. สามารถจ่ายกระแสทาง secondary ได้ 20 เท่า ของค่าปกติ ณ แรงดันที่กำหนด โดย accuracy class ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ระบุ แต่ถ้าต่ำกว่า 20 เท่า หรือ สูงกว่า 20 เท่า จะไม่รับรอง ดังนั้นแบบ H จึงดีกว่าและมี accuracy สูงกว่า

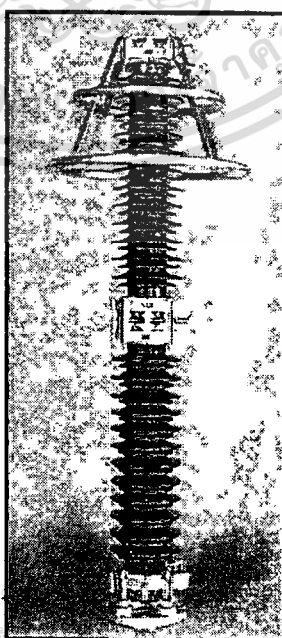
- ตัวที่ 3 เป็นตัวเลขบอก maximum induced voltage มีมาตรฐานคือ 10,20,50,100,200,400 และ 800 ซึ่งเป็นค่าแรงดันทางด้าน secondary สูงที่สุดที่ยังไม่ทำให้เกิดการอิมตัวของแกนเหล็ก และยังมี error อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เช่น 2.5 H 100 หมายถึง C.T. ตัวนี้จ่ายกระแสทาง secondary ได้ ตั้งแต่ 5 ถึง 20 เท่า ของค่าปกติ โดย Ratio error จะมีค่าไม่เกิน 2.5 % トラบเท่าที่จะไม่นำไปใช้ให้เกิด induced voltage เกิน 100 โวลท์

3.5 ลักษณะหน้าที่ของ Lightning Arrester and Surge Arrester

Lightning Arrester ของ Medium Voltage

Lightning Arrester เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ที่ปากทางเข้าของอุปกรณ์รับ และจ่ายไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน... ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตงยงของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 3-11 ตัวอย่าง โครงสร้างภายนอกของ lightning Arrester

หน้าที่ป้องกันไม่ให้แรงดันสูงผิดปกติ ซึ่งเกิดจากฟ้าผ่า หรือเปิดปิดวงจรผ่านเข้าไปในวงจรของอุปกรณ์รับ และจ่ายไฟโดยที่ Lightning Arrester จะทำการลดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกินเข้ามา แล้วให้ discharge ไปยัง ground ซึ่งเป็นการป้องกันจนวนที่ใช้กับอุปกรณ์ นอกจากนั้นยังป้องกันไม่ให้เกิดกระแสของระบบไหลลงดิน หลังจากทำการ discharge แรงดันไฟฟ้าที่สูงผิดปกติหมดลง และเข้าสู่ภาวะปกติโดยไฟฟ้าไม่ดับ

Lightning Arrester แบบ Resistance Valve ประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญคือ gap ดับอาร์ค characteristic element ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะที่ปิดมิดชิดเมื่อ surge จากฟ้าผ่าหรือการเปิดปิดวงจร ผ่านเข้ามาแรงดันไฟฟ้าสูงผิดปกตินั้น จะทำให้เกิดการอาร์คขึ้นใน gap ดับอาร์ค ในขณะที่เดียวกัน characteristic element ก็จะปล่อยให้กระแสจากการ discharge ไหลผ่านได้ทำให้เป็นการลดค่า peak ของแรงดัน surge ที่ผ่านเข้ามา Characteristic element เป็นสารจำพวกซิลิกอนออกไซด์ ในขณะที่เกิดมีการอาร์คจะยอมให้กระแส discharge ไหลผ่านโดยที่ความต่างศักย์ระหว่างขั้วจะถูกจำกัดไว้ที่ค่าหนึ่ง เมื่อมีการ discharge สิ้นสุดลง จะกลับมีความต้านทานสูงซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดกระแสของระบบไหลลงดิน หลังจากการ discharge จบลงและทำให้ gap ดับอาร์คกระแสได้ง่ายขึ้น Gap ดับอาร์ค ในเวลาปกตินั้นทำหน้าที่ตัดวงจรของ Lightning Arrester แต่เมื่อมี surge แรงดันสูงผิดปกติเข้ามาจะเกิดการอาร์คใน gap นี้เป็นการปิดวงจรของ Lightning Arrester และเมื่อการ discharge สิ้นสุดลง แรงดันปกติที่กลับคืนมาใหม่นี้จะทำให้กระแสไหลผ่าน gap ไม่ได้ เนื่องจากการทำงานตัดวงจรของ characteristic element ที่ gap ดับอาร์คนั้น เมื่อมีการอาร์คเกิดขึ้น ทิศทางของกระแสจะตัดกับฟลักซ์ ของสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงขึ้นที่จะทำให้สายอาร์คยาวออกไป ซึ่งช่วยในการทำให้อาร์คดับลง

การติดตั้ง Lightning Arrester จะต้องติดตั้ง disconnecter ไว้ใช้เฉพาะสำหรับ lightning Arrester โดยติดตั้งไว้ก่อนหน้า lightning Arrester ดังในรูป เหตุผลต้องติดตั้งไว้ก็เพื่อความปลอดภัยเวลาที่ติดตั้งหรือเปลี่ยน lightning Arrester

วิธีติดตั้ง lightning Arrester

ต่อขั้วสายทางไฟต้นกำลังของ lightning Arrester เข้ากับวงจรไฟฟ้าแรงสูง ต่อขั้วกราวด์กับสายกราวด์ แล้วยึดไว้ด้วยโลหะ โดยอย่าให้ส่วนบนและส่วนล่างของ lightning Arrester สลับกัน

การต่อสายกราวด์

ความต้านทานในระบบกราวด์ที่มีค่าน้อยจะทำให้เกิดความต่างศักย์ที่น้อยกว่าเมื่อมี

กระแสไหล

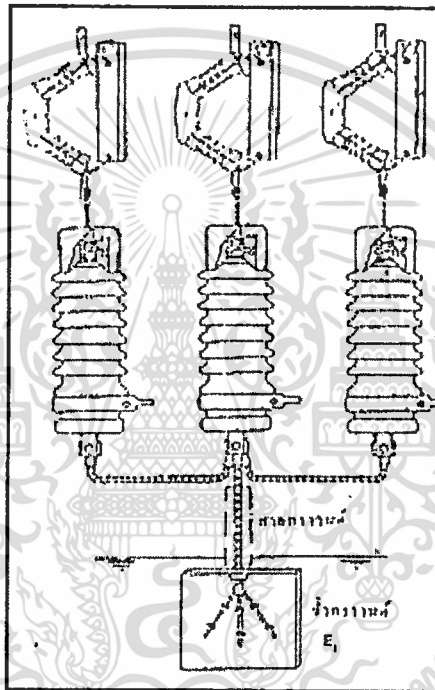
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่าน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถป้องกันของ lightning Arrester เพราะฉะนั้นค่าความต้านทานของระบบกราวด์ ควรจะต่ำกว่า 10 โอห์ม

วิธีตรวจสอบ lightning Arrester

การตรวจสอบปลอกนำสาย

ก.ปลอกนำสายที่มีรอยร้าวแตกหัก หรือคราบสกปรกหรือไม่



รูปที่ 3-12 การต่อสายกราวด์ และ สัญลักษณ์ Arrester

- ข.ทำความสะอาดปลอกนำสาย(รายปี)
- ค.มีฝุ่นหรือคราบเกลือจับอยู่ที่ปลอกนำสายหรือไม่
- ง.มีเสียงดังผิดปกติ หรือมีกลิ่นผิดปกติหรือไม่

การทดสอบความต้านทานของฉนวน

วัดความต้านทานของฉนวน (รายปี) ใช้เมกเกอร์ขนาด 1000 โวลท์วัดระหว่างสายไฟ ละสายดิน ถ้ามีความต้านทานเกิน 1000 เมกโอห์มเป็นอันใช้ได้ ถ้าผิวของปลอกนำสายสกปรกหรือชื้น อาจทำให้เกิดความต้านทานลดลงได้ ดังนั้นก่อนทำการวัดต้องเช็ดให้แห้งเสียก่อน

การตรวจสอบการต่อลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารอ้างอิงไว้สำหรับการศึกษานี้เท่านั้น ไม่สามารถให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ก ต่อขั้วสายดินหลวมหรือไม่ ใช้มือจับสายดิน โยคจะรู้ว่าหลวมหรือไม่
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 ข สายดินขนาด หรือหลุดจากขั้วต่อหรือไม่

ค สายดินเพื่อขีเสียบหายหรือไม่

ง วัตค่าความต้านทานต่อลงดิน (รายปี)

3.7 ลักษณะหน้าที่ของ SURGE ARRESTER HIGH VOLTAGE

เมื่อเกิด Surge ฟ้าผ่าวิ่งไปยัง สถานีไฟฟ้าย่อย จะมีผลสะท้อน และเกิดออสซิลเลชันเนื่อง จากมีค่าคาปาซิแตนซ์ของอุปกรณ์ ใน Station และอินดักแตนซ์ของบัสบาร์และจุดต่อตัวนำสำหรับ Surge เข้ามาที่มีความชันสูงมาก ผลต่างของรูปร่างของแรงดัน ละขนาดจะแตกต่างกันไปแต่ละ ตำแหน่งทั้งภายใน สถานีไฟฟ้าย่อย

อุปกรณ์ spark gap และ discharge resister จะมีลักษณะที่เป็นแท่ง (column) ขึ้นที่ต่อกัน ไป ปกติจะใช้แบบ three column ในกรณีที่แรงดันต่ำกว่า 170 kV แต่ในกรณีที่ rated voltage สูงกว่า นี้จะใช้แบบ four column ซึ่งได้ส่วนของ active part ซึ่งถูกขี้อยู่ในท่อฉนวน insulating tube บรรจุ แก๊ส N₂ ไว้

ส่วนประกอบสำคัญอีกชิ้นหนึ่งคือ field control ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนจะมีแรงดัน จำเพาะของแต่ละตัว เพราะมี Capacitor ต่ออนุกรม/ขนานอยู่ ซึ่งจะทำให้ characistic spark over ของ Arrester นั้นดีขึ้น ซึ่งจะติด field control ในกรณีที่ rated voltage สูงกว่า 120 kV ในกรณีที่ต่ำกว่า 120 kV

ในการออกแบบ สถานีไฟฟ้าย่อย โดยทั่วไปเราจะพิจารณาว่าไม่มีการเกิดผิดปกติขึ้นภายใน ละเราจะมาพิจารณาเฉพาะ surge จากภายนอกที่เข้ามา แต่ในการป้องกัน สถานีไฟฟ้าย่อย โดย แก่ที่ Surge ไม่ใช่ปัญหาเดียว เท่านั้นในการเลือกการป้องกัน แต่ต้องพิจารณาจำนวน และตำแหน่งที่ ติดตั้งของ Surge Arrester ด้วยเพื่อที่จะป้องกันได้เพียงพอ สำหรับการพิจารณาในแง่ต่างๆ ของ ปัญหาที่เกิดขึ้นของพิจารณาของการจ่ายกระแสของฟ้าผ่า ,การออกแบบ station ,power frequency voltage ,การ grounding ,การชิลด์สาย,ระดับการป้องกัน รวมทั้งระดับความชันของฉนวนเป็นต้น

Protection of open air substation

Protective distance

เมื่อพิจารณาระยะทางระหว่าง Arrester กับอุปกรณ์ที่จะป้องกันโดยเราต้องมุ่งพิจารณาถึง over voltage ที่สูงขึ้น โดยสามารถประมาณจาก Arrester characteristic

สูตรที่เราต้องใช้ประมาณผลแรงดัน

$$u = u_a + (2SL)/V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด S คือความชันของ Surge (kV/us) หาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L = ระยะทางระหว่างอุปกรณ์ที่จะป้องกันกับ Surge (m)

V = ความเร็วของ Surge ที่เข้ามา (m/us)

u = แรงดันที่อุปกรณ์ที่จะป้องกัน (kV)

เราจะไม่พิจารณา factor ประมาณ 3 ข้อนี เพราะมีผลน้อยมาก

1. capacitance ของอุปกรณ์ป้องกัน
2. ผลชั่วขณะของ power frequency voltage
3. ความถี่ที่ใช้

ถ้าในบริเวณย่านการป้องกันของ arrester และ lightning impulse withstand level ของอุปกรณ์ที่จะป้องกันไม่ใกล้เคียงกัน การใช้สูตรอย่างง่ายนี้ก็ไม่ค่อยจะได้ผล เพื่อเป็นการแม่นยำยิ่งขึ้น ได้มีกราฟต่างๆ ของ Surge Arrester [ของ ABB] ดังภาพ 1 ถึง 6 กราฟที่ได้นี้เป็นกราฟที่คำนวณมาจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะคำนวณโดยละเอียด และรวมทั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่หายไปจากสูตรอย่างง่ายด้วย โดยใช้ได้ในระดับแรงดัน 145-420 kV ซึ่งใช้ได้แม่นยำมาก ที่ระยะทางต่างๆ ที่จะป้องกัน Curve นี้จะแสดงช่วงพื้นที่แรงของการเปลี่ยนแปลง 0-4 nF ค่าจริงของคาปาซิแตนซ์ ปกติเราจะไม่ทราบ แต่ในกรณีที่เกิดเหตุรุนแรงจะให้มีค่า 4 nF ซึ่งเพียงพอที่จะปลุกคลุมหม้อแปลง และในกรณีที่ open bus end ด้วย ในแต่ละ case ค่าขนาดของ over voltage (ที่ระยะห่างที่แน่นอนจาก Arrester ที่แน่นอน) นั้นสัมพันธ์กับ residual voltage ที่ 10 kA (8/20 μ S) ซึ่งเป็นค่าจากผู้ผลิต

ค่าต่างๆที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ SURGE ARRESTER

Continuous Operating voltage (U_c)

ปกติจะใช้ตัวย่อว่า COV หรือ MOV ซึ่งในการออกแบบจะใช้ power frequency voltage เป็น rms ซึ่งอาจใช้ป้อนที่ terminal ของ Arrester กระแสจะไหลผ่าน Arrester ที่ u_2 ซึ่งจะมีความสามารถทนกระแสที่มีขนาดประมาณ 1 mA_{peak}

Temporary Overvolt

เป็นค่า differentiated จาก over voltage นี้สัมพันธ์กับ long duration และการ undamp หรือการ damp แบบอ่อนๆ ความถี่ของ temporary over voltage มีช่วงตั้งแต่ไม่กี่ mSec จนถึงหลาย ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับพวก fault - clearance time) โดยทั่วไปการเกิด TOV จะเกิดในเฟสที่เป็นปกติของระบบที่กำลังเกิด earth-fault ซึ่งจะเกิดที่เฟสเดียว หรือมากกว่านั้น source อีกอย่างหนึ่งของ TOV คือ ferroresonance

เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reted Voltage (U_r)

Rated Voltage (U_r)

ตาม IEC นั้น rated voltage ของ Arrester จะต้องทนแรงดันอย่างน้อยที่สุด 10 sec หลัง จากอุณหภูมิร้อนถึง 60 องศา และขึ้นอยู่กับพลังงานที่ส่งเข้าไปตามมาตรฐาน temporary over voltage อย่างน้อยที่สุดต้องเท่ากับ U_r ที่เวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 sec. ค่า rated voltage นั้นจะใช้ เป็น reference ในการกำหนดการทำงาน และคุณลักษณะเป็นการป้องกันด้วย

Temporary overvoltage strength factor (T_r)

เป็นค่า factor ของ Arrester แสดงในผลคูณของ U_r ค่า T_r กรณีที่มีค่ามากกว่า 0.1 sec.

Residual voltage (U_{res})

เป็นค่า peak ซึ่งปรากฏระหว่างเทอร์มินอลของ Arrester ระหว่างการเกิดการ discharge current ชั่ว มั่ว U_{res} ขึ้นอยู่กับขนาดซึ่งก็คือ waveshape ของ discharge current นั้นเองสำหรับส่วนของ กระแส และ waveshape ซึ่งแตกต่างจาก discharge current นั้น U_{res} จะใช้แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของ residual voltage ในนามของกระแส

Creepage Distance

การสร้าง surge Arrester ระดับ pollution ที่เกิดขึ้นนั้นปรับปรุงได้โดย

- ระยะ Creepage distance ที่ยาวขึ้น
- ปริมาตรของ block ZnO ที่เพิ่มขึ้น
- ค่าความสามารถของ TOV สูงขึ้น

กฎต่างๆในการใช้ค่า Creepage distance คือใช้ค่าเดียวกันกับอุปกรณ์อื่นใน สถานีไฟฟ้าย่อย

Energy Capability

เป็นความสามารถของ Arrester ที่จะ absorb โดยไม่ต้อง cooling จำนวนพลังงานที่ให้มา (watt-sec. หรือ joules) พลังงานทั้งหมดที่ทะลุผ่าน โดยไม่มีการ cooling นั้น ไม่ควรเกิน 4.5 kJ/kV rated volt

Pressure relief capability

เป็นความสามารถของ Arrester ที่จะนำกระแส short circuit ในกรณีที่เกิด over load ใน Arrester แล้วไม่เสียหาย Arrester ต้องถูกเปลี่ยนหลังจากเกิดการ operation pressure relief

Design Arrester ที่สร้างแบบ 1,2 หรือ 3 unit ซึ่งจะชิลด์ปิดผนึกจนอากาศเข้าไม่ได้ แต่ละ

อันจะ ประกอบไปด้วยแท่ง zinc oxide block การชิลด์ที่ปลายสายของ Arrester จะใช้โลหะสแตนเลส อัดแน่น และ O-shaped ปะเก็น ข้างด้านกับผิว porcelain ทำให้เกิดผลสม่ำเสมอ ถ้าปะเก็นข้าง

เกิดเสื่อมขึ้นมา การ sealing นั้นก็จะมีหน้าที่อีกอย่างหนึ่งคือ ระบาย over pressure ในกรณีที่ Arrester เกิด fail เนื่องจาก over pressure ภายใน Arrester Sealing จะเปิดออก gas ก็จะถูกขับออก ผ่านท่อระบาย

ท่อระบายแก๊สใน 2 flange จะถูกต่อโดยตรง กันการ flash-over จากภายนอก และเป็นการหลีกเลี่ยงการเพิ่มความดันภายในตัวของ Arrester Metal flange จะยึดติดกับ porcelain โดยมีการเคลือบให้ยึดหยุ่นเล็กน้อยสำหรับ flange ที่ยึดอยู่ เพื่อหลีกเลี่ยงการเป็นจุดรวมของ stress ใน porcelain ตัวอย่างในการเกิดแผ่นดินไหว หรือมีการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

Normal service conditions

Surge Arrester เหมาะที่จะใช้ outdoor ภายใต้สภาวะนี้

- อุณหภูมิบรรยากาศอยู่ในช่วง -40 องศา ถึง +45 องศา
- ความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1000 เมตร
- ความถี่ใน A.C. power supply ไม่ต่ำกว่า 15 Hz. และไม่เกิน 62 Hz.

Mounting and Terminals

Arrester ถูกออกแบบให้นำมาใช้ในลักษณะวางตั้งไม่ต้องการการติดตั้งที่มั่นคงแน่นอนหนัก line terminal ทำมาจากอลูมิเนียมอัลลอยด์ ส่วนแคลมป์และ earth terminal ทำมาจาก galvanized steel Bottom terminal ควรจะมีระยะสั้นที่สุดที่จะต่อกับระบบกราวด์ ถ้าใช้ counter ด้วย สายระหว่าง Arrester กับ counter ควรจะสั้น (สูงสุด 3 เมตร) และฉนวนที่ใช้จะต้องไม่ต่ำกว่า 15 kV BIL (3 kV) สายลงดินใช้สายไม่เกิน 25 mm²

External insulation for Arrester

Arrester นั้นปกติจะป้องกันฉนวนภายนอกของตัวเองอยู่แล้ว จากที่ IEC ระบุว่า External lightning impulse withstand level (Eliwl) ของ Arrester ต้องมีค่าไม่เกิน lightning over-voltage protection level ด้วยตัวคูณ 1.3 protective level at 10 kA 8/20 us ซึ่งให้ค่าอยู่ในช่วง 20 % ที่ 1000 เมตร

Advantage

1. ด้วยความแม่นยำของผู้ผลิตการป้องกันจึงไม่ต้องเผื่อมาก
2. ไม่มี transient จากการสปาร์คใน spark gap ซึ่งจะเพิ่มความสามารถในการป้องกัน ซึ่งเป็นการดีกับอุปกรณ์ชิ้นอื่นๆ ใน สถานีไฟฟ้าย่อย
3. ไม่มี follow current ซึ่งหมายความว่าลดอัตราการเสี่ยงของ disturbance ในระบบ นำไปใช้

4. ความสามารถในการต้านทานการเพิ่มขึ้นของพลังงานเป็นที่เชื่อถือได้

5. ZnO Arrester นี้มีความสามารถต้านทาน pollution ที่เกิด ซึ่งหมายความว่าระบบ protection ใช้งานได้ และลด cost ในการควบคุมดูแล การรักษาความสะอาดด้วย

Selection

ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้ Zinc Oxide Arrester ที่เหมาะสม

A. Maximum system voltage

B. Temporary overvoltage - ระยะเวลาของ temporary overvoltage สำหรับ earth faults นั้น เท่ากับเวลาที่ breaker เคลียร์ fault

C. Protection level at nominal discharge current , switching surge

D. creepage requirements

E. energy requirement เป็น kJ

- line discharge class

- actual line parameter (surge impedance, length and charging voltage)

Surge Counter TXB

TXB นี้ออกแบบพิเศษให้ใช้กับ ZnO Arrester โดย counter ตัวนี้จะส่งให้ counting relay ซึ่งจะบันทึกจำนวน surge ที่ผ่าน Arrester relay โดยติดในตัวระจกมองเห็นได้

Maintenance

การเลือก Arrested ใช้งานนั้น ควรเลือกประเภทที่ไม่ต้องมีการ maintenance ระหว่างที่ทำงานอยู่ อย่างไรก็ตามในกรณีที่ตั้งในบริเวณที่ผิดปกติ เช่น ชายฝั่งทะเลหรือมี pollution จากโรงงานอุตสาหกรรม Arrested อาจจะร้อน เนื่องจาก transient charge in voltage in voltage distribution เนื่องจาก external pollution ที่ผิวของ porcelain ในกรณีจะต้องมีการทำ Live washing สามารถทำได้ถ้ามีการระมัดระวัง โดยการหลีกเลี่ยงการเกิด external flashover หรือ overheating ของบางส่วน ซึ่งเกิดจากการ nonlinear voltage distribution

การ test อุปกรณ์ surge Arrested

Type

- energy withstand test

accelerated life tester

- impulse current test

high current impulse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ลักษณะและหน้าที่ของ Power transformer

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญใน สถานีไฟฟ้าย่อย โดยจะเป็นตัวเปลี่ยนระดับแรงดันให้ได้ตามต้องการเพื่อจำหน่ายต่อ load ที่ต้องการต่อไป

3.6.1 หน้าที่ของ power transformer

3.6.1.1 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนระดับแรงดันอาจจะจากแรงดันสูงไปยังแรงดันต่ำเพื่อจ่ายไปยังโหลดหรือแปลงจากแรงดันต่ำไปยังแรงดันสูงเพื่อการส่งพลังงาน

3.6.1.2 ใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ใน สถานีไฟฟ้าย่อย เองโดยแปลงแรงดันสูงให้ต่ำลง และจ่ายเข้าไปยัง substation service

3.6.1.3 ใช้เป็นจุดปรับระดับแรงดันที่จ่ายออกไปให้คงที่ด้วย tap changer ทั้งนี้เพราะ load นั้นไม่คงที่ทำให้แรงดันของระบบเปลี่ยนแปลงขึ้นลงจึงต้องปรับ tap เพื่อให้แรงดันคงที่ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ปรับ tap อาจจะเป็น off load tap changer หรือ on load tap changer

3.6.2 ลักษณะโครงสร้างของ power transformer

3.6.2:1 แกนเหล็ก (core)

แกนเหล็กเป็นตัวประกอบที่มีผลต่อน้ำหนักของหม้อแปลง ,ขนาด,ราคา,และลักษณะสำคัญอื่นด้วย แกนเหล็กนั้นทำด้วยแผ่นเหล็กกริดเย็นผสมซิลิกอนทั้งสองด้านฉนวนด้วย แมกนีเซียมซิลิเกต ฟอสเฟต และมีความหนาแน่นสนามแม่เหล็กสูง และมี no-load loss น้อยมาก รวมทั้งการผลิตมีการควบคุมด้วย computer ทำให้มี air gap น้อย ลด load และเสียงจากการสั่นได้ และในแกนเหล็กของ power transformer ขนาดใหญ่จะฉนวนด้วยการสอดกระดาษเข้าไปคั่นระหว่างแผ่นเหล็กบาง เพื่อลด eddy current นอกจากนี้ยังอาจจะใช้ท่อหล่อเย็นในแกนเหล็ก จะทำให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนดีขึ้น ดังรูปที่ 2-53

แกนเหล็กขนาดใหญ่จะต้องมีการยึดติดกับ โครงสร้างแข็งแรงเป็นพิเศษเพื่อป้องกันจากความเค้นหรือความเครียดจากแรงที่เกิดจากการ fault ได้

3.6.2.2 ขดลวด (winding)

ขดลวดนั้นเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของ transformer ขดลวดใน power transformer นั้นส่วนใหญ่ทำจากทองแดง จะใช้อลูมิเนียมในกรณีที่มีน้ำหนักมากเกินไปหรือใช้ในหม้อแปลง winding ได้ แต่จากค่าความนำไฟฟ้าและความแข็งแรงทางกลของอลูมิเนียมน้อยกว่าของทองแดง เราจึงไม่ค่อย

ใช้อลูมิเนียมใน power transformer จะใช้ทองแดงเพราะจะทำให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้สะดวกในการขนส่ง ลักษณะการพันขดลวดมีอยู่หลายแบบ ในกรณีที่ต้องจ่ายกระแสสูงๆ เราจะใช้ เส้นลวดไม่ยาวกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ขดลวดบดหรือหักงอและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้แบบคู่ (Twin flat conductor) หรือเส้นลวดแบบไขว้ (Transposed wire) เส้นลวดแบบนี้ประกอบ

ไปด้วยเส้นลวดแบนสองเส้นแต่ละเส้นหุ้มด้วยกระดาษ และพันรวมกันด้วยกระดาษอีกหลายชั้น ส่วนเส้นลวดแบบไขว้นั้นแต่ละเส้นจะเคลือบด้วยน้ำยาและหุ้มด้วยกระดาษหลายๆชั้นเพื่อที่จะลด eddy current loss เส้นลวดแบบไขว้แต่ละเส้นจะไขว้กับอยู่อย่างค่อเนื่อง ซึ่งการใช้เส้นลวดแบบไขว้นั้นมีข้อดีคือ

- ลด eddy current loss ในเส้นลวด
- เพิ่ม lamination factor
- ขั้นตอนการพันใช้เวลาสั้นๆ

แต่ว่าเส้นลวดแบบไขว้นี้ไม่ค่อยได้ใช้เพราะว่าราคาแพง และถูกจำกัดด้วยเส้นลวดที่จะใช้ในการสร้าง power transformer ขนาดใหญ่วิธีการพันขลวดที่เหมาะสมจะพิจารณาตามขนาด MVA, Voltage และ tap range ของ transformer แต่ละตัว และในการผลิตขลวดทั้งหมดจะต้องคิดถึง factor เหล่านี้คือ

- การ short circuit
- การป้องกัน surge voltage
- ความสามารถทน impulse
- eddy current loss
- ความสามารถในการจ่าย over voltage (over voltage distribution)

การพันขลวดนั้นจะมีอยู่หลายรูปแบบแล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละชนิด

3.6.2.3 แกนรองรับขลวด

จะเป็นฉนวนทรงกระบอกวางรอบๆ ขาของแกนเหล็ก เพื่อรองรับขลวดและเป็นฉนวนกันระหว่างขลวดกับแกนเหล็กนอกจากนี้จะมีช่องว่างในแนวตั้งเพื่อใช้เป็นท่อน้ำมันที่ใช้ในการระบายความร้อนของขลวด และระหว่างด้านแรงดันต่ำและแรงดันสูงจะมีฉนวนทรงกระบอกกันอยู่ ขลวดแรงดันสูงจะพันรอบนอกของฉนวนทรงกระบอก

3.6.2.4 Tank

วิธีที่จะปกป้องป้องกัน power transformer โดยตรงเป็นสิ่งที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีแรงดันสูง และกระแสสูง ตัวถัง (tank) เป็นสิ่งสำคัญจำเป็นจะต้องมีไว้เพื่อปกป้องอันตรายต่างๆจากภายในสู่ภายนอก และจากภายนอกสู่ภายใน ดังนั้นตัวถังจะต้องมีความแข็งแรงทนต่อ fault ที่เกิดขึ้นและต้องมีความสามารถในการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในได้ดีระหว่างปฏิบัติงานอยู่ด้วย ตัวถังผลิตจากเหล็กม้วนแผ่น ซึ่งมีความหนา 6 ถึง 40 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2.5 ฉนวนภายใน

ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำมัน เพื่อใช้เป็นฉนวนเหลวที่ป้องกันการ breakdown ของขดลวดทั้งระหว่างขดลวดเองและระหว่างขดลวดกับ Ground รวมทั้งเป็นตัวฉนวนหน้าสัมผัส หรือจุดต่อต่างๆด้วย ปัจจุบันนี้ฉนวนส่วนใหญ่จะใช้น้ำมัน แต่ได้มีการพัฒนาใช้ฉนวน SF6 ขึ้นใช้บ้างแล้วแต่ยังมีราคาสูงมาก และมีผู้ผลิตเป็นจำนวนน้อย

หม้อแปลงกำลัง (power transformer) เพื่อนำมาใช้งานจะเกิดพลังงานสูญเสีย ที่อยู่ในรูปแบบของความร้อน ที่เพิ่มขึ้นภายในหม้อแปลงจึงต้องมีการระบายความร้อนออกไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การระบายความร้อนที่ดีที่สุดจะต้องให้ความร้อนที่มีอยู่ในระบบไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้

3.6.2.6 อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

3.6.2.6.1 ระบบระบายความร้อน การระบายความร้อนทั่วไป จะทำให้หม้อแปลงจ่ายกำลังได้สูงขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นมาเกิดจาก copper loss นั้นเอง ซึ่งความร้อนสามารถแพร่ไปได้ทั่วหม้อแปลงทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น โดยตัวประกอบในการคัดเลือกวิธี คือ ขนาดกำลังของหม้อแปลงและสภาพแวดล้อมที่จะติดตั้งหม้อแปลงนั้น โดยทั่วไปวิธีระบายความร้อนมีวิธีดังต่อไปนี้

OA: Natural oil cooling and Natural air cooling

เป็นการระบายความร้อนโดยใช้การหมุนเวียนของอากาศและน้ำมันตามธรรมชาติโดยอาศัยหลักของ น้ำมันที่ร้อนจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบนไปยัง conservator ส่วนน้ำมันที่เย็นจะลงมาแทนที่ และอาศัยการแพร่ความร้อนของอากาศใช้กับการระบายความร้อนของน้ำมันที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศา และอุณหภูมิของขดลวดไม่เกิน 65 องศา

FA : Natural oil cooling and Forced air cooling

การระบายความร้อนโดยใช้การหมุนเวียนตามธรรมชาติและใช้พัดลมระบายอากาศ จะใช้กับหม้อแปลงที่มีอุณหภูมิน้ำมันประมาณ 60 องศา อุณหภูมิของขดลวดประมาณ 65 องศา และมีขนาดของหม้อแปลงประมาณ 80 MVA การระบายความร้อนวิธีนี้มักจะใช้ร่วมกันกับวิธี OA ในการที่จะเลือกใช้การระบายความร้อนวิธี FA นี้มักจะเลือกใช้ที่ขนาดกำลังของหม้อแปลงมากกว่าวิธี OA อยู่ประมาณ 1/3 หมายถึงว่าวิธี FA จะใช้กับขนาดกำลังของหม้อแปลง 133 % ของวิธี OA

ในการใช้งานถ้ากำลังที่ใช้ไม่เกินตาม rate ที่ได้กำหนดไว้ การระบายความร้อนด้วยวิธีการไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติก็เพียงพอแล้ว แต่เมื่อมีการเกิด loss มากกว่าปกติ จะทำให้เกิดความร้อนสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ พัดลมระบายอากาศที่ติดอยู่ก็จะเริ่มทำงาน ความร้อนที่เกิดขึ้นจะระบายสู่อากาศได้อย่างรวดเร็ว การติดตั้งพัดลมระบายอากาศ สามารถติดตั้งได้ 2 วิธีคือ ในแนวตั้งและแนวระนาบ ขนาดมาตรฐานของพัดลมระบายอากาศคือ 1.17 m/s ต้องมีเสียงรบกวนน้อยลงมี loss น้อยด้วย การทำงานของพัดลมระบายอากาศมีทั้งแบบอัตโนมัติและแบบธรรมดา แบบอัตโนมัติจะใช้ตัว

เช่นเซอร์วิคระดับอุณหภูมิของน้ำมัน หรือขดลวดเป็นตัวตัดต่อวงจรไฟฟ้าของพัดลม ซึ่งจะทำงานเป็นขั้นๆแล้วแต่ระดับอุณหภูมิที่ตั้งไว้

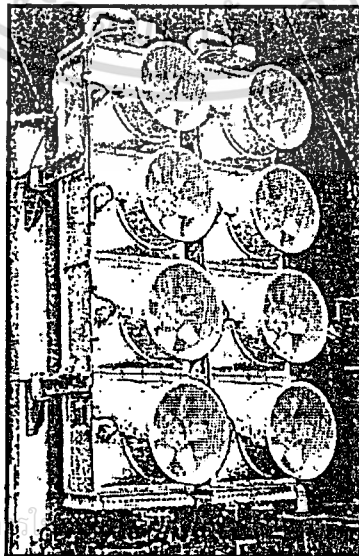
FO : Forced oil cooling and Natural air cooling

การระบายความร้อนโดยใช้ปั๊มขับเคลื่อนการไหลเวียนของน้ำมันและใช้การไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติมักจะใช้ร่วมกันกับวิธี OA ระบบนี้มีปั๊มติดตั้งอยู่ระหว่างตัวถังหม้อแปลงกับส่วนระบายความร้อน จะสามารถใช้กับขนาดกำลังมากกว่าแบบ OA อยู่ 1/3 หรือมีขนาดกำลัง 133 % ของแบบ OA ในระบบนี้จะใช้กับการติดตั้งที่มีส่วนของหม้อแปลงและส่วนของการระบายความร้อนแยกออกจากกันเช่น ส่วนของหม้อแปลงติดตั้งอยู่ภายในห้อง และส่วนของการระบายความร้อนติดตั้งอยู่ภายนอกห้อง ปั๊มจะทำงานเพื่อให้ น้ำมันไหลเวียนจากตัวหม้อแปลงมาสู่ส่วนระบายความร้อน ทำให้สามารถระบายความร้อนได้รวดเร็ว

หม้อแปลงกำลังระบบระบายความร้อนวิธี FO นี้ จะออกแบบให้ง่ายต่อการที่ที่จะถอดปั๊มออกมาซ่อมในขณะที่หม้อแปลงกำลังทำงานอยู่ ซึ่งก็หมายความว่าในขณะที่ถอดออกไปซ่อม หม้อแปลงตัวนี้จะต้องจ่ายโหลดน้อยกว่าปกติ โดยการปลดโหลดบางส่วนออก ในการควบคุมปั๊มให้ทำงานจะเป็นไปโดยอัตโนมัติโดยจะติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิที่มีขดลวดหรือน้ำมัน เพื่อไปตัดต่อวงจรปั๊มอีกทีหนึ่ง

ในกรณีที่มีโหลดมากขึ้นในอนาคต ทำให้หม้อแปลงต้องจ่ายกำลังมากขึ้นกว่าปกติ เราสามารถเพิ่มพัดลมระบายอากาศเข้าไปอีกด้วยได้ และระบบจะเปลี่ยนไปเป็นแบบระบายความร้อนโดยวิธี FOA

FOA : Forced oil cooling and Forced air cooling



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 3-13 การระบายความร้อนแบบ FOA ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบายความร้อนโดยใช้ปั๊มขับเคลื่อนการไหลเวียนของน้ำมัน และใช้พัดลมระบายอากาศ โดยทั่วไปจะใช้กับหม้อแปลงที่มีขนาดมากกว่า 30 MVA ในการระบายความร้อนจะแบ่งออกเป็นชั้นๆ ไปคือ OA,FA และ FOA ทำให้สามารถจ่ายกำลังเพิ่มขึ้นได้ พัดลม และปั๊มน้ำมันจะไม่ทำงาน ทำให้ลด loss จากพัดลมและปั๊มน้ำมันได้

FOW Forced oil cooling and Forced water cooling

การระบายความร้อนโดยการใช้น้ำขับเคลื่อนการไหลเวียนของน้ำและน้ำมัน โดยสามารถระบายความร้อนได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ซึ่งแตกต่างจากวิธี FOA คือจะมีน้ำไหลเวียนรอบๆ ถังน้ำมัน เพื่อทำให้มีการระบายความร้อนได้ดี แต่ในวิธีนี้สิ่งที่สำคัญจะต้องมีความดันสูงกว่าน้ำ เพราะถ้าท่อน้ำเกิดแตกหรือเสียหายขึ้นมา น้ำจะไม่ไปผสมกับน้ำมันในหม้อแปลง น้ำที่ระบายความร้อนจะไหลวนเวียนอยู่ในท่อน้ำซึ่งจะมีปั๊มติดตั้งคอยช่วยการไหลเวียนอยู่

3.6.2.6.2 การรักษาคุณภาพของฉนวนน้ำมัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในบรรยากาศ หรือมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอื่นเนื่องมาจากโหลดที่เพิ่มขึ้นของแม่แปลงจะทำให้ฉนวนน้ำมันในหม้อแปลงเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรด้วย และน้ำมันจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่างกัน ไป แต่โดยทั่วไปนั้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอยู่ในช่วง -20 องศา ถึง +90 องศา ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรได้สูงสุดประมาณ 9 % ดังนั้นอ่างเก็บน้ำมันที่อยู่บนหม้อแปลง (conservator) จึงต้องมีพื้นที่ว่างเพื่อรองรับการขยายน้ำมันด้วย

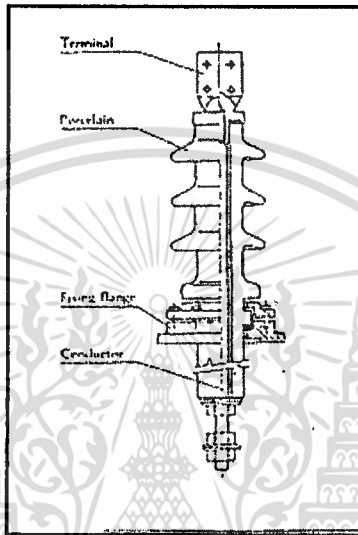
แม้ว่าเราจะมีความจำเป็นที่จะต้องพื้นที่ว่างเพื่อให้น้ำมันได้ขยายตัวแล้ว แต่ถ้าพื้นที่ว่างนั้นเป็นอากาศธรรมดา จะทำให้ฉนวนนั้นรับความชื้นจากอากาศได้ และเกิดปฏิกิริยานั้นเป็นกรดออกแกนิก ฉนวนน้ำมันจะสูญเสียความเป็นฉนวนไปได้ และคงไม่ใช่นักที่จะต้องเปลี่ยนน้ำมันอยู่บ่อยๆ เราจึงมีวิธีแก้การเสื่อมสภาพของฉนวนน้ำมันโดยวิธีการบรรจุแก๊สในโตรเจนลงในพื้นที่ว่างดังกล่าว หรือใช้ diaphragm เพื่อให้ฉนวนน้ำมันไม่สัมผัสกับอากาศในพื้นที่ว่าง โดยแผ่น diaphragm เป็นแผ่นที่สามารถยืดหยุ่นได้ และลอยอยู่บนผิวของน้ำมันในอ่างเก็บน้ำมันบนหม้อแปลง เราสามารถนำแก๊สในโตรเจนมาบรรจุในพื้นที่ว่างเหนือแผ่น diaphragm ได้ด้วย แต่ก็มักใช้กับ power transformer ที่มีขนาดใหญ่ๆ เท่านั้น

3.6.2.6.3 Bushing คือปลอกฉนวนนำสายไฟ ทำหน้าที่เป็นฉนวนกันระหว่างตัวนำที่มีไฟฟ้ากับส่วนที่ต่อลงดิน เช่น ดึงโลหะ เป็นต้น ฉนวนปลอกฉนวนนำสายไฟต้องมีการฉนวนที่ทนต่อแรงดันใช้งาน และแรงดันเกินที่อาจเกิดขึ้นได้ ปลอกฉนวนนำสายไฟจะมีส่วนสำหรับยึดติดกับสิ่งกันหรือฝาผนังที่จะต้องนำสายไฟผ่านไปชนิดของ Bushing สามารถแบ่งได้ตามระดับของฉนวน, สถานะแวดล้อม, ชนิดของกระเบื้องที่ใช้ทำ เป็นต้น จะแบ่งออกเป็นแบบ Solid type และ Condenser type

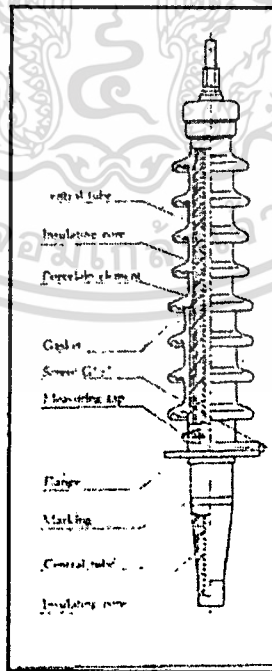
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solid type bushing

Solid type bushing มีโครงสร้างประกอบด้วยตัวนำและแท่งกระเบื้องเคลือบมี dielectric strength ต่ำ ซึ่งนำมาใช้ระบบที่มีแรงดันต่ำกว่า 30 kV ช่องว่างระหว่างตัวนำกับกระเบื้องเคลือบจะมีฉนวนน้ำมันจากหม้อแปลงกั้นอยู่ ดังรูป 2-13



รูปที่ 3-14 Solid type bushing



รูปที่ 3-15 Condenser type bushing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

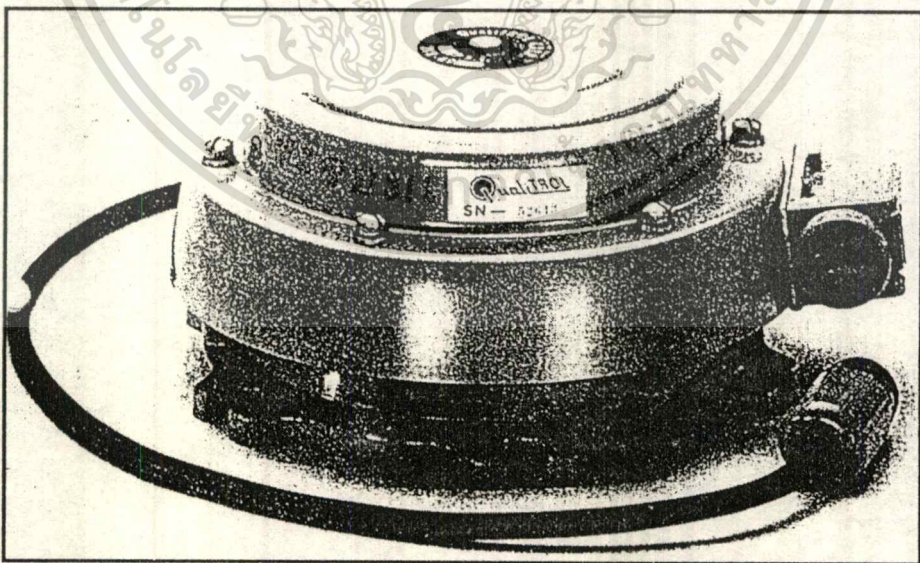
Condenser type bushing

Condenser type bushing คือการฉนวนที่ใช้ฉนวนกระดาษ และเหล็กฟอยล์ สลับกันไปรอบๆตัว

นำภายในบุหซึ่ง เพื่อเป็นฉนวนภายใน บุหซึ่งในแบบนี้ใช้กับระบบที่มีแรงดันสูงมากกว่า 46 kV บุหซึ่งในแบบนี้มี 2 อย่างคือ synthetic resin bounded paper insulated condenser bushing และ impregnated paper insulated condenser bushing

3.6.2.6.4 อุปกรณ์ลดความดัน (Pressure relief device) เมื่อเกิดการลัดวงจรทันทีทันใดภายในถังที่บรรจุหม้อแปลง วัสดุฉนวนภายในหม้อแปลงซึ่งอาจจะเป็นฉนวน กระดาษ, ไม้หรือน้ำมัน เป็นต้น จะถูกทำให้เกิดแก๊สภายใน ทำให้ความดันภายในถังเพิ่มขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้ถังที่บรรจุหม้อแปลงเกิดความดันจนแตกหรือเปลี่ยนรูปไป เราก็นำอุปกรณ์ลดความดันนี้ไปติดตั้งบนถังเพื่อลดความดันภายในถังเมื่อเกิดเหตุขึ้น เมื่อมีการลัดวงจรแล้วเกิดความดันขึ้นภายในถังที่บรรจุหม้อแปลง ตัวลดความดันจะทำงานเองโดยอัตโนมัติทันที โดยจะผ่อนให้ความดันภายในลดลงจนเกิดภาวะปกติ

เมื่อตัวลดความดันทำงาน ระบบจะทำให้ปุ่มบนตัวลดความดันกระเด็นขึ้น ทำให้เราสามารถรู้ได้ว่าอุปกรณ์มีการทำงานหรือไม่ ซึ่งอาจจะเป็นการเตือนด้วยเสียงหรืออาจจะไป Trip สวิตซ์ที่ทำงานอยู่ก็ได้



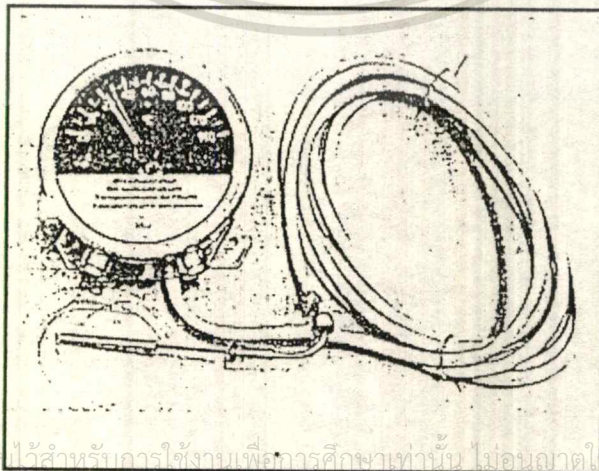
รูปที่ 3-16 Pressure relief device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

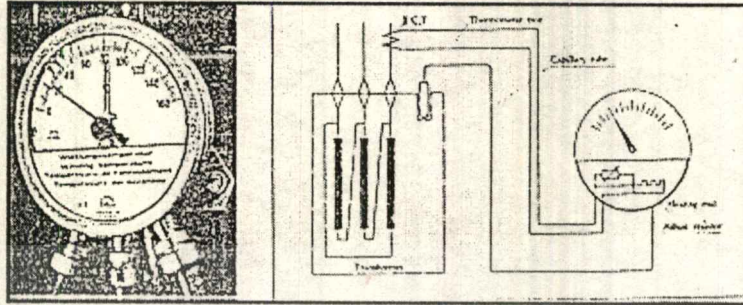
3.6.2.6.5 Resistance Thermometer (bulb) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ โดยใช้กระเปาะความต้านทานมี 2 ชนิด ชนิดที่หนึ่งคือความต้านทานจะมีรูปร่างเป็นแท่งกลม และจะนำไปติดไว้ในส่วนที่น้ำมันจะมีอุณหภูมิสูงสุด และวัดอุณหภูมิของน้ำมันโดยเปลี่ยนมาจากความต้านทาน อีกวิธีหนึ่งคือ จะมีขดลวดปรับอุณหภูมิ และอุปกรณ์ที่จะรับความร้อนประกอบกันอยู่ในที่ที่น้ำมันมีอุณหภูมิสูงสุด และความร้อนที่กระเปาะความต้านทานจะทำให้มีกระแสไหลอย่าง เป็นสัดส่วนกับกระแสไหลลด อุณหภูมิของน้ำมันที่เราจะวัดได้ โดยการลดค่าอุณหภูมิของขดลวดปรับอุณหภูมิจากเดิมปรับไว้สูงสุดให้ลงมาเท่ากันก็จะสามารถวัดค่าอุณหภูมิน้ำมันได้ รายละเอียดของกระเปาะความต้านทานประกอบด้วยตัวต้านทานเป็นทองแดงเรียกว่า PT 100 เราสามารถวัดได้ที่อุณหภูมิ 0-120 องศา

3.6.2.6.6 Oil Thermometer ใช้สำหรับการประมาณค่าอุณหภูมิของอุณหภูมิของน้ำมัน ตัวที่จะใช้ตรวจจับอุณหภูมิของน้ำมัน มักจะติดตั้งที่ตำแหน่งสูงสุดของถัง ส่วนที่เป็นหน้าปัทม์บอกอุณหภูมิของน้ำมัน จะถูกยึดติดกับตำแหน่งที่มองเห็นได้ง่ายบนผนังของถัง

กระเปาะที่วัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์จะเชื่อมต่อภายในถัง เพื่อให้ง่ายต่อการเปลี่ยน ถ้าหากเทอร์โมมิเตอร์มีปัญหา เทอร์โมมิเตอร์มีการแบ่งขีดด้วยเข็มชี้เพื่อจะบอกค่าสูงสุด และเตือนเมื่อถึงค่าสูงสุด เทอร์โมมิเตอร์แต่ละตัวมีค่าสัมพัทธ์ 4 ตัว เพื่อต่อเข้ากับความต้านทาน PT 100 โอห์มที่ 0 องศา ซึ่งสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการ เพื่อสามารถที่จะต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิตรง แต่จากความรู้ที่ว่าอุณหภูมิของขดลวดจะเปลี่ยนแปลงตามกระแสที่ไหลผ่านจึงนำ C.T. ไปต่อที่ทางเข้าของขดลวด และนำไปสร้างความร้อนขึ้น โดยผ่าน heat coil และวัดอุณหภูมิจาก heat coil แทน โดยการปรับหน้าปัทม์ให้อ่านค่าได้เท่ากับอุณหภูมิของขดลวดจริงๆ



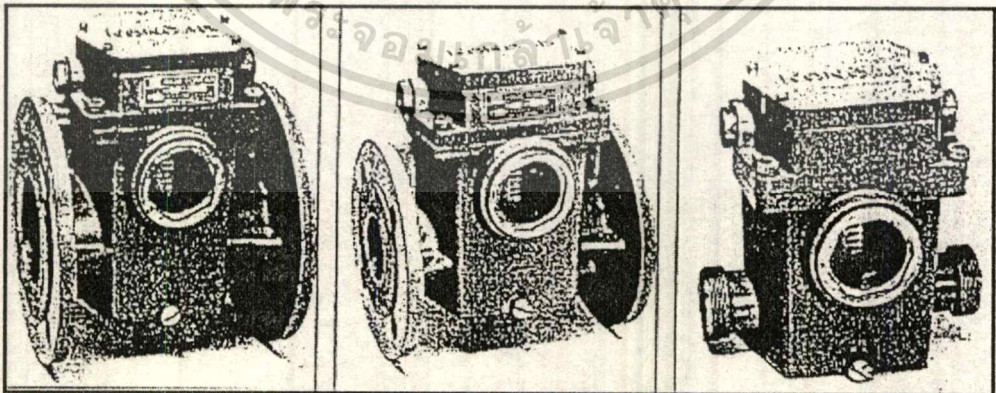
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดรูปที่ 3-17 Oil thermometer และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-18 Winding thermometer

3.6.2.6.7 Buchholz relay ถ้ามีปัญหาเกิดขึ้นในหม้อแปลงอาจจะเป็นกระดาษฉนวนน้ำมัน จะเกิดแก๊สขึ้นถ้าปัญหาเป็นปัญหาเล็กๆแก๊สจะเกิดช้าๆ และกลายเป็นฟองอากาศลอยขึ้นไปอยู่ส่วน บน และช่องว่างในถัง ในกรณีที่เกิดเหตุรุนแรงแก๊สจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ความดันในถังจะเพิ่มขึ้น ที่ด้านบนมีอุปกรณ์ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากน้ำมันน้อยเกินไป อุปกรณ์นี้คือ Buchholz relay ในขณะที่หม้อแปลงทำงานในสภาวะปกติ Buchholz relay จะถูกเติมน้ำมันเต็มภา ยได้เงื่อนไขนี้ น้ำมันจะหมุนเวียนไปเรื่อยๆ ถ้ามีแก๊สเกิดขึ้น air bubbles จะเคลื่อนที่ไปที่ตัวป้องกันการ เกิดอุบัติเหตุและสะสมขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดสูงสุดของ relay นี้

เมื่อแก๊สสะสมมากขึ้น จนระดับน้ำมันใน relay ต่ำลง และลูกกลอย ลอยอยู่ระดับต่ำ จะเป็ นการเริ่มต้นทำงานของสัญญาณเตือนภัย ถ้าแก๊สนี้เกิดขึ้นติดต่อกับไปเรื่อยๆ และระดับน้ำมันต่ำลง จนถึงระดับต่ำสุดลูกกลอยจะต่ำลงด้วย ทำให้ Buchholz relay เริ่มต้นเปลี่ยนแปลงสวิตช์แม่เหล็กและ ตัดวงจรหม้อแปลงออกจากระบบทันที

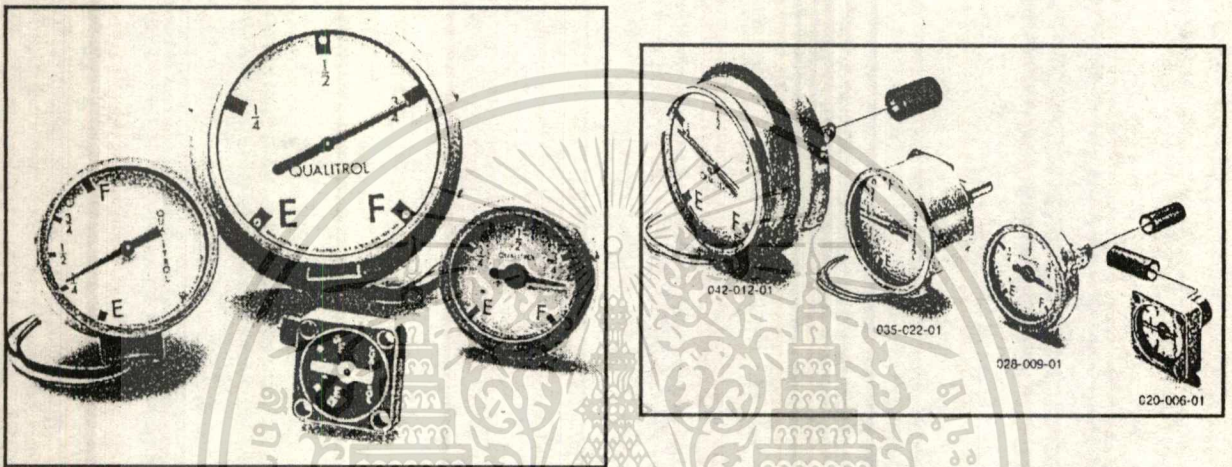


รูปที่ 3-19 Buchholz relay

3.6.2.6.8 Sudden pressure relay เป็น relay ที่ทำงานเมื่อความดันหม้อแปลงเปลี่ยนแปลง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานวิศวกรรมรับทราบใช้งานเพื่อการศึกษามาก่อน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทันที ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่แก๊สที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำมันที่ผิดปกติ โดยจากการลัดวงจรจะทำให้เกิด ไม่สามารถดูได้ พยายาม อีกทั้งห้ามมิให้คิดแบ่งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ การสั้นของน้ำมัน และความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ววิธีนี้จะทำงานทันที อาจส่งสัญญาณเตือนภัย

หรือตัดวงจรทันทีทันใดก็ได้ ทั้งนี้ส่วนใหญ่รีเลย์ใน สถานีไฟฟ้าย่อย จะทำงานเสียก่อนที่รีเลย์นี้จะทำงาน

3.6.2.6.9 Oil level indicator เป็นอุปกรณ์ที่ใช้บอกระดับน้ำมันในหม้อแปลง ซึ่งตรวจจับความผิดปกติของการ ขึ้น-ลง ของน้ำมัน ซึ่งมีมาจากข้อผิดพลาดภายในหม้อแปลงตัวตรวจวัดระดับสามารถกั้นน้ำและกั้น



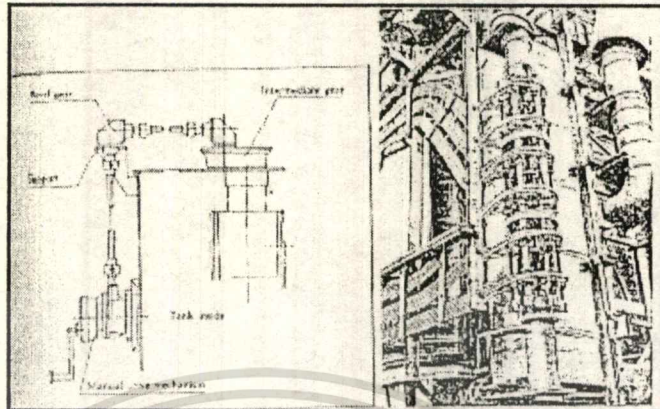
รูปที่ 3-20 Oil level indicator

สะท้อนได้เป็นอย่างดี และจะถูกติดตั้งบน conservator และมีหน้าสัมผัสเพื่อส่งสัญญาณเตือนว่าระดับน้ำมันสูงหรือต่ำไป

3.6.2.6.10 Dehydrating Breather (ชุดดูดซับความชื้น) ชุดดูดซับความชื้นนั้นจะนำไปติดตั้งที่ตอนท้ายของท่อระบายอากาศเข้าของหม้อแปลงลักษณะของชุดดูดซับความชื้น แสดงดังรูปที่ 2-67 อากาศจะเข้า และออกได้เองโดยตรงโดยกรองความชื้นไว้ด้วยซิลิกาเจลบนพื้นที่ส่วนต่างๆ ที่บรรจุในตัวชุดดูดซับความชื้นจะมีความดันที่แตกต่างกับความดันบรรยากาศ ซิลิกาเจลจะบรรจุอยู่ในภาชนะแก้ว เมื่อซิลิกาเจลเริ่มเปียกชื้นสีของมันจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูางๆวิธีป้องกันซิลิกาเจลจากการที่ไปโดนความชื้นของบรรยากาศ คือไม่ให้อากาศชื้นผ่านเข้ามาภายใน และระดับน้ำมันในตัวมันต้องคงที่โดยน้ำมันจะอยู่ส่วนล่างสุดของชุดดูดซับความชื้น ซิลิกาเจลควรจะต้องมีการเปลี่ยนใหม่เมื่อเกิดการเปียกชื้นขึ้น หรือมีสีด่างประมาณ 70 % แล้ว

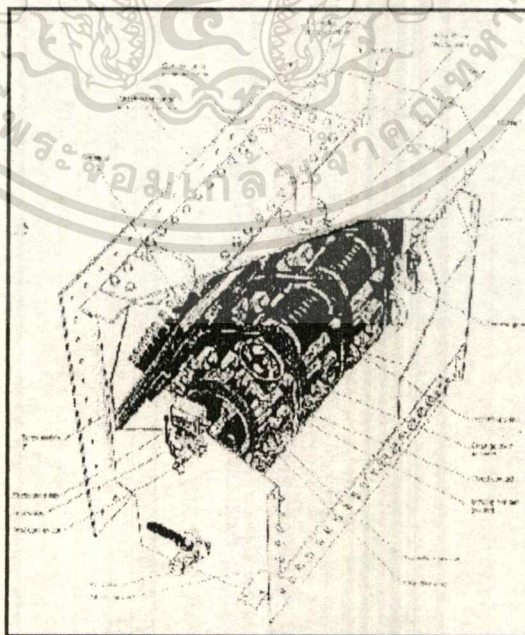
3.6.2.6.11 No-load Tap Change ใช้ปรับแรงดันของ power transformer ซึ่งจะใช้ปรับ tap ของหม้อแปลงในขณะที่ไม่มี load เนื่องจากไม่ได้ออกแบบหน้าสัมผัสให้ทนทาน arc หน้าสัมผัสในการเปลี่ยน tap จะทำจากทองแดง หรือ ทองแดงอัลลอยด์ และถูกเคลือบด้วยสารป้องกันการเกิด copper sulphate ซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าการปรับ tap ทำได้โดยง่าย โดยการหมุนมือไปตาม tap ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใจขอขโมยหรือการคัดลอกโดยไม่ได้รับอนุญาต ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

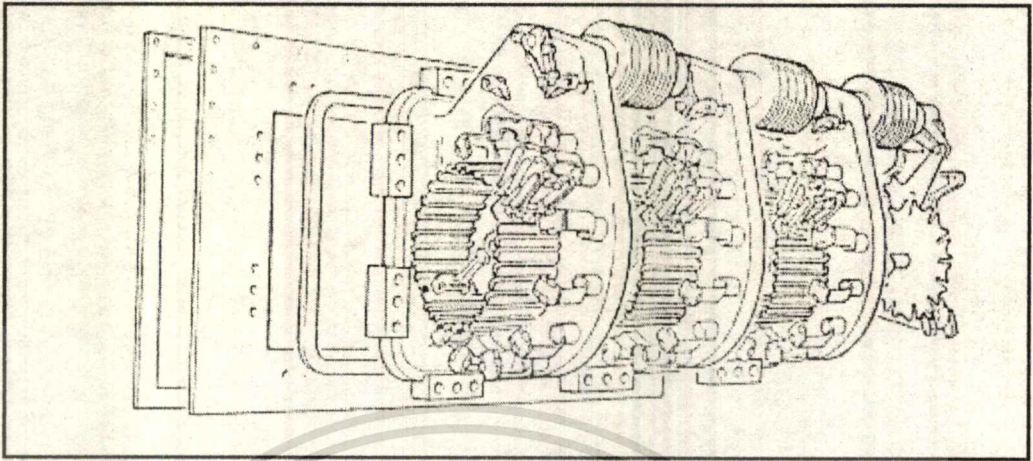


รูปที่ 3-21 NO load tap changer

3.6.2.6.12 On-load tap changer ใช้ปรับแรงดันของหม้อแปลงอย่างต่อเนื่องได้ โดยมีต้อง
 ตัด load ออก หน้าสัมผัสจะมีอยู่สองชุด คือ diverstor switch และ disconnecter switch ทั้งสองชุดจะ
 อยู่ในถังที่จุ่มอยู่ในหม้อแปลง แต่ในชุดของ diverstor นั้นจะเกิดการ arc บ่อยจึงต้องแยกน้ำมันต่าง
 หาก และต้องเปลี่ยนบ่อยการทำงานนั้น disconnecter จะเปลี่ยนจากตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งใหม่
 ก่อน ซึ่งจะทำให้เกิดมีกระแสไหลใน loop เนื่องจากการ short turn แต่จะมี resistor ต่ออนุกรมอยู่
 เพื่อ limit กระแส ต่อจากนั้น diverstor จึงตามไปยังตำแหน่งใหม่ ทำให้สามารถเปลี่ยน tap ได้โดย
 ไม่ต้องตัด load หรือกระแสไม่ต่อเนื่องเลย ระบบ mechanic จะใช้ motor เป็นตัวขับ ซึ่งอาจจะ
 เปลี่ยน tap ด้วยการตั้งจากห้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-22 On-load tap changer

ประเภทของ power transformer

การแบ่งประเภทของ power transformer นั้นเป็นสิ่งที่ละเอียด สามารถแบ่งได้หลายลักษณะแต่ส่วนใหญ่ จะแบ่งตามระดับแรงดันที่ต้องการ และแบ่งตามขนาด MVA ของหม้อแปลง นอกจากนี้ยังมีการแบ่งตามการต่อ vector group จำนวนขดลวด, ธรรมดา หรือเป็นแบบ auto transformer และอื่นๆอีกมากมาย

Rating ของ power transformer

- Rating voltage ทั้ง Primary ,Secondary และ Tertiary
- Rated MVA ทั้ง Primary ,Secondary และ Tertiary
- Rated Impedance Voltage
- Rated frequency
- Vector group
- Rated short circuit capacity
- Sound level
- Insulation class
- Rated Impulse voltage

3.7 ลักษณะและหน้าที่ของ SHUNT REACTOR

ในสถานีไฟฟ้าย่อย แรงดันปานกลางนั้นจะมีการต่อ shunt reactor ซึ่งก็คือ inductor นั้นเองขนานกับสายส่งที่ปลายสายส่ง ลักษณะโครงสร้างทั่วไปเหมือนกับหม้อแปลง แต่จะต้องมีคุณสมบัติที่พิเศษคือ จะต้องมีความถี่ของระบบส่ง และทนแรงดันสูง ทั้งต้องมี loss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
น้อยด้วยมีลักษณะเป็น 3 phase single winding transformer จะติดตั้งตาม สถานีไฟฟ้าย่อย ตรงปลาย
ไม่อาจรู้ได้ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดูแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
สายส่งโดยใช้ breaker เป็นตัวปลดสับ และ protection

3.7.1 หน้าที่ของ shunt reactor

มีอย่างเดียวคือเป็นตัว VAR ในระบบในขณะที่เป็นช่วงที่มี load น้อย ทำให้ load ส่วนใหญ่เป็นค่า capacitive reactance ซึ่งทำให้แรงดันในระบบสูงขึ้นมากเกินไป ทำให้มีอันตรายต่อ load ได้ Shunt reactor จะทำหน้าที่เป็น inductive reactance ช่วยลดแรงดันในระบบลงมาเท่าเดิม

3.7.2 ลักษณะโครงสร้างของ shunt reactor

3.7.2.1 Winding ใน shunt reactor จะมีเพียงขดเดียวเท่านั้น โดยจะพันรอบแกนให้มีจำนวนรอบที่ให้ค่า inductance ตามต้องการ

3.7.2.2 Core เป็นแกนเหมือนกับแกนของหม้อแปลง แต่จะแบ่งเป็น 2 ชนิด คือแกนเหล็ก (gap core type) กับแกนอากาศ (air core type)

3.7.2.3 Insulation เป็นฉนวนภายในเช่นเดียวกับหม้อแปลง ส่วนแกนเหล็กนั้นจะมี insulation เป็นน้ำมันส่วนของแบบแกนอากาศนั้นจะมีอากาศเป็น insulator เลย

3.7.2.4 Post insulator เป็นฉนวนยกระดับของตัว shunt reactor ให้อยู่สูงจาก ground เพื่อให้ได้ระยะห่างตามมาตรฐาน

3.7.2.5 Support structure เป็น โครงเหล็กใช้ยึดและติดตั้งตัว shunt reactor ให้แข็งแรงและยกระดับให้สูงกว่าคน เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน

3.7.3 ประเภทของ shunt reactor แบ่งตามลักษณะของแกนได้ดังนี้

3.7.3.1 ชนิดแกนเหล็ก (gap core type) แกนจะเป็นเหล็กชนิดเดียวที่ใช้กับหม้อแปลงแต่การวางตัวของแกนเหล็กจะต่างจากหม้อแปลงดังนี้ การวางตัวของแกนเหล็กในหม้อแปลง การวางตัวของแผ่นเหล็กใน shunt reactor ซึ่งการวางแกนเหล็กแบบนี้จะทำให้ loss น้อยลง แต่จะทำได้ยาก จึงไม่ใช้กันในหม้อแปลง ภายในจะฉนวนด้วยน้ำมัน อีกทั้งยังเป็นตัวระบายความร้อนด้วย

3.7.3.1 2. ชนิดแกนอากาศ (air core type) จะพืดขดลวดอยู่บนแกนฉนวน และตรงกลางเป็นอากาศและต้องมีโครงเหล็กครอบ เพื่อไม่ให้สนามแม่เหล็กออกไปรบกวนภายนอก ทำให้มีขนาดใหญ่เพราะต้องมี clearance ทางด้าน magnetic ซึ่งจะมากกว่า electric

Rating ของ Shunt reactor

- Rated Voltage
- Rated Current
- Rated KVAR หรือค่า Inductance (mH)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร **Rated frequency** การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้ง **Impulse withstand voltage** นี้อาจหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ลักษณะและหน้าที่ของ capacitor bank

ใน สถานีไฟฟ้าย่อย จะมีการติดตั้ง capacitor bank อยู่หลายชุดตามความต้องการที่จะติดตั้งโดยติดตั้งบริเวณหลังหม้อแปลงภายใน สถานีไฟฟ้าย่อย ก่อนจ่ายโหลด ใช้กับระดับแรงดัน 22,33,69 และ 115 kV แต่ปัจจุบันมีถึง 230 kV การต่อจะขนานกับสายส่งที่ต่อไปยัง load

3.8.1 หน้าที่ของ capacitor bank

Capacitor bank มีหน้าที่หลักๆคือเป็นตัวจ่าย VAR ให้กับระบบในกรณีที่ load มีค่า inductance มากๆ ทำให้แรงดันของระบบตกลง ซึ่งจะใช้ capacitor bank เป็นตัวชดเชยให้สูงขึ้นมาอยู่ในค่าปกติที่ต้องการด้วยผลของค่า capacitance ซึ่งจะทำให้มีผลตามมาก็คือ

- ช่วยเพิ่มแรงดันให้ระบบไฟฟ้า
- ช่วยให้หม้อแปลงถึง full load ช้าลง
- ช่วยลด loss ในสายส่ง
- ช่วยเพิ่มค่า power factor ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.8.2 ลักษณะโครงสร้างของ capacitor bank

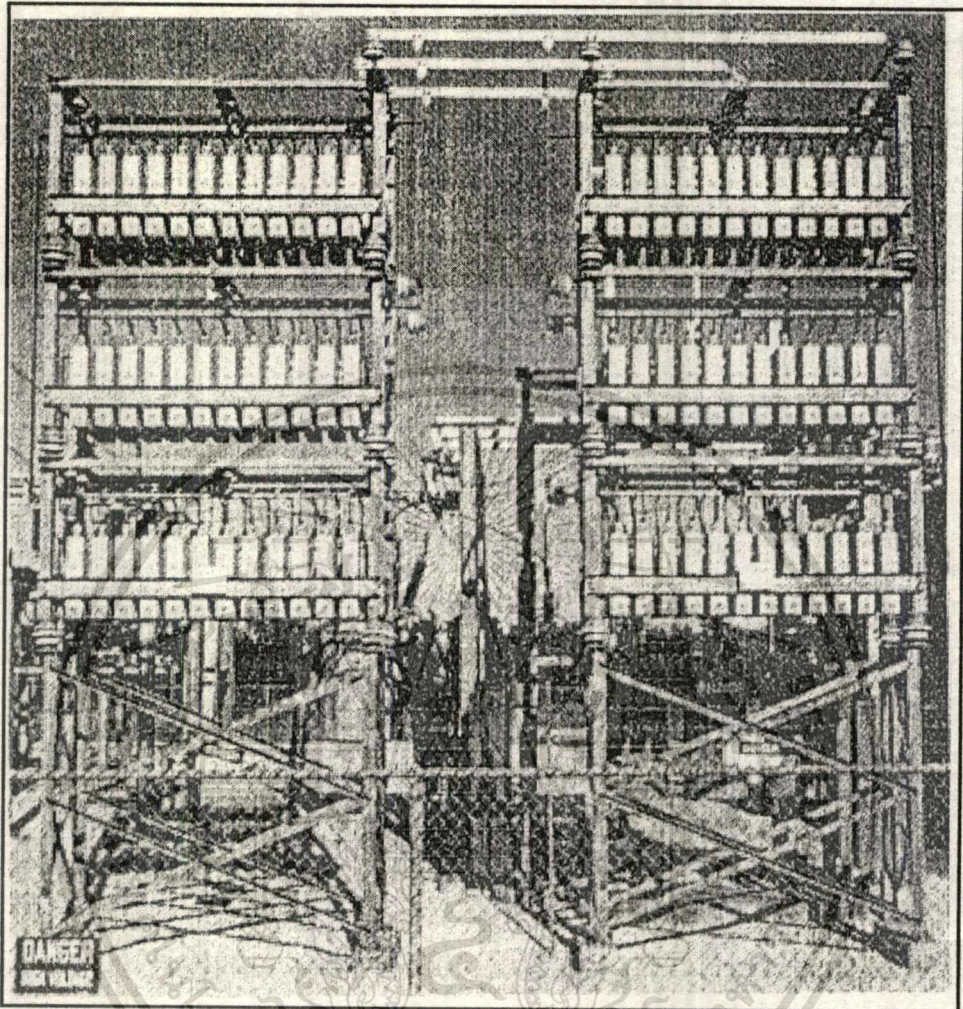
3.8.2.1 Capacitor จะมีค่ามาตรฐานของแต่ละตัวโดยปกติ 1 ชุด จะประกอบไปด้วย capacitor หลายตัวซึ่งรวมแล้วจะมีค่า 200 kVAR ต่อ 1 ชุดเป็นมาตรฐาน เมื่อต้องการค่ามากขึ้นก็นำแต่ละชุดมาขนานกัน ทั้งนี้เพราะไม่ผลิตรวมอยู่ตัวเดียวกัน เพราะถ้าเสียจะสามารถเปลี่ยนตัวที่เสียเพียงตัวเดียวไม่ต้องเปลี่ยนทั้งหมด ในแต่ละ phase จะนำมาต่อกันเป็น Y และในแต่ละชุดจะมี inductor อนุกรมกับ capacitor โดยมีหน้าที่ limit inrush current ที่เกิดขึ้นจากการสับหรือปลด capacitor bank

3.8.2.2 Power fuse เป็น fuse ที่ต่ออนุกรมกับ C แต่ละชุด เพื่อทำหน้าที่ป้องกันจากการ fault ต่างๆ ที่ทำให้กระแสสูงเกินกว่าปกติ อาจจะเป็นเนื่องมาจาก C รั่วจึงตัดส่วนที่ชำรุดไปเสียมิให้มีผลต่อชุดอื่นๆ

3.8.2.3 ถังหุ้ม เป็นถังหุ้ม capacitor แต่ละชุดไว้และมี bushing ต่อกออกมาเพื่อให้ต่อกับชุดอื่นหรือต่อกับระบบได้

3.8.2.4 Support structure จะเป็น โครงเหล็กยึดตัว capacitor bank และยังเป็นจุดวางของ capacitor แต่ละชุดบน structure นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-23 ลักษณะ โครงสร้างของ capacitor bank

ประเภทของ Capacitor bank จะแบ่งตามลักษณะแรงดันที่ใช้เป็น 2 Group คือ

- กลุ่ม 22 และ 33 kV แต่ละชุดมี fuse อยู่ เพื่อป้องกันกรณี short ที่ชุด ในระบบ 22 และ 33 kV จะใช้ค่า capacitor 3.6 MVAR (ต่อ 3 phase) ซึ่งแต่ละตัวทนได้ 200 kVAR ดังนั้นต้องใช้ทั้งหมด 18 ชุด หรือเฟสละ 6 ชุด ทั้งระบบ 22 และ 33 kV นั้นจะเหมือนกัน แต่ rated voltage จะต่างกัน ระบบ 22 kV ใช้กับ 13.8 kV ส่วนของ 33 kV ใช้ 20 kV โดยในแต่ละ phase จะต่อกันเป็น Y และมี PT detect voltage ไว้ดังรูป

PT จะคอยจับแรงดันระหว่าง N กับ Ground เมื่อ C ชุดใด fuse ขาดไปจะทำให้ค่า capacitance ไม่ balance จุด N จะเลื่อนไปทำให้มีแรงดันระหว่าง N กับ Ground ซึ่งกำหนดไว้ไม่ให้เกิน 10 % ของ rated phase voltage ต้องสั่ง trip ออกทั้งหมดทั้งนี้เพราะจะเกิด over voltage ขึ้น ทำให้อายุการใช้งานของ capacitor bank น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กลุ่ม 69 ,115, และ 230 kV จะมีการ fuse อยู่ภายในถัง และมี C อยู่หลายๆชุดในถังนั้น เพื่อให้ C ละเอียดยื่นเมื่อ C เสียไปหนึ่งตัวก็จะขาดไปเพียงเล็กน้อยไม่เป็นอันตรายต่อระบบมากเท่าไรแต่ละชุดเป็น 200 kVAR 6.9 kV ในระบบ 69 kV ใช้ 6 ชุดอนุกรมกันต่อ 1 phase ,115 kV ใช้ 10 ชุด และ 230 kV ใช้ 20 ชุด 69 kV ต้องการ 36 MVAR ต้องใช้ถึง 180 ชุด ขาหนึ่งใช้ 10 ชุด มี 6 ขา โดยต่อเป็น Y ขนานกัน 2 ชุด 1 ขา ใช้ 5 parallel เพราะขาหนึ่งมี 6 ชุด ใช้ C.T. เป็นตัว sensor เมื่อเกิด unbalance จะมีกระแสไหลจากจุด N ของชุดหนึ่งไปยังอีกชุดหนึ่ง เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ทาง voltage ไม่เกิน 10 % เป็นกระแสไปสั่ง trip ในระบบ 115 kV ต้องการ 36 MVAR และ 230 kV ต้องการ 72 MVAR

ในระบบ 230 kV นั้นจะใช้การต่อแต่ละ phase เป็น bridge ก่อนจะต่อลง ground เรียกว่า bridge connection to ground แบบนี้สามารถตรวจสอบที่ละ phase ได้ว่า phase ไหนที่ C ไม่ชำรุดเพราะมี CT ติดอยู่แต่ละ phase ภายใน C จะมี R discharge ด้วยเพื่อกรณีปลด breaker ออก C จะได้ discharge ประจุออกทำให้แรงดันใน C หดไป

Rating ของ Capacitor Bank

1. Rated voltage
2. Rated Current
3. Rated kVAR หรือค่า Capacitor (uF)
4. rated frequency
- 5 Impulse withstand voltage

3.9 ลักษณะและหน้าที่ของ Line Traps

Line traps เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการดักสัญญาณ carrier ตรงปลายสายส่งที่มาจากอีก สถานีไฟฟ้าย่อยหนึ่งจะต่ออนุกรมสายส่งก่อนเข้า สถานีไฟฟ้าย่อย มีคุณสมบัติเป็น parallel resonant circuit ซึ่งจะมีค่าความต้านทานสูงเพื่อรับ และส่งสัญญาณ carrier ซึ่งมีความถี่สูงแต่จะไม่มีผลต่อกระแสไฟฟ้าระบบส่ง

3.9.1 หน้าที่ของ Line traps

หน้าที่ของ Line traps คือ วงจร parallel ใช้ในการสื่อสารด้วยระบบ power line carrier (PLC) โดยให้มีความถี่ต่ำซึ่งก็คือความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังผ่านเข้าไปใน สถานีไฟฟ้าย่อย ได้ และกันเอกสความถี่สูงจำพวกสัญญาณสื่อสารเอาไว้ และสัญญาณนี้จะผ่าน coupling capacitor เพื่อเข้าไปยัง carrier equipment ใช้งานโทรศัพท์,ระบบป้องกัน,ระบบการวัด,supervisory control และอื่นๆ

3.9.2 ลักษณะโครงสร้างของ line traps

3.9.2.1 Winding ที่พันเป็น Inductor หรือ coil

3.9.2.2 Tuning Pack ประกอบด้วย capacitor และ Variable Inductor

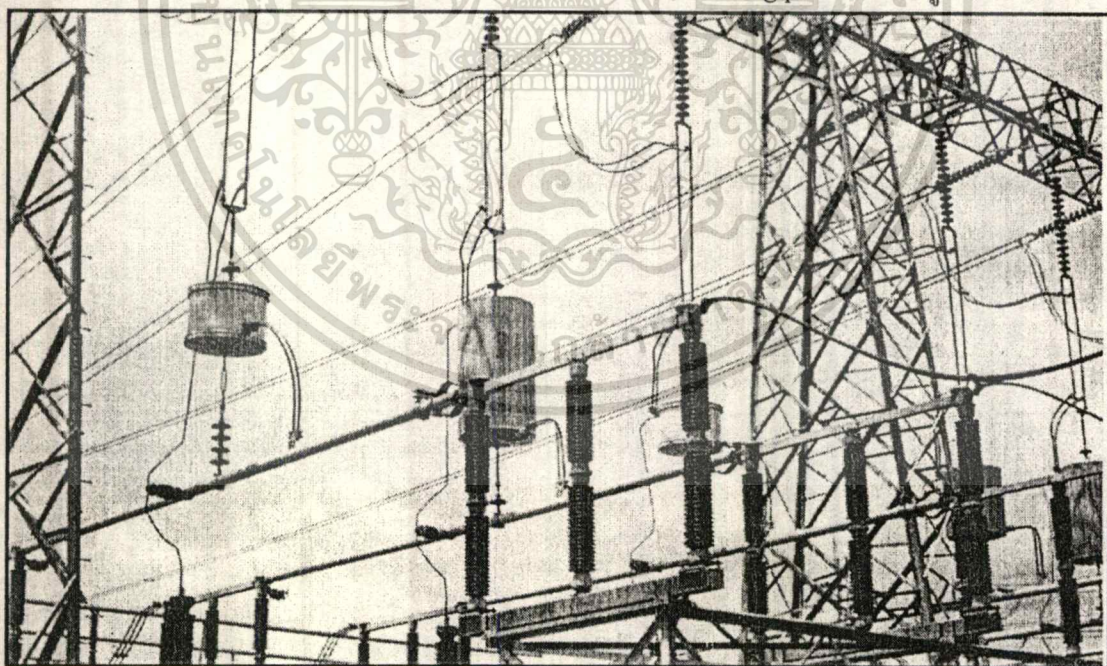
3.9.2.3 Lightning Arrester

3.9.2.4 Bird Barrier

3.9.2.5 Post insulator และ support structure

3.9.2.1 Winding ที่พันเป็น inductor หรือ main coil จะเป็นขดลวดอาบนํ้ายา และทำด้วยตัวนำลুমินีเยมหรือทองแดงพันอยู่บนโครงสร้างทรงกลมที่เป็น fiberglass และฉนวนภายในด้วย epoxy ที่ปลายทั้งสองข้างจะต่อไปยัง terminal ที่จะต่อไปยังสายส่ง ข้อต่อจะมีความแข็งแรงทางกลสูง เพื่อใช้ในกรณีเกิด short circuit ทนแรงดึง และแรงลมได้ดี winding จะพันให้ได้ค่า inductance ค่าหนึ่งซึ่งจะคงที่ไม่สามารถปรับได้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า main coil

3.9.2.2 Tuning pack ประกอบไปด้วย mica capacitor ,resistor ที่ปราศจากค่า inductance และ variable tuning inductor อุปกรณ์ทั้งหมดจะใส่อยู่ในท่อ fiberglass และภายในท่อจะบรรจุด้วย resin เพื่อป้องกันสภาพแวดล้อม และ แรงทางกลจากภายนอก tuning pack จะติดอยู่ภายใน โพลง



รูปที่ 3-24 ลักษณะของ line traps ใช้ suspension insulator ในการแขวน

ของขดลวด (coil) ที่ด้านใดด้านหนึ่งที่สามารถเข้าไปทำการซ่อมบำรุงปรับการ tuning ใหม่หรือเอกส เปลี่ยนใหม่ได้โดยง่ายไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2.3 Lightning Arrester นั้นจะติดตั้งอยู่ภายในโพรงของขดลวดเช่นเดียวกับ tuning pack และขนานกับ main coil เพื่อทำหน้าที่ป้องกัน line traps จากการมี over voltage เช่นในขณะที่เกิดฟ้าผ่า ไม่ให้เกิดอันตรายกับ line trap ได้

3.9.2.4 Bird Barrier คืออุปกรณ์ที่เป็นตะแกรง ใช้สำหรับกันมิให้นกหรือสัตว์เข้าไปทำรังอยู่ข้างในได้ เพราะจะเกิดการ breakdown เสียหายได้ จะปิดที่ด้านบนและด้านล่าง ซึ่งจะสามารถเปิด และปิด เพื่อเข้าไปทำการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ภายใน

5. Post insulator และ support structure เป็นส่วนที่รองรับ และยึด line traps เพื่อการติดตั้งให้แข็งแรง และปลอดภัย ซึ่งในส่วนนี้บางครั้งอาจจะไม่ใช่ แต่จะแขวนไว้กับ take off structure แทนจึงไม่ต้องมี support structure แต่ต้องใช้ suspension insulator ในการแขวนแทน ดังรูปที่ 3-24

3.9.3 ประเภทของ Line traps

ลักษณะโครงสร้างภายนอกโดยทั่วไปจะมีลักษณะคล้ายกัน แต่จะสามารถแบ่งได้ตามความถี่ที่จะใช้ว่าจะเป็น single frequency ,double frequency หรือ band frequency โดยในแต่ละชนิดนั้นสามารถทำได้โดยเปลี่ยนวงจร tuning pack ที่ต่ออยู่กับ main coil ดังจะพอแบ่งได้ดังนี้

3.9.3.1 Single Frequency Line Traps หรือ narrow-band frequency

single frequency line trap สามารถ block สัญญาณด้วย tuning pack ที่ให้คุณสมบัติแบบ narrow band width resonant จะมีความสามารถในการปรับความถี่ในช่วง 30-90,70-200,50-150 และ 100-300 kHz โดยที่จะมี main coil inductance ค่า 0.265 mH ค่า Q ของวงจรมันสามารถลดลงได้ด้วยการต่อ Resistor อนุกรมกับ Capacitor ใน tuning pack ซึ่งจะทำให้ค่า impedance blocking ต่ำลง แต่มีข้อเสียตรงที่ช่วงความถี่กว้างของ bandwidth จะแคบลง ทำให้สามารถกันความถี่ที่ต้องการ ซึ่งเป็น Carrier signals ไม่ให้เข้าไปยังระบบอีกทั้งยังป้องกันการเกิด resonant เองเนื่องจากค่า Capacitor ของ busbar อาจจะ resonant พอดีกับ Inductive ของ Line Traps ได้

3.9.3.2 Double Frequency Line Traps Double frequency Line Trap ใช้ tuning pack 3 ชุด 2 ชุด ใช้กับความถี่ resonance 2 ความถี่ที่ต้องการ อีกชุดจะ block ความถี่ระหว่างความถี่ทั้งสองไม่ให้ผ่าน ช่วงความถี่และค่า Inductance ก็เช่นเดียวกับแบบ Single frequency

3.9.3.3 Wind Band Line Traps Wide band Line Trap มีความเหมาะสมใช้กับงานสื่อสารหลายๆ channel จะมีช่วงความถี่กว้างเป็นแถบ tuning pack ที่มี bandwidth ต่างๆ จากค่า impedance ตั้งแต่ 400 ถึง 1000 โอห์ม ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 2-76 สามารถปรับความถี่ได้ในช่วง 50-205,70-200 และ 100-300 kHz Main coil inductance ค่า 0.265 mH ในการเลือก จะมีทั้งแบบปรับค่าเอง หรือ

แบบคงที่ นั่นคือทางผู้ผลิต จะผลิตที่ความถี่ resonant ตามต้องการ แบบคงที่ (Fixed Tuning Packs) นั้นจะมีการปรับภายในมาให้เสร็จ ไม่สามารถปรับภายนอกได้ มีประโยชน์คือ จะมีความเสถียรภาพ

บทที่ 4

การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ภายในสถานีไฟฟ้าย่อย

4.1 Single line diagram

ในการออกแบบ สถานีไฟฟ้าย่อย เริ่มต้นจาก จะต้องมีข้อกำหนด capacity และ สถานีไฟฟ้าย่อย ว่าสามารถรองรับ กำลังไฟฟ้าได้เท่าไร เมื่อสามารถกำหนดค่าดังกล่าวได้แล้ว เราสามารถที่จะออกแบบ Single line Diagram ของ สถานีไฟฟ้าย่อย นั้นได้แล้ว จากแบบ Single line diagram จะแสดงรายละเอียดดังนี้

- การจัด Bus ของ สถานีไฟฟ้าย่อย
- จำนวน Bay ของ สถานีไฟฟ้าย่อย (จำนวนปัจจุบัน และจำนวน Bay อนาคต)
- อุปกรณ์หลักในแต่ละ Bay รวมถึงอุปกรณ์หลักทั้งหมดที่ใช้ใน สถานีไฟฟ้าย่อย เช่น Circuit Breaker เป็นต้น
- การเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ที่ใช้
- สายส่งที่ออกจาก สถานีไฟฟ้าย่อย

4.2 Layout Plan

คือแบบที่แสดงลักษณะของ สถานีไฟฟ้าย่อย เช่น ขนาดของพื้นที่ , ตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง เป็นต้น จากหัวข้อข้างต้นเมื่อ ได้แบบ Single line Diagram แล้ว ขั้นตอนต่อไป สามารถออกแบบ Layout Plan ของ สถานีไฟฟ้าย่อย ได้ แบบ Layout Plan ของ สถานีไฟฟ้าย่อย จะประกอบด้วยแบบดังต่อไปนี้

1. Bus structure Plan คือ แบบโครงสร้างของอุปกรณ์ชนิด TOP VIEW
2. Bus Structure Section คือ แบบโครงสร้างของอุปกรณ์ชนิด เป็นภาพตัดของโครงสร้าง
3. Assembly Detail คือ แบบแสดงรายละเอียดของแบบโครงสร้าง
4. Legend คือแบบที่แสดงความหมายของหมายเลขของอุปกรณ์ ที่กำกับในแบบ

จากรายละเอียด ของ Single line diagram และ Layout Plan ของ สถานีไฟฟ้าย่อย ที่ได้กล่าวมาแล้ว เราสามารถที่จะออกแบบ Layout Plan ของ สถานีไฟฟ้าย่อยได้ ก่อนจะอธิบายต่อไป ขอบกตัวอย่างของแบบที่ต้องใช้ประกอบมีดังต่อไปนี้(แสดงในภาคผนวก ก)

1. Single line Diagram	1	แผ่น	
2. Bus Structure Plane	1	แผ่น	Sheet 1
3. Bus structure Section	1	แผ่น	Sheet 2
4. Assembly Detail	6	แผ่น	Sheet 3- 8

ชื่อของแบบที่กล่าวมาแล้วจะแสดงอยู่ใน Title Block ของ แบบ

ในการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ภายในสถานีไฟฟ้าย่อย เริ่มจากต้องการสร้าง สถานีไฟฟ้าย่อย ที่สามารถรองรับ power ได้ 4000 MVA เราจะกำหนดให้ 2000 A /Bay ฉะนั้น 1 Bay สามารถรองรับ Power ได้ $2000A \times \sqrt{3} \times 230kV \cong 800 \text{ MVA}$ ดังนั้นจำนวน Bay ของ Sub จะได้ 5 Bay แต่ในปัจจุบัน เราจะใช้ สถานีไฟฟ้าย่อย นี้ รองรับ Power แค่ 1600 MVA ก่อน ส่วนที่เหลือจะเผื่อไว้ในอนาคต ดังนั้น เราจะได้ Single line Diagram ทั้งหมด 5 Bay ประกอบด้วย 2 Bay ปัจจุบันบับ และ 3 Bay Future กำหนดให้มีการจัด Bus แบบ Breaker and a half ลักษณะ Single line Diagram จะมีลักษณะดังที่แสดงในแบบ

เมื่อเราได้แบบ Single line diagram ดังกล่าวแล้ว จากนั้นเราสามารถที่จะแสดงแบบ layout plan ออกมาได้ดังแสดงในแบบที่แนบมา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 หลักเกณฑ์ การกำหนด Switching Number กำกับอุปกรณ์หลัก

4.2.2 spec ของอุปกรณ์

4.2.3 การพิจารณา clearance

4.2.4 ขนาดท่อ AL และสาย CU

4.2.5 support และ connection

4.2.1 หลักเกณฑ์การกำหนด Switching Number

1. หมายเลข 2 ตัวหน้า แสดงถึงระดับแรงดันที่ใช้งาน เช่น

80 แสดงถึงระดับแรงดัน 230 kV

70 แสดงถึงระดับแรงดัน 115 kV

69 แสดงถึงระดับแรงดัน 69 kV

33 แสดงถึงระดับแรงดัน 33 kV

22 แสดงถึงระดับแรงดัน 22 kV

12 แสดงถึงระดับแรงดัน 12 kV

2. หมายเลขตัวที่ 3 แสดงถึงตำแหน่งหรือที่ตั้ง Bay หรือลำดับของอุปกรณ์นั้นๆ เช่น 7032 แสดงว่า อุปกรณ์นั้นอยู่ Bay ที่ 3

3. หมายเลขตัวที่ 4

3.1 กรณี Switching No. มี 4 ตัว เลขตัวที่ 4 จะแสดงถึงชนิดหรือหน้าที่ของอุปกรณ์นั้น

เช่น หมายเลข 2 แสดงว่าเป็น Breaker, Load Breaker หรือ Circuit Switcher

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

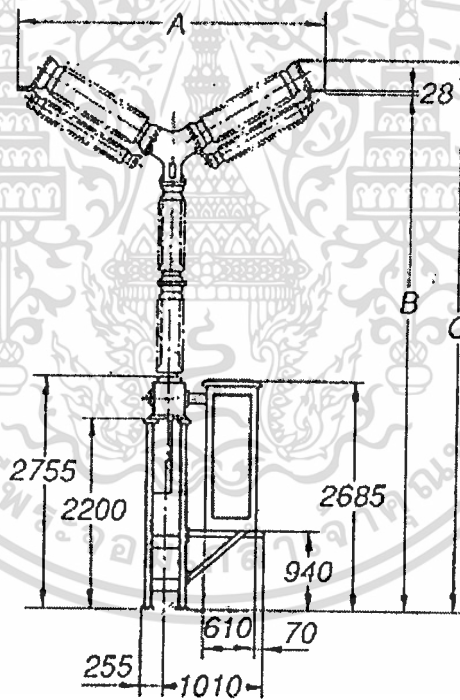
ข้อนำสังเกต อุปกรณ์ที่ลงท้ายด้วย 2 นี้สามารถปลดสับในขณะที่มีไฟได้ หมายเลข 1,3,4,5,6,7 แสดงว่าเป็นใบมีดในตำแหน่งต่างๆ กันแล้วแต่กรณี เช่น 7035 แสดงว่า เป็นใบมีด 115 kV ด้าน Transfer Bus หรือ ใบมีด By Pass

3.2 กรณี Switching No. มี 5 ตัว

ในกรณีที่ มี 10 Bay ขึ้นไป เลขหลักที่ 3 และ 4 จะแสดงถึงตำแหน่งที่ตั้ง Bay ของอุปกรณ์ นั้น เช่น 70122 แสดงว่าเป็น Breaker 115 kV ใน Bay ที่ 12

กรณีที่เป็นการจัดเรียงอุปกรณ์แบบ Double Main Bus หรือ Breaker And A Half เลขตัว ที่ 4 จะแสดงถึงตำแหน่งหรือที่ตั้งแถว (Row) ของอุปกรณ์นั้น เช่น 70122 แสดงว่าเป็น Breaker 115kV ใน Bay ที่ 2

4. หมายเลขตัวที่ 5 แสดงถึงชนิดของอุปกรณ์เช่นเดียวกับกรณี 3.1



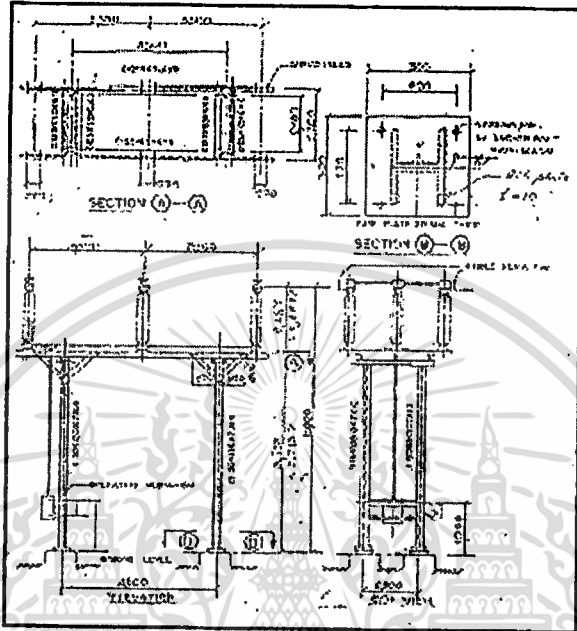
Circuit-breaker type HPL-A	Dimensions, mm		
	A	B	C
245	3620	6040	6450
300	3620	6350	6760
362	3620	6750	7160

รูปที่ 4-1 Circuit Breaker ที่ชื่อ ABB type HPL-A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

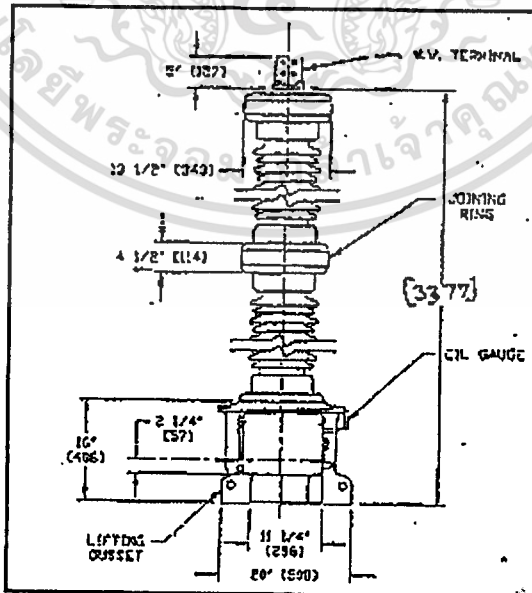
4.2.2 spec ของอุปกรณ์

ขอยกตัวอย่าง .spec ของอุปกรณ์ ที่ใช้ในการพิจารณาครั้งนี้



รูปที่ 4-2 Disconnecting Switch ไซ้ห้อ COELME

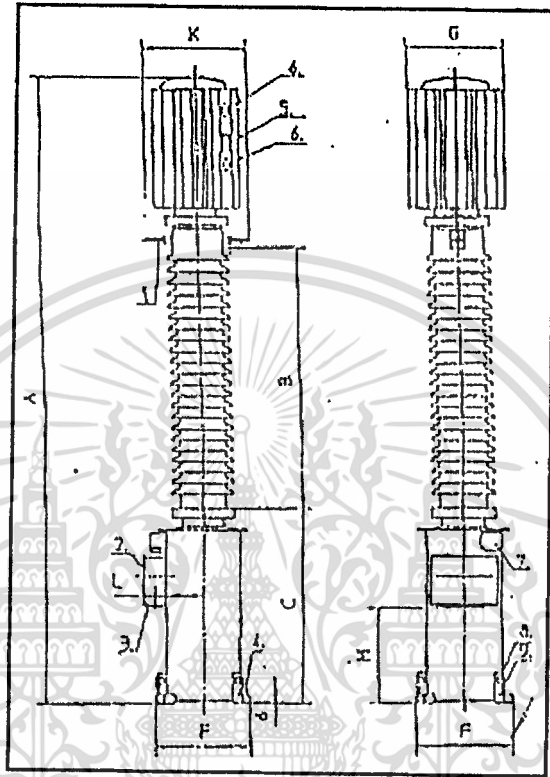
Circuit Breaker ไซ้ห้อ ABB type HLP-A มีความสูงรวม 6040 mm (ความสูงโครงเหล็ก 2200 mm ความสูงตัวอุปกรณ์ 3840 mm) แสดงดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-3 Potential Transformer ไซ้ห้อ HAEFELY TRENCH type TEVF 230 H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาหรับการเชิงงานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อผู้นดูเห็นหนังสือระเบียบขณด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Disconnecting Switch ไข้หื้อ COELME ชนิด Double Break Isolate มีความสูงอุปกรณ์ 2467 mm ความสูงโครงเหล็ก 3533 mm แสดงดังรูปที่ 4-2



Type IMBE	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	N	Total mass kg	Mass of all kg	
	Millimeter													
36	2430	405	945	1405	355	430	530	330	500	250	425	400	90	
52														
72	2675	725	945	1725	355	430	530	330	500	250	425	540	90	
84														
145														
170	3405	1340	1040	2445	440	530	530	370	500	290	500	815	130	
245	4660	2160	1230	3555	600	675	715	450	720	370	590	2050	336	
300	5070	2575	1220	3945	600	675	715	450	720	370	590	2170	396	

รูปที่ 4-4 Current Transformer ไข้หื้อ ABB type IMBE 36-300

Potential Transformer ไข้หื้อ HAEFELY TRENCH type TEVF 230 H มีความสูงรวม 5500 mm ความสูง ของอุปกรณ์ 3377 mm ความสูงโครงเหล็ก 2122 mm แสดงดังรูปที่ 4-3
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกกรณีการนำไปใช้

Current Transformer ยี่ห้อ ABB type IMBE 36-300 ความสูงอุปกรณ์ 3390 mm ความสูงโครงเหล็ก 2110 mm แสดงดังรูปที่ 4-4

4.2.3. การพิจารณาระยะปลอดภัย (clearance)

จากแบบ Bus structure plan และ Bus structure section เราจะสามารถพิจารณาระยะปลอดภัยได้ มาตรฐานที่ใช้ เป็นมาตรฐานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แสดงในตารางที่ 4.1 การพิจารณาระยะปลอดภัย จะพิจารณา 2 กรณี

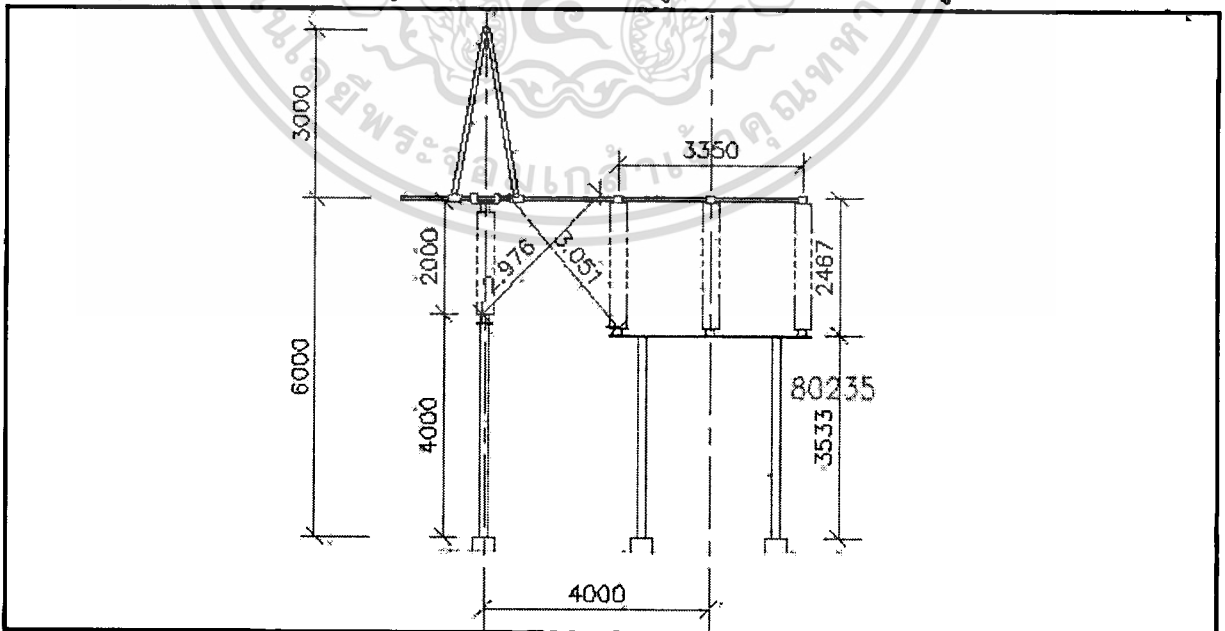
1. กรณี phase to phase
2. กรณี phase to ground

ระยะปลอดภัยของอุปกรณ์ที่จะพิจารณา

1. ระหว่าง Bus Support กับ Disconnecting Switch
2. ระหว่าง Disconnecting Switch กับ Circuit Breaker
3. ระหว่าง Circuit Breaker กับ Current Transformer
4. ระหว่าง Potential Transformer กับ Disconnecting Switch

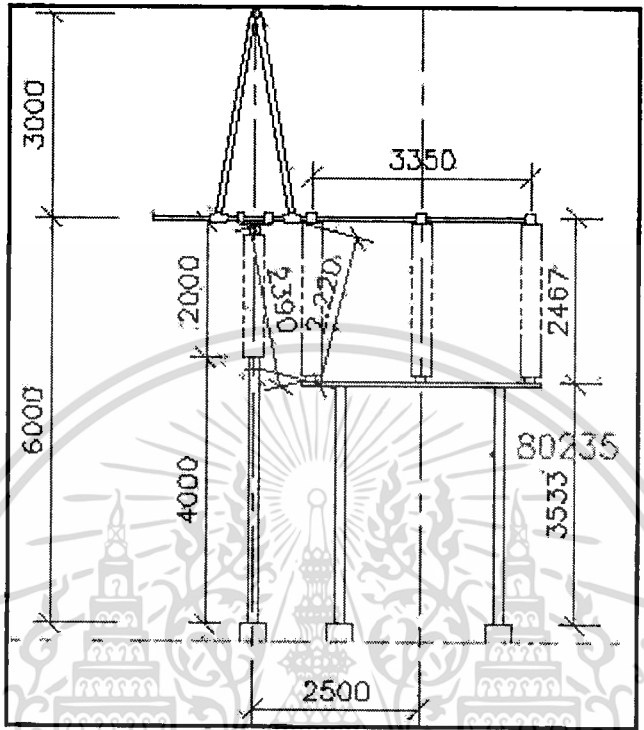
ระหว่าง Bus Support กับ Disconnecting Switch

ขนาดอุปกรณ์ Bus Support สูง 2000 mm และ โครงเหล็กสูง 4000 mm และ Disconnecting Switch สูง 2467 mm โครงเหล็กสูง 3533 mm ดังแสดงในรูปที่ 4.5 พบว่าระยะห่างรูปที่ 4-5 แสดง

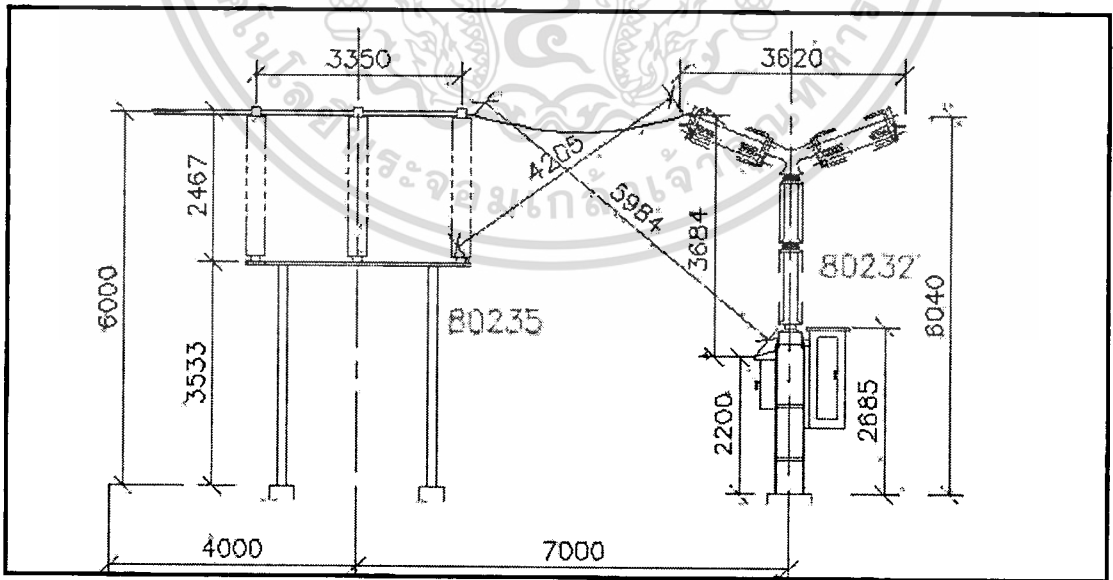


รูปที่ 4-5 ระยะติดตั้งระหว่าง Bus Support กับ Disconnecting Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและข้อมูลที่มีอยู่ภายใต้เงื่อนไขการรับประกันและการค้า
ระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง 4000 mm ระยะ phase to ground เท่ากับ 2976 mm นำค่าที่ได้เทียบกับ

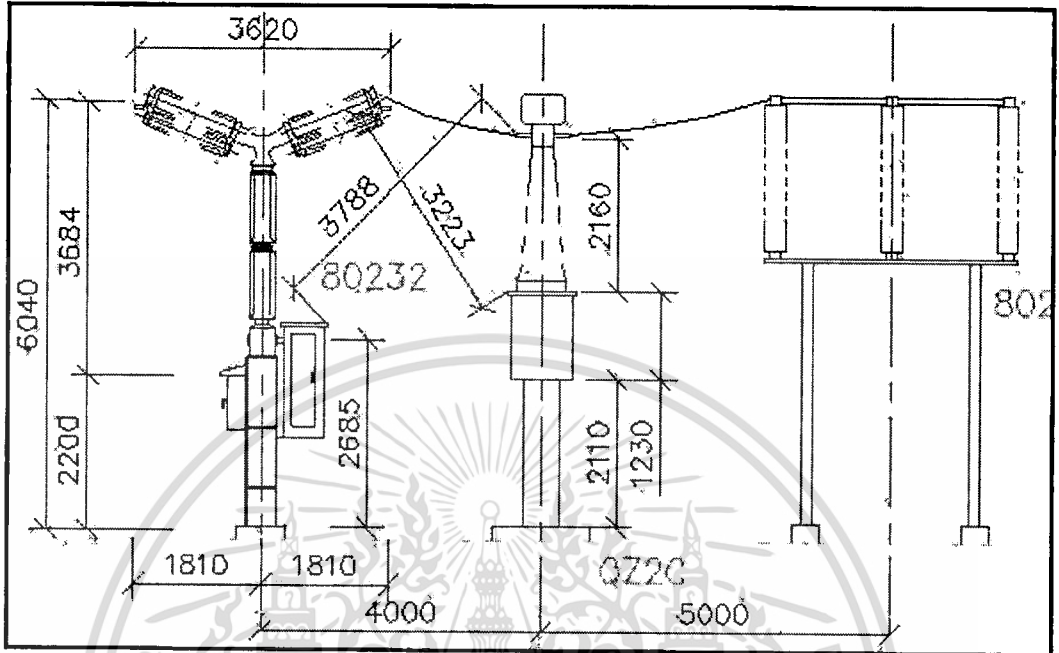


รูปที่ 4-6 ระยะติดตั้งระหว่าง Bus Support กับ Disconnecting Switch ที่ปรับลดระยะปลอดภัย
มาตรฐานการไฟฟ้าผลิต(จากภาคผนวก ค) ที่ระดับแรงดัน 230 kV BIL 900 kV เท่ากับ

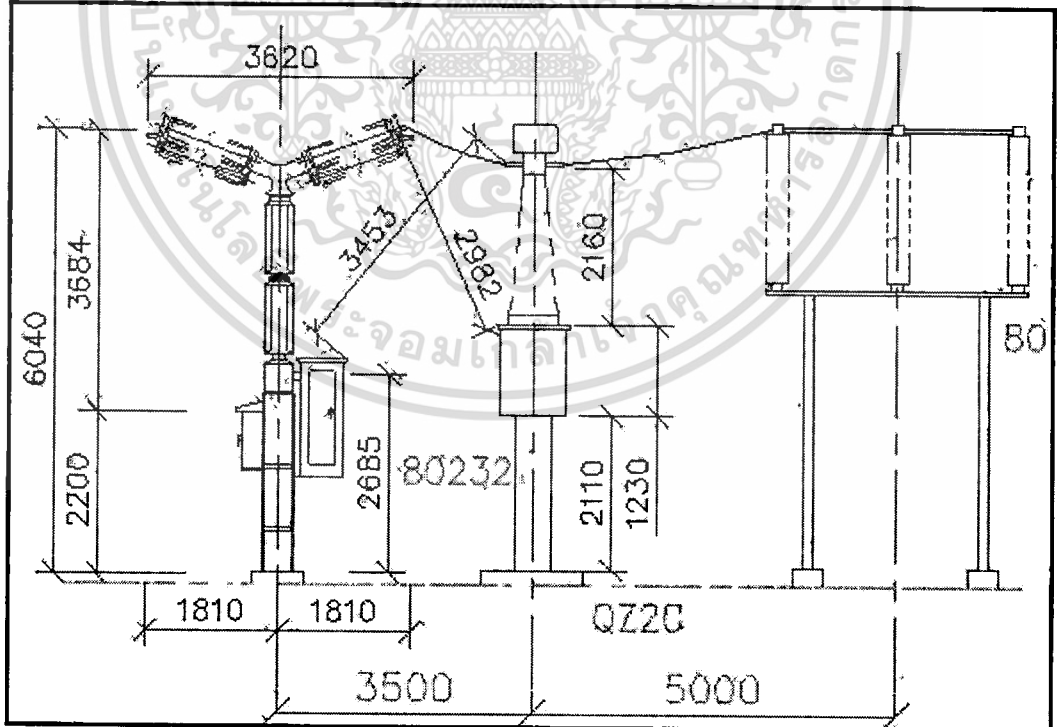


รูปที่ 4-7 ระยะติดตั้งระหว่าง Disconnecting Switch กับ Circuit Breaker

เอกสาร 1918.12 mm นำมาเปรียบเทียบกับระยะปลอดภัยที่ได้ พบว่ามีค่ามากกว่ามาก ถ้าพื้นที่จำกัดรูปที่ 4-5 แสดงระยะติดตั้งระหว่าง Bus Support กับ Disconnecting Switch



รูปที่ 4-9 ระยะติดตั้งระหว่าง Circuit Breaker กับ Current Transformer



รูปที่ 4-10 ระยะติดตั้งระหว่าง Circuit Breaker กับ Current Transformer

ที่ปรับลกระยะปลอดภัย

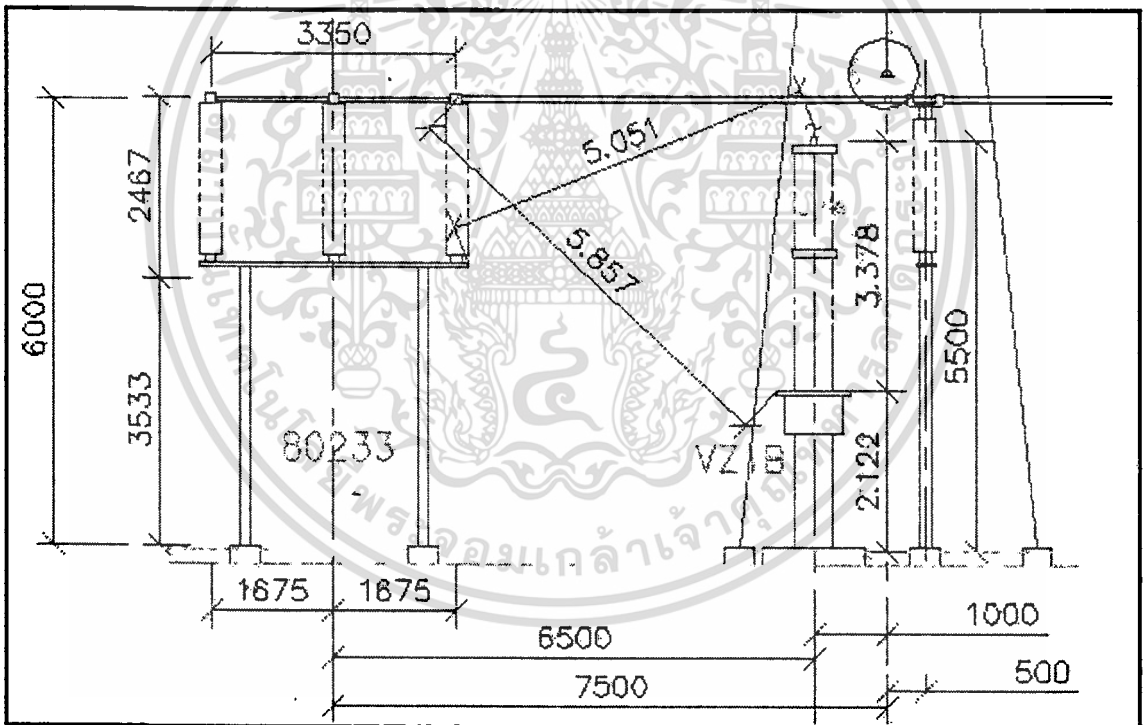
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง Circuit Breaker กับ Current Transformer

จากพิกัดอุปกรณ์ แสดงดังรูปที่ 4-9 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง 4000 mm ระยะ phase to ground เท่ากับ 3223 mm เปรียบเทียบค่ามาตรฐาน พบว่ามีค่ามากกว่า เราสามารถปรับลดลงมาได้ จากรูปที่ 4-10 แสดงระยะติดตั้งของอุปกรณ์ที่ปรับลดระยะปลอดภัย ระยะระหว่างอุปกรณ์เท่ากับ 3000 mm ระยะ phase to ground เท่ากับ 2982 mm

ระหว่าง Potential Transformer กับ Disconnecting Switch

จากพิกัดอุปกรณ์ แสดงดังรูปที่ 4.11 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง 6500 mm ระยะ phase to ground เท่ากับ 5051 mm เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีค่ามากกว่า เราสามารถปรับลดลงมาได้ จากรูปที่ 4.12 แสดงระยะติดตั้งของอุปกรณ์ที่ปรับลดระยะปลอดภัย ระยะระหว่างอุปกรณ์เท่ากับ 4000 mm ระยะ phase to ground เท่ากับ 2875 mm

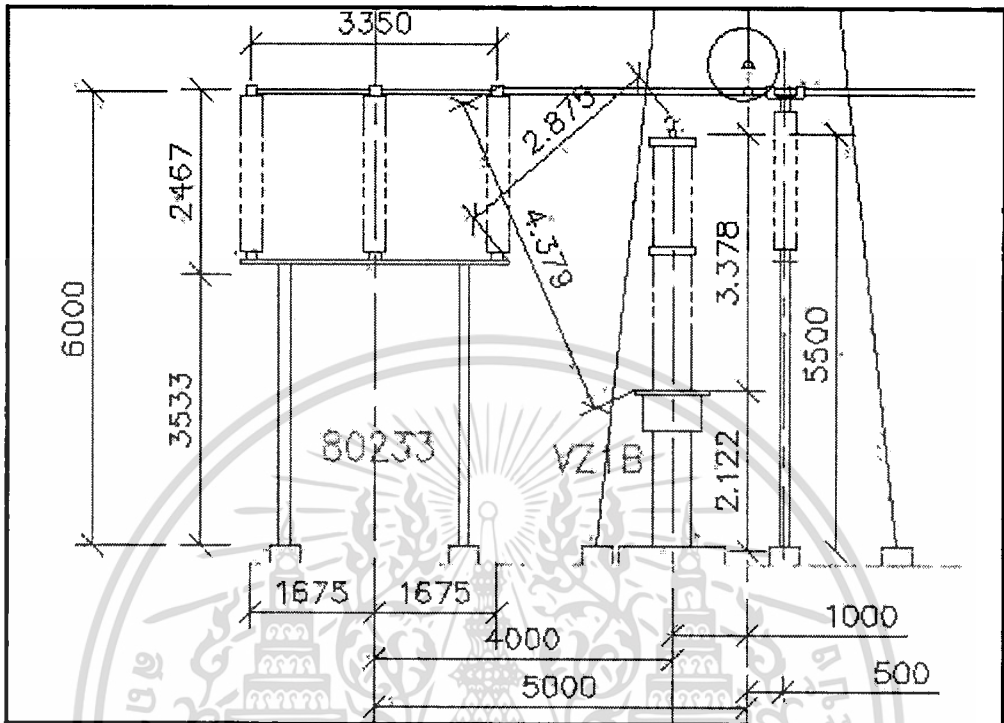


รูปที่ 4-11 ระยะติดตั้งระหว่าง Potential Transformer กับ Disconnecting Switch

จากการพิจารณาระยะปลอดภัยพบว่า ในบางกรณีถ้าเราวางอุปกรณ์ทั้งสองต่อกันเลขก็ยังมีระยะปลอดภัยมากกว่าระยะมาตรฐาน ในกรณีนี้ขึ้นอยู่กับพิกัดอุปกรณ์ซึ่งผู้ผลิตได้คำนึงถึงมาตรฐานไว้แล้ว จึงทำให้ระยะปลอดภัยมากกว่าค่ามาตรฐานได้ แต่ในการติดตั้งอุปกรณ์จริง เราไม่สามารถวางติดกันได้ ต้องคำนึงถึงระยะอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อกัน (Connector) อุปกรณ์ทั้งสองด้วย

ซึ่งมีความแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของ connector ซึ่งจะได้อีกต่อไป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-12 ระยะติดตั้งระหว่าง Potential Transformer กับ Disconnecting Switch
ที่ปรับลดระยะปลอดภัย

4.2.4 ขนาดท่อและสายที่ใช้

จากแบบ layout plan จะใช้ท่อ Aluminum ขนาด 3 นิ้ว และ 5 นิ้ว โดยหมายเลขกำกับที่ใช้

11.75 Aluminum Tube 3 นิ้ว IPS

11.77 Aluminum Tube 5 นิ้ว IPS

ค่าพิคัดกระแส ของท่อ Aluminum แสดงในตาราง 4-1 ขนาดสายที่ในแบบมีขนาด 1272 MCM ACSR หมายเลขกำกับที่ใช้ 11.25 Aluminum conductor 1272 MCM ACSR คุณสมบัติต่างๆของสาย ACSR ขนาดต่างๆแสดงในตาราง 4-2 และพิคัดกระแสแสดงใน ตาราง 4-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nominal size	outside Diameter(in)	inside Diameter(in)	Current ratings,A	
			†	‡
ASA Schedul 40 (Standard Pipe Size)				
1/2"	0.840	0.622	405	355
3/4"	1.050	0.824	495	440
1"	1.315	1.049	650	575
1 1/4"	1.660	1.380	810	720
1 1/2"	1.900	1.610	925	820
2"	2.375	2.067	1150	1020
2 1/2"	2.875	2.469	1550	1370
3	3.500	3.068	1890	1670
3 1/2"	4.000	3.548	2170	1920
4"	4.500	4.026	2460	2180
5"	5.563	5.047	3080	2730
ASA Schedul 80 (Extra-heavy PipeSize)				
1/2"	0.840	0.546	455	400
3/4"	1.050	0.742	565	500
1"	1.315	0.957	740	655
1 1/4"	1.660	1.278	930	825
1 1/2"	1.900	1.500	1070	945
2"	2.375	1.939	1350	1200
2 1/2"	2.875	2.323	1780	1580
3	3.500	2.900	2190	1940
3 1/2"	4.000	3.364	2530	2240
4"	4.500	3.826	2880	2560
5"	5.563	4.813	3640	3230

† 6063-T6 = 53% IACS typical

‡ 6061-T6 = 40% IACS typical

ตารางที่ 4-1 พิกัดกระแสของท่อ Aluminum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code Word	Conductor Size. kcmil	Stranding, Al/St	cross sectional area, Sq in		Layer of Al. (in)	Diameter				Weight/1000 ft		
						Individual wires		Steel Core (in)	Comple Cable (i	Al. lbs	Steel. lbs	Total lbs
			Al.	total		Al. (in)	Steel (in)					
Waxwing	266.8	18/1	0.2094	0.2210	2	0.1217	0.1217	0.1217	0.609	249.9	39.2	289.1
Partridge	266.8	26/7	0.2095	0.2436	2	0.1013	0.0788	0.2364	0.642	251.3	115.6	366.9
Junco	266.8	30/7	0.2095	0.2584	2	0.0943	0.0943	0.2829	0.660	251.9	165.5	417.4
Ostrich	300.0	26/7	0.2355	0.2738	2	0.1074	0.0835	0.2505	0.680	282.5	129.7	412.2
Merlin	336.4	18/1	0.2642	0.2789	2	0.1367	0.1367	0.1367	0.684	315.3	49.5	364.8
Linnet	336.4	26/7	0.2640	0.3070	2	0.1137	0.0884	0.2652	0.720	316.6	145.4	462.0
Oriole	336.4	30/7	0.2642	0.3259	2	0.1059	0.1059	0.3177	0.741	317.7	208.7	526.4
Chickadee	397.5	18/1	0.3122	0.3295	2	0.1486	0.1486	0.1486	0.743	372.5	58.5	431.0
Ptarmigan	397.5	20/7	0.3123	0.3339	2	0.1410	0.0627	0.1881	0.752	374.5	73.2	447.7
Brant	397.5	24/7	0.3122	0.3527	2	0.1287	0.0858	0.2574	0.772	374.4	137.0	511.4
Ibis	397.5	26/7	0.3120	0.3628	2	0.1236	0.0961	0.2883	0.783	374.1	171.9	546.0
Lark	397.5	30/7	0.3121	0.3849	2	0.1151	0.1151	0.3453	0.806	375.3	246.5	621.8
Pelican	477.0	18/1	0.3747	0.3955	2	0.1628	0.1628	0.1628	0.814	447.1	70.2	517.3
Tailoroid	477.0	20/7	0.3745	0.4004	2	0.1544	0.0686	0.2058	0.824	449.1	87.6	536.7
Ficker	477.0	24/7	0.3747	0.4233	2	0.1410	0.0940	0.2820	0.846	449.4	164.5	613.9
Hawk	477.0	26/7	0.3744	0.4354	2	0.1354	0.1053	0.3159	0.858	449.0	206.4	655.3
Hen	477.0	30/7	0.3747	0.4621	2	0.1261	0.1261	0.3783	0.883	450.4	296.0	746.4
Osprey	556.5	18/1	0.4369	0.4612	2	0.1758	0.1758	0.1758	0.879	521.4	818	603.3
Sapsucker	556.5	22/7	0.4368	0.4797	2	0.1590	0.0883	0.2649	0.901	523.9	145.1	669.0
Parakeet	556.5	24/7	0.4372	0.4938	2	0.1523	0.1015	0.3045	0.914	524.3	191.8	716.1
Dove	556.5	26/7	0.4371	0.5083	2	0.1463	0.1138	0.3414	0.927	524.2	241.0	765.2
Eagle	556.5	30/7	0.4371	0.5391	2	0.1362	0.1362	0.4086	0.953	525.4	345.2	870.7
Squab	605.0	26/7	0.4749	0.5522	2	0.1525	0.1186	0.3558	0.966	569.5	261.8	831.3
Wood Duck	605.0	30/7	0.4751	0.5860	2	0.1420	0.1420	0.4260	0.994	571.2	375.3	946.5
Kingbird	636.0	18/1	0.4997	0.5275	2	0.1880	0.1880	0.1880	0.940	596.3	93.6	689.9
Swift	636.0	36/1	0.4994	0.5133	3	0.1329	0.1329	0.1329	0.930	596.0	46.8	642.8
Goldfinch	636.0	22/7	0.4994	0.5484	2	0.1700	0.0944	0.2832	0.963	598.8	165.8	764.7
Grosbeak	636.0	26/7	0.4995	0.5808	2	0.1564	0.1216	0.3648	0.990	599.0	275.2	874.2
Scoter	636.0	30/7	0.4995	0.6160	2	0.1456	0.1456	0.4368	1.019	600.5	394.6	995.1
Egret	636.0	30/19	0.4995	0.6135	2	0.1456	0.0874	0.4370	1.019	600.5	386.7	987.2
Flamingo	666.6	24/7	0.5238	0.5917	2	0.1667	0.1111	0.3333	1.000	628.2	229.7	857.9
Gannet	666.6	26/7	0.5234	0.6086	2	0.1601	0.1245	0.3735	1.014	627.7	288.5	916.2
Stilt	715.5	24/7	0.5622	0.6350	2	0.1727	0.1151	0.3453	1.036	674.2	246.6	920.8

Code Word	Conductor Size, kmil	Stranding, Al/St	cross sectional area, Sq in		Layer of Al.(in)	Diameter				Weight/1000 ft		
						Individual wires		Steel Core(in)	Comple Cable(in)	Al. Lbs	Steel.l bs	Total lbs
			Al. (in)	Steel (in)								
Coot	795.0	36/1	0.6244	0.6417	3	0.1486	0.1486	0.1486	1.040	745.1	58.5	803.6
Cuckoo	795.0	24/7	0.6244	0.7053	2	0.1820	0.1213	0.3639	1.092	748.8	273.9	1022.6
Drake	795.0	26/7	0.6247	0.7264	2	0.1749	0.1360	0.4080	1.108	749.1	344.3	1093.4
Skimmer	795.0	30/70	0.6245	0.7702	2	0.1628	0.1628	0.4884	1.140	750.7	493.3	1244.0
Macaw	795.0	42/7	0.6246	0.6567	3	0.1376	0.0764	0.2292	1.055	749.0	108.6	857.6
Tem	795.0	45/7	0.6242	0.6674	3	0.1329	0.0886	0.2658	1.063	748.6	146.1	894.7
Mallard	795.0	30/19	0.6245	0.7669	2	0.1628	0.0977	0.4885	1.140	750.7	483.2	1233.9
Ruddy	900.0	45/7	0.7066	0.7555	3	0.1414	0.0943	0.2829	1.131	847.4	165.5	1013.0
Canary	900.0	54/7	0.7069	0.7985	3	0.1291	0.1291	0.3873	1.162	847.7	310.2	1157.9
Cornrate	954.0	20/7	0.7492	0.8010	2	0.2184	0.0971	0.2910	1.165	898.5	175.5	1074.0
Redbird	954.0	24/7	0.7495	0.8466	2	0.1994	0.1329	0.3990	1.196	898.8	328.7	1227.5
Cardinal	954.0	54/7	0.7491	0.8462	3	0.1329	0.1329	0.3987	1.196	898.3	328.7	1227.1
Canvasback	954.0	30/19	0.7491	0.9199	2	0.1783	0.1070	0.5350	1.248	900.5	579.6	1480.1
Snowbird	1033.5	42/7	0.8121	0.8539	3	0.1569	0.0872	0.2616	1.203	973.9	141.5	1115.4
Curlew	1033.5	54/7	0.8112	0.9164	3	0.1383	0.1383	0.4149	1.245	972.8	356.0	1328.8
Bluejay	1113.0	45/7	0.8745	0.9350	3	0.1573	0.1049	0.3147	1.259	1048.7	204.8	1253.6
Bunting	1192.5	45/7	0.9367	1.0014	3	0.1628	0.1085	0.3255	1.302	1123.4	219.1	1342.5
Grackle	1192.5	54/19	0.9365	1.0552	3	0.1486	0.0892	0.4460	1.333	1128.6	402.8	1531.4
Bittem	1272.0	45/7	0.9987	1.0678	3	0.1681	0.1121	0.3363	1.345	1197.7	233.9	1431.6
Pheasant	1272.0	54/19	0.9993	1.1259	3	0.1535	0.0921	0.4605	1.382	124.3	429.4	1633.7
Dipper	1351.5	45/7	1.0614	1.1347	3	0.1733	0.1155	0.3465	1.386	1272.9	248.3	1521.2
Martin	1351.5	54/19	1.0614	1.1958	3	0.1582	0.0949	0.4745	1.424	1279.1	455.9	1735.0
Bobolink	1431.0	45/7	1.1236	1.2013	3	0.1783	0.1189	0.3567	1.427	1347.5	263.1	1610.6
Plover	1431.0	54/19	1.1241	1.2665	3	0.1628	0.0977	0.4885	1.465	1354.6	483.2	1837.8
Nutnatch	1510.5	45/7	1.1862	1.2682	3	0.1832	0.1221	0.3663	1.466	1422.5	277.5	1700.0
Falcon	1590.0	54/19	1.2489	1.4072	3	0.1716	0.1030	0.5150	1.545	1505.0	537.0	2042.1
Cnukar	1780.0	84/19	1.3986	1.5126	4	0.1456	0.0874	0.4370	1.602	1685.4	386.7	2072.1
Mockingbird	2034.5	72/7	1.5979	1.6671	4	0.1681	0.1122	0.3360	1.681	1925.7	234.3	2160.0
Roadrunner	2057.0	76/19	1.6152	1.7032	4	0.1645	0.0768	0.3840	1.700	1946.5	298.6	2245.1
Bluebird	2156.0	84/19	1.6931	1.8309	4	0.1602	0.0961	0.4805	1.762	2040.4	467.5	2507.9
Kiwi	2167.0	72/7	1.7022	1.7758	4	0.1735	0.1157	0.3471	1.735	2051.4	249.2	2300.5
Jorec	2515.0	76/19	1.9750	2.0826	4	0.1819	0.0849	0.4245	1.880	2380.1	364.9	2745.0

ตารางที่4-2 แสดงคุณสมบัติต่างๆของสาย ACSR

สาย ACSR	
ขนาดสาย(MCM)	พิกัดกระแส(A)
477	600
795	800
1272	1000

ตารางที่4-3 แสดงพิกัดกระแสของสาย ACSR

จากในแบบจะใช้เป็น 2x1275 MCM แสดงในแบบ Assembly detail Sheet 3 หมายเลขกำกับ L1.51 Incoming Line Assembly

4.2.5 Support และ Connector

ลักษณะของการ support bus ใน สถานีไฟฟ้าย่อย มี 3 ลักษณะ

1.Rigid Type คือการ support แบบยึดแน่น การแสดงความหมายเป็น Rigid Type ในแบบจะแทนด้วยตัว R แสดงตำแหน่งที่ใช้ในแบบ Bus structure plan และแสดงรายละเอียดในแบบ Assembly detail sheet 3 หมายเลขกำกับ P1.53

2.Slip Type คือการ support แบบที่สามารถเลื่อนได้ เพราะการใช้งานในขณะที่มีการสวิทช์ของอุปกรณ์ หรือเกิดการลัดวงจร จะเกิดแรงกระทำต่อท่อ Aluminum ถ้าเรา support แบบ Rigid หมกจะทำให้เกิดการเสียหายกับท่อ Aluminum ได้ ฉะนั้นในการออกแบบจะต้องมีการใช้ support แบบ Slip ด้วย การแสดงความหมายเป็น Slip Type ในแบบจะแทนด้วยตัว S แสดงตำแหน่งที่ใช้ในแบบ Bus structure plan และแสดงรายละเอียดในแบบ Assembly detail sheet 3 หมายเลขกำกับ P1.53

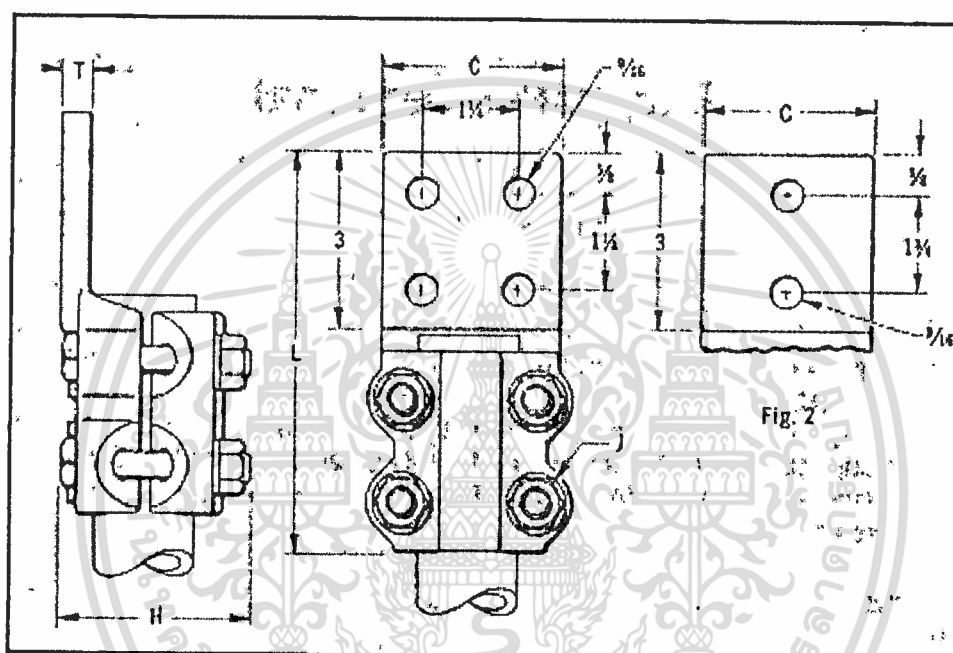
3.Expansion Type คือการ support แบบที่สามารถรองรับการขยายของ Bus โดยมันจะมีลักษณะคล้ายแบบ Slip Type แต่มีลักษณะการใช้งานแตกต่างกันไป การแสดงความหมายเป็น Expansion Type ในแบบจะแทนด้วยตัว Ex แสดงตำแหน่งที่ใช้ในแบบ Bus structure plan และแสดงรายละเอียดในแบบ Assembly detail sheet 3 หมายเลขกำกับ P1.58 และ Detail A

การใช้ Connector

จากในแบบจะพบว่าบางครั้งใช้สาย ACSR และบางครั้งใช้ท่อ Aluminum การใช้ท่อ Aluminum จะใช้ในลักษณะการเดินเป็นเส้นตรง คือจาก Disconnecting Switch ไป Disconnecting ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switch ส่วนในกรณีสาย ACSR จะใช้ในลักษณะการเดินที่มีการต่างระดับกัน เช่นระหว่าง Circuit Breaker กับ Current Transformer

จากความแตกต่างของการใช้ตัวนำใน สถานีไฟฟ้าย่อย จึงต้องมีการพิจารณาเลือกใช้ Connector ให้ถูกต้อง เช่น การเชื่อมต่อกันระหว่าง Disconnecting Switch กับ Circuit Breaker (ดูแบบ Bus structure section ประกอบ) พบว่าทางด้าน Disconnecting Switch จะเป็นท่อ

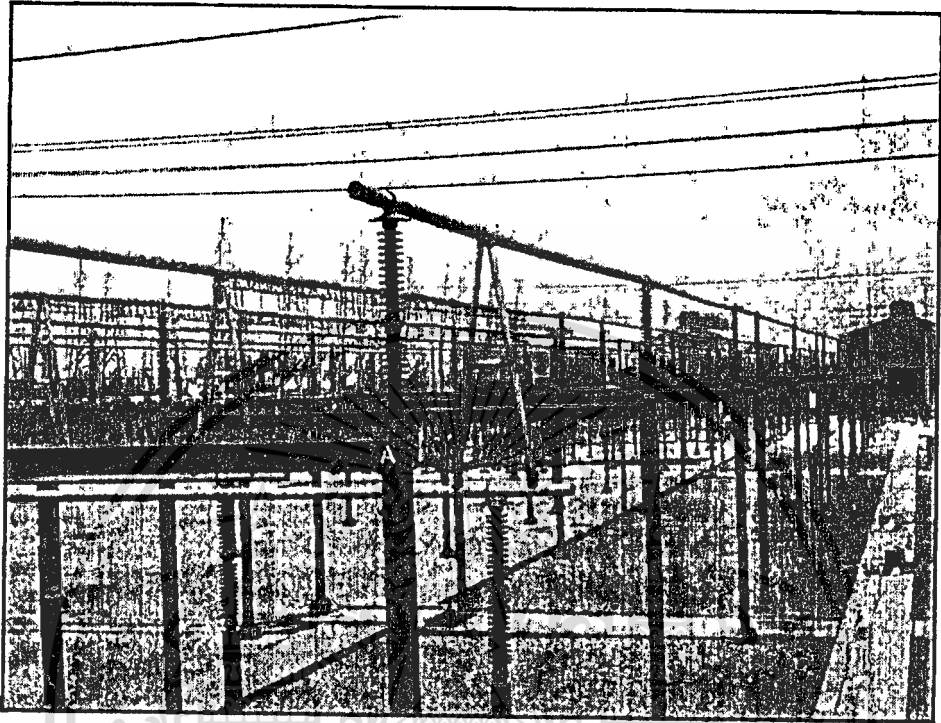


รูปที่ 4-13 Connector ชนิด tube to flat

Aluminum ส่วนทางด้าน Circuit Breaker จะเป็น terminal 4 hole NEMA PAD จากแบบพบว่า ตัวนำที่ใช้ระหว่างอุปกรณ์ เป็นสาย 1272 MCM ACSR เมื่อทราบตัวนำที่ใช้แล้วมาพิจารณา Connector ที่ใช้ ทางด้าน Disconnecting Switch จะใช้ Connector ชนิด tube to flat มีลักษณะดังรูปที่ 4-13 ปลายข้างหนึ่งจะต่อกับท่อ Aluminum ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเป็น 4 hold NEMA PAD ไว้สำหรับต่อสายเพื่อต่อกับ Circuit Breaker

ลักษณะของ connector V angle และ I angle แสดงในแบบ Assembly detail sheet 7 ในหัวข้อ detail 1 ลักษณะการใช้งานแสดงดังรูป 4-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-14 ลักษณะการใช้งาน connector V angle และ I angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

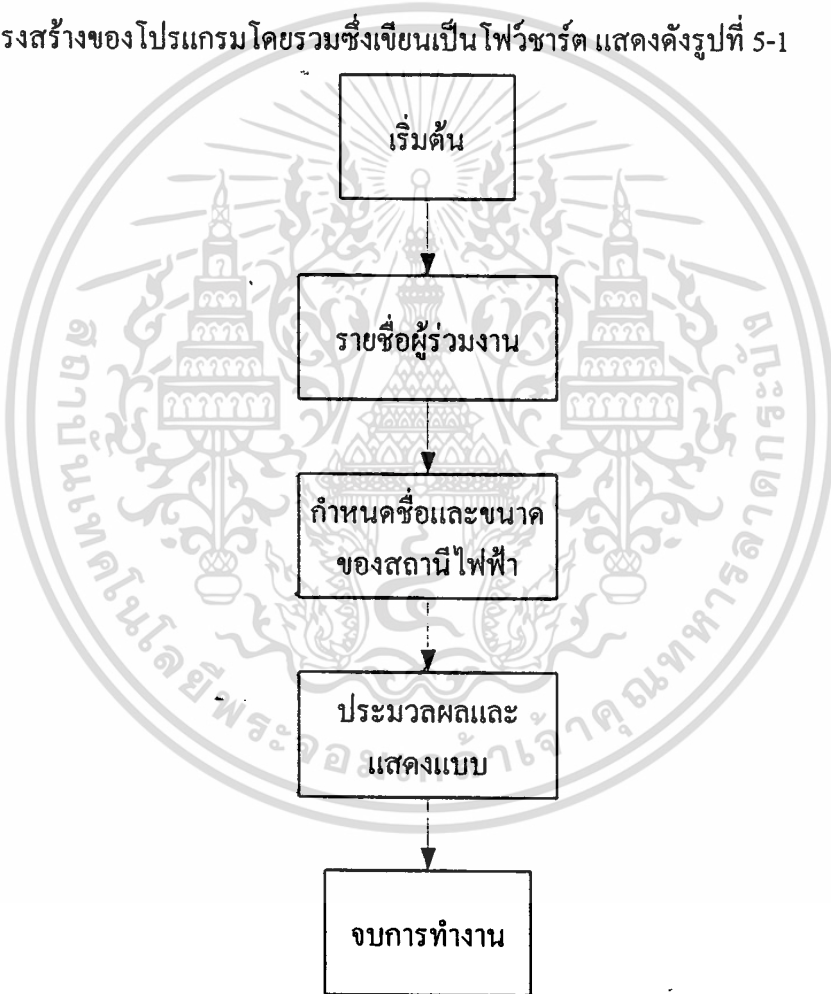
บทที่ 5

คำแนะนำการใช้โปรแกรม

ส่วนประกอบของ Computer สำหรับการใช้งาน โปรแกรมนี้

1. เครื่อง PC computer ทั่วไป ใช้ CPU ประมวลผลความเร็ว 166 MHz
2. Hard Disk ขนาด 2.1 GB, Ram 32 MB.
3. การ์ดจอแสดง S3 Virge Expert Color มีขนาด Ram 2 MB.
4. Software Microsoft Windows 95, AutoCAD R13c4 for 95, Authoware 3.5

โครงสร้างของโปรแกรมโดยรวมซึ่งเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ต แสดงดังรูปที่ 5-1



รูปที่ 5.1 โครงสร้างของ โปรแกรมโดยรวม

โหมดการกำหนดชื่อและขนาดของสถานีไฟฟ้า

ชื่อ หมายถึง ชื่อของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ต้องการสร้าง โดยผู้ออกแบบเป็นคนออกแบบเอง
ที่ตั้ง หมายถึง ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ทำการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการกำหนดค่าโหลดทางไฟฟ้าที่เราต้องการในหน่วย[MVA]โดยแบ่ง
ไม่เป็นที่ใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOAD MAX หมายถึง โหลดสูงสุดที่ต้องการติดตั้งในพื้นที่นั้น โดยพิจารณาว่าในอนาคตความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าในบริเวณนั้นควรจะเป็นเท่าไร

LOAD หมายถึง โหลดที่ติดตั้งจริงในปัจจุบัน

การหาจำนวน BAY ในสถานีไฟฟ้าย่อย 230 kV โดยใช้ Program-Autaware

1. กำหนด LOAD MAX ที่ต้องการสูงสุดในพื้นที่นั้นๆ ก่อน

ในที่นี้เรากำหนดจำนวน BAY อยู่ในช่วง 2-8BAY

[ระบบไฟฟ้า 230kV]

[กระแส/BAY 2000 A]

ดังนั้น LOAD MAX ที่ป้อนไม่เกิน $= 1.732 \times 230 \text{kV} \times 2000 \text{A} \times 8$

$\cong 6400 \text{ MVA}$

และไม่ต่ำกว่า

$= 1.732 \times 230 \text{kV} \times 2000 \text{A} \times 2$

$\cong 1600 \text{ MVA}$

2. กำหนด LOAD ติดตั้งที่ต้องการในปัจจุบัน

3. จะได้จำนวน BAY สูงสุด

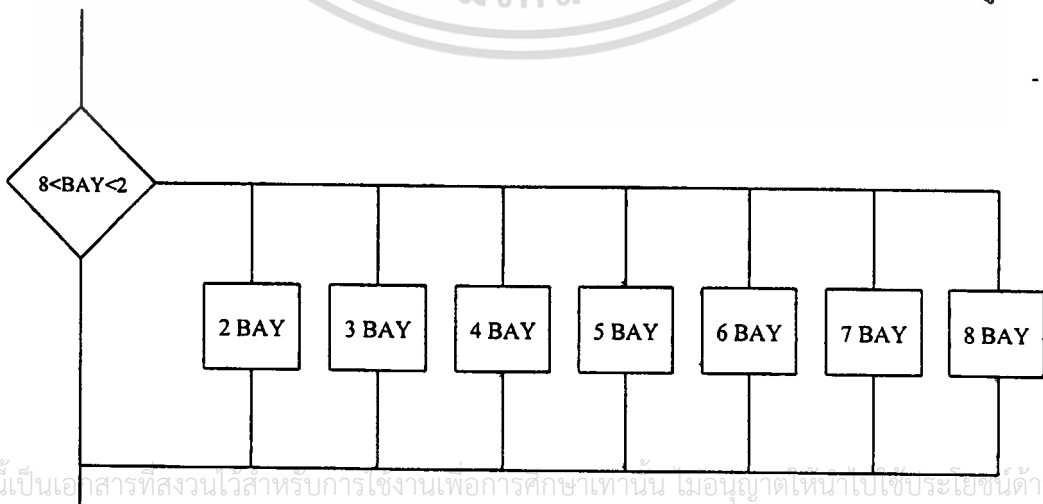
$$\text{LOAD MAX} / 1.732 \times 230 \text{kV} \times 2000 \text{A} = X \text{ BAY}$$

ใน Program Autaware จะปิดเศษหลังจุดทศนิยมทิ้งเหลือเฉพาะจำนวนเต็ม จะได้สมการจำนวน BAY เท่ากับ $X + 0.9 = \text{จำนวน BAY สูงสุด}$

สมมติว่า จำนวนได้ $= 3.5 \text{ BAY COMPUTER}$ จะบวก 0.9 เข้าไปด้วย

จะได้ $= 3.5 + 0.9 = 4.4$ แต่ COMPUTER จะอ่านค่าเป็น 4 BAY

ต่อไปเป็นแผนผังของการกำหนดขอบเขตของเบย์ ซึ่งเขียนเป็นโฟว์ชาร์ต แสดงดังรูปที่ 5-2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตาดำเนินไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลหรืออ้างถึงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 แผนผังขอบเขตของเบย์

โหมคเมนูของแบบ

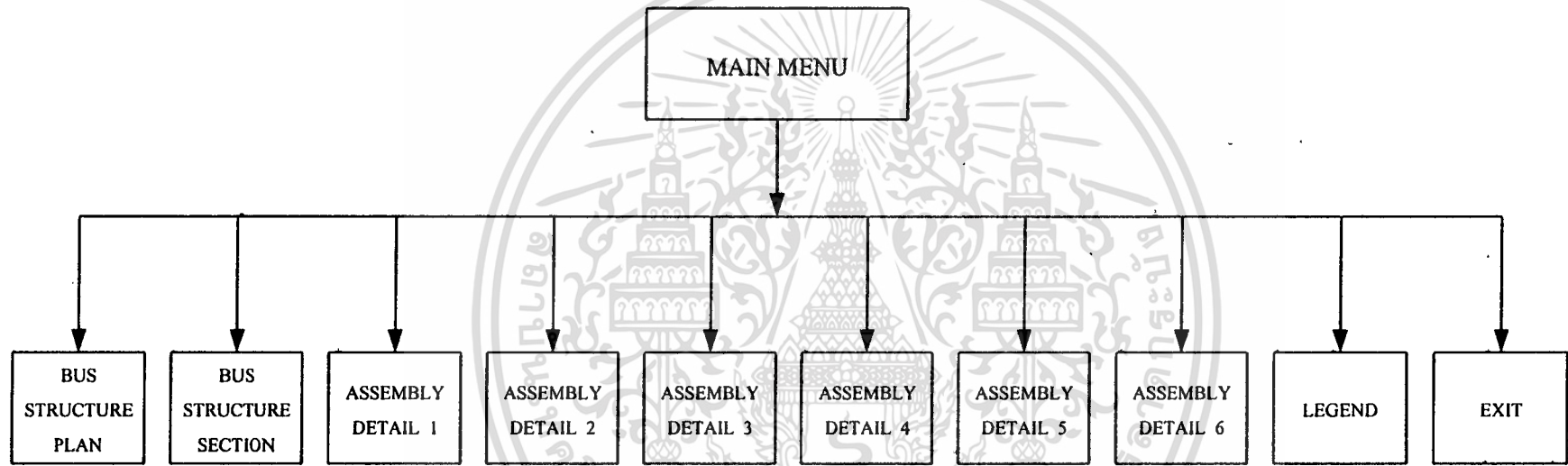
โหมคนี้จะเป็นการแสดงแบบต่างๆที่ได้จากไดอะแกรมเส้นเดียวตามจำนวนเบย์ ที่คอมพิวเตอร์ประมวลผลออกมา โดยจะแสดงสิ่งต่างๆดังนี้ซึ่งเขียนเป็นโพว์ชาร์ต แสดงผังรูปที่ 5-3

- 1.Bus structure plan
- 2.Bus structure section
- 3.Assembly detail 1
- 4.Assembly detail 2
- 5.Assembly detail 3
- 6.Assembly detail 4
- 7.Assembly detail 5
- 8.Assembly detail 6
- 9.Legend

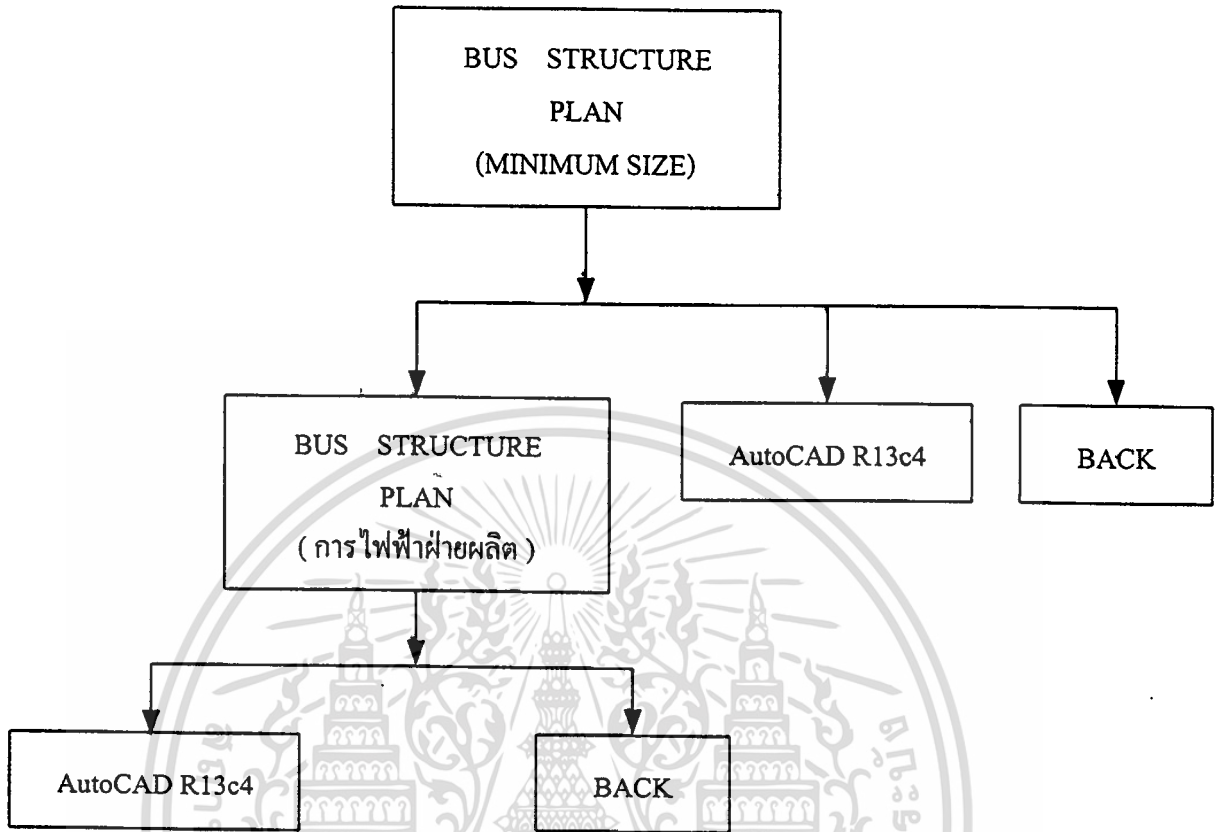
จากเมนู ถ้าเข้าไปที่ BUS STRUCTURE PLAN จะแสดงรายละเอียด แบบ BUS STRUCTURE PLAN ขนาดต่ำสุดและจะสามารถดูตามแบบมาตรฐานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ได้ และมีเมนูเลือกไป โปรแกรม AUTO CAD เพื่อ ปรับเปลี่ยนแก้ไขและนำแบบไป PLOT ใช้งานได้ และตัวเลือก BACK ไว้กลับไป MAIN MENU อีกทีซึ่งเขียนเป็นโพว์ชาร์ต แสดงผังรูปที่ 5-4

จาก MENU ย่อย BUS STRUCTURE PLAN ต่อไป จะเข้าไปที่ BUS STRUCTURE SECTION แบบนี้เป็นแบบภาพตัด แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งแสดงค่าระยะห่างต่ำสุด โดยมีเมนูเลือกไปดูแบบตามมาตรฐานของไฟฟ้าฝ่ายผลิต เมนูการพิจารณาระยะการติดตั้งอุปกรณ์ที่ปลอดภัย (Clearance) ซึ่งเขียนเป็นโพว์ชาร์ต แสดงผังรูปที่ 5-5

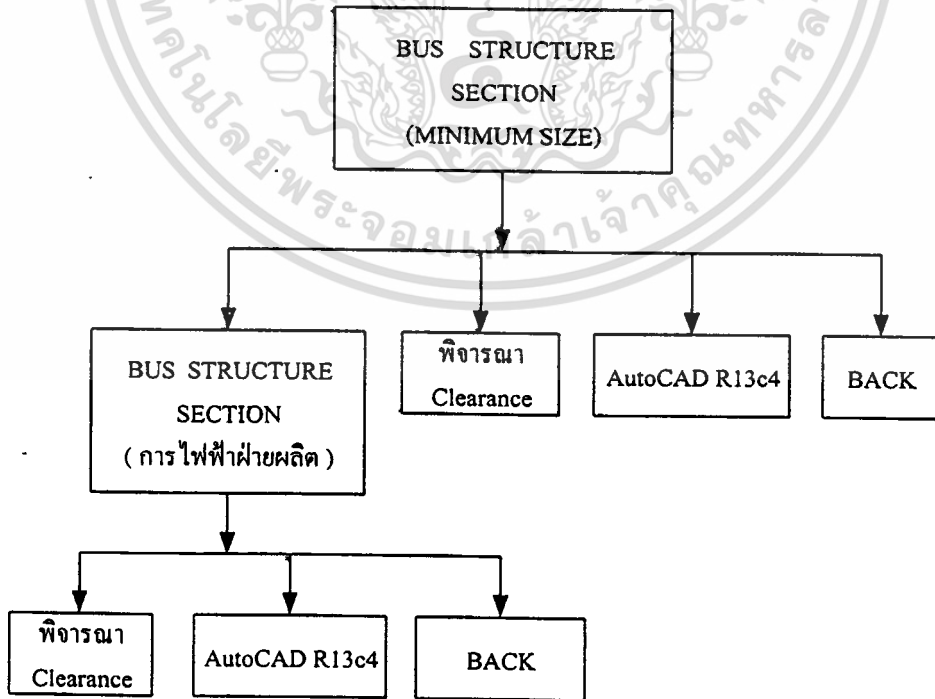
เมนู AUTO CAD เมนู BACK กลับไปที่ MAIN MENU โดยที่เมนูการพิจารณา Clearance จะแสดง Spec ของอุปกรณ์ ที่ทำมาเป็นตัวอย่างของการแสดงการติดตั้งในที่นี้ และแสดงการพิจารณา ระยะระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งเขียนเป็นโพว์ชาร์ต แสดงผังรูปที่ 5-6



รูปที่ 5.3 แผนผัง MAIN MENU

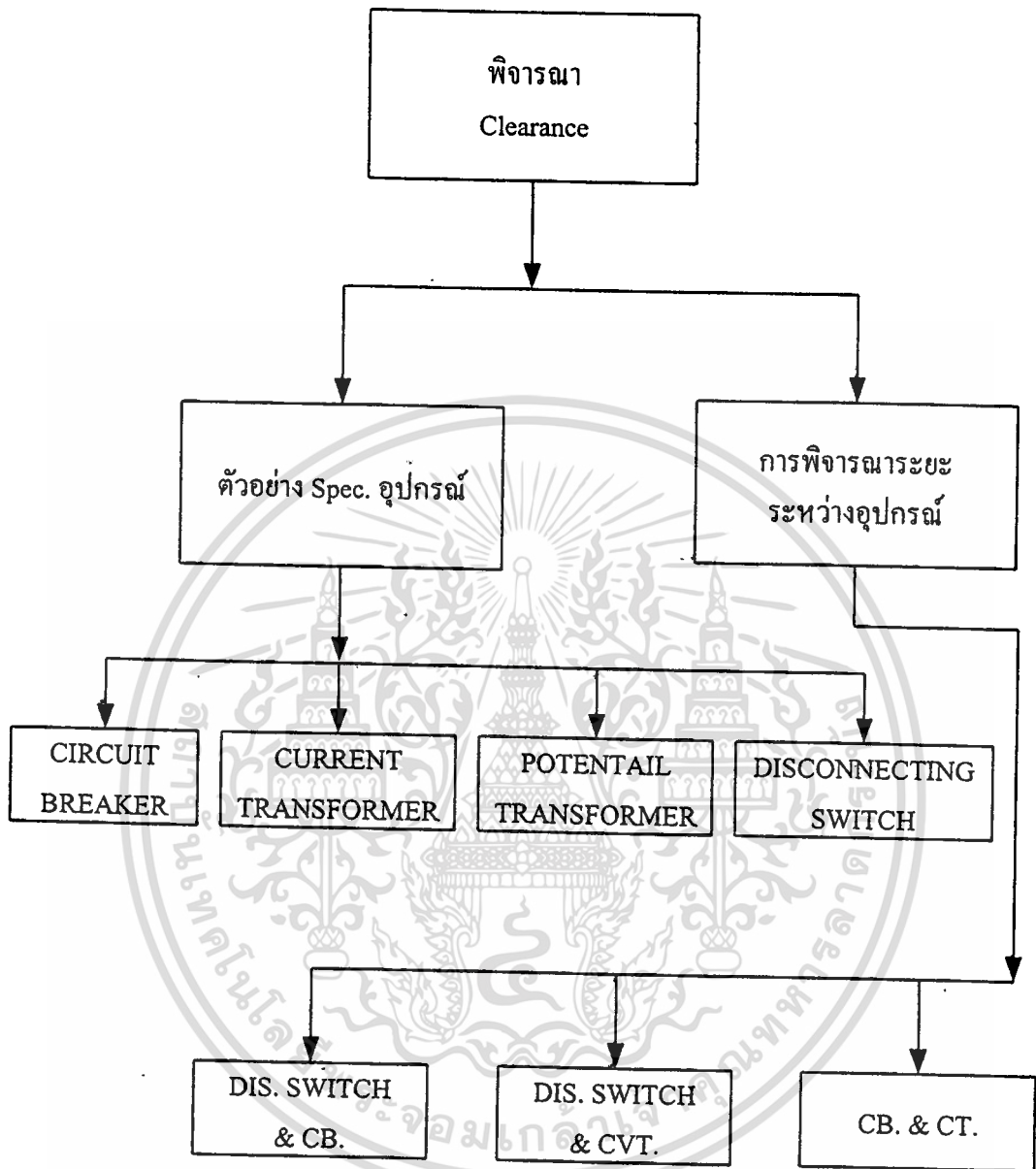


รูปที่ 5-4 แผงผัง MENU BUS STRUCTURE PLAN



รูปที่ 5-5 แผงผัง MENU BUS STRUCTURE SECTION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่แบบลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-6 แผนผัง MENU การพิจารณา Clearance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะเข้าสู่โหมดการป้อนข้อมูลของสถานีไฟฟ้าที่เราต้องการจะออกแบบ โดยจะปรากฏภาพหน้าจอดังรูปที่ 5-9

Presentation Window

File

ข้อมูลสถานีไฟฟ้าแรงสูง

ชื่อสถานีไฟฟ้า

ที่ตั้งสถานีไฟฟ้า

รูปที่ 5-9 โปรแกรมเข้าสู่โหมดการป้อนข้อมูลของสถานีไฟฟ้า

Presentation Window

File

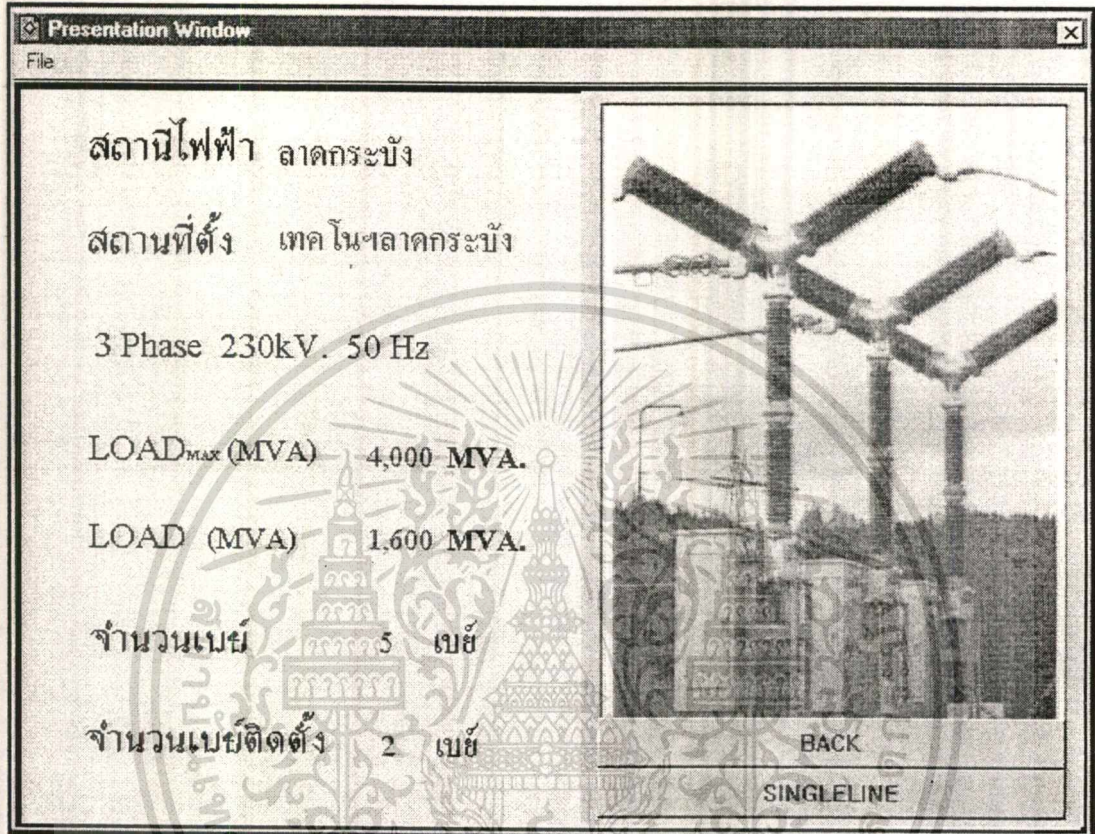
ข้อมูลสถานีไฟฟ้าแรงสูง

LOAD MAX (MVA)

LOAD (MVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเดินทางไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 5-10 การกำหนดค่าโหลด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลสรุป จะแสดงข้อมูลส่วนที่เราป้อนเข้าไป และส่วนที่คอมพิวเตอร์ประมวลผลออกมา โดยส่วนที่คอมพิวเตอร์ประมวลผลออกมาได้แก่ จำนวนเบย์



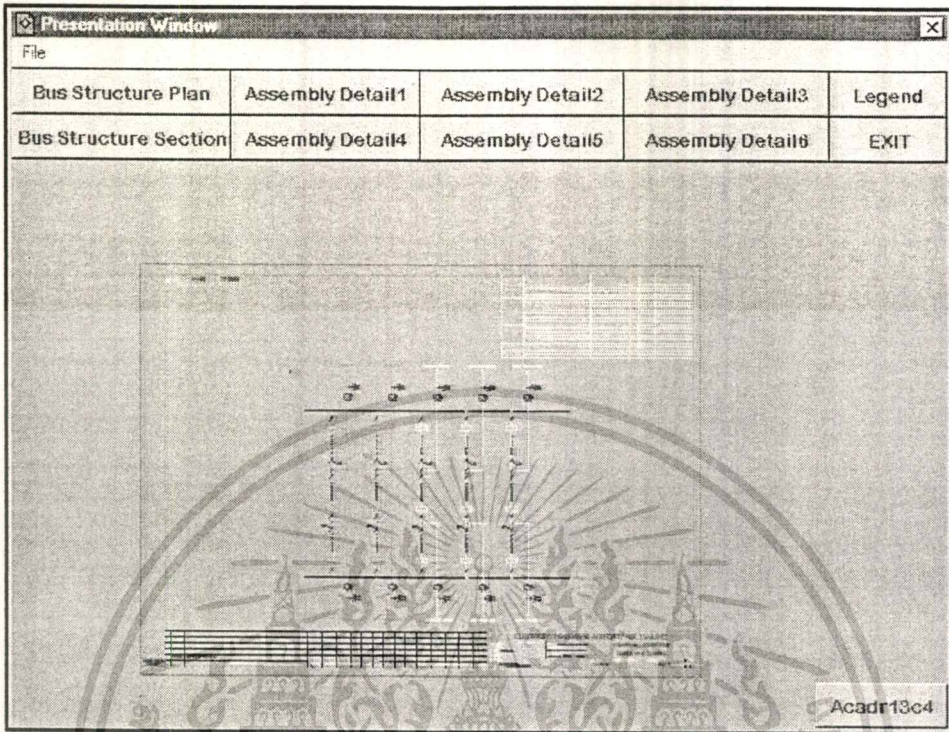
รูปที่ 5-11 ข้อมูลสรุป

จากรูปที่ 5.10 เห็นว่าจะมีปุ่มทางขวามือด้านล่างให้เราเลือกใช้งาน 2 ปุ่ม ได้แก่ ปุ่ม BACK ถ้าเราคลิกที่ปุ่มนี้ โปรแกรมจะกลับไปทำงานที่ตำแหน่งของการป้อนข้อมูลใหม่อีกครั้งหนึ่ง

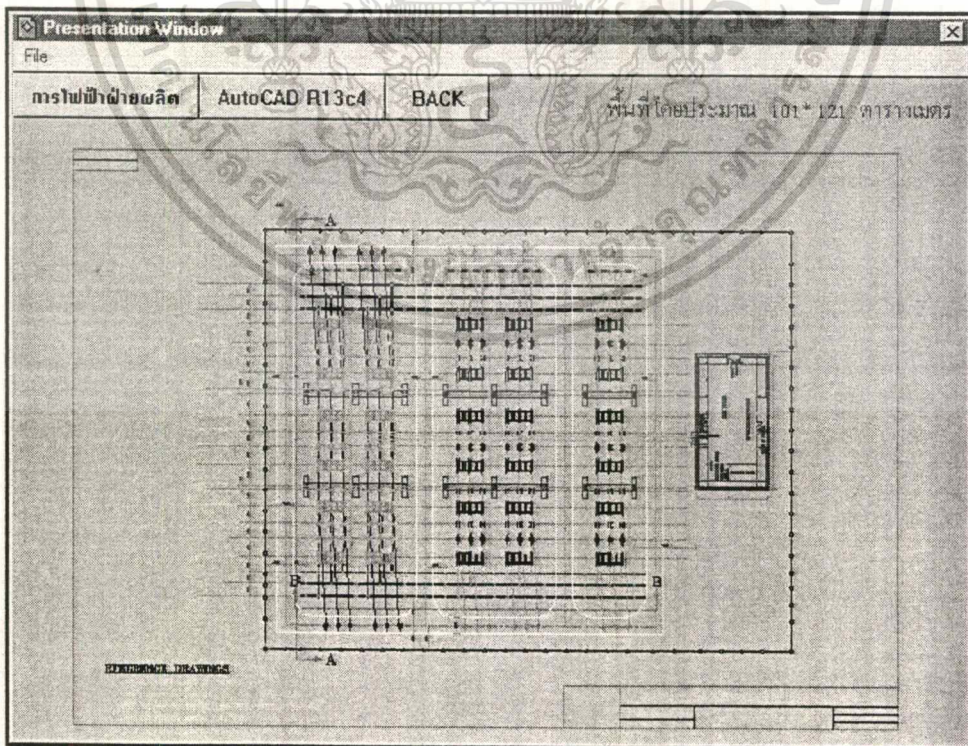
ปุ่ม SINGLE LINE เมื่อคลิกเมาท์ที่ปุ่มนี้ จะแสดง single line diagram ตามที่ได้กำหนดค่า LOAD หน้าจอของคอมพิวเตอร์จะปรากฏดังรูปที่ 5-12

Bus structure plan	เป็นการแสดงแบบการจัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้า ด้าน Top View
Bus structure section	เป็นการแสดงแบบการจัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้า ด้านภาพตัด Side View
Assembly detail 1-6	เป็นการแสดงรายละเอียดอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็น Legend ที่สกรีนไว้สำหรับใช้ในการแสดงควมหมายของหมายเลขที่กำกับอุปกรณ์ชั้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-12 ภาพ Single line diagram และ เมนูหลัก
เมื่อเรากดปุ่ม Bus structure plan โปรแกรมจะแสดงหน้าจอดังรูปที่ 5-13



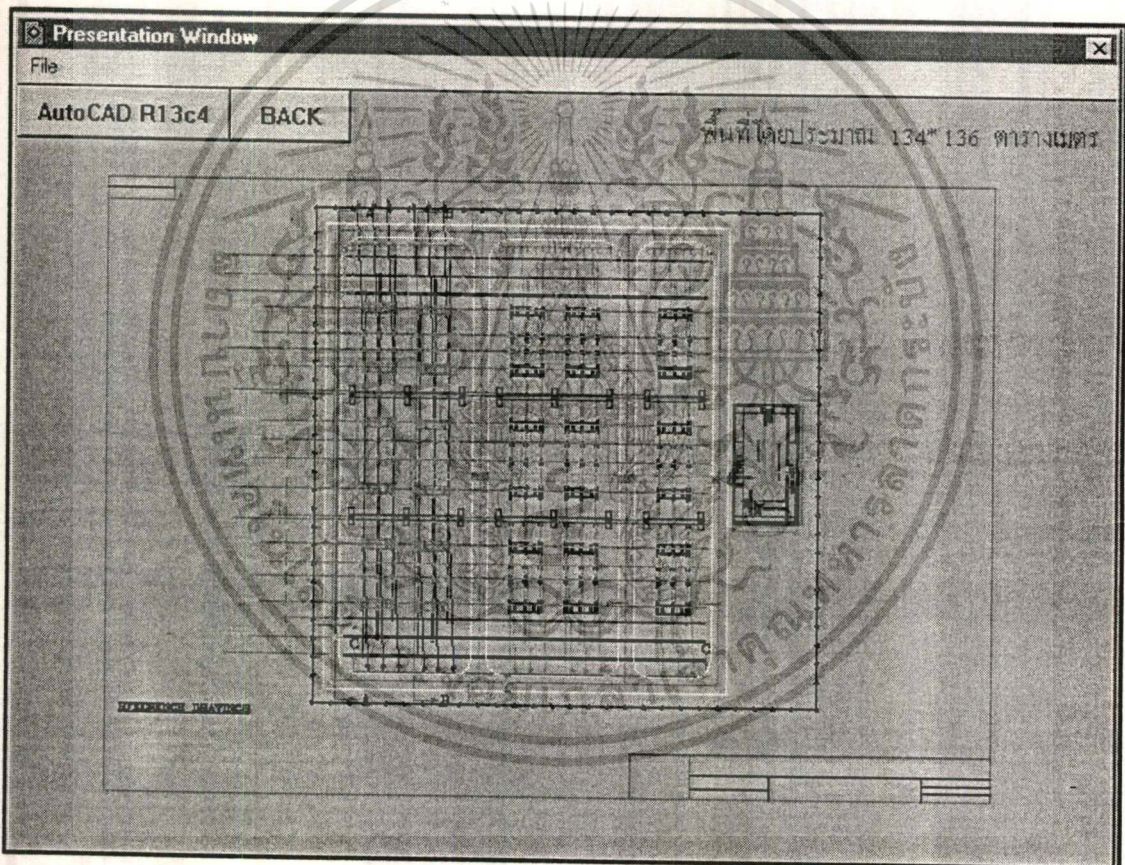
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 5-13 เมื่อกดปุ่ม Bus structure plan
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยระยะของแบบนี้เป็นค่าระยะห่างต่ำสุดที่สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

รายละเอียดของเมนู

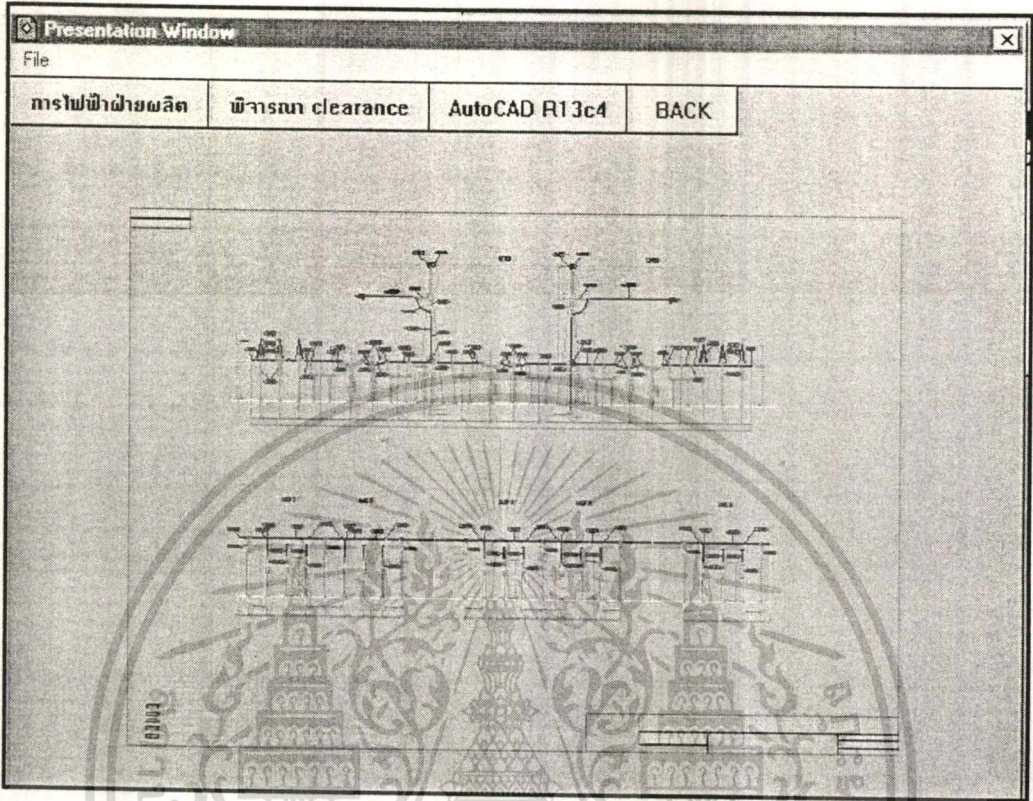
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิต เมนูนี้จะแสดงแบบปุ่ม Bus structure plan ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่ใช้งานจริง

- Auto CAD R13 c4 เป็นการนำไปสู่โปรแกรม AutoCAD Release 13 เพื่อทำการแก้ไขซึ่งสามารถบันทึก [SAVE] ภาพเก็บไว้ได้หรือพล็อตภาพออกทาง Plotter หรือ Printer เมื่อเราต้องการออกจากโปรแกรม AutoCAD ทำโดย เลือกเมนู File แล้วคลิกที่ Exit โดยจะกลับเข้ามาที่โปรแกรมออโตแวร์

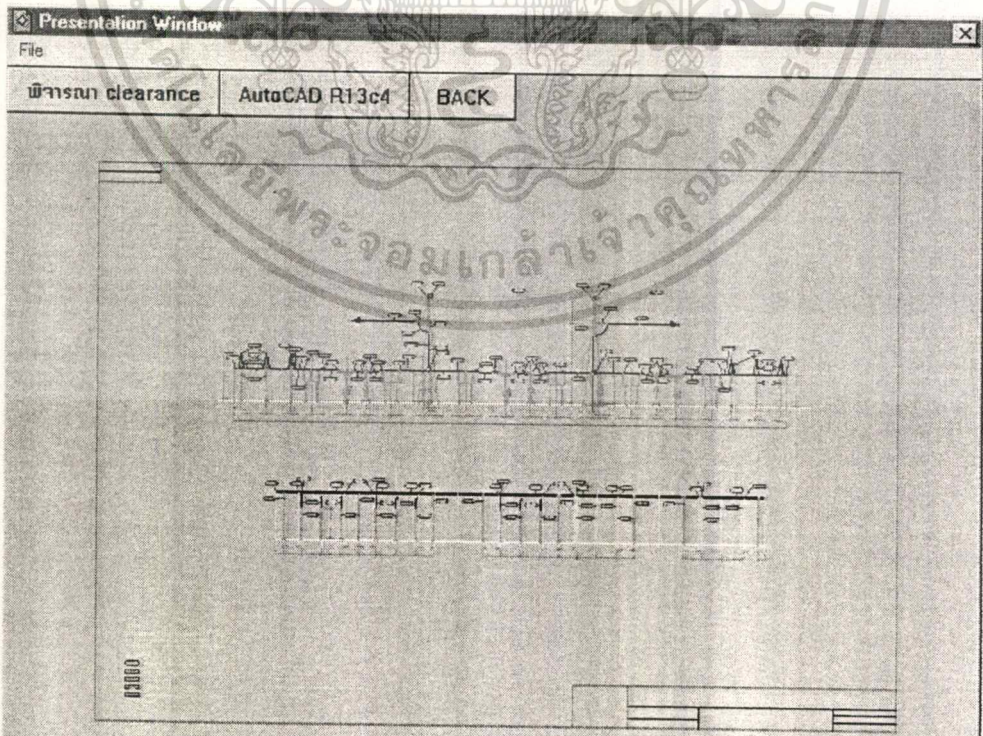


รูปที่ 5-14 เมื่อกดปุ่มการไฟฟ้าฝ่ายผลิตของ Bus structure plan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

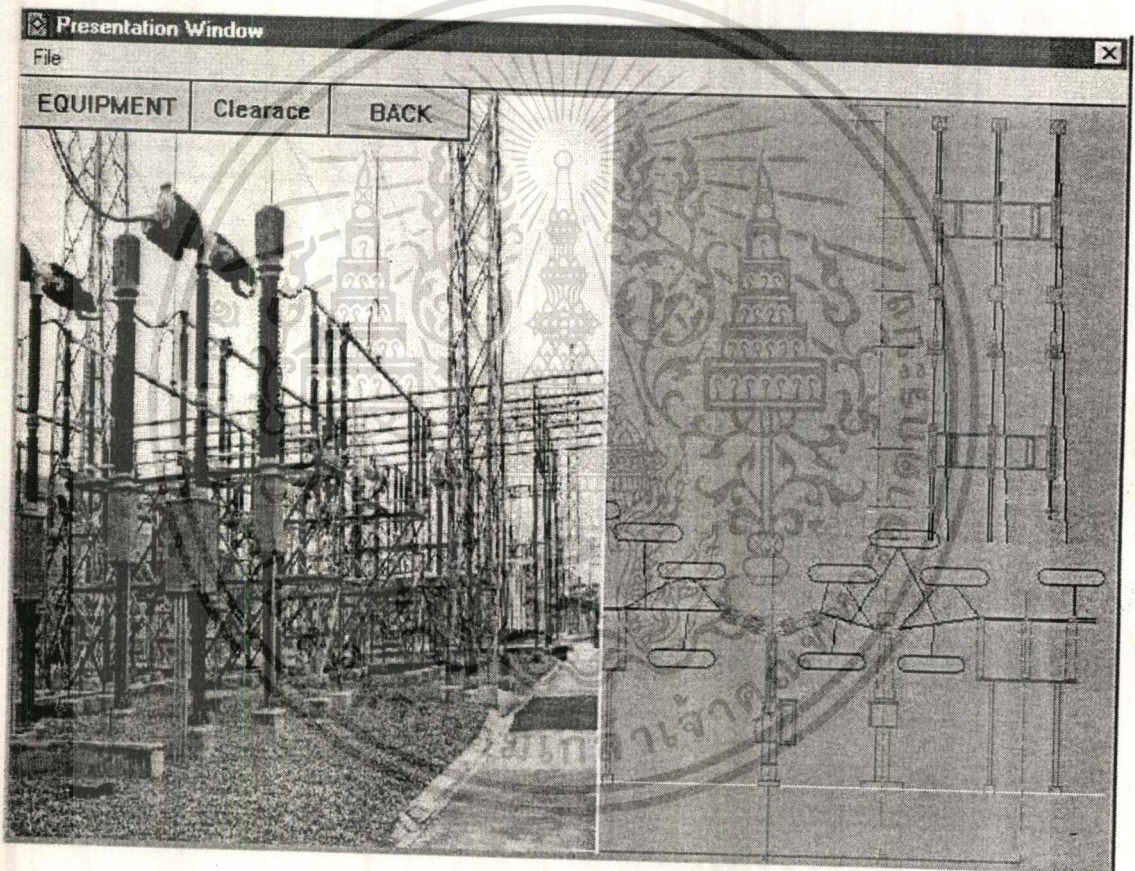


รูปที่ 5-15 เมื่อกlickปุ่ม Bus structure section



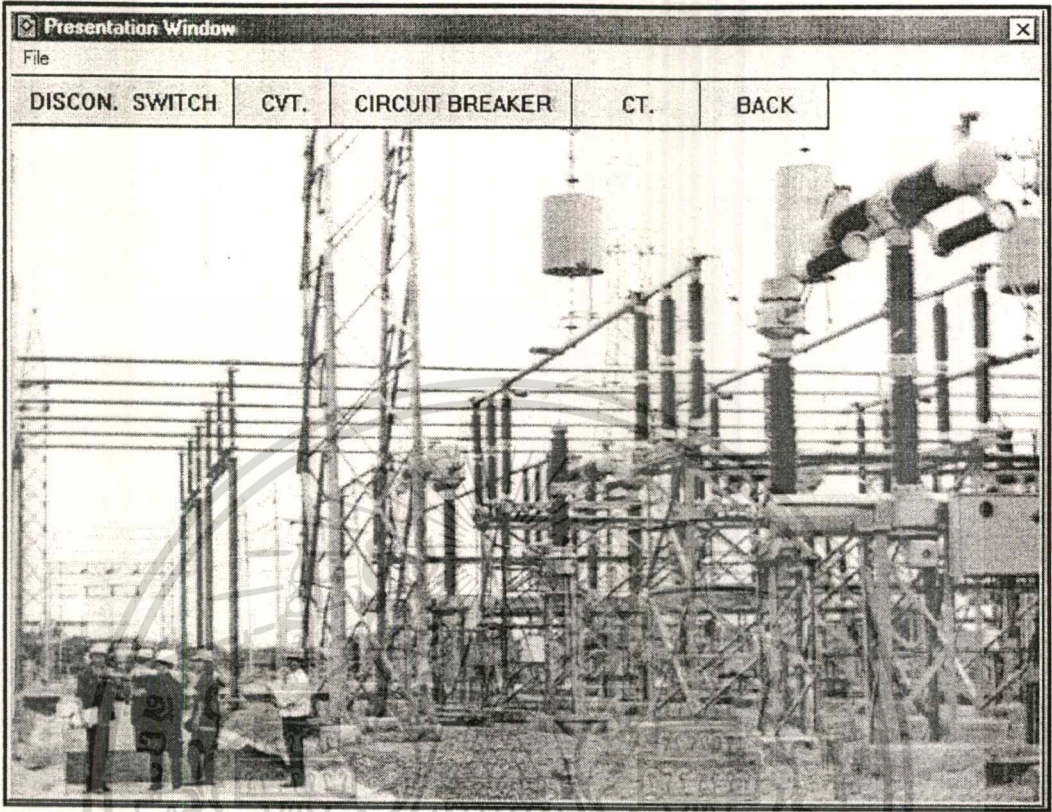
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
รูปที่ 5-16 เมื่อกlickปุ่มการไฟฟ้าฝ่ายผลิตของ Bus structure section
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกกฎหมายให้ตัดแบลงเนยทาและตยงยงองเงงของเอกลำทุคครั้งที่มีกรนำไปใช้

ต่อไปเมื่อเราคลิกปุ่ม Bus structure section โปรแกรมจะแสดงหน้าจอดังรูปที่ 5-15 โดยที่เมนูต่างๆ เหมือนแบบที่ผ่านมาแล้ว แต่ที่เพิ่มเติมคือ เมนู พิจารณา Clearance ซึ่งเมนูนี้จะแสดงระยะห่างของการติดตั้งอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าโดยการพิจารณาการออกแบบตามทฤษฎี ลักษณะการพิจารณามี 2 แบบคือ พิจารณา Clearance ของแบบที่แสดงระยะต่ำสุด และพิจารณา Clearance ของแบบที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตใช้งานจริง เมื่อเราคลิกเมนู พิจารณา clearance แสดงเมนูดังรูปที่ 5-17

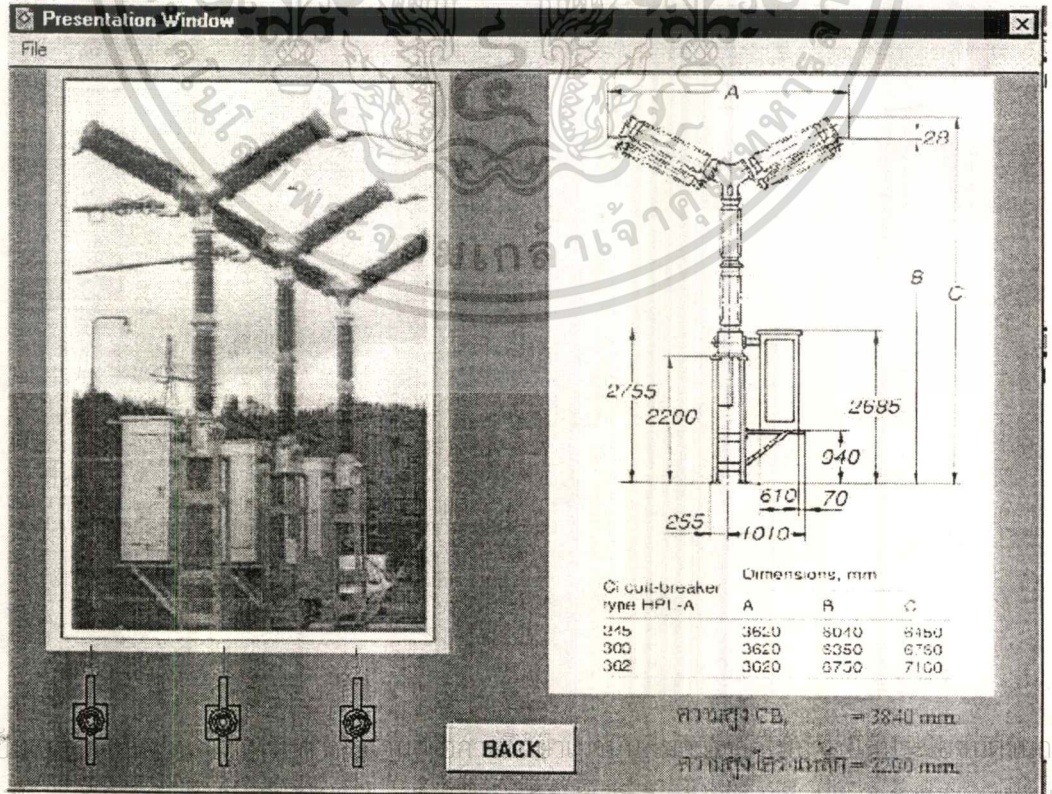


รูปที่ 5-17 เมื่อเราคลิกเมนู พิจารณา Clearance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-18 เมื่อเราคลิกเมนู Equipment

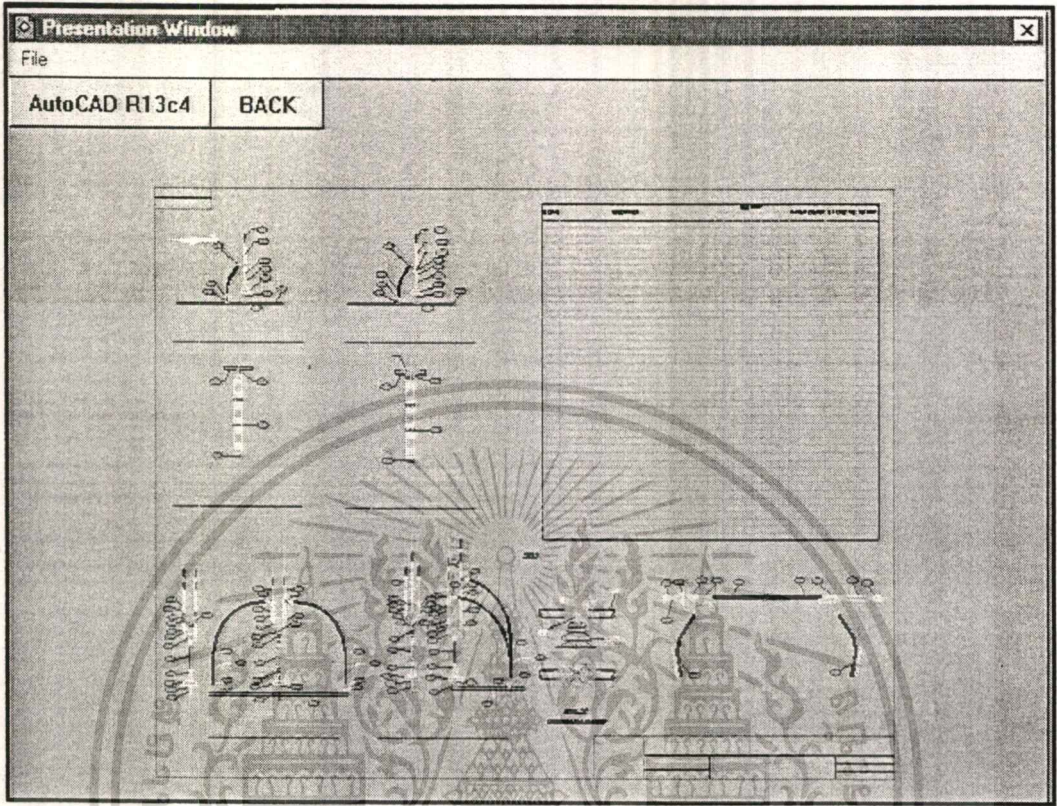


รูปที่ 5-19 เมื่อเราคลิกเมนู Circuit Breaker

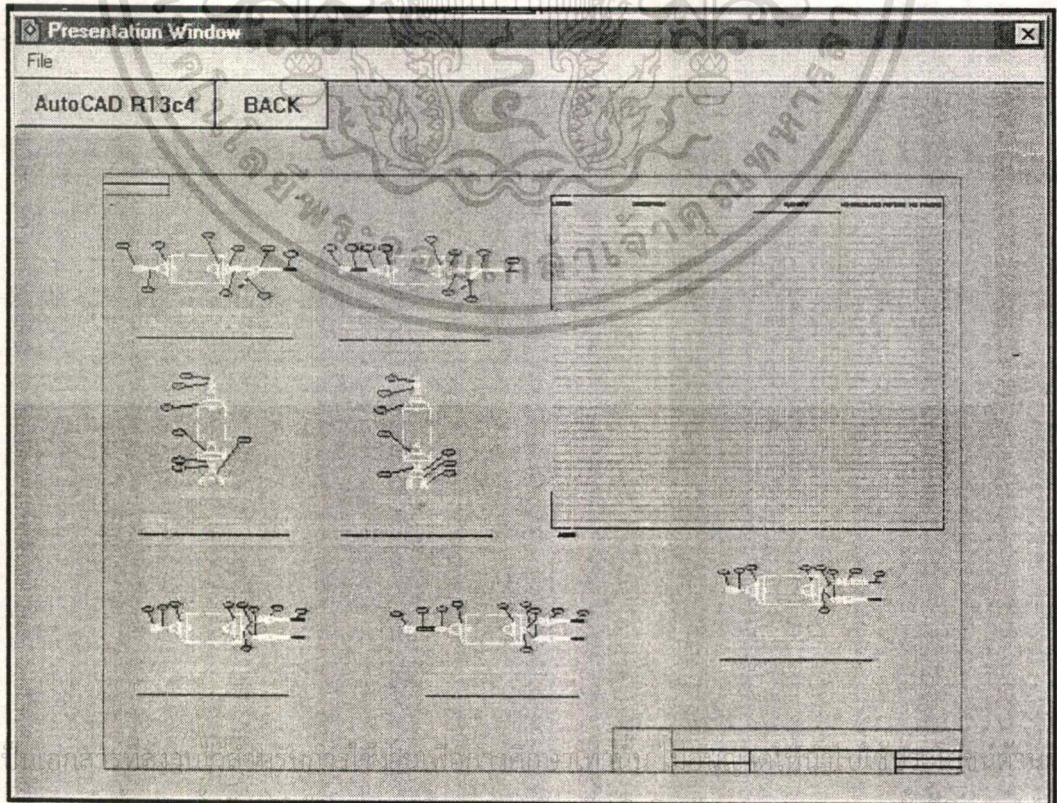
เอกสารนี้ใช้

การคำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกทางห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตของเอกสารทุกครั้งที่มีการแก้ไข

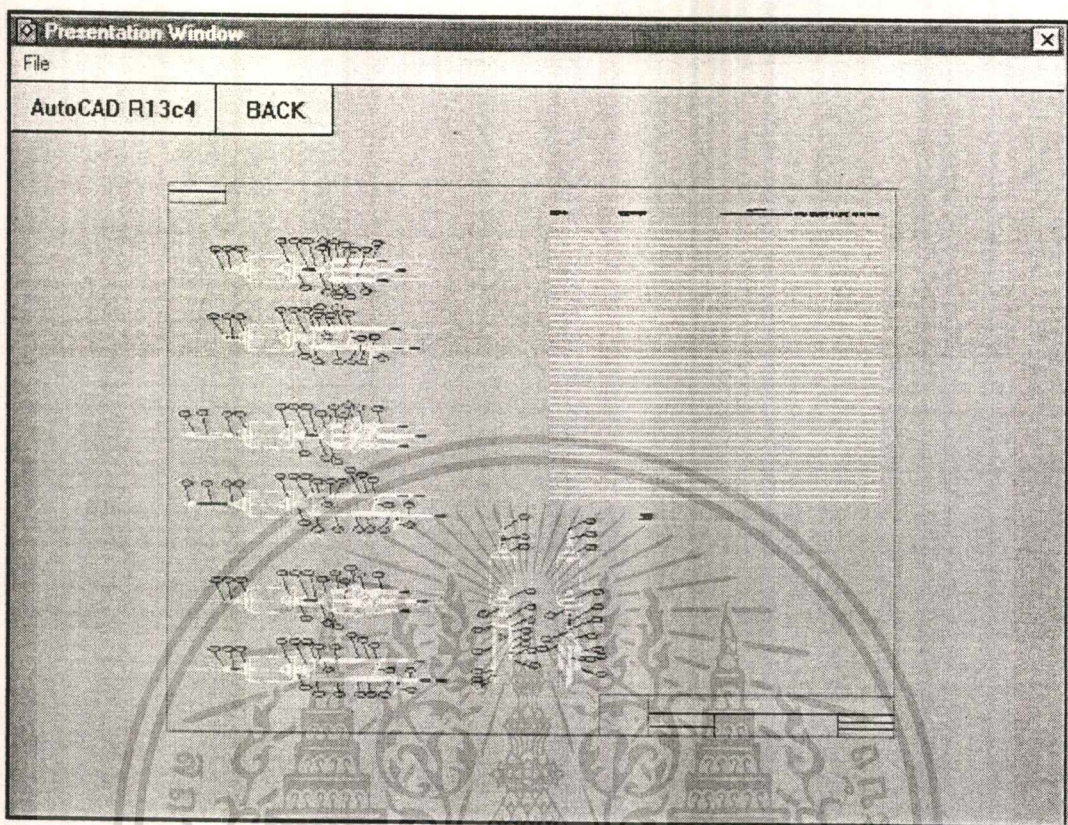


รูปที่ 5-24 เมื่อเรากดคลิกเมนู ASSEMBLY DETAIL 1.

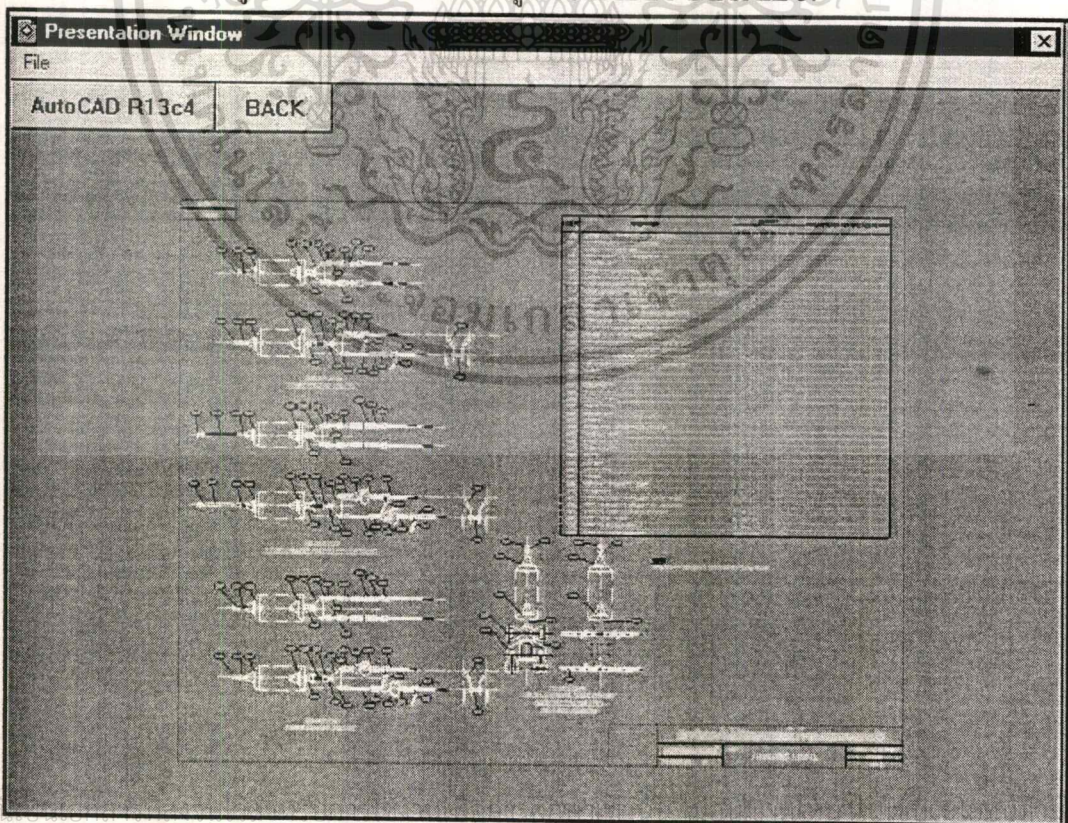


รูปที่ 5-25 เมื่อเรากดคลิกเมนู ASSEMBLY DETAIL 2.

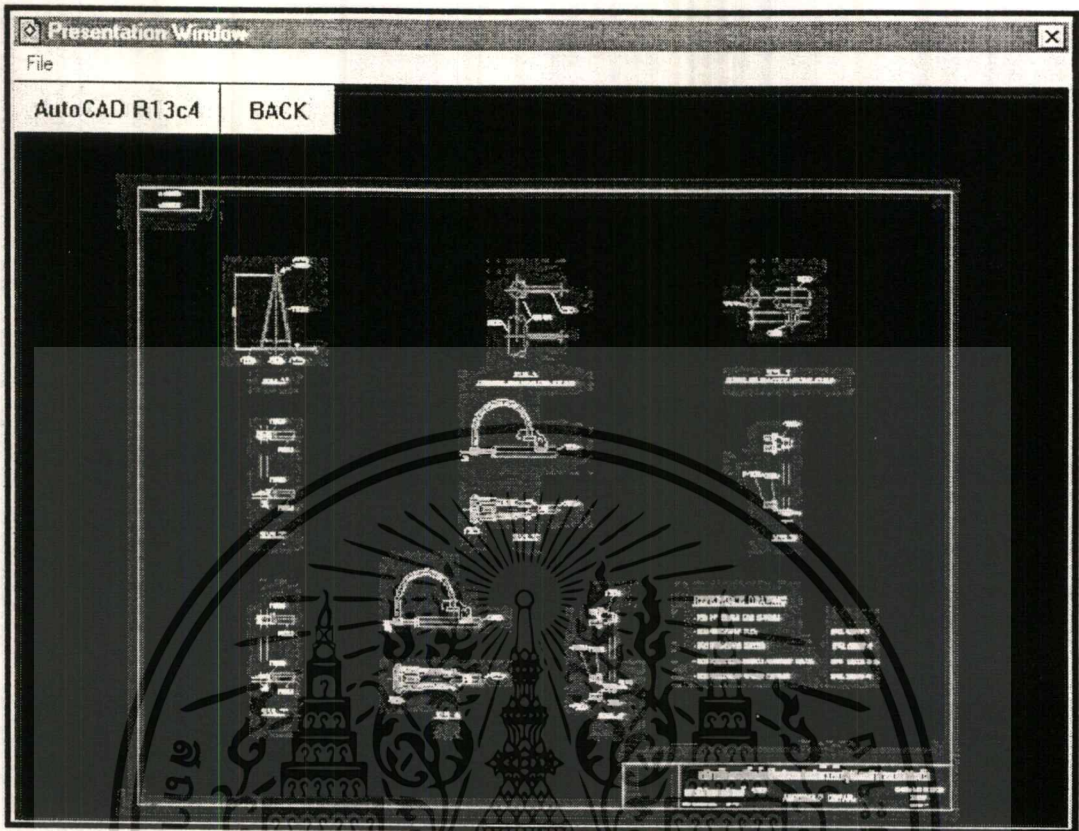
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานในวงจำกัดเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารทุกฉบับที่ปรากฏในเอกสารนี้



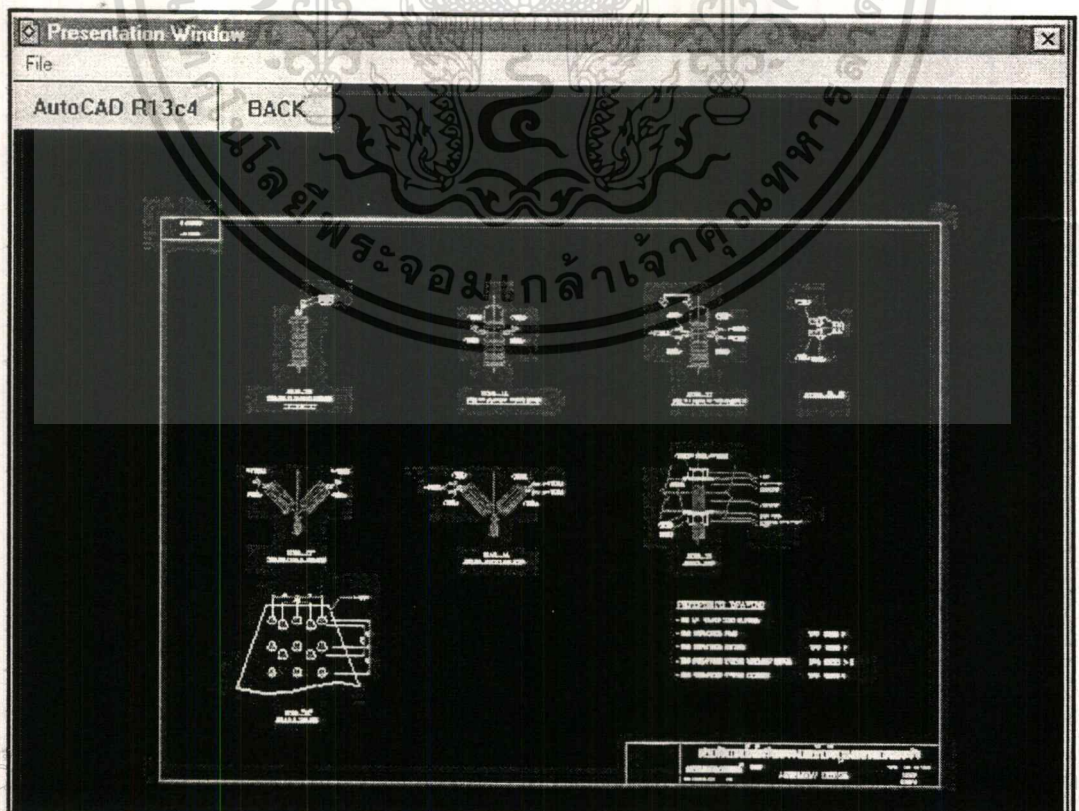
รูปที่ 5-26 เมื่อเราคลิกเมนู ASSEMBLY DETAIL 3.



เอกสารประกอบการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกที่รูปที่ 5-27 เมื่อเราคลิกเมนู ASSEMBLY DETAIL 4.เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-28 เมื่อเรากดคลิกเมนู ASSEMBLY DETAIL 5.



เอกสารนี้

ราคา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหาไม่มีเหตุขบปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำใบใช้
รูปที่ 5-29 เมื่อเรากดคลิกเมนู ASSEMBLY DETAIL 6.

บทที่ 6

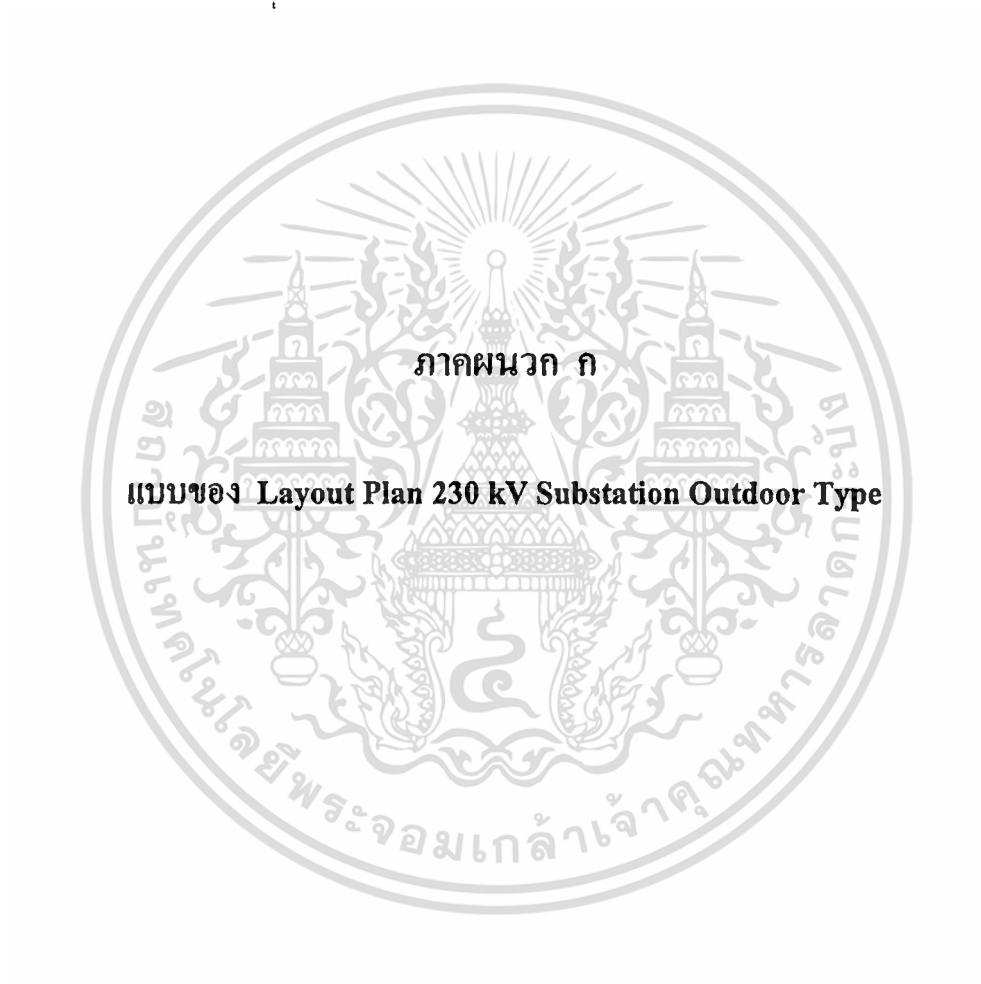
บทสรุปและวิจารณ์

จากโครงการที่ได้ทำการศึกษาตลอดปีการศึกษา 2540 นี้ ผลงานที่ได้ทำมาทั้งหมดคือ การออกแบบโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยระบบแรงดัน 230 กิโลโวลต์โดยการรวบรวมข้อมูลจากการออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยหลายๆแห่งเพื่อใช้เป็นตัวแปรที่จะให้คอมพิวเตอร์นำไปประมวลผล ในการออกแบบนี้เราใช้โปรแกรม AutoCAD version 3 ในการทำหน้าทีประมวลผลและใช้โปรแกรม AutoCAD Release 13c4 ในการเขียนแบบ โดยผลที่ได้จะออกมาในรูปแบบของ SINGLE LINE DIAGRAM, BUS STRUCTURE PLAN, BUS STRUCTURE SECTION ตลอดจน ASSEMBLY DETAIL และ LEGEND โดยระยะห่างตามแบบนั้นมีทั้งระยะห่างต่ำสุดที่สามารถปฏิบัติงานได้โดยปลอดภัย และระยะตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จากการออกแบบเราจะทราบถึง ชนิด ,จำนวน และรูปแบบของอุปกรณ์ ขนาดของตัวนำ การต่อเชื่อมจุดต่างๆ พื้นที่ใน switch yard (ไม่รวมหม้อแปลงกับห้องควบคุม) , ระยะห่างต่างๆ ในการติดตั้ง

จะเห็นได้ว่าการออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยนั้น จะต้องมีการออกแบบทั้งหมด 9 ส่วน จึงจะได้แบบของสถานีไฟฟ้าย่อยที่สมบูรณ์ เพราะฉะนั้นแบบอื่นๆที่เหลือจากการทำโครงการนี้จะต้องมีการทำการออกแบบเพิ่มเติมอีกจนครบ เพื่อให้โปรแกรมสำเร็จรูปนี้เป็นโปรแกรมที่สมบูรณ์แบบทางด้านการใช้งาน

จากโครงการนี้เป็นโครงการต่อเนื่องจากโครงการเรื่องการออกแบบไดอะแกรมเส้นเดี่ยวของสถานีไฟฟ้าย่อย 230 kV.ชนิดภายนอกอาคาร ซึ่งจะมีข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบในส่วน SINGLE LINE DIAGRAM อย่างละเอียดและตลอดจนข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบในส่วน ของโครงการนี้ สำหรับผู้สนใจสามารถค้นคว้าข้อมูลได้ที่ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หรืออาจจะศึกษาได้จากหนังสือต่างๆตามที่กล่าวไว้ในหนังสืออ้างอิงหรือจากผู้ที่มีความรู้ที่เป็นผู้ถ่ายทอดมายังผู้จัดทำดั่งในกิตติกรรมประกาศ โดยเนื้อหาต่างๆนี้มีประโยชน์ในการเป็นแนวทางในการออกแบบสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยไม่ว่าจะเป็นในด้านการจ่ายกำลังไฟฟ้า หรือเพื่องานอุตสาหกรรมก็ตาม ซึ่งอาจมีประโยชน์ในการพัฒนาระบบส่งจ่ายให้มีเสถียรภาพมากขึ้น รวมทั้งทำให้บุคลากรมีความรู้มากขึ้นเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาประเทศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



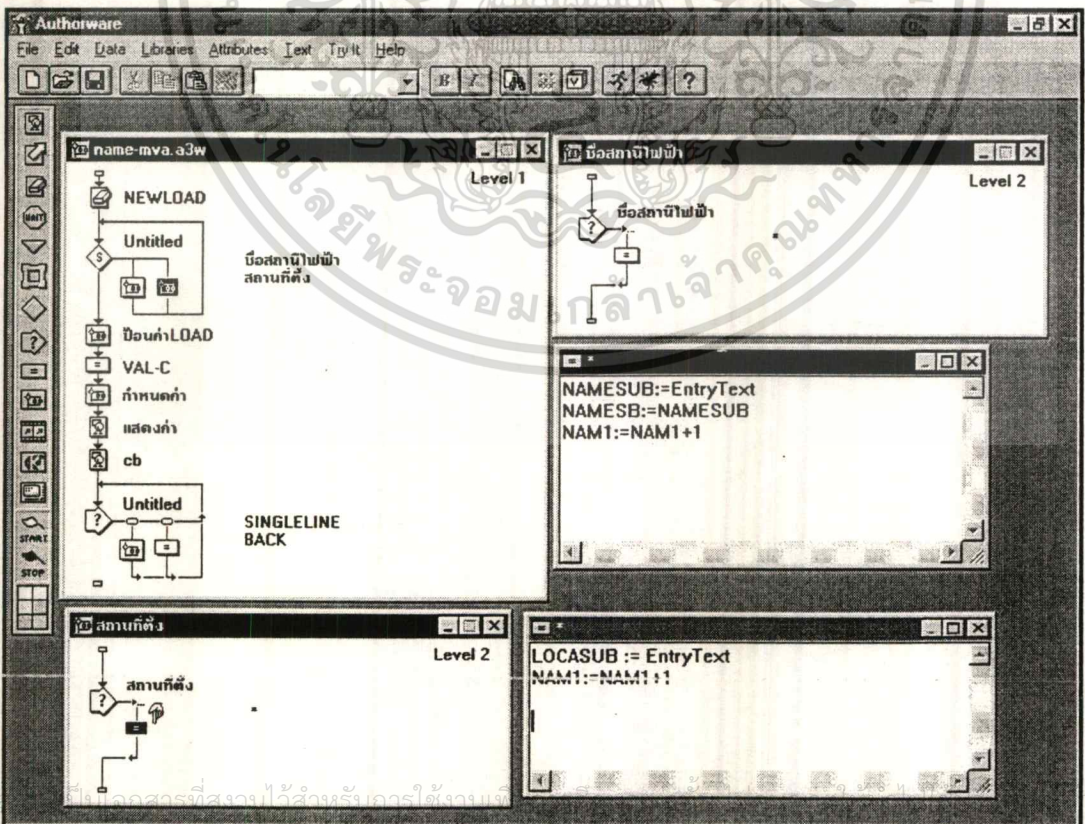
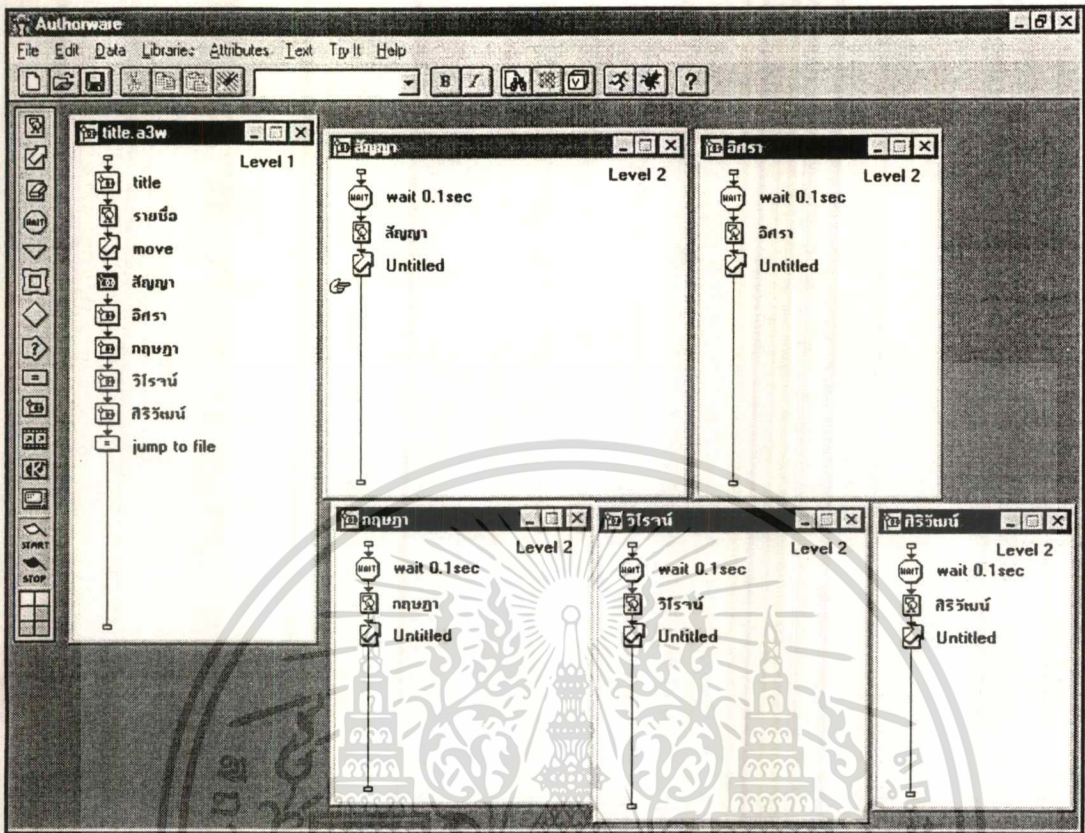
ภาคผนวก ก

แบบของ Layout Plan 230 kV Substation Outdoor Type

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารที่ส่งไปส่วนนี้เป็นการดำเนินการซ้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

Authorware

File Edit Data Libraries Attributes Text TryIt Help

name-mva.a3w Level 1

NEWLOAD

Untitled

ชื่อสถานีไฟฟ้า
สถานีที่ตั้ง

ข้อมูลค่าLOAD

VAL-C

กำหนดค่า

แสดงค่า

cb

SINGLELINE

SINGLELINE
BACK

ข้อมูลค่าLOAD Level 2

enterval

maxload
ld

VAL-C

```

EraseAll()
SAK1:=MAXLD*1000000
SAK2:=1.732*230000
SAK3:=SAK1/SAK2
BAYOK:=SAK3/2000
BAYOK1:=BAYOK+0.9
SAK4:=LD*1000000/SAK2
BAYR:=SAK4/2000
BAYR1:=BAYR+0.9
Y:=FILBAY /125
  
```

กำหนดค่า Level 2

FILFUBAY

FILFUBAY1

setarea

SINGLELINE Level 2

61

62

BACK Level 2

GoTo[IconID@"NEWLOAD"]

Authorware

File Edit Data Libraries Attributes Text TryIt Help

name-mva.a3w Level 1

NEWLOAD

Untitled

ชื่อสถานีไฟฟ้า
สถานีที่ตั้ง

ข้อมูลค่าLOAD

VAL-C

กำหนดค่า

แสดงค่า

cb

SINGLELINE

SINGLELINE
BACK

ข้อมูลค่าLOAD Level 2

enterval

maxload
ld

maxload Level 3

SETVARLOAD14

LOC

detail

SETVARLOAD14 Level 2

```

lll:=0
JJJ:=0
LOAD:=""
LD:=0
kkk:=0
  
```

```

if (lll > 880) then GoTo[IconID@"SETVARLOAD15"]
else MAXLD := LOAD+111.11
MAXLD := MAXLD-111.11
if (MAXLD > 6450) then GoTo[IconID@"SETVARLOAD14"]
if (MAXLD <= 880) then GoTo[IconID@"SETVARLOAD14"]
  
```

```

LOAD := EntryText
COUNT:=CharCount(LOAD)
repeat with l:=1 to COUNT
character := SubStr(LOAD,l,l)
ascii := Code(character)
if (ascii >= 46) & (ascii <= 57) then JJJ:=JJJ+1
else lll:=lll+1
  
```

เอกสารที่สร้างไว้สำหรับกรังได้ส่งมอบเพื่อใช้ในการคำนวณค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกทางหม่อมเหตุดแบลงเนื้อหาและตองอาจองถงเงาของเอกสารทุกครั้งหมกรณาไปใช้

Authorware

File Edit Data Libraries Attributes Text Try It Help

name-mva.a3w

Level 1

NEWLOAD

Untitled

ชื่อสถานีพิมพ์ สถานะที่ตั้ง

ชื่อค่าLOAD

VAL-C

กำหนดค่า

แสดงค่า

cb

SINGLELINE

SINGLELINE BACK

Level 2

ชื่อค่าLOAD

enterval

maxload present load

Level 3

present load

SETVARLOAD15

select bay

math

SETVARLOA...

lll:=0
JJJ:=0
LOAD:=""
LD:=0
kkk:=0

```

LOAD := EntryText
COUNT:=CharCount(LOAD)
repeat with I:= 1 to COUNT
character := SubStr(LOAD,I,I)
ascii := Code(character)
if [ascii >= 46] & [ascii <= 57] then JJJ:=JJJ+1
else lll:= lll+1

```

```

if (lll > 0) then GoTo[iconID@"SETVARLOAD15"]
else LD := LOAD+111.11
LD := LD-111.11
if (MAXLD<LD) then GoTo[iconID@"ชื่อค่าLOAD"]
if (LD>6450) then GoTo[iconID@"SETVARLOAD15"]
if (LD<=440) then GoTo[iconID@"SETVARLOAD15"]

```

Authorware

File Edit Data Libraries Attributes Text Try It Help

name-mva.a3w

Level 1

NEWLOAD

Untitled

ชื่อสถานีพิมพ์ สถานะที่ตั้ง

ชื่อค่าLOAD

VAL-C

กำหนดค่า

แสดงค่า

cb

SINGLELINE

SINGLELINE BACK

Level 2

SINGLELINE

G1

G2

Level 3

G1

FIL2

2 bay

FIL3

3 bay

FIL4

4 bay

FIL5

5 bay

Level 3

G2

FIL6

6 bay

FIL7

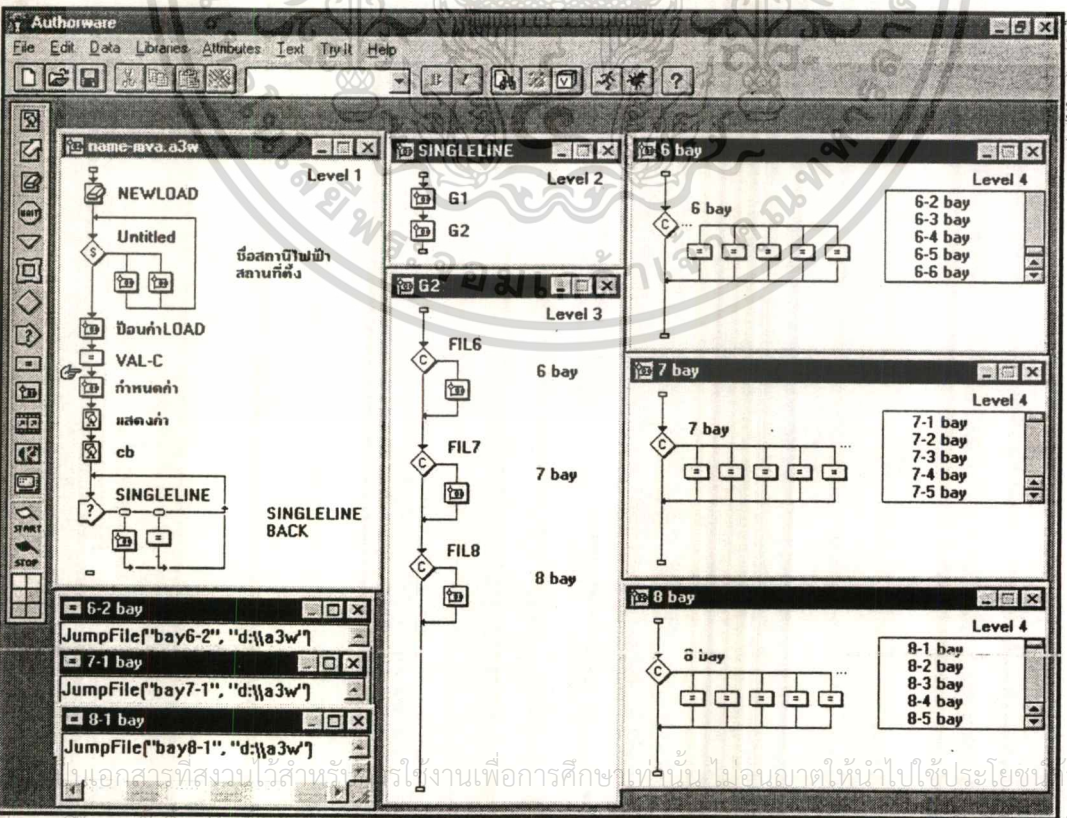
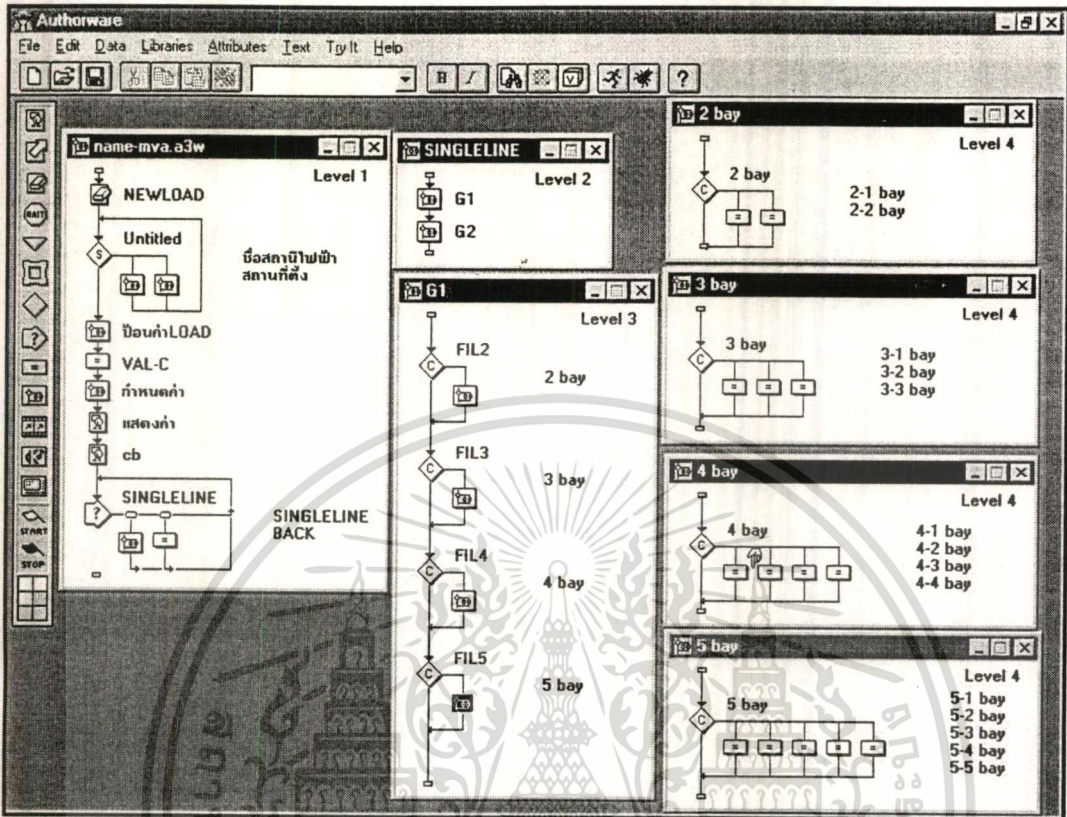
7 bay

FIL8

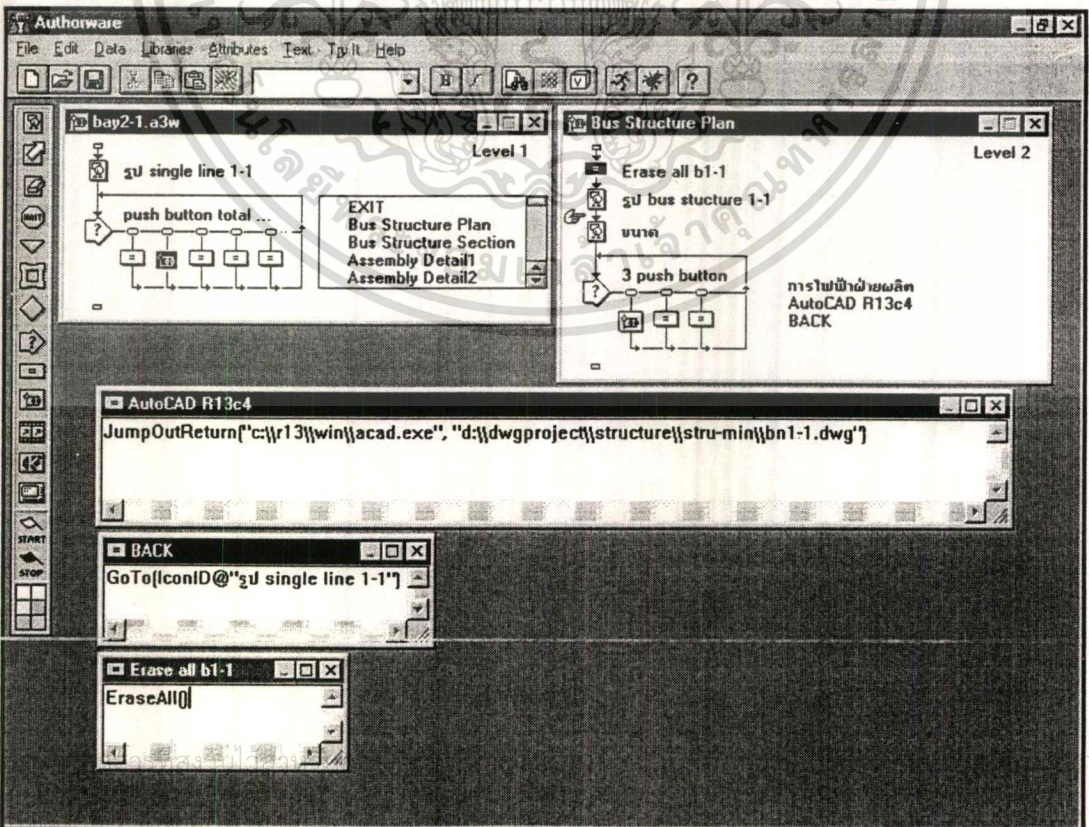
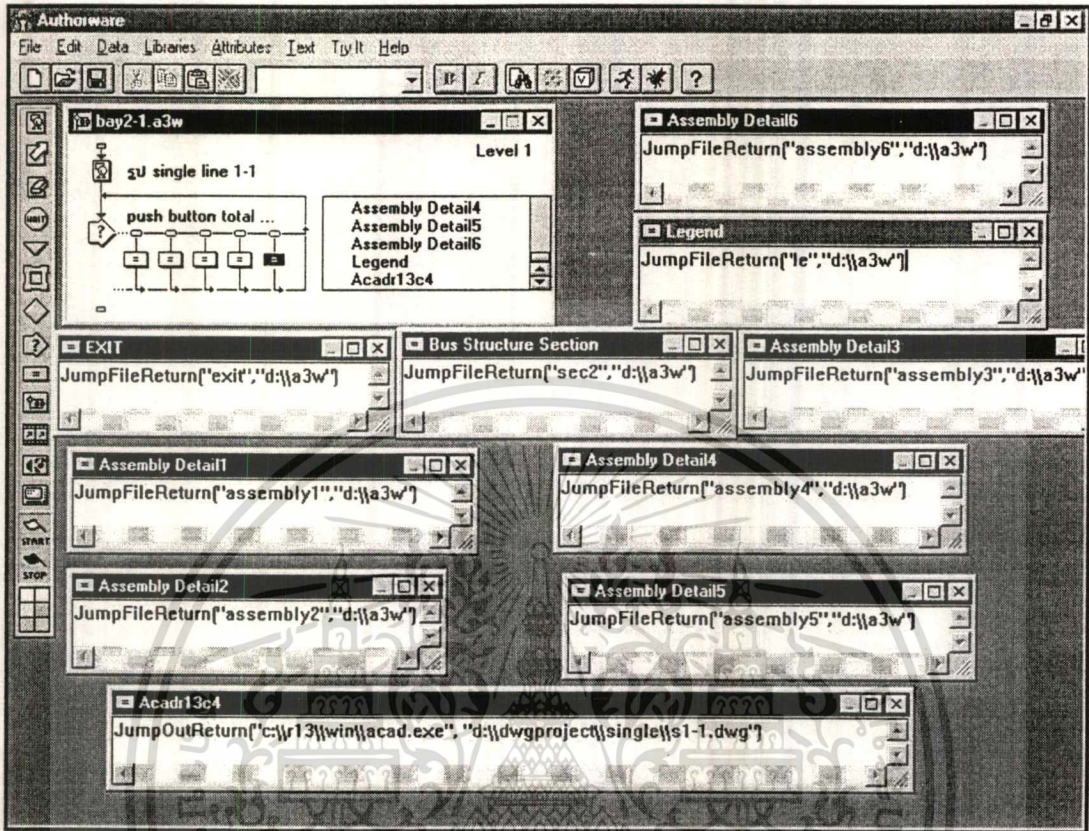
8 bay

การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปใช้



เอกสารที่ส่งมื่อไว้สำหรับ... ใ้ทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่บนสื่อออนไลน์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้



Authorware

File Edit Data Libraries Attributes Text Tty II Help

bay2-1.a3w Level 1

รูป single line 1-1

push button total ...

EXIT
Bus Structure Plan
Bus Structure Section
Assembly Detail1
Assembly Detail2

Bus Structure Plan Level 2

Erase all b1-1

รูป bus structure 1-1

ขนาด

3 push button

การไปฆ่าผ่านผลิต
AutoCAD R13c4
BACK

การไปฆ่าผ่านผลิต
AutoCAD R13c4
BACK

Erase all bN1-1

EraseAll()

BACK

GoTo([iconID@"Erase all b1-1"])

AutoCAD R13c4

JumpOutReturn["c:\r13\win\acad.exe", "d:\dwgproject\structure\b1-1.dwg"]

Authorware

File Edit Data Libraries Attributes Text Tty II Help

sec2.a3w Level 1

Erase all 2-1

รูป bus section 2

4 push button

การไปฆ่าผ่านผลิต
พิจารณา clearance
AutoCAD R13c4
BACK

Erase all 2-1

EraseAll()

พิจารณา clearance

JumpFileReturn["clear-min", "c:\a3w"]

BACK

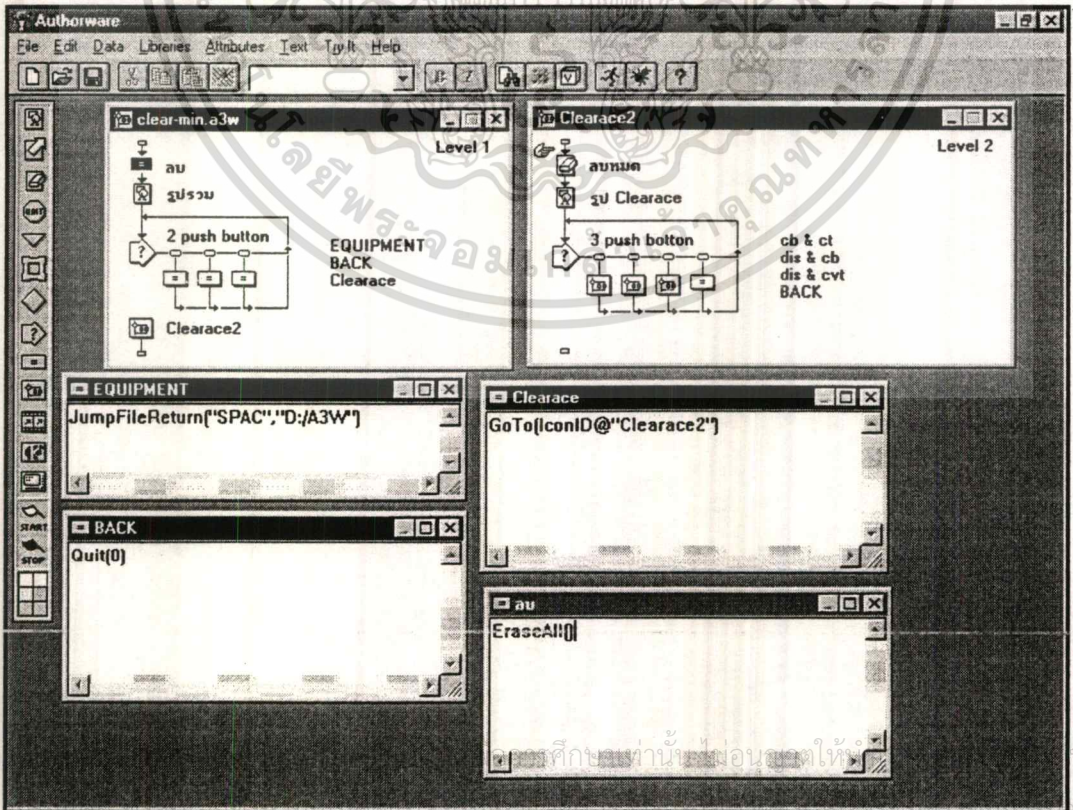
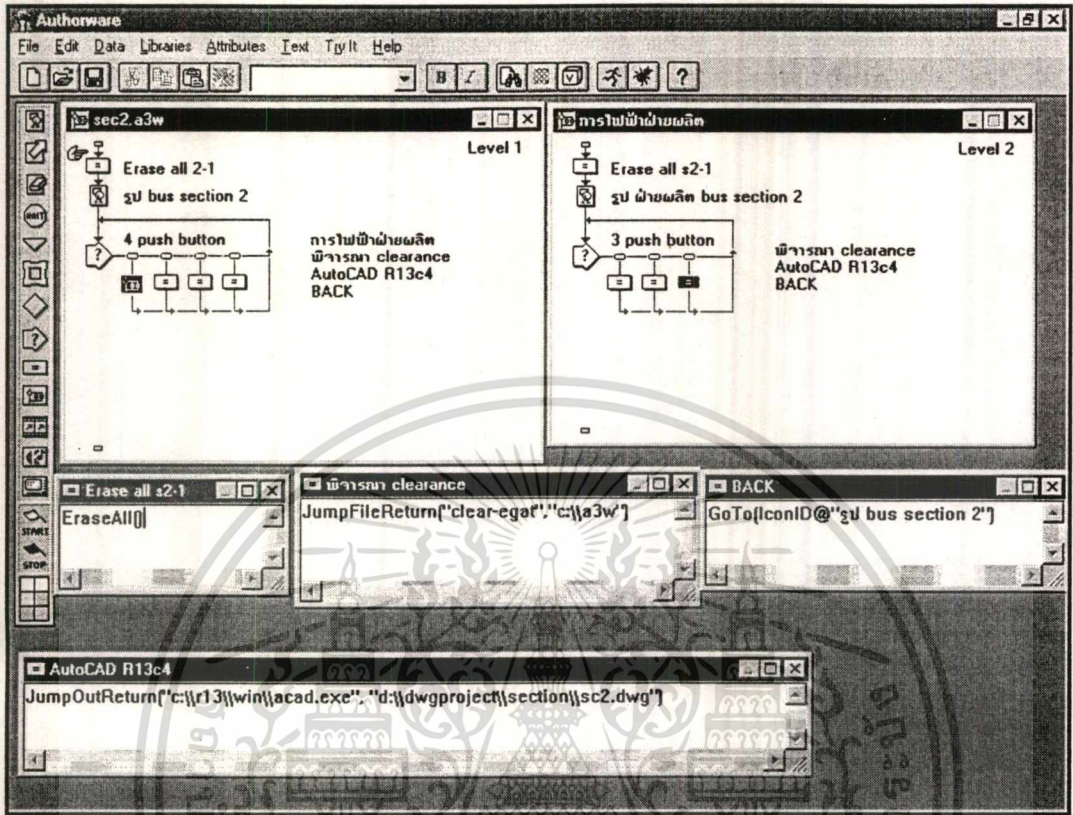
Quit(0)

AutoCAD R13c4

JumpOutReturn["c:\r13\win\acad.exe", "d:\dwgproject\section\sec-min\sc-n2.dwg"]

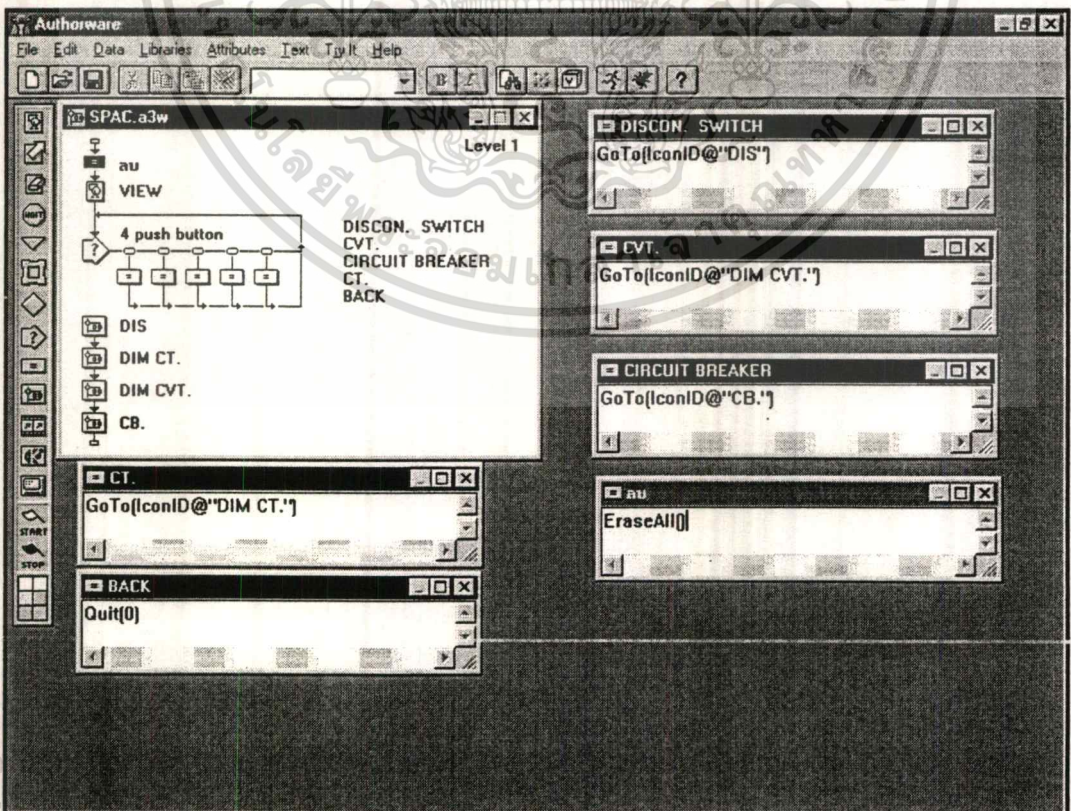
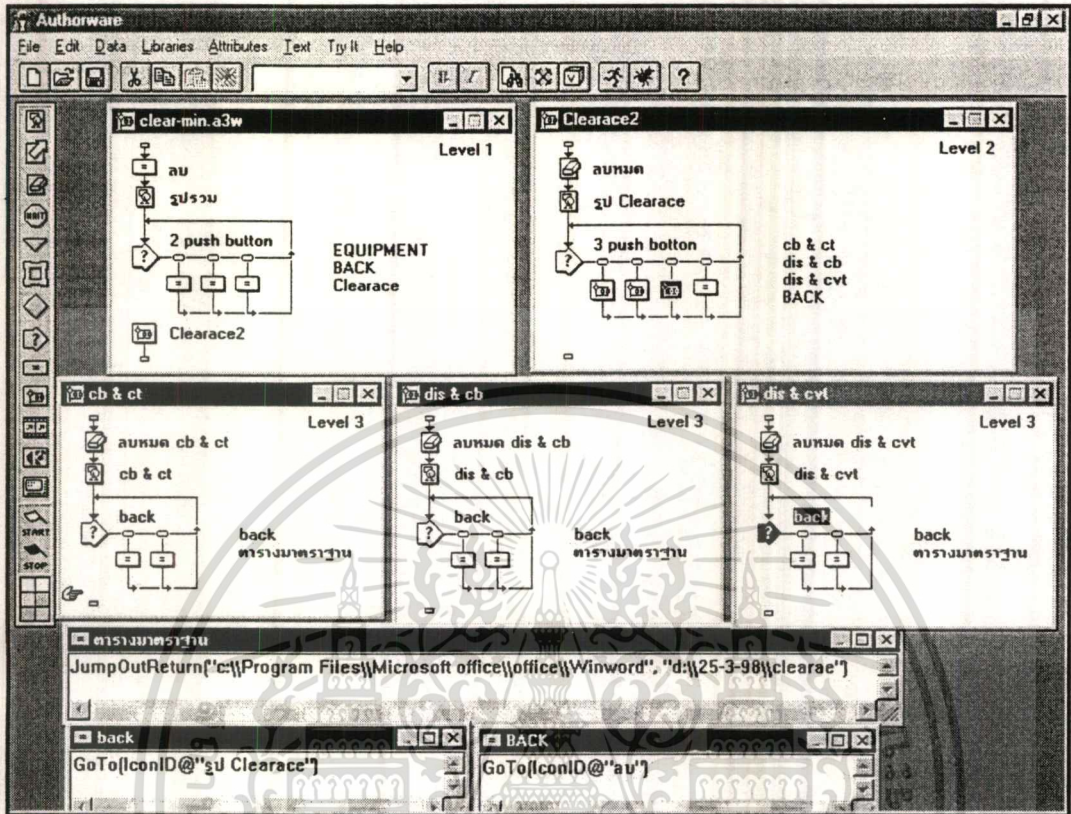
เอกสาร
ไม่

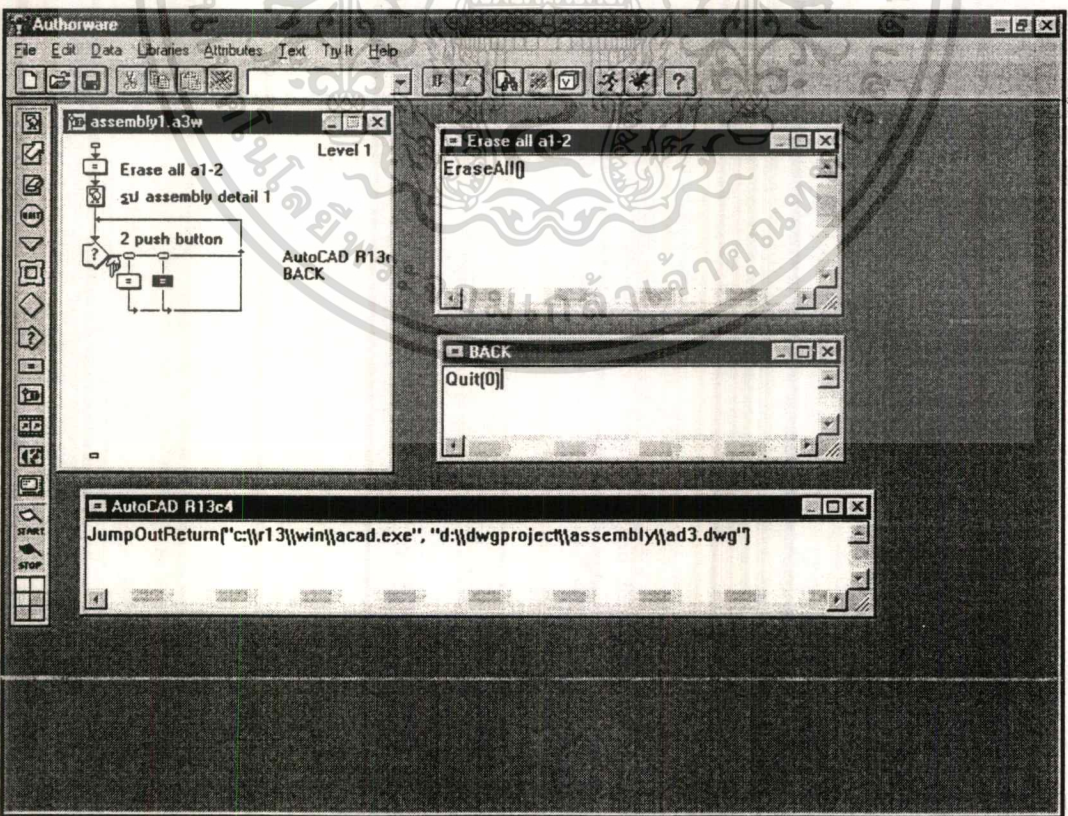
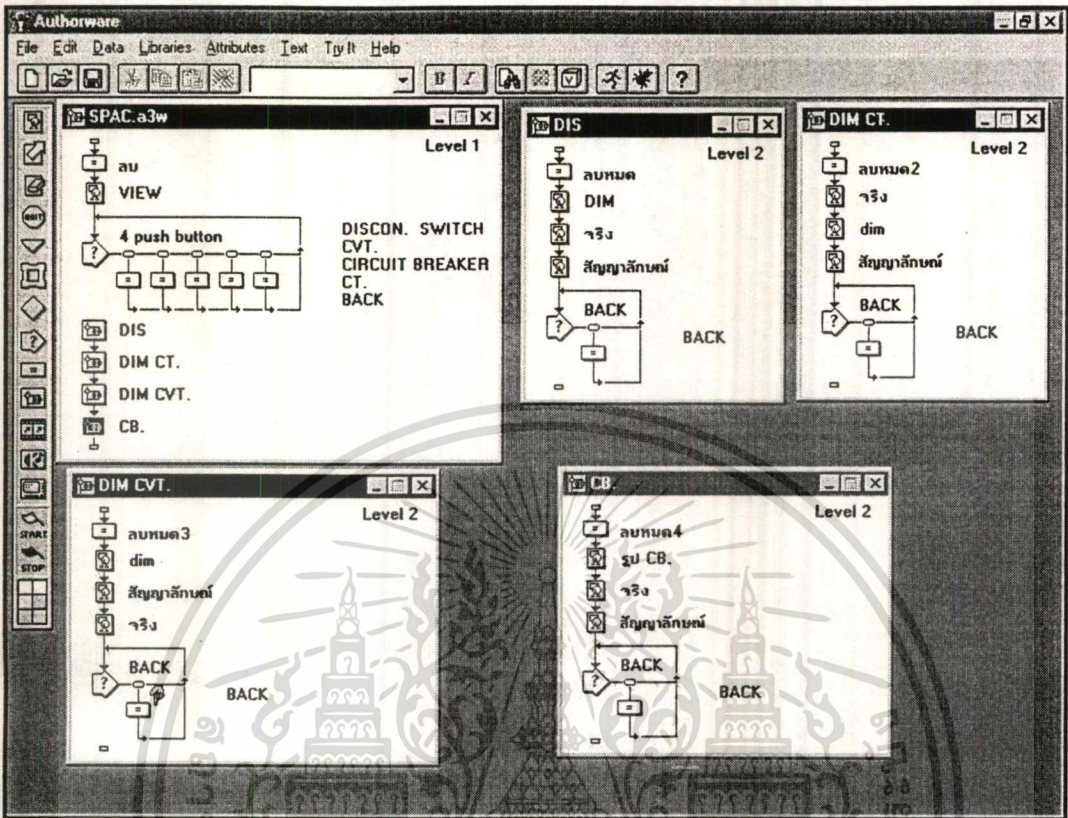
การคำ
ใช้



เอกสาร
ไม่

นการคำ
ไปใช้

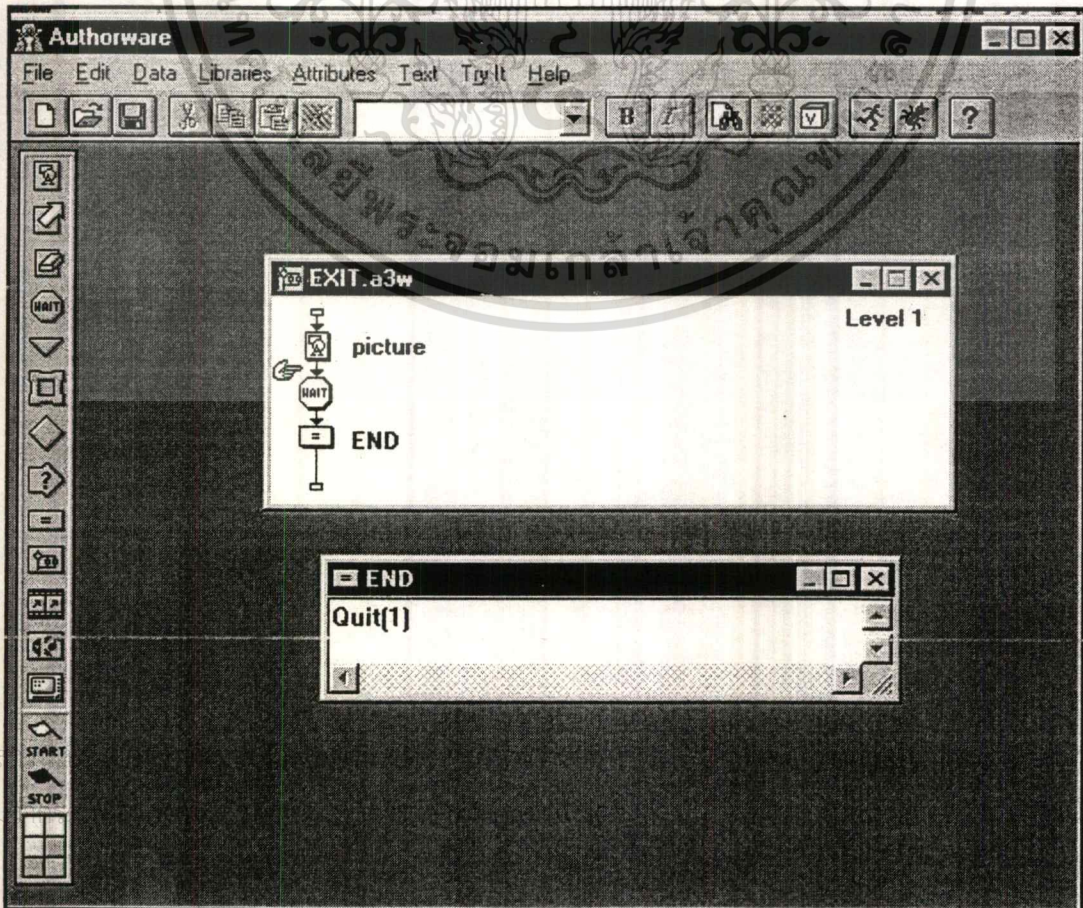
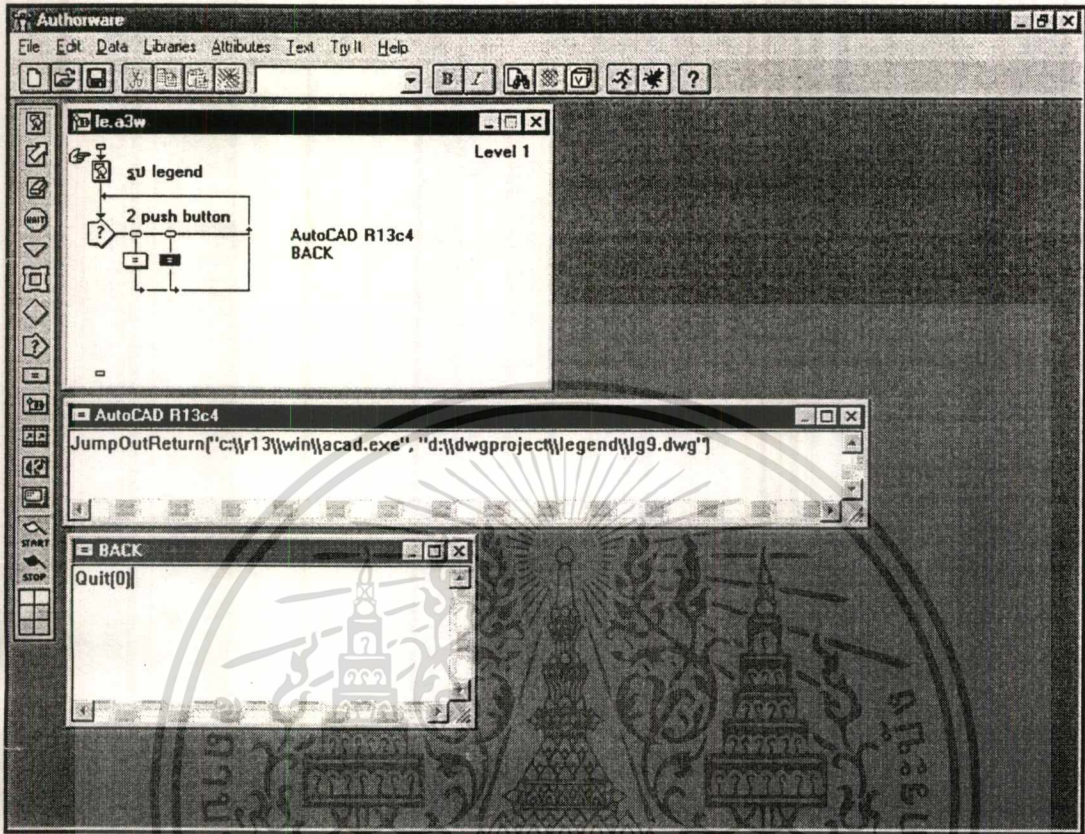




เอกสาร

นการคำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นการค้ำ
าไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage		(2) (3) Rigid bus support and disconnecting switch spacing				Horn gap switches and power fuses		Clearance overhead conductor inside substation to	
Operating kv	Design BIL kv	Phase to ground		Phase to phase		Phase to ground	Phase to phase	ground	road
		Min. .net	standard	Min. net	standard				
15	110	7" 17.78 cm	12" 30.48 cm	12" 30.48 cm	21" 53.34 cm	21" 53.34 cm	3' 0" 91.44 cm	11' 0" 335.28 cm	20' 0" 609.60 cm
23	150	10" 25.40 cm	15" 38.10 cm	15" 38.10 cm	24" 60.96 cm	2' 6" 76.20 cm	4' 0" 121.92 cm	11" 335.28 cm	22' 0" 670.56 cm
34.5	200	13" 33.02 cm	18" 45.72 cm	18" 45.72 cm	2' 3" 68.58 cm	3' 0" 91.44 cm	5' 0" 152.40 cm	11' 0" 335.28 cm	22' 0" 670.56 cm
69	350	2' 17" 63.50 cm	2' 6" 76.20 cm	2' 7" 78.74 cm	3' 6" 106.68 cm	4' 3" 129.54 cm	7' 0" 213.36 cm	12' 0" 365.76 cm	23' 0" 701.04 cm
115	550	3' 6" 106.68 cm	4' 0" 121.92 cm	4' 5" 134.62 cm	5' 6" 167.64 cm	6' 0" 182.88 cm	10' 0" 304.80 cm	14' 0" 426.72 cm	26" 792.48 cm
138	550	3' 6" 106.68 cm	4' 0" 121.92 cm	4' 5" 134.62 cm	5' 6" 167.64 cm	7' 0" 182.88 cm	12' 0" 304.80 cm	14' 0" 426.72 cm	26' 0" 792.48 cm
161	650	4' 2" 127.00 cm	5' 0" 152.40 cm	5' 2" 157.48 cm	6' 0" 182.88 cm	8' 6" 259.08 cm	14' 0" 426.72 cm	14' 0" 426.72 cm	27' 0" 822.96 cm
230	900	5' 11" 180.34 cm	6' 6" 198.12 cm	7' 5" 226.06 cm	8' 6" 259.08 cm	9' 6" 289.56 cm	16' 0" 487.68 cm	15' 0" 457.20 cm	30' 0" 914.40 cm
287	1050	6' 11" 210.82 cm	7' 6" 228.60 cm	8' 9" 266.70 cm	10' 6" 304.80 cm	10' 6" 320.04 cm	18' 0" 548.64 cm	16' 0" 487.68 cm	32' 0" 975.36 cm
345	1175	7' 10" 238.76 cm	8' 6" 259.08 cm	9' 5" 287.02 cm	10' 6" 320.04 cm	12' 0" 365.76 cm	20' 0" 609.60 cm	18' 0" 548.64 cm	35' 0" 1066.80 cm

1 NEMA Power Switching Equipment Standard S G G
2 All date applicable to 6,500 foot elevation Above this elevation and spain at the rate of 4 % per 1,000 feet.
3 Bosed on A.I.E.E. committee recommendation , Power Apparatus and Systems No.12 June 1954

SUBSTATIONS AND SWITCHYARDS
BUS SPACING AND CLEARANCES

กิตติกรรมประกาศ

ปริญาบัตรเล่มนี้ จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลที่มี
รายนามตามที่กล่าวไว้ข้างล่างนี้

1. รศ. ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
2. คุณ ทวีป คำนวนวุฒิ หัวหน้าสถานีไฟฟ้าย่อยหนองจอก กฟผ.
3. คุณ ปรีชา วรภัย แผนกบำรุงรักษา สถานีไฟฟ้าย่อยหนองจอก กฟผ.
4. คุณ พีระศักดิ์ เจริญสุข แผนกควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า กองสถานีไฟฟ้าแรง
สูงสถานีไฟฟ้าย่อยหนองจอก กฟผ.
5. คุณ พรชัย อดิศักดิ์สกุล แผนกออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อย กองวิศวกรรม กฟผ.
6. คุณ สุภกร นุ่มหอม วิศวกร 9 กองออกแบบด้านไฟฟ้า ฝ่ายออกแบบด้าน
ไฟฟ้าและงานวิศวกรรมโยธา กฟผ.
7. คุณ กุลธร เรณูแย้ม รองหัวหน้าแผนกออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อย กฟผ.
8. คุณ พิศาล เกียรติสิน บริษัทABB
9. คุณ พงษ์ศักดิ์ จารุวรรณชัย นักศึกษาปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีได้กล่าวนามไว้ในที่นี้ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอ
ขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ที่มีการนำไปใช้
คณะผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Josep Gascel. Authoware 3. New Rider Publishing. 1996.
- [2] พ.ต.ประพัฒน์ อุทโยภาส . Auto CAD Release13 . ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [3] ฝ่ายวิชาการ กฟผ. ความรู้ทั่วไป สำหรับผู้ปฏิบัติงานสถานี ไฟฟ้าย่อย . พิมพ์ครั้งที่ 6 . การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย . พ.ศ. 2526
- [4] IEEE No 141. Electric Power Distribution of Industrial Plants. Third edition. The Institute of Electrical and Electronics Engineers. 1964
- [5] เอกสารวิชาการของบริษัท ANDERSON ELECTRIC . ELECTRICAL CONNECTORS ,CLAMPS , FITTINGS , ACCESSORIES FOR SUBSTATION , TRANSMISSION , DISTRIBUTION
- [6] เอกสารวิชาการของบริษัท Trans North , POWER DISTRIBUTION AND EARTHING PRODUCTS . CATALOGUE B2 – 9 / 93
- [7] เอกสารวิชาการของบริษัท ABB . TRANSMISSION AND DISTRIBUTION EQUIPMENT DIGEST . Catalog 50 – 000 . 1 st Edition ; ABB HV Switch gear . TECHICAL SEMINAR ON HIGH VOLTAGE APPARATUS . 1989
- [8] Josep Basileco , Rusko Matulic , Philip R. Nannery . STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS SECTION 17 SUBSTATION DESIGN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้