



ปีการศึกษา 2531

เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

โดย

นาย อาคม มณีคันโท 286817

นาย สกานร สิงห์พันธ์ 286813

อาจารย์ที่ปรึกษา

ร.ศ. กิตติ ศรีเศรษฐ์

อาจารย์ ชิตชัย ศรีสุวรรณวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง **ฉบับนี้ขอสงวนลิขสิทธิ์** อิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ที่มี การ 4.5 ค. 2532

023097

เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ  
โดย

1. นาย อาคม มณีคันโท 286817
  2. นาย สภาพร สิงหนังเร่ 286813
- อาจารย์ที่ปรึกษา  
ร.ศ. กิตติ ตรีเศรษฐ  
อาจารย์ ธานี ตรีสุวรรณวัฒน์  
ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

ประเทศที่กำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทยมีปัญหาหาระดับแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ มากโดยเฉพาะต่างจังหวัด ทั้งนี้เพราะมีการตื่นตัวในด้านการขยายอุตสาหกรรมเพื่อพัฒนาไปสู่ประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ในขณะที่การขยายตัวทางด้านกำลังผลิตของแหล่งจ่าย ไม่สามารถเพิ่มขึ้นทันต่อความต้องการ เครื่องมือและอุปกรณ์บางอย่างต้องการให้แรงดันไฟฟ้าคงที่ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer device) และเครื่องมือวัดที่ต้องการความแม่นยำสูง จำเป็นต้องมีเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ สำหรับเป็นแหล่งจ่ายให้กับเครื่องมือเหล่านี้ เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ได้ออกแบบให้สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับภาระขนาด 3.2 กิโลวัตต์ และยังปรับช่วงการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงกว้าง 180 - 260 โวลต์ และค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 220 โวลต์ 5 % 15 A

# Stabilizer

By :

1. Mr. Ankom Maneekunto 286817
2. Mr. Sathaporn Singhapun 286813

Advisor :

1. Associate Professor Mr. Kitti Treesest
2. Mr. Thanit Treesuwanwat

Academic year 1989

## Abstract

Nowaday Thailand , one of the developing countries , has been facing the existing problem of the unstable voltage expecially in many provinces all over the nation . All this is due to the enthusiasm able the alert in making progress and also expansion of industry into the New Industrial Country (NIC) in the neary future . While the production rate of the power suoces has not been in the proprotion to its demand ,cont-ain intstruments and equipments need constant voltage such as computers and some measuring instruments which require considerably high accuracy. Consequently it is very necessary to make use of the stablizer as power sources for all above mentioned electrical equipments. The stablizer been devices and design to supply voltage to loads that use on 3.2 Kilo-watt and a range of voltage adjustment between 180 - 260 volt including the variation value also between 220 volt 5 % 15 ampere.

## สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ	หน้า
บทที่ 2	ทฤษฎีหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) และ ไตรแอด (Triac)	1
บทที่ 3	การคำนวณหาขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า และการสร้าง	4
บทที่ 4	การทำงานของวงจรควบคุม	9
บทที่ 5	การทดลองและผลการทดลอง	13
บทที่ 6	บทวิจารณ์และสรุป	33
ภาคผนวก		35
หนังสืออ้างอิง		36
กิตติกรรมประกาศ		43
		44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์

ในขณะที่ประเทศไทยเรากำลังตื่นตัวเพื่อปรับโครงสร้างทางสังคมจากประเทศเกษตรกรรมไปสู่ประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ทำให้เราต้องขยายกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปี เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมที่ขยายตัวมากขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมได้ขยายตัวออกต่างจังหวัดทุกภาคของประเทศ เพื่อสนองนโยบายของการกระจายรายได้ ออกสู่ชนบท แต่ปัญหาที่ติดตามก็คือ การส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าออกสู่ชนบทและทางโรงงานอุตสาหกรรมขาดเสถียรภาพ อันเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น โหลดในย่านอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าการขยายกำลังทางด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่าย ทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าลดลงในช่วงใช้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด (Peak Load) ซึ่งอยู่ในช่วงหัวค่ำ เมื่อผ่านช่วงนี้ไปแล้วความต้องการก็จะค่อยๆ ลดลงจนทำให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วงใกล้เที่ยงคืน จากสภาพที่แรงดันไฟฟ้าขาดเสถียรภาพนี้จะมีผลทำให้อุปกรณ์และเครื่องมือบางชนิด ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าคงที่ เช่น คอมพิวเตอร์ CNC และเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง เกิดการเสียหายได้ ดังนั้นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่จึงเป็นปัญหาในระดับประเทศ จำเป็นจะต้องสร้างแหล่งจ่ายให้เพียงพอกับความต้องการกระแสไฟฟ้าและมีระบบการส่งจ่ายที่มีเสถียรภาพ แต่การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ผลก็คือการใช้เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติเป็นส่วนเชื่อมโยงระหว่างสายส่งภายนอกโรงงานกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าคงที่

เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นมา เป็นแบบการเปลี่ยนแท็ปหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Tap - Changing) ปรับแรงดันไฟฟ้าได้โดยการจับสัญญาณทางด้านเอาต์พุต มาเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานที่กำหนดไว้และส่งสัญญาณไปยังส่วนสวิตชิง (Switching Device) เพื่อตัดต่อแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตคงที่

1.2 การวิเคราะห์ผลงานที่ผลิตขึ้นมา

เป็นการพัฒนาเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติแบบ 1 เฟส (Phase) 3.5 KVA 220 Volt 15 A แนวความคิดในการพัฒนาดังนี้

1.2.1 รูปร่างลักษณะของแรงดันไฟฟ้าขาออก

จะคงรูปร่างแรงดันไฟฟ้าขาออกเป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ที่มีความต่อเนื่อง เพื่อป้องกันผลที่เกิดจากค่า อิมพีแดนซ์ (Impedance) ในสายส่ง และผลที่เนื่องมาจากโหลดที่เป็นรีแอคทีฟ (Reactive) โหลด

1.2.2 ระยะเวลาในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขาเข้า

เมื่อแรงดันทางด้านอินพุตเปลี่ยนแปลงมากขึ้นหรือลดลง จากแรงดันมาตรฐานคือ 220 Volt ระยะเวลาที่จะเปลี่ยนให้แรงดันทางด้านเอาต์พุตคงที่ จะใช้เวลา 10 Nanosecond

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2.3 ความเที่ยงตรงในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าขาออก

ความเที่ยงตรงของเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า เป็นสัดส่วนโดยตรงกับโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีราคาแพง สำหรับเครื่องที่พัฒนาขึ้นนี้จะให้ระดับแรงดันไฟฟ้าขาออกคงที่ 220 Volt ยอมให้ความคลาดเคลื่อน 5 % ซึ่งเพียงพอสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป ที่ยอมให้ความคลาดเคลื่อนได้ 10 % ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้สามารถทำให้ลดลงได้ โดยการออกแบบให้มีเก็บของหม้อแปลงไฟฟ้าจำนวนมากขึ้น อุปกรณ์เพาเวอร์สวิทช์ซึ่งมากขึ้นและอุปกรณ์ควบคุมการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ซับซ้อนมากขึ้น ( การออกแบบชนิดนี้จึงเหมาะสมกับเครื่องมือที่ต้องการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าคงที่ตลอดเวลา )

### 1.2.4 ระดับของแรงดันไฟฟ้าที่ยอมให้เปลี่ยนแปลง

ระดับของแรงดันไฟฟ้าที่ยอมให้เปลี่ยนแปลงอยู่ในย่านระหว่าง 167 ถึง 269 Volt ซึ่งมีช่วงกว้างถึง 102 Volt โดยช่วงกว้างจะเพียงพอต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

### 1.2.5 ความคงทนแข็งแรงของโครงสร้างและการบำรุงรักษา

เครื่องที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า อุปกรณ์เพาเวอร์สวิทช์และอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งอุปกรณ์ทุกอย่างไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่จึงแข็งแรงโดยโครงสร้างของตัวเอง อุปกรณ์ที่บอบบางที่สุดคือแผงควบคุมแต่ออกแบบให้สามารถถอดออกมาซ่อมได้โดยง่าย ไอซีที่ติดตั้งอยู่บนแผงของวงจรก็สามารถถอดได้เพราะติดตั้งอยู่บนขาเสียบ (Socket)

## 1.3 โครงสร้างหลัก

โครงสร้างหลักของเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้า โดยอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมาประกอบด้วย

### 1.3.1 ส่วนจ่ายกำลัง

ประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ ( Auto-Transformer ) จำนวน 2 ตัวคือ ส่วนที่เป็นหม้อแปลงหลักจะมี 4 แท็บและมีหม้อแปลงบัสเตอร์ (Buster Transformer) โดยตัวหม้อแปลงหลักจะทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อชดเชยหรือหักล้าง ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าลดลงหรือมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 220 Volt ส่วนหม้อแปลงบัสเตอร์จะทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงหลัก

### 1.3.2 ส่วนวงจรตัดต่อการเปลี่ยนแปลงที่หม้อแปลงไฟฟ้า

ใช้ไทรแอกเป็นสวิทช์ในการตัดต่อแท็บของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมีข้อดีคือน้ำหนักเบา มีการบำรุงรักษาน้อย อายุการใช้งานยืนยาวกว่าแบบรีเลย์ (Electro-Mechanic) ทำงานโดยไม่มีเสียงรบกวน ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำและสามารถใช้งานได้อย่างทันทีทันใด

### 1.3.3 ส่วนควบคุม

ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมให้ไทรแอกตัดต่อแท็บหม้อแปลงเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าคงที่ ประกอบด้วย

- วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- วงจรลดระดับแรงดันไฟฟ้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรเปลี่ยนและกรองแรงดันไฟฟ้า (Rectifier and Filter)
- วงจรสัญญาณนาฬิกา (Clock Puls)
- วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage Compare)
- วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าสูง (High Voltage Compare)
- วงจรลอจิก (Logic Control)
- วงจรนับ (Up - Down Counter)
- วงจรเลือกชุดไตรแอกทำงาน (Logic Select)

เมื่อประกอบสามส่วนหลักเข้าด้วยกันแล้ว จะเป็นเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าโดย

อัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

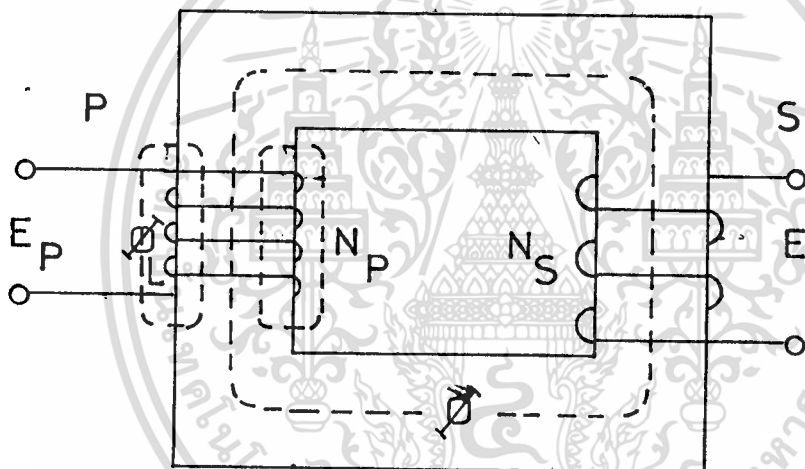
## บทที่ 2

### ทฤษฎีหม้อแปลงไฟฟ้าและไทรแอก

เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่สำคัญคือ หม้อแปลงไฟฟ้าและไทรแอก ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีหม้อแปลงไฟฟ้าและไทรแอก เพื่อนำเอาคุณสมบัติของอุปกรณ์ทั้งสองอย่างนี้ไปออกแบบสร้างเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติต่อไป

#### 2.1 ทฤษฎีหม้อแปลงไฟฟ้า

เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำความเข้าใจในทฤษฎีการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า จะวางแนวความคิดพื้นฐานไว้ก่อนโดยจะอธิบายถึงหม้อแปลงไฟฟ้าในทางจินตนาการ (Ideal Transformer) ซึ่งสมมติว่าไม่มีการสูญเสียชนิดต่างๆ ในหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 1 Ideal Transformer

จากคำนิยามของเวเบอร์ที่กล่าวว่า " เมื่อเส้นแรงแม่เหล็ก 1 เวเบอร์ ตัดผ่านลวดตัวนำไฟฟ้า 1 รอบ จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในลวดลวดนั้น 1 โวลท์ ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการ

$$E_{\text{v}} = N \frac{d\phi_m}{dt} \quad \dots \dots 1$$

- เมื่อ  $E_{\text{v}}$  = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ย หน่วยเป็นโวลท์  
 $N$  = จำนวนรอบของตัวนำไฟฟ้า หน่วยเป็นรอบ  
 $\phi_m$  = จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด หน่วยเป็นเวเบอร์ (Weber)  
 $t$  = เวลาที่เส้นแรงแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง หน่วยเป็นวินาที

เส้นแรงแม่เหล็กถูกเหนี่ยวนำด้วยกระแสซึ่งมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ฉะนั้นเส้นแรงแม่เหล็กก็จะมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ด้วย ภายใต้เงื่อนไขนี้ เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กจากศูนย์ (Zero) ถึงสูงสุด (Maximum  $\phi_m$ ) จะเท่ากับ  $1/4$  ของคาบเวลาหรือค่าไม่จำกัดใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกประการ

หรือ  $t = 1/4 f$  (  $f$  = ความถี่ หน่วยเป็น เฮิรตซ์(Hz) )

จึ้นสมการที่ 1 สามารถเขียนได้เป็น

$$E_{\text{eff}} = N \Phi_m / 1/4 f = 4 f N \Phi_m \quad \dots\dots 2$$

จากค่าฟอร์มแฟคเตอร์(Form Factor) ของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าสลับมีค่าดังนี้

$$\text{Form Factor} = \frac{\text{EFFECTIVE VALUE}}{\text{AVERAGE VALUE}} = 1.11 \quad \dots\dots 3$$

จากสมการที่ 2 สามารถหาค่าแรงแม่เหล็ก(effective value) ได้ดังนี้

$$E = 1.11 E_{\text{eff}}$$

$$E = 1.11 \times 4 f N \Phi_m$$

$$E = 4.44 f N \Phi_m \quad \dots\dots 4$$

ถ้า  $E_p$  เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าขาเข้า(Primary Voltage)

$N_p$  เป็นจำนวนรอบของขดลวดขาเข้า(Primary coil)

จะได้

$$E_p = 4.44 f N_p \Phi_m \quad \dots\dots 5$$

ในทำนองเดียวกันถ้าให้

$E_s$  เป็นแรงดันไฟฟ้าขาออก (Secondary Voltage)

$N_s$  เป็นจำนวนรอบของขดลวดขาออก (Secondary coil)

จะได้

$$E_s = 4.44 f N_s \Phi_m \quad \dots\dots 6$$

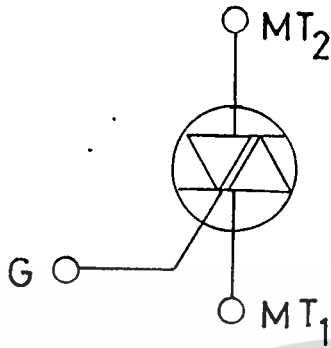
เอาสมการที่ 6 หารด้วยสมการที่ 7 จะได้

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a \quad \dots\dots 7$$

เมื่อ  $a$  เป็นอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

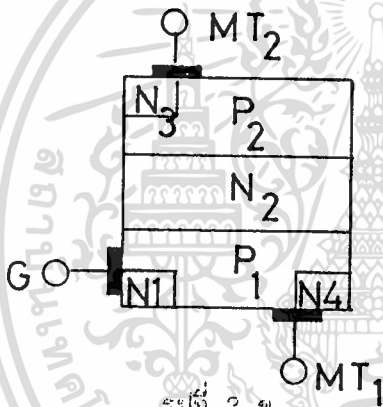
จากสมการที่ 7 นี้เป็นสมการพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า

3.2 หลักการทำงานของ ไตรแอคต์  
 สัญลักษณ์ของ ไตรแอคต์



รูปที่ 3 ก.

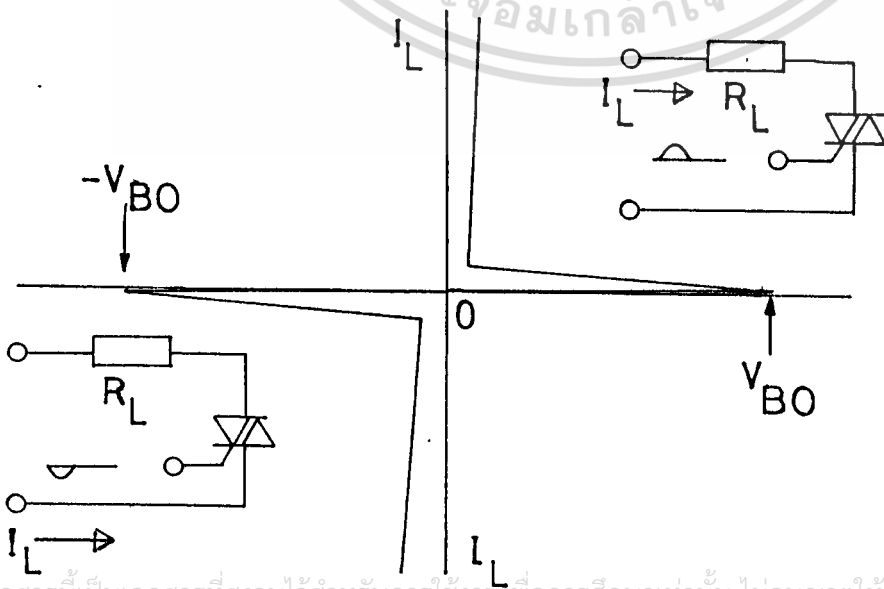
โครงสร้างของ ไตรแอคต์



รูปที่ 3 ข.

หลักการทำงานของ ไตรแอคต์

คุณลักษณะสมบัติ (Characteristic) กระแสและแรงดันไฟฟ้าของ ไตรแอคต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3 คุณลักษณะสมบัติของ ไตรแอคต์  
 ไม่ว่าจะฉีดยาทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในครอแตรรท์ที่ 1

เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว  $MT_2$  เป็นบวกรอยต่อ  $N_2P_1$  จะถูกไบแอสกลับ(Reverse bias) ถ้ามีแรงดันไฟฟ้าบวกบ้อกเข้าขั้วเกต(gate) จะทำให้กระแสไฟฟ้าบวกไหลเข้าเกตผ่านเข้าไปสู่ขั้ว  $MT_1$  เป็นผลให้ไดโอด  $P_1N_1$  ถูกไบแอสตรง(Forward bias) และมีอีเล็กตรอนพุ่งจากสาร  $N_1$  เข้าสู่สาร  $P_1$  แล้วแพร่กระจายไปถึงรอยต่อ  $N_2P_1$  ได้ ซึ่งอีเล็กตรอนเหล่านี้จะถูกสนามไฟฟ้าที่รอยต่อผลักดันให้เข้าสู่สาร  $N_2$  อีกต้อหนึ่ง วิธีการเช่นนี้เป็จุดเริ่มต้นของขบวนการบ้อกกลับค่าและมีผลขั้นสุดท้าย ทำให้รอยต่อ  $P_2N_2$  ,  $N_2P_1$  และ  $N_1P_1$  ถูกไบแอสตรงทั้งหมด จึงทำให้ไทรแอดเปิดกระแส(Conduct)ไหลได้

ในครอแตรรท์ที่ 1 นี้ไทรแอดจะทริก(Trig) ให้เ้ากระแสได้ง่ายที่สุด คือใช้กระแสทริกเกตน้อยที่สุด

ในครอแตรรท์ที่ 3

เมื่อแรงดันไฟฟ้าขั้ว  $MT_2$  เป็นค่าลบ รอยต่อ  $N_2P_2$  และรอยต่อ  $N_2P_1$  จะถูกไบแอสตรงแต่รอยต่อ  $P_2N_2$  ถูกไบแอสกลับ การบ้อกเข้าเกตด้วยค้ยก้ลบทำให้กระแสเกตค่าลบไหลเข้าไทรแอดซึ่งเป็นผลให้รอยต่อ  $P_1N_1$  ถูกไบแอสตรง มีผลทำให้มีอีเล็กตรอนพุ่งออกจากสาร  $N_1$  เข้าสู่สาร  $P_1$  แล้วแพร่กระจายเข้าไปถึงรอยต่อ  $N_2P_1$  ต้อจากนี้จะถูกผลักดันให้พุ่งเข้าสู่สาร  $N_2$  อีกต้อหนึ่ง วิธีการเช่นนี้เป็จุดเริ่มต้นของขบวนการบ้อกกลับค่าบวก ซึ่งมีผลขั้นสุดท้ายทำให้รอยต่อ  $N_2P_2$  ,  $P_2N_2$  และ  $N_2P_1$  ถูกไบแอสตรงทั้งหมด แล้วไทรแอดก็เข้าสู่สภาวะเปิดกระแส

ในครอแตรรท์ที่ 3 นี้การทริกให้ไทรแอดนำกระแสจะใช้กระแสในการทริกเกตน้อยพอๆ กับการทริกเกตในครอแตรรท์ที่ 1

การพิจารณาเลือกไทรแอดนำมาใช้งาน มีหลักการดังนี้

1. ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้า ต้องพิจารณาค่าแรงดันพังทลายด้านเ้าเว็ร์ด ( $V_{0-}$  Forward Breakover voltage) และค่าแรงดันไฟฟ้าพังทลายด้านเร็เว็ร์ด ( $V_{0-}$  Reverse Breakover voltage) ค่าแรงดันเหล่านี้ต้องมีค่ามากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้อคร้อมตัวมัน เช่น จะนำมาใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ ต้อทนแรงดันมากกว่า  $2 \times 220 = 308$  โวลท์ที่เป็นค่าขอดคลี่สูงสุด
2. ขีดจำกัดค่ากระแส ไทรแอดต้อทนกระแสได้ไม่ต่ำกว่ากระแสไหลดแบบต้อเนื่อง ส่วนค่ากระแสกระชากสูงสุดขั้วขนะ(Peak surge current) ควรมีค่าประมาณ 15 เท่าของกระแสเช่นไหลดกินกระแส 5 แอมป์ ควรใช้ไทรแอดที่ทนกระแสกระชากสูงสุดเ้า 1 ไซเคิล(cycle) เท่ากับ 75 แอมป์เป็นต้น
3. ความไวในการจุดชนวนเกต ไทรแอดที่ใช้ต้อมีความไวในการจุดชนวนเกตสูงพอ คือ  $I_{GT}$  ในสเปค(Data sheet) ไม่สูงเกินกว่ากระแสที่วงจรถุดชนวนเกตจะจ่ายให้ได้ และแรงดันจุดชนวนเกต  $V_{GT}$  ก็ต้อไม่สูงกว่าค่าแรงดันเ้าว้กที่วงจรถุดชนวนเกต เช่น วงจรถุดชนวนเกตจ่ายกระแสได้สูงสุด 50 mA ที่ 2 โวลท์ ไทรแอดที่ใช้ต้อมีค่า  $I_{GT}$  สูงสุดได้ไม่เกิน 50 mA ที่  $V_{GT}$  เท่ากับ 2 โวลท์เป็นต้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความเร็วในการใช้งาน ไตรแอกที่ใช้ต้องมีเวลาในการกลับสู่สภาวะออฟ (Turn off time  $T_{OFF}$ ) ไม่เกิน  $1/2F$  ของการใช้งาน ( $F$  คือความถี่ในการใช้ไตรแอกเป็นสวิทช์) เช่น ต้องการให้ไตรแอกทำงานเป็นสวิทช์ปิด-เปิด 100 ครั้งต่อวินาที ไตรแอกที่ใช้จำเป็นต้องมี  $T_{OFF}$  น้อยกว่า  $1/2 \times 100$  วินาที = 5 ms

5. กระแสรั่วไหล (Leakage current) ไตรแอกที่ใช้ต้องมีค่ากระแสรั่วไหลทางด้านไบแอสตรงและไบแอสกลับน้อยพอที่จะไม่ทำให้โหลดทำงาน ซึ่งค่านี้จะเป็นตัวจำกัดการใช้งานของไตรแอกกับโหลดที่ใช้กระแสต่ำๆ

6. แรงดันไฟฟ้าตรงคร่อมตัวไตรแอกขณะนำกระแส ต้องไม่มากจนมีผลต่อวงจรโหลด เช่น โหลดที่ต้องทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้าที่ไม่ต่ำกว่า 6 โวลต์ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟตรง 7 โวลต์ ไตรแอกที่ใช้ต้องมีแรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวมันขณะนำกระแสไม่เกิน  $7 - 6 = 1$  โวลต์ มิฉะนั้นโหลดจะไม่ทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บทที่ 3

การคำนวณหาขนาดหม้อแปลงและการสร้าง

3.1 การคำนวณหาขนาดของแกนเหล็ก

พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กของหม้อแปลงหาได้จากสูตร

$$A = \frac{\sqrt{VA}}{5.58}$$

A = พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก หน่วยเป็น ตารางนิ้ว

VA = ขนาดพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า หน่วยเป็น โวลต์-แอม.

ในที่นี้ขนาดพิกัดของหม้อแปลงคือ 3.5 เค.วี.

แทนค่าลงในสูตร จะได้

$$A = \frac{\sqrt{3500}}{5.58}$$

$$A = 10.60 \text{ ตารางนิ้ว}$$

หรือประมาณ  $3.5 \times 3$  ตารางนิ้ว

ทำเป็นตาราง เมตรจะใกล้เคียงกับ  $6.78 \times 10^{-3}$  ตาราง เมตร

ค่า A ที่ได้มีตัว Staggering factor เป็นตัวกำหนดพื้นที่ที่มีค่าเท่ากับ 0.9

$$\therefore A = 6.78 \times 10^{-3} \times 0.9 \text{ ตารางเมตร}$$

A = .006
----------

ตาราง เมตร

จากค่าที่คำนวณไ้กำหนดให้พื้นที่ในแกนเหล็กของวงจรมีขนาดเท่ากับ  $3 \times 3.5$  ตารางนิ้ว เพราะจะใกล้เคียงกับขนาดมาตรฐานของแกนเหล็กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

3.2 การคำนวณจำนวนรอบของขดลวด

จากค่าแรงดันแอฟเฟคทีฟของหม้อแปลงที่กล่าวในขั้วที่ 2

$$E = 4.44 f N \phi_m$$

$$\phi_m = B_m A$$

$$E = 4.44 f B_m A N \text{ VOLT}$$

- $E =$  ค่าแรงดันแอฟเฟคทีฟ หน่วยเป็น โวลต์
- $f =$  ความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยเป็น เฮิรตซ์
- $B_m =$  ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก หน่วยเป็น เทสลา
- $A =$  พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก หน่วยเป็น ตร. เมตร
- $N =$  จำนวนรอบของขดลวดที่ใช้พัน หน่วยเป็น รอบ

ในที่นี้

$$E = 220 \text{ V. } f = 50 \text{ Hz } B_m = 1 \text{ TESLA}$$

$$220 = 4.44 \times 50 \times 1 \times 0.006 \times N$$

$$N = 165.16$$

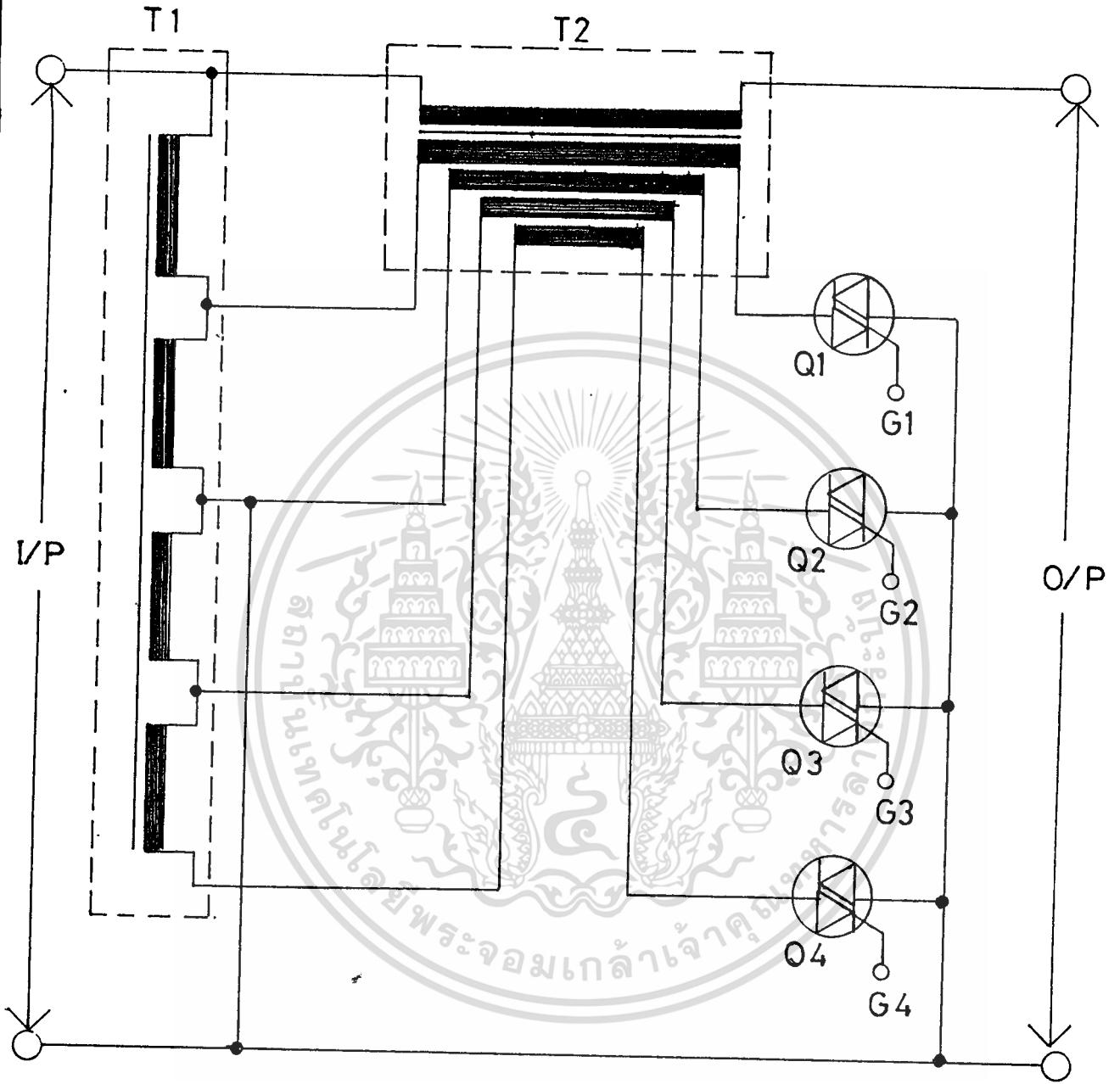
$$\frac{\text{VOLT}}{\text{TURN}} = \frac{220}{165} = 1.33$$

ในทางปฏิบัติใช้ 1 โวลต์ต่อรอบ

### 3.3 หลักการออกแบบ

หม้อแปลงหลัก T1 จะทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อชกเซยหรือหักล้างในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าลดลงหรือเพิ่มขึ้นจาก 220 โวลท์โดยที่หม้อแปลงบัสเคอร์ T2 จะทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงหลักอีกทีหนึ่ง ซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกัน 4 ค่า แรงดันไฟฟ้าค่าใดค่าหนึ่งจะคล้เข้ากับหม้อแปลงหลัก กวดยการทำงานของไครแอกตัวใดตัวหนึ่ง ทั้งนี้เมื่อแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของหม้อแปลงบัสเคอร์เปลี่ยนแปลงไป ตัวจับสัญญาณแรงดันขาออกจะเป็นตัวกำหนดให้ไครแอกตัวใดตัวหนึ่งที่เหมาะสมทำการค้ลแทปหม้อแปลงเพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่





วงจรถัดกำลัง (POWER CIRCUIT)

- T1 POWER TRANSFORMER
- T2 BOOSTER TRANSFORMER
- Q1-Q4 TRIAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทำงานของวงจรควบคุม

วงจรมีหน้าที่ตรวจระดับแรงดันไฟฟ้าทางคานชาอลงแล้วนำไปเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงที่คงไว้เพื่อจะคัดเลือกไทรแอกให้ทำงานตัดต่อแทนหม้อแปลงที่เหมาะสมในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าในคงที่

วงจรควบคุมนี้จะประกอบด้วยวงจรรีบอบตามบล็อกไดอะแกรมในรูปซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของบล็อกไดอะแกรมนี้

#### 4.1 วงจรลกระดับแรงดัน

สัญญาณแรงดันไฟฟ้าชาอลงจะถูกส่งกลับมายังวงจรควบคุมโดยผ่านความต้านทาน R1, R2, R3 เมื่อแรงดันลดลงแล้วส่วนหนึ่งจะผ่าน R4 เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาและอีกส่วนหนึ่งจะไปเข้าวงจรตรวจจับสัญญาณเมื่อแรงดันลดลง

#### 4.2 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

เมื่อสัญญาณผ่าน R4 เข้ามาแล้วจะถูกนำมาสร้างเป็นสัญญาณนาฬิกาโดยมี D1, C2, TR1 และ TR2 เป็นส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นสแควเวฟโดยมีความถี่ 50 เฮิร์ตตามความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับที่รับเข้ามา

#### 4.3 วงจรตรวจจับสัญญาณเมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลง

สัญญาณเมื่อลกระดับแรงดันลงแล้วส่วนหนึ่งจะผ่าน D1 เพื่อตัดกับออกคลื่นมีลักษณะเป็นฮอฟเวฟและถูก C1 กรอง สัญญาณนี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณคงที่ -3 โวลท์ที่เกิดจากซีเนอร์ไดโอด ZD1 เพื่อสร้างสัญญาณ B

#### 4.4 วงจรมีสัญญาณเมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น

สัญญาณที่ผ่าน R9 มาส่วนหนึ่งจะมาถึงระดับที่ R16 อีกครั้งหนึ่งหลังจากนั้นจะผ่านไปยังขาเบสของ TR 6. หลังจากนั้นจะถูกสร้างเป็นสัญญาณ A สัญญาณ C, B และ A นี้จะเป็นตัวกำหนดให้ไทรแอกตัวใดตัวหนึ่งทำงานถ้าเอาออสซิลอโคปจับสัญญาณที่ใดจะสามารถเห็นได้ทั้งรูป

#### 4.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟและสร้างสัญญาณเปรียบเทียบ

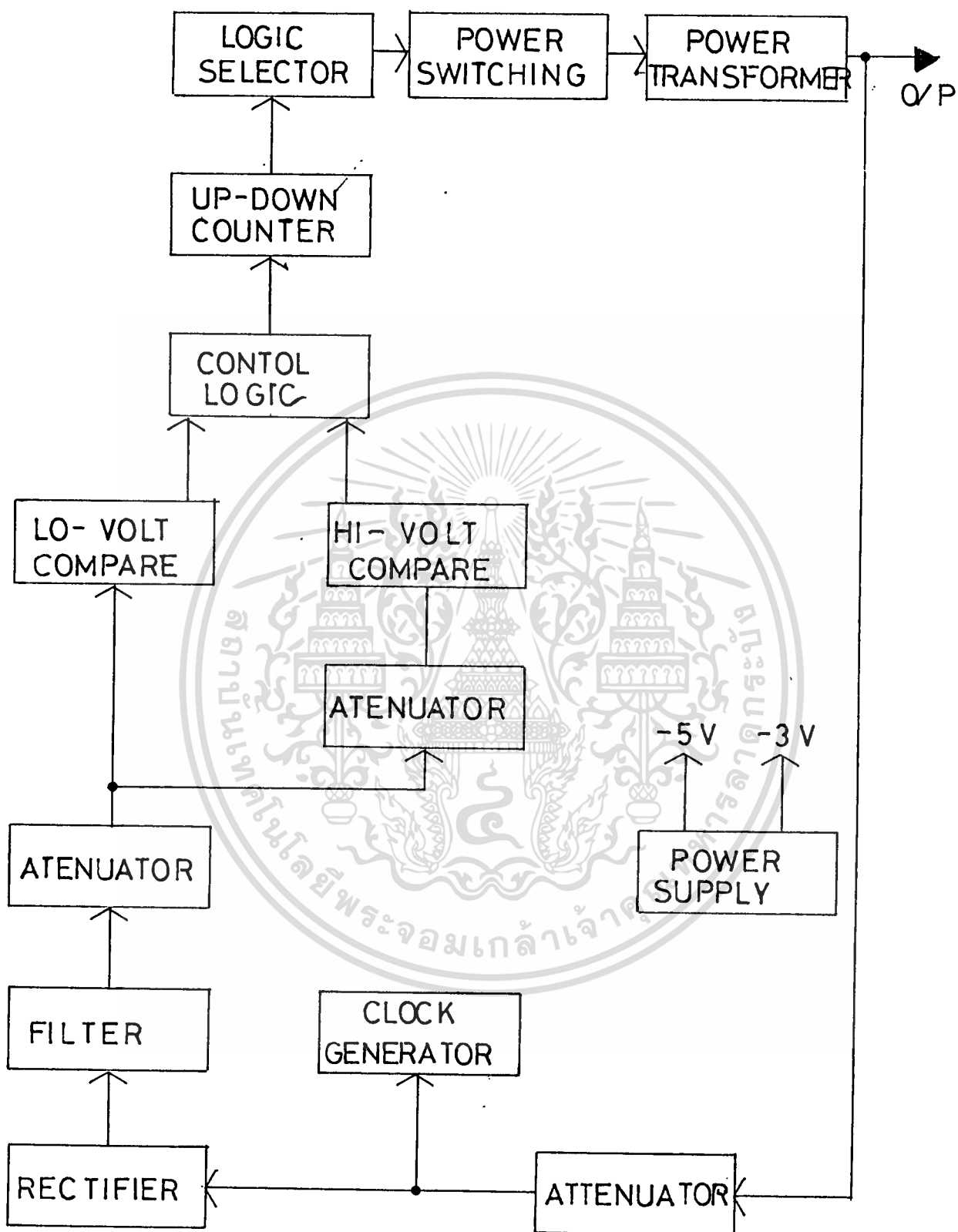
วงจรมีหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าสลับที่แปลงลงมาจากหม้อแปลงหลักเหลือ 11 โวลต์ เอ.ซี. มาผ่านไดโอด D3-D 6 ซึ่งต่อแบบบริค เรกติไฟลิ่งออกมาเป็นไฟฟ้กระแสตรงและถูกกรองให้เรียบขึ้นโดย C 3 ต่อจากนั้นซึ่งเป็นไอ.ซี. เรกกูเลทจะทำให้แรงดันไฟฟ้าค.ซี. ที่โค่งที่ 5V จ่ายให้กับวงจรต่อไป อีกส่วนหนึ่งจะผ่าน R 21 และ Z D 1 เพื่อสร้างสัญญาณเปรียบเทียบที่ - 3 โวลต์

#### 4.6 วงจรเลือกชุกทริกของไครแฉก

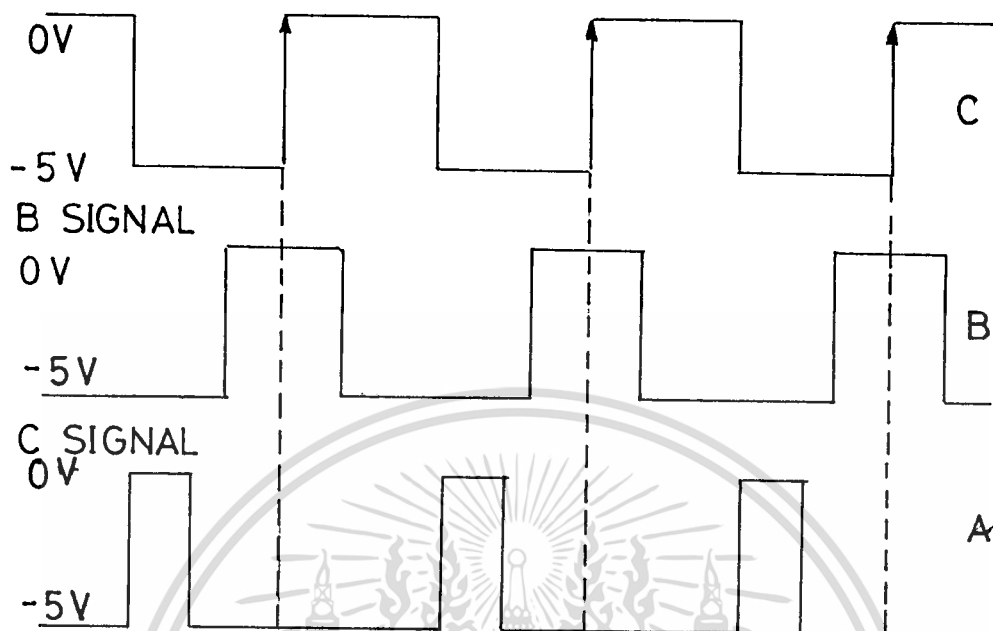
เมื่อสัญญาณ A , B และ C ถูกส่งมายังวงจรเลือกชุกทริกของไครแฉกโดยขอมูลแต่ละตัวจะถูกส่งไปยัง เจ. เค. ฟลิปฟลอปและจะถูก LATCH ขอมูลไว้เมื่อแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจะทำให้ขอมูลที่ส่งเข้ามาเปลี่ยนแปลงควย เจ. เค. ฟลิปฟลอปก็จะทำหน้าที่นับขึ้นหรือนับลงเพื่อส่งขอมูลไปยังชุกทริกของไครแฉกต่อไป

#### 4.7 วงจรทริกไครแฉก

วงจรมีหน้าที่รับขอมูลจากชุกทริกของไครแฉกโดยขยายสัญญาณให้ใหญ่ขึ้นพอที่จะทำการทริกเกทของไครแฉกไคโคโดยมีทรานซิสเตอร์เป็นตัวยบายสัญญาณ นอกจากทริกเกทของไครแฉกแล้วสัญญาณเกี่ยวกับนี้ยังส่งไป LED เพื่อแสดงสถานะว่าแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามาอยู่ในช่วงไหนอีกควย



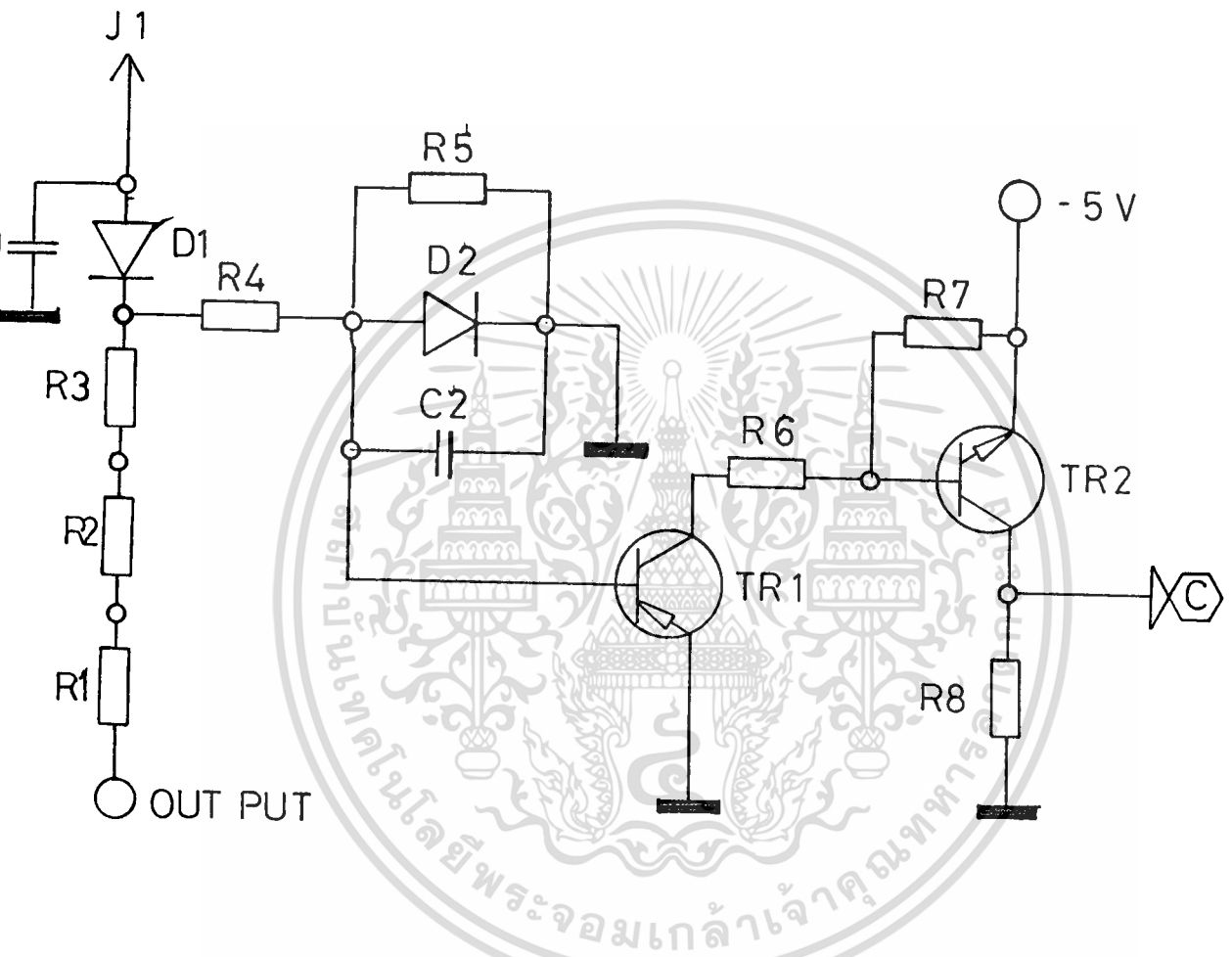
## CLOCK SIGNAL



รูปแสดงสัญญาณของวงจรเลือกชุดทริกของ ไตรแอก

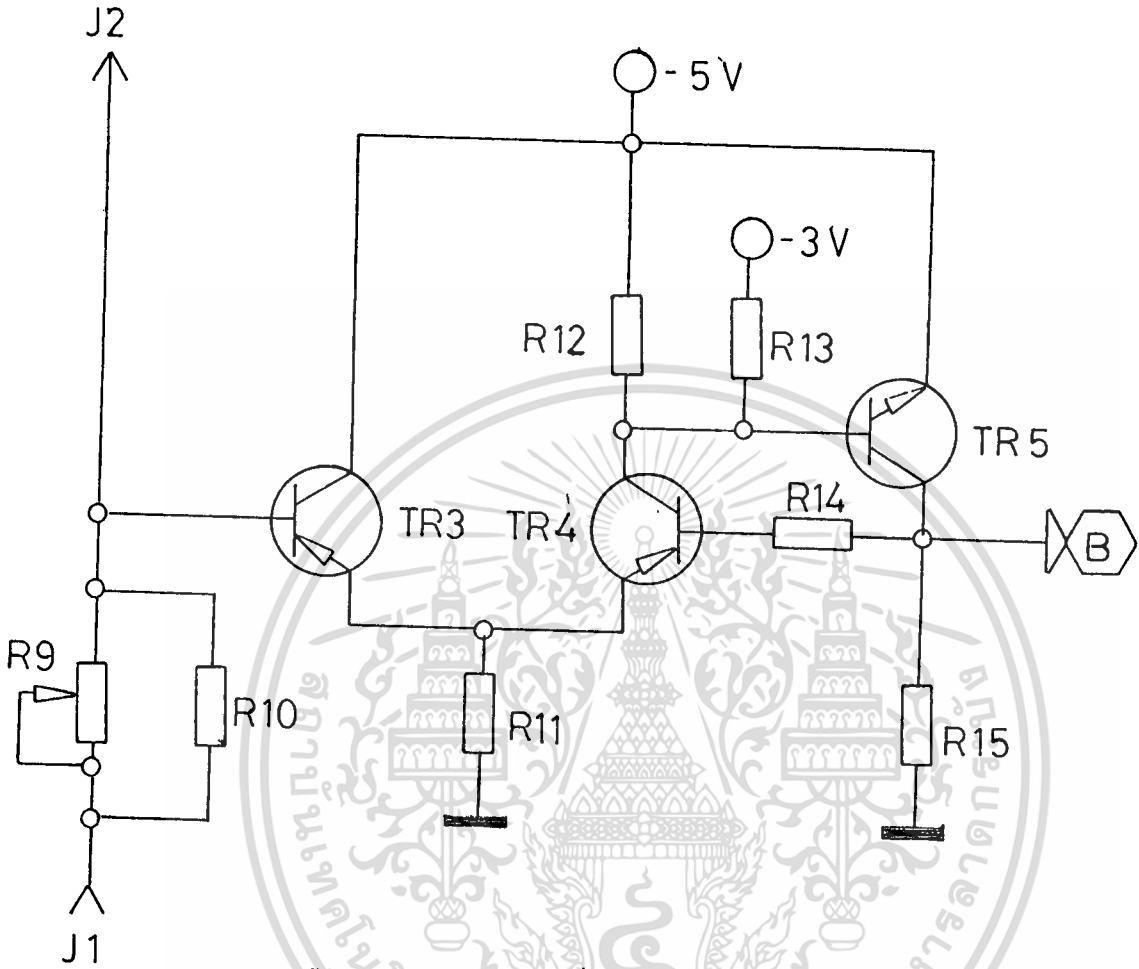
เมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นจะทำให้พัลส์ A มีความกว้างเลขขอบขาขึ้น (Leading edge) ของสัญญาณนาฬิกา จะทำให้เปลี่ยนแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตต่ำลง (Count Down)

เมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลงจะทำให้ความกว้างของพัลส์ B แคบลง ถ้าความกว้างของพัลส์ B นั้นแคบลงจะทำให้ขอบขาลง (Trailing edge) ของพัลส์ B อยู่เหนือขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา จะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น (Count up)



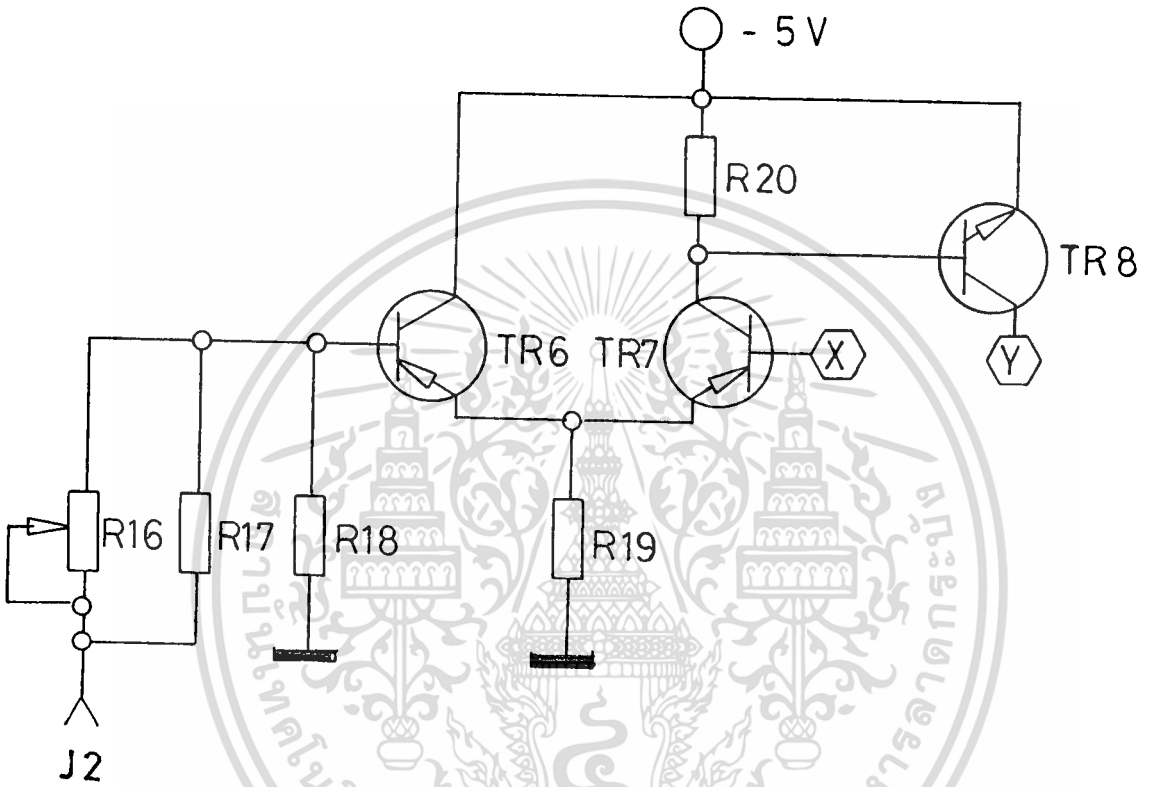
วงจรจับสัญญาณเอาต์พุต (Output signal) และสร้างสัญญาณนาฬิกา (clock pulse)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



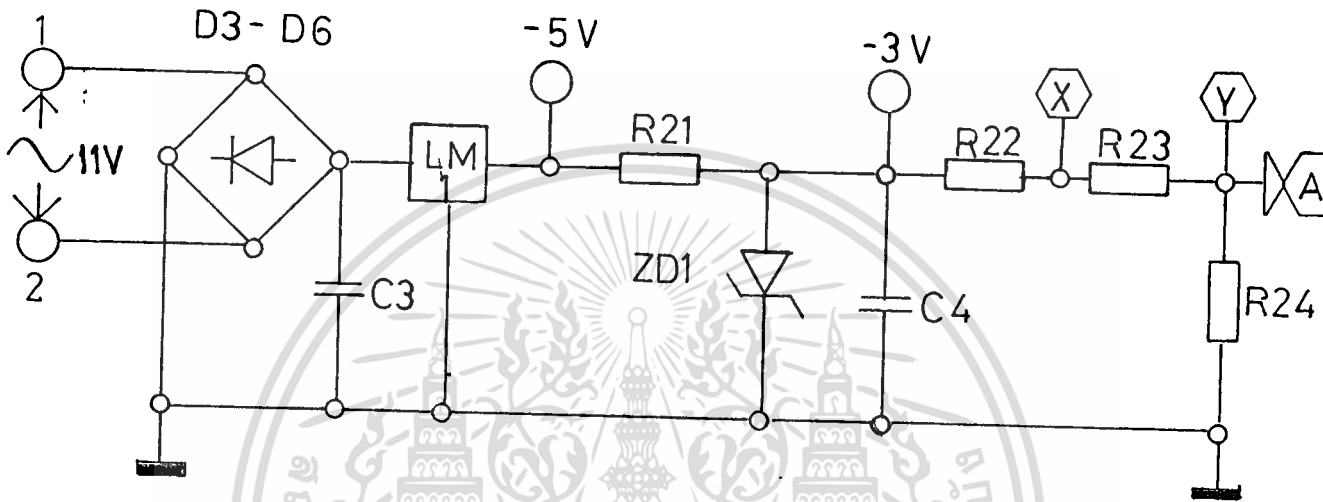
วงจร สับสัญญาณ เวิร์กแรงดันไฟฟ้าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



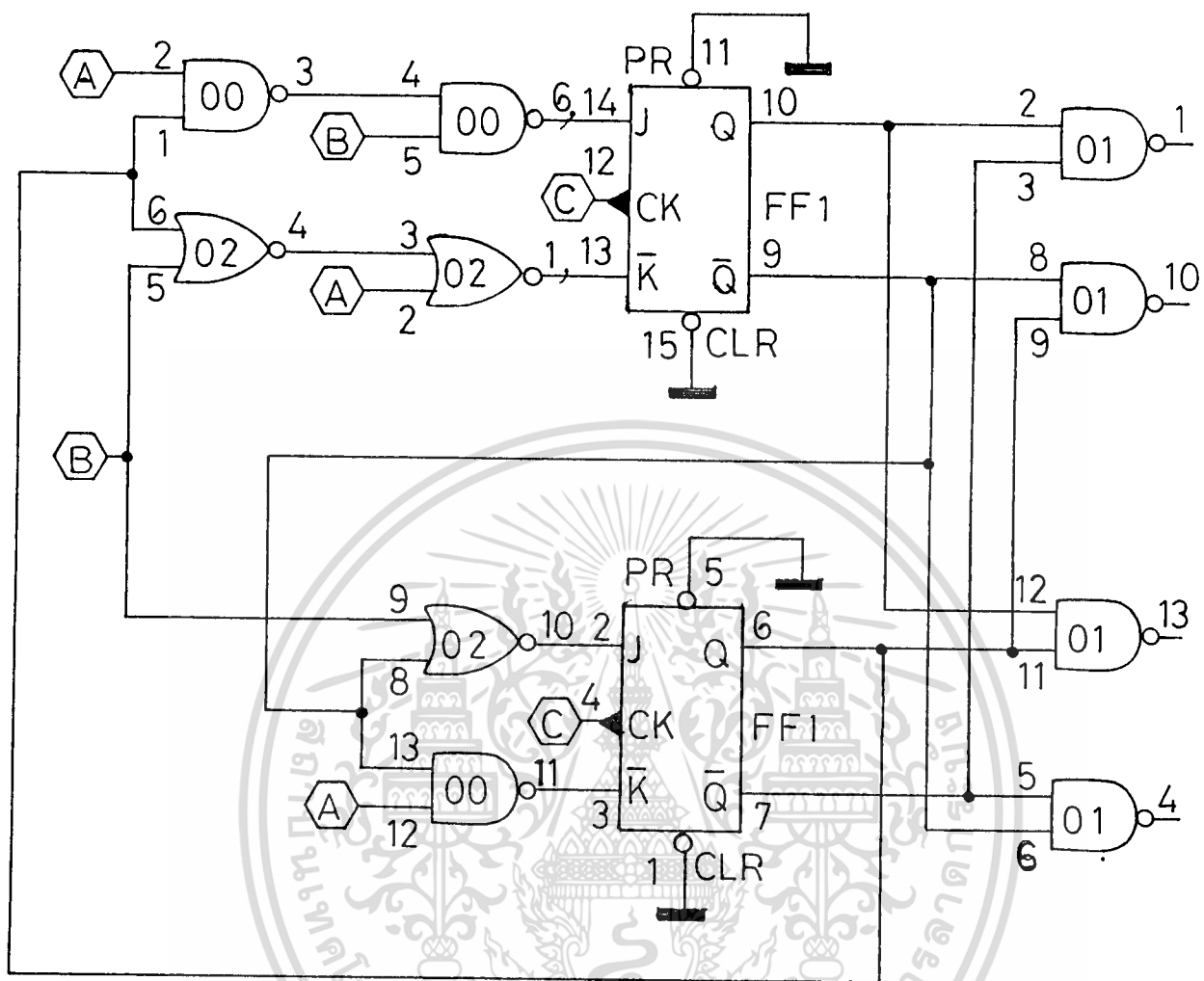
วงจรจับสัญญาณเมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจร เพื่อศึกษาลักษณะของ ไตรเจนแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PART LIST			
RESISTER		R 23	100K 1/2 W
R 1	3.3K 1/2 W.	R 24	3.3K 1/2 W
R2-R3	18 K 5W.	R 25	} 1 K 1/2 W
R 4	3.3 K 1/2 W.	↓	
R 5	10 K 1/2 W.	↓	
R 6	1.5 K 1/2 W.	↓	
R 7	1 K 1/2 W.	R 36	
R 8	1.5K 1/2 W	R 37	50Ω 1/2 W
R 9	1 K 1 W	R 38	82Ω 5 W
R 10	1 K 1/2 W	CAPACITOR	
R 11	750 Ω 1/2 W.	C 1	10 μF 50 V
R 12	1 K 1/2 W.	C 2	.01 μF Mylar
R 13	470Ω 1/2 W	C 3	2200 μF 16 V.
R 14	100 K 1/2 W	C 4	22 μF 50V.
R 15	3.3K. 1/2 W	DIODE	
R 16	500Ω 1 W.	DI-D6	1N4003
R 17	500Ω 1/2W	ZD 1	ZENER DIODE 3V.
R 18	1.2K 1/2W	TRANSISTOR	
R 19	750Ω 1/2 W	TR 1	BC 557
R 20	1 K 1/2W	TR 2	BC 337
R 21	470Ω 1/2 W	TR 3	BC 557
R 22	470Ω 1/2 W	TR 4	BC 337

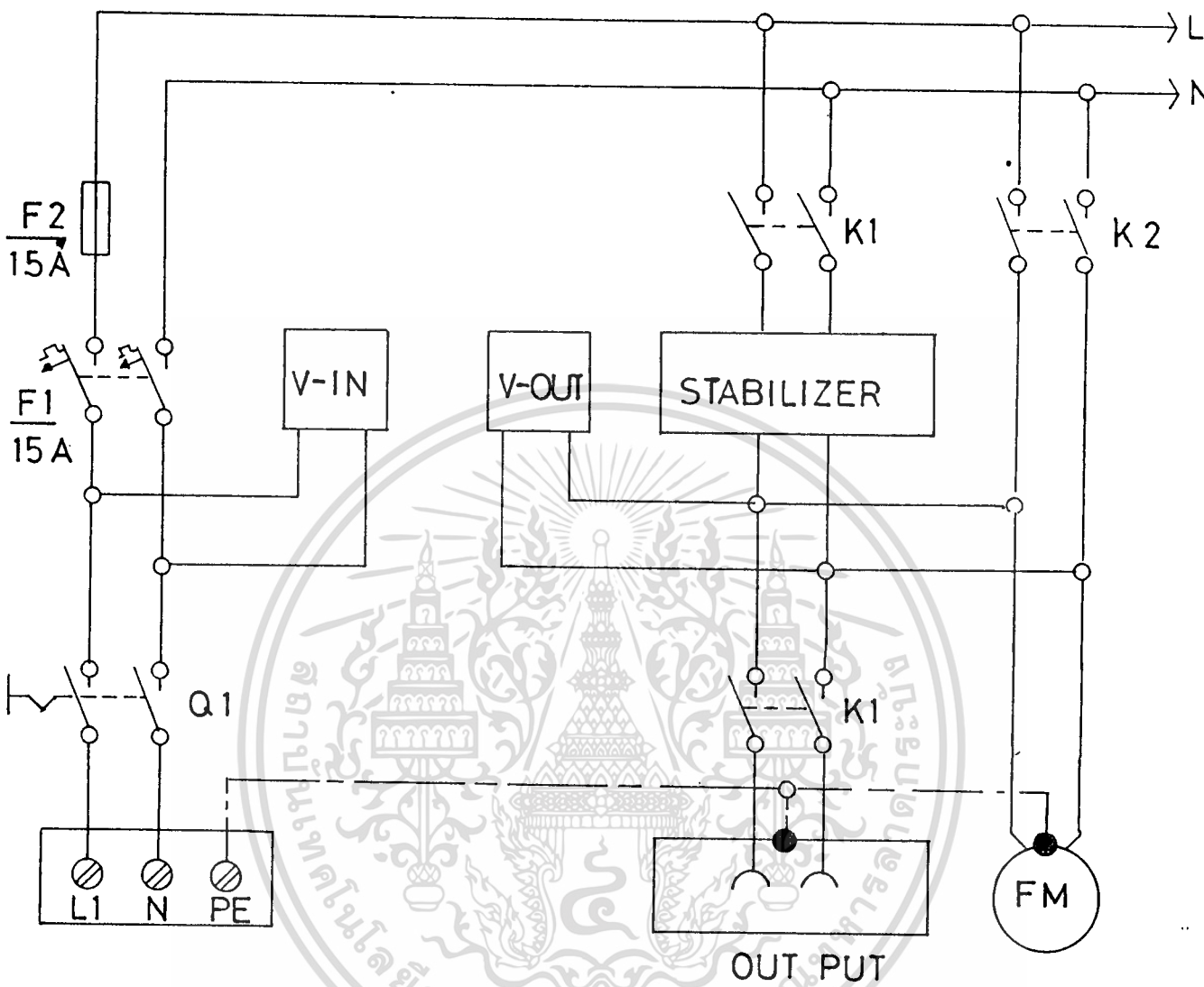
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PART LIST			
TRANSISTOR			
TR 5	BC 337	TR10	} BC 557
TR 6	BC 557	↓	
TR 7	BC 557		
TR 8	BC 337	↓	
TR 9	BC 557	TR16	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

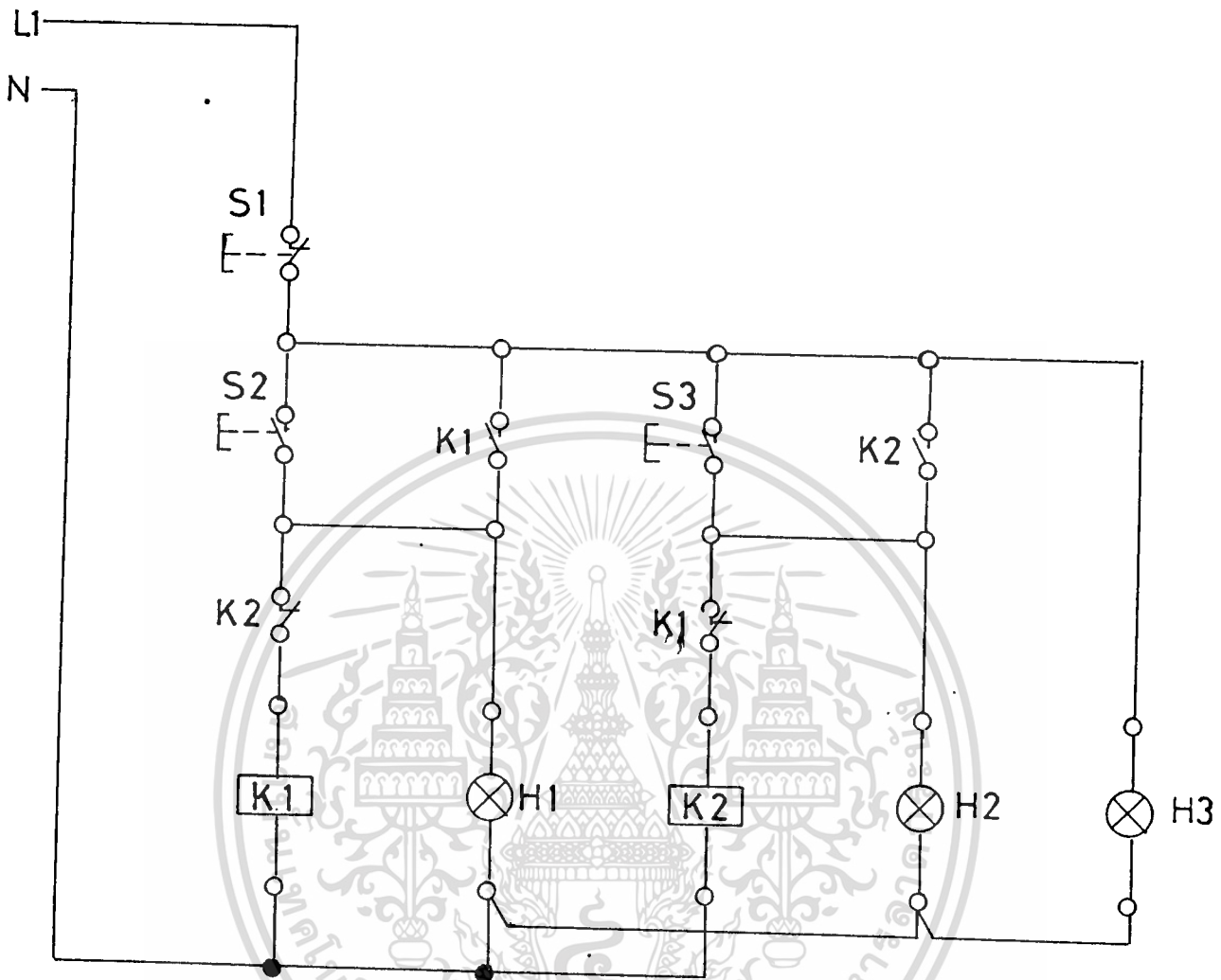
POWER CIRCUIT



L1	LINE	V- IN	IN PUT VOLTMETER
N	NEUTRAL	V- OUT	OUTPUT VOLTMETER
PE	PROTECTIVE EARTH	K1	STABILIZER CONTACT
Q1	MAIN SWITCH	K2	BYPAST CONTACT
F1	CIRCUIT BREKER	OUTPUT	OUTPUT PLUG
F2	MAIN FUSE	FM	FAN MOTOR

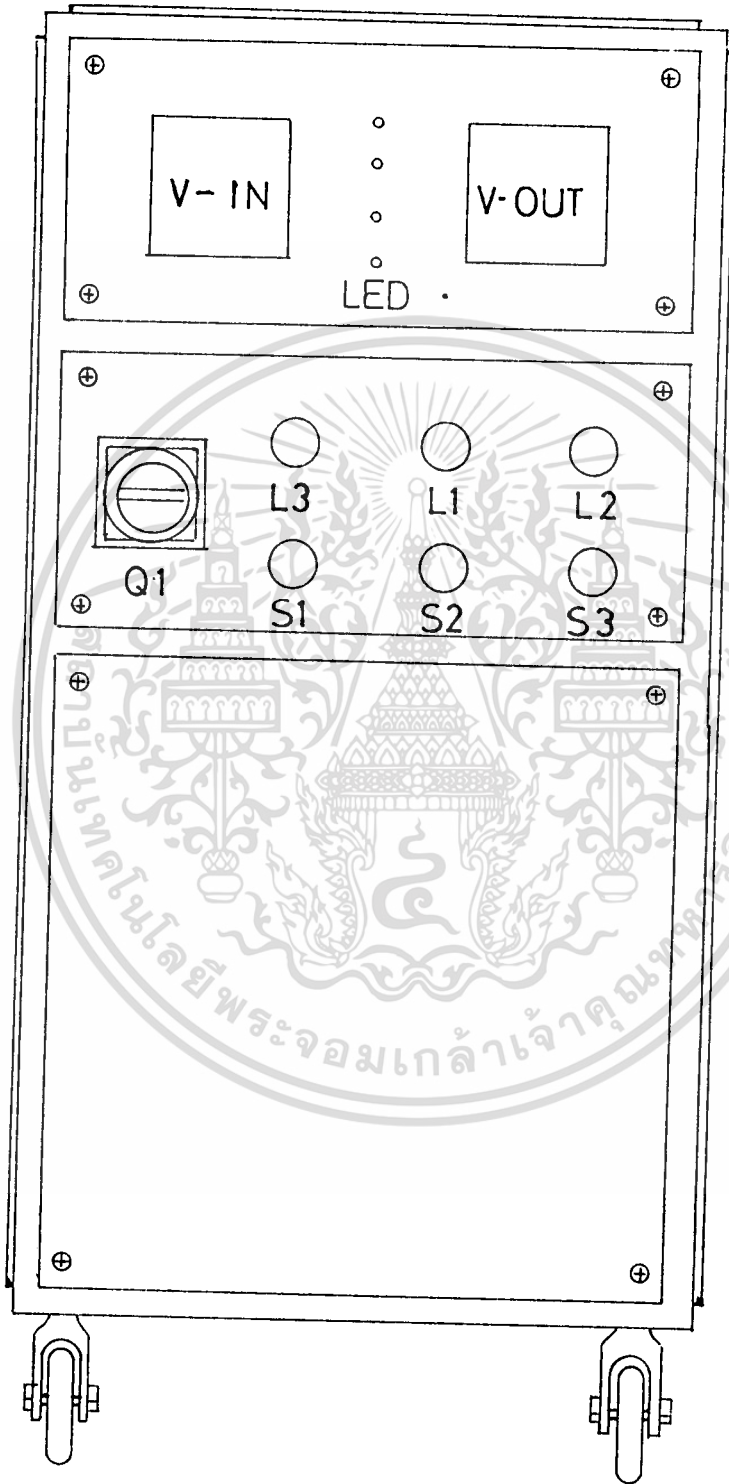
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTROL CIRCUIT

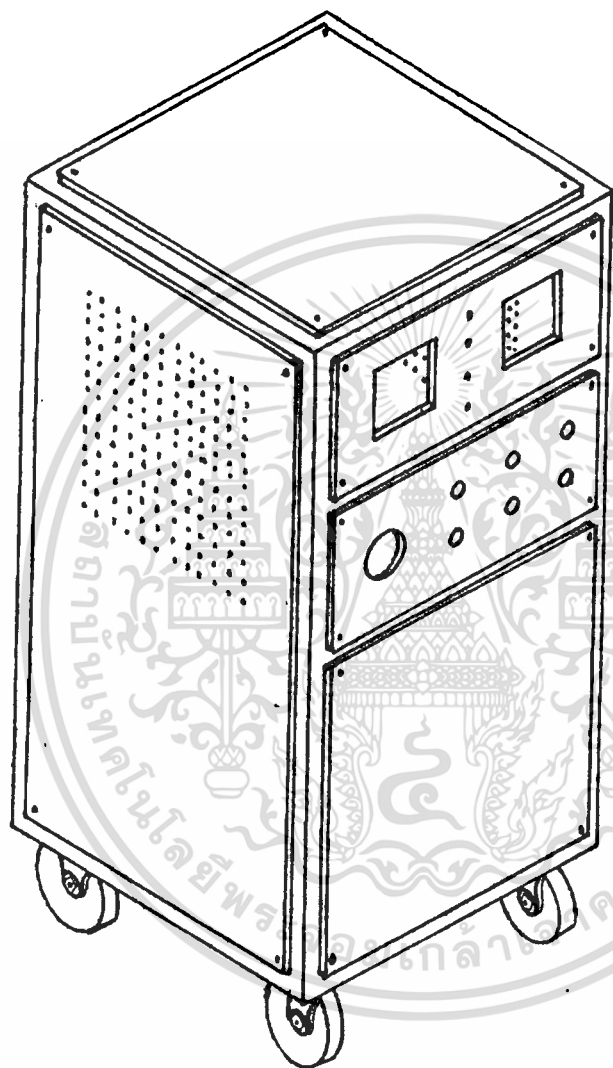


S1	STOP SWITCH	K2	BYPAT CONTACT
S2	STABILIZER SWITCH	H1	STABILIZER LAMP
S3	BYPAST SWITCH	H2	BYPAST LAMP
K1	STABILIZER CONTACT	H3	POWER LAMP

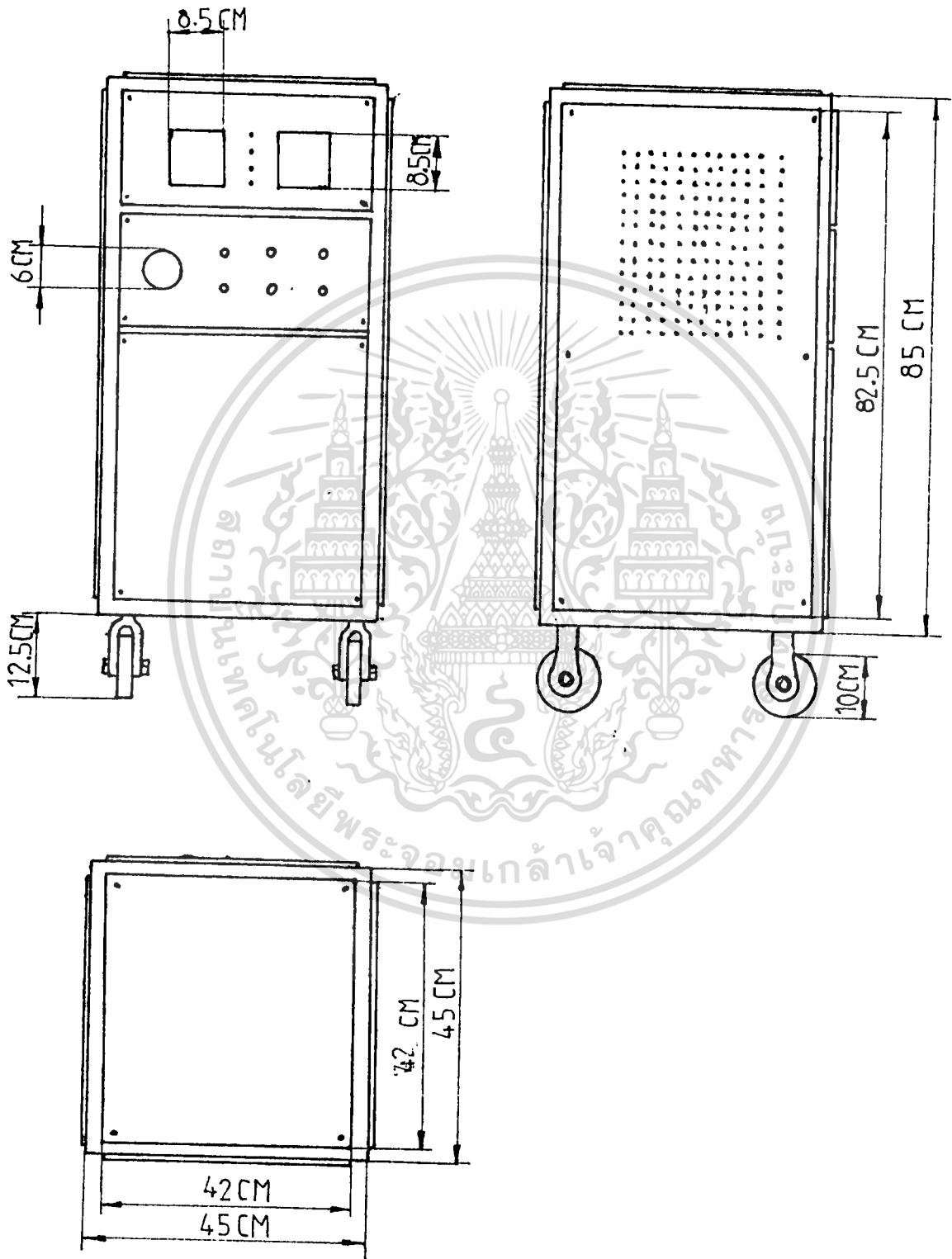
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



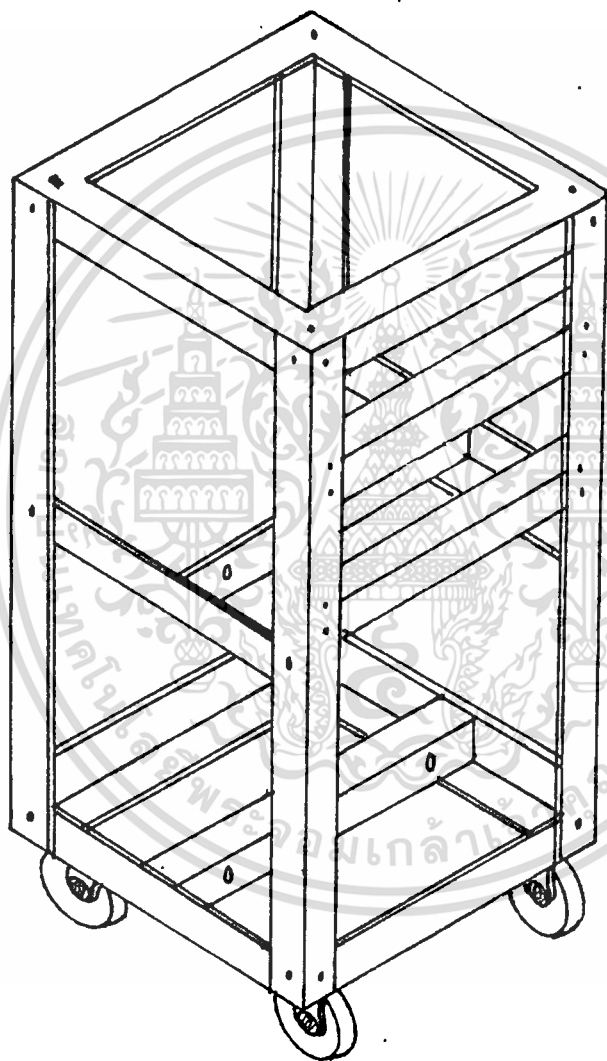
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



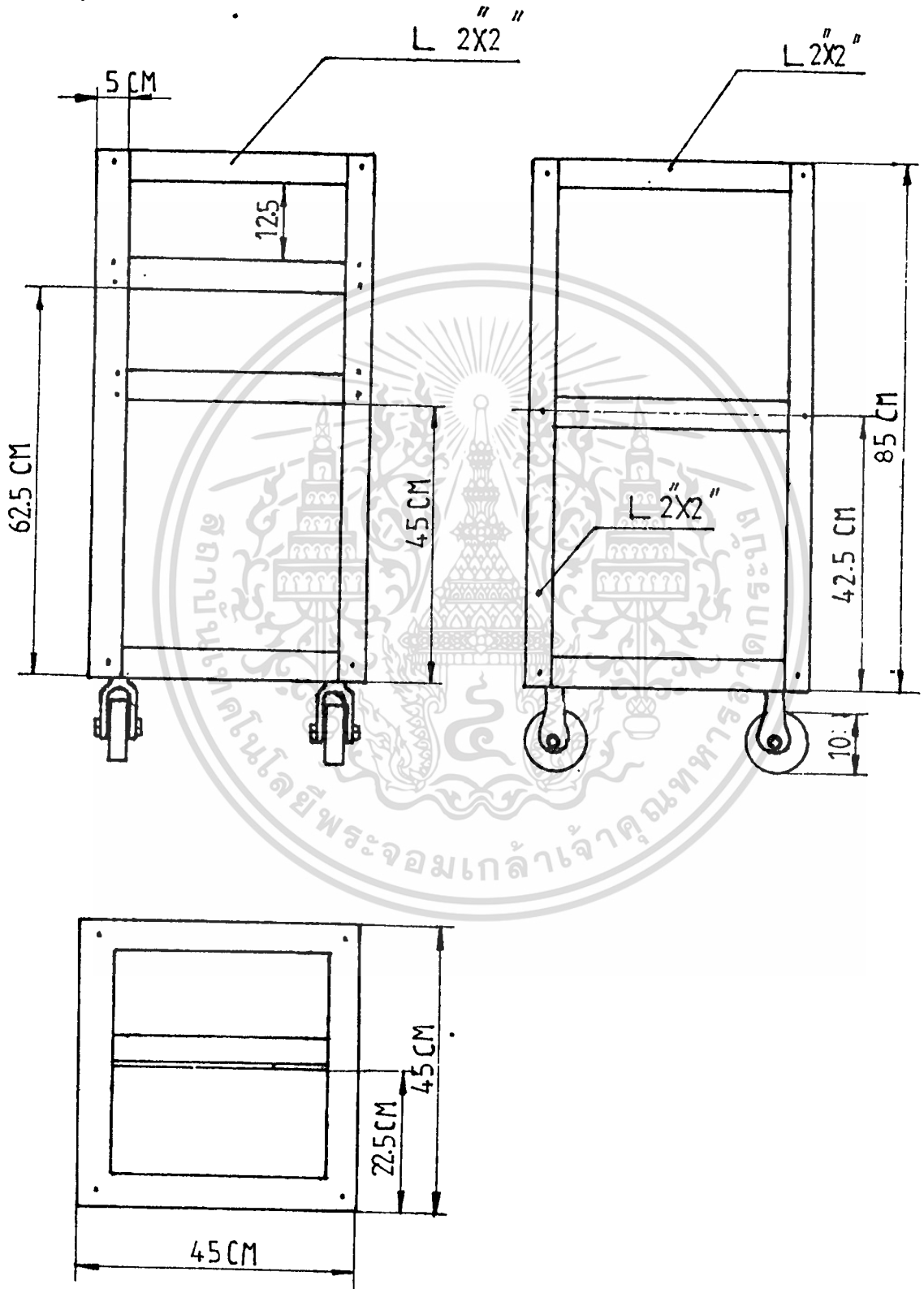
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

## การทดลองและผลการทดลอง

ทำการทดลองโดยไม่จ่ายโหลดและขณะที่จ่ายโหลดก็ยังคงต่อไปนี้

- การทดสอบเมอภาว: ไม่มีโหลด

แรงดันขาเข้า	แรงดันขาออก
190 VOLT	230 VOLT
200	213
215	231
217	213
237	231
240	215

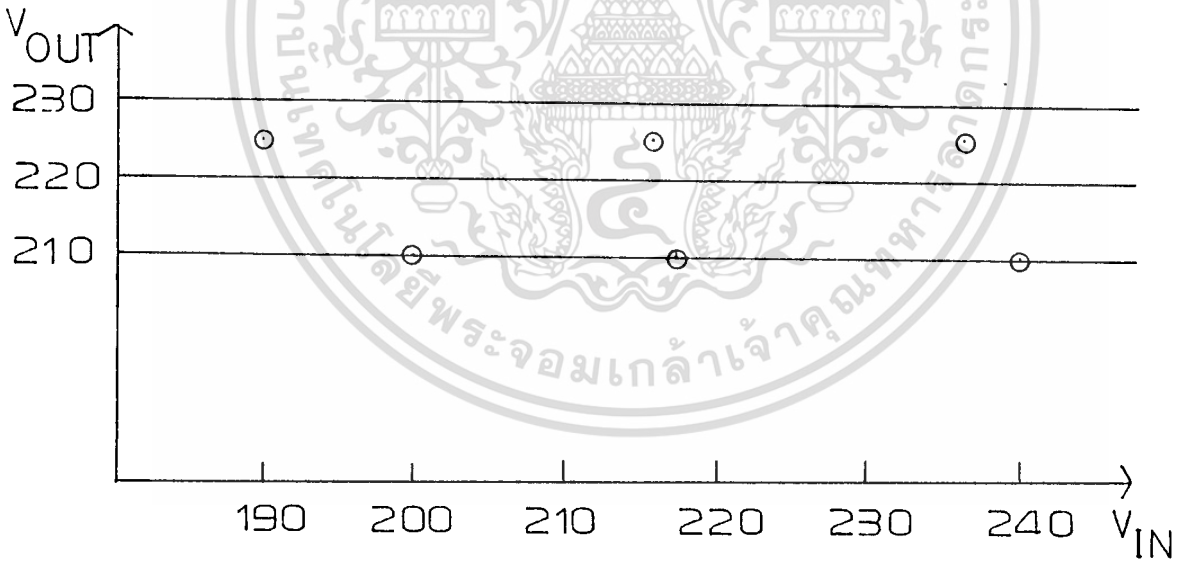
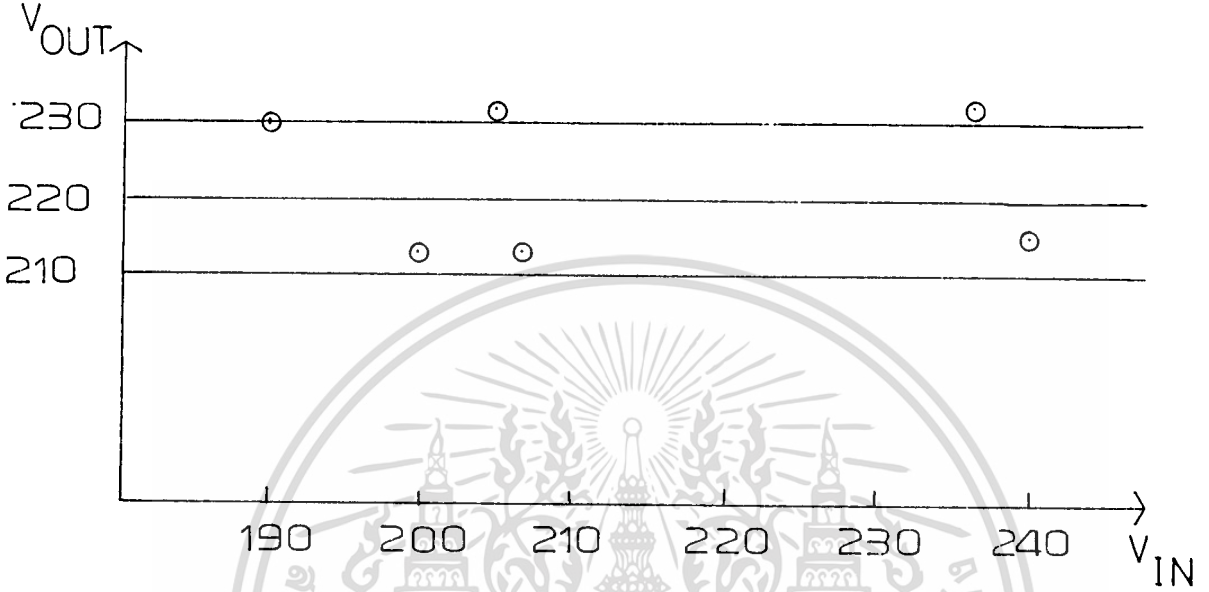
- การทดสอบเมื่อภาว: มีโหลด

แรงดันขาเข้า	แรงดันขาออก
190 VOLT	225 VOLT
200	210
215	231
217	210
237	226
240	210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_{IN}$  กับ  $V_{OUT}$

ขณะไม่มีโหลด



ขณะมีโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### บทวิจารณ์และสรุป

เครื่องที่พัฒนาขึ้นมานี้มีอุปสรรคมากมายเนื่องจากขาดประสิทธิภาพในงานคว้านอีเล็คโทรนิค ทำให้หลายครั้งผู้สร้างหมกมุ่นใจที่จะทำต่อ อย่างหนึ่งที่เป็นบทเรียนสำคัญก็คือ เทคโนโลยีทางคานนี้ยังถูกปิดบังอยู่จากบริษัทผู้สร้างทั้งในและต่างประเทศโดยเฉพาะบริษัทในประเทศจะไม่ยอมให้เทคโนโลยีแก่ลูกค้าคู่มือการใช้งานจะไม่ยอมให้รายละเอียดของวงจรมาให้

ผลงานที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้งานได้ก็เกินคาด ขณะนี้ก็ยังใช้ได้ในทางเป็นแหล่งจ่ายให้กับคอมพิวเตอร์ที่วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม และผู้สร้างจะได้นำเอาประสิทธิภาพที่ได้ไปพัฒนาเครื่องที่สองต่อไป



ภาคผนวก

โครงสร้างและลักษณะสมบัติของไทรแอกที่นำมาสร้างมีดังต่อไปนี้



Thyristors

T6401 T6411 T6421 Series



30-A Silicon Triacs

Press-Fit, Stud, and Isolated-Stud Type Packages

- For 120-V Line Operation - T6401B (40660)\*, T6411B (40662)\*, T6421B (40805)\*
- For 240-V Line Operation - T6401D (40661)\*, T6411D (40663)\*, T6421D (40806)\*
- For High-Voltage Operation - T6401M (40671)\*, T6411M (40672)\*, T6421M (40807)\*

\*Numbers in parentheses (e.g. 40660) are former RCA type numbers.

Features:

- di/dt Capability = 100 A/μs
- Shorted-Emitter Center-Gate Design
- Low On-State Voltage at High Current Levels
- Low Switching Losses
- Low Thermal Resistance

These RCA triacs are gate-controlled full-wave silicon ac switches. They are designed to switch from an off-state to an on-state for either polarity of applied voltage with positive or negative gate triggering voltages.

These triacs are intended for control of ac loads in applications such as heating controls, motor controls, arc-welding equipment, light dimmers, and power switching systems. They can also be used in air-conditioning and photocopying equipment.

MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

For Operation with Sinusoidal Supply Voltage at Frequencies up to 50/60 Hz and with Resistive or Inductive Load.

REPETITIVE PEAK OFF-STATE VOLTAGE:<sup>⊙</sup>

Gate open,  $T_J = -50$  to  $100^\circ\text{C}$

RMS ON-STATE CURRENT (Conduction angle =  $360^\circ$ ):

Case temperature

- $T_C = 65^\circ\text{C}$  (Press-fit types)
- $60^\circ\text{C}$  (Stud types)
- $55^\circ\text{C}$  (Isolated-stud types)

For other conditions

PEAK SURGE (NON-REPETITIVE) ON-STATE CURRENT:

For one cycle of applied principal voltage

- 60 Hz (sinusoidal)
- 50 Hz (sinusoidal)

For more than one cycle of applied principal voltage

RATE-OF-CHANGE OF ON-STATE CURRENT:

$V_{DM} = V_{DROM}$ ,  $I_{GT} = 200\text{ mA}$ ,  $t_r = 0.1\ \mu\text{s}$  (See Fig. 13)

PEAK GATE-TRIGGER CURRENT:<sup>⊠</sup>

For 1 μs max., See Fig. 7

GATE POWER DISSIPATION:

PEAK (For 1 μs max.,  $I_{GTM} \leq 4\text{ A}$ , See Fig. 7)

AVERAGE

TEMPERATURE RANGE:<sup>⊠</sup>

Storage

Operating (Case)

TERMINAL TEMPERATURE (During soldering):

For 10 s max. (terminals and case)

	T6401B T6411B T6421B	T6401D T6411D T6421D	T6401M T6411M T6421M	
$V_{DROM}$	200	400	600	V

$I_T(RMS)$		
	30	A
	30	A
	30	A

See Fig. 3

$I_{TSM}$		
	300	A
	265	A

See Fig. 4

di/dt		
	100	A/μs

$I_{GTM}$		
	12	A

$P_{GM}$		
	40	W
$P_G(AV)$		
	0.75	W

$T_{stg}$		
	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
$T_C$		
	-65 to 100	$^\circ\text{C}$

$T_T$		
	225	$^\circ\text{C}$

⊙ For either polarity of main terminal 2 voltage ( $V_{MT2}$ ) with reference to main terminal 1.  
 ⊠ For either polarity of gate voltage ( $V_G$ ) with reference to main terminal 1.  
 ⊠ For temperature measurement reference point, see Dimensional Outline.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

At Maximum Ratings and at Indicated Case Temperature ( $T_C$ ) Unless Otherwise Specified

CHARACTERISTIC	SYMBOL	LIMITS			UNITS
		For All Types Unless Otherwise Specified			
		Min.	Typ.	Max.	
Peak Off-State Current: <sup>♣</sup> Gate open, $T_J = 100^\circ\text{C}$ , $V_{DROM} = \text{Max. rated value}$	$I_{DROM}$	-	0.2	4	mA
Maximum On-State Voltage: <sup>♣</sup> For $I_T = 100\text{ A (peak)}$ , $T_C = 25^\circ\text{C}$	$V_{TM}$	-	2.1	2.5	V
DC Holding Current: <sup>♣</sup> Gate open, Initial principal current = 150 mA (DC), $v_D = 12\text{V}$ , $T_C = 25^\circ\text{C}$ For other case temperatures	$I_{HO}$	-	25	60	mA
Critical Rate-of-Rise of Commutation Voltage: <sup>♣</sup> For $v_D = V_{DROM}$ , $I_T(\text{RMS}) = 30\text{ A}$ , commutating $di/dt = 16\text{ A/ms}$ , gate unenergized, (See Fig. 14): $T_C = 65^\circ\text{C}$ (Press-fit types) $T_C = 60^\circ\text{C}$ (Stud types) $T_C = 55^\circ\text{C}$ (Isolated-stud types)	$dv/dt$	3 3 3	20 20 20	- - -	V/ $\mu\text{s}$
Critical Rate-of-Rise of Off-State Voltage: <sup>♣</sup> For $v_D = V_{DROM}$ , exponential voltage rise, gate open, $T_C = 100^\circ\text{C}$ : T6401B, T6411B, T6421B T6401D, T6411D, T6421D T6401M, T6411M, T6421M	$dv/dt$	40 25 20	200 150 100	- - -	V/ $\mu\text{s}$
DC Gate-Trigger Current: <sup>♣♠</sup> For $v_D = 12\text{ V (DC)}$ , $R_L = 30\ \Omega$ , $T_C = 25^\circ\text{C}$ For other case temperatures	Mode I <sup>+</sup> III <sup>-</sup> I <sup>-</sup> III <sup>+</sup>  VMT2 VG IGT	positive negative positive negative negative positive	- - - - - -	15 20 30 40 50 50 80 80	mA
DC Gate-Trigger Voltage: <sup>♣♠</sup> For $v_D = 12\text{ V (DC)}$ , $R_L = 30\ \Omega$ , $T_C = 25^\circ\text{C}$ For other case temperatures For $v_D = V_{DROM}$ , $R_L = 125\ \Omega$ , $T_C = 100^\circ\text{C}$	$V_{GT}$	- 0.2	1.35 See Fig. 10	2.5 -	V
Gate-Controlled Turn-On Time: (Delay Time + Rise Time) For $v_D = V_{DROM}$ , $I_{GT} = 200\text{ mA}$ , $t_r = 0.1\ \mu\text{s}$ , $I_T = 45\text{ A (peak)}$ , $T_C = 25^\circ\text{C}$ (See Figs. 11 & 15)	$t_{gt}$	-	1.7	3	$\mu\text{s}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case: Steady-State Press-fit types Stud Transient (Press-fit & stud types)	$\theta_{J-C}$	- - - -	- - - -	0.8 0.9	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Heatsink (Stud, See Dim. Outline): Steady-State (Isolated-stud types)	$\theta_{J-H}$	-	-	1	

♣ For either polarity of main terminal 2 voltage ( $V_{MT2}$ ) with reference to main terminal 1.  
♠ For either polarity of gate voltage ( $V_G$ ) with reference to main terminal 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

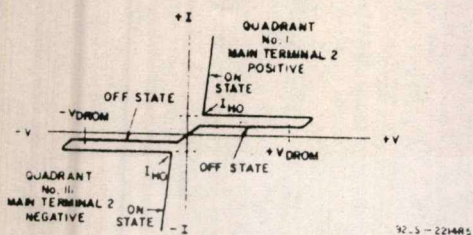


Fig. 1 - Principal voltage-current characteristic.

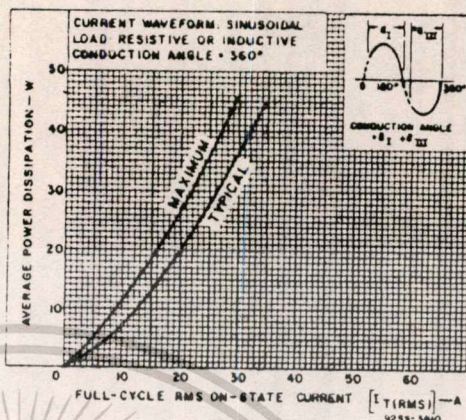


Fig. 2 - Power dissipation vs. on-state current.

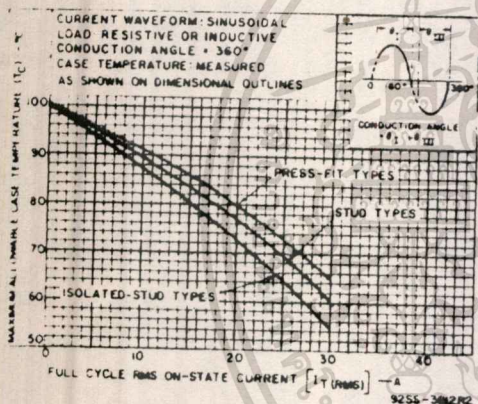


Fig. 3 - Maximum allowable case temperature vs. on-state current.

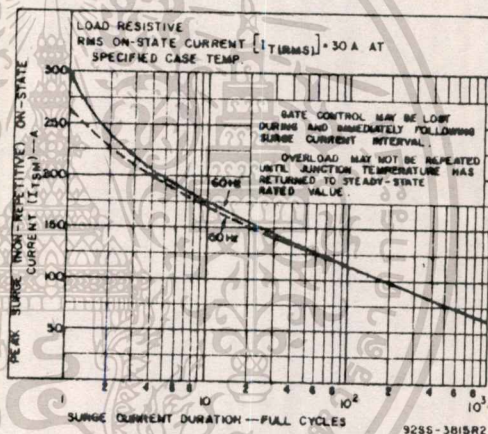


Fig. 4 - Peak surge on-state current vs. surge current duration.

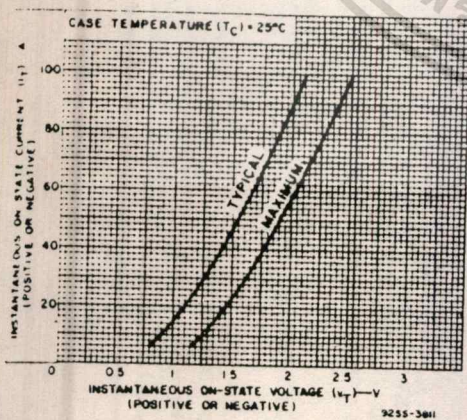


Fig. 5 - On-state current vs. on-state voltage.

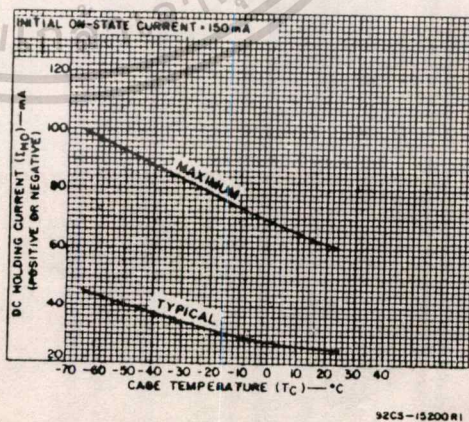


Fig. 6 - DC holding current vs. case temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

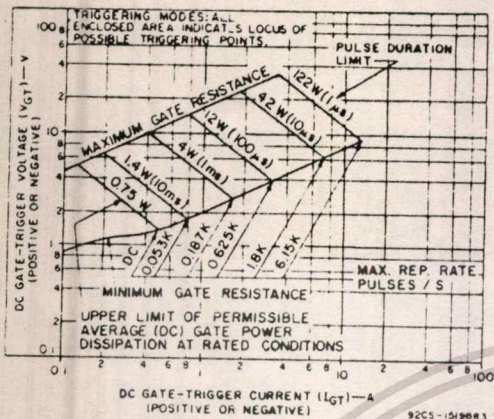


Fig. 7 - Gate trigger characteristics and limiting conditions for determination of permissible gate trigger pulses.

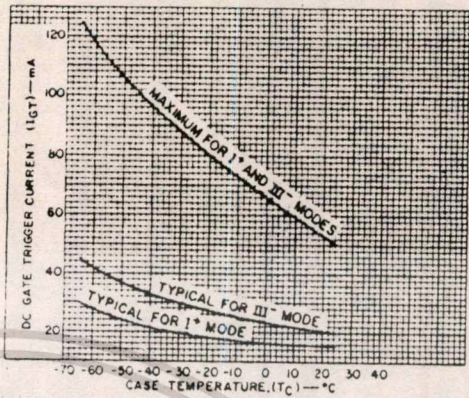


Fig. 8 - DC gate-trigger current vs. case temperature (I+ & III- modes).

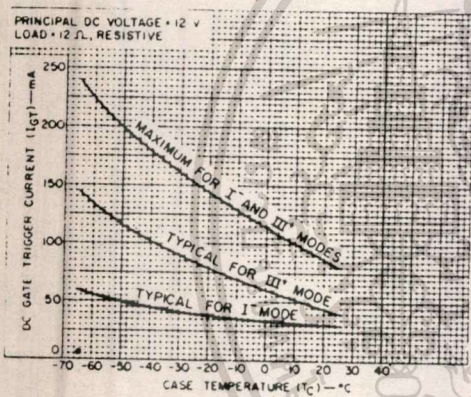


Fig. 9 - DC gate-trigger current vs. case temperature (I+ & III+ modes).

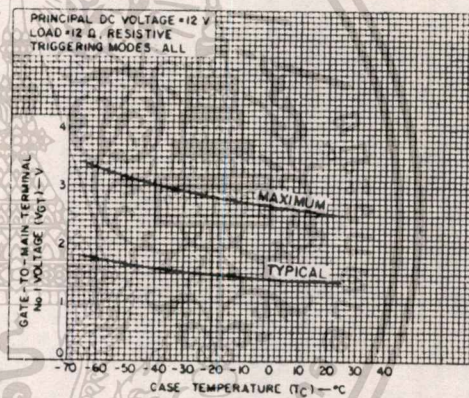


Fig. 10 - DC gate-trigger voltage vs. case temperature.

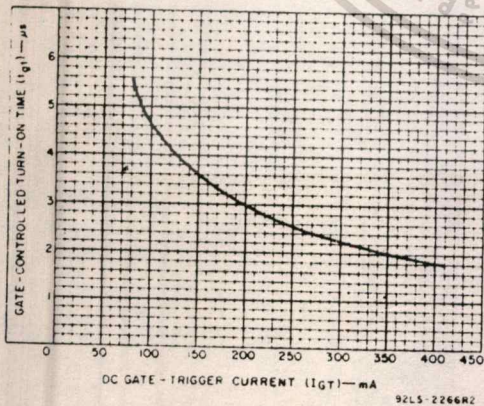


Fig. 11 - Turn-on time vs. gate trigger current.

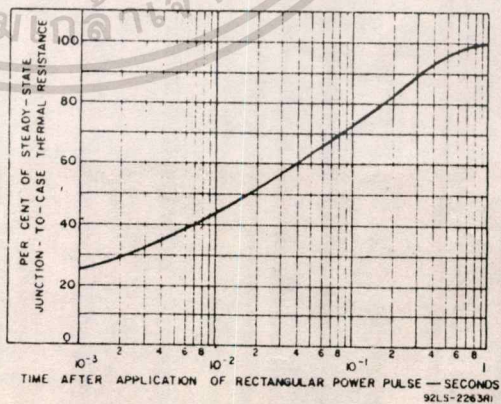


Fig. 12 - Transient junction-to-case thermal resistance vs. time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

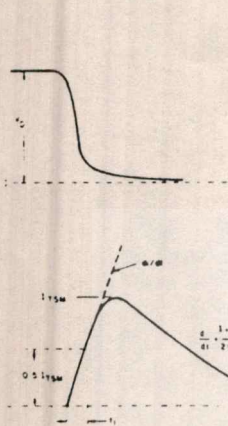


Fig. 13 - Rate of change of on-state current with time (defining  $dv/dt$ ).

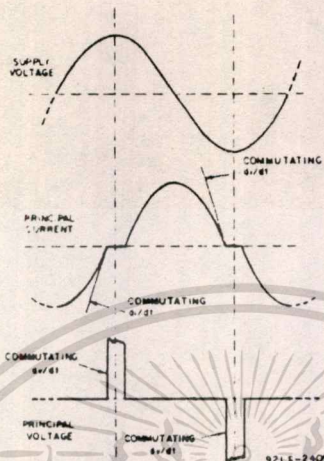


Fig. 14 - Relationship between supply voltage and principle current (inductive load) showing reference points for definition of commutating voltage ( $dv/dt$ ).

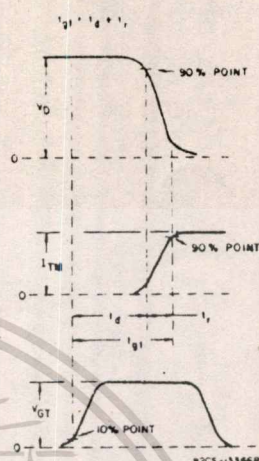


Fig. 15 - Relationship between off-state voltage, on-state current, and gate-trigger voltage showing reference points for definition of turn-on time ( $t_{GT}$ ).

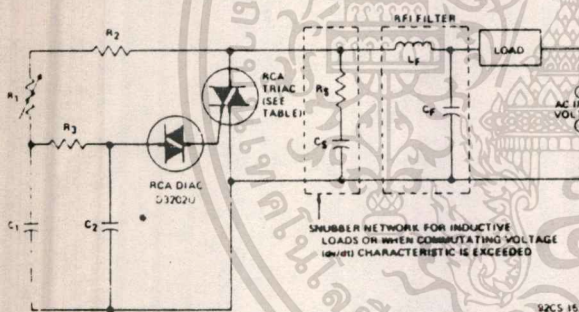


Fig. 16 - Typical phase-control circuit for lamp dimming, heat control, and universal-motor speed control.

AC INPUT VOLTAGE	120V 60Hz	240V 60Hz	240V 50Hz	
C <sub>1</sub>	0.11 $\mu$ F 200V	0.11 $\mu$ F 400V	0.11 $\mu$ F 400V	
C <sub>2</sub>	0.11 $\mu$ F 100V	0.11 $\mu$ F 100V	0.11 $\mu$ F 100V	
R <sub>1</sub>	100K $\Omega$ 1/2W	200K $\Omega$ 1W	250K $\Omega$ 1W	
R <sub>2</sub>	2.2K $\Omega$ 1/2W	3.3K $\Omega$ 1/2W	3.3K $\Omega$ 1/2W	
R <sub>3</sub>	15K $\Omega$ 1/2W	15K $\Omega$ 1/2W	15K $\Omega$ 1/2W	
SNUBBER NETWORK	C <sub>S</sub>	0.11 $\mu$ F 200V	0.11 $\mu$ F 400V	0.11 $\mu$ F 400V
	R <sub>S</sub>	100 $\Omega$ 1/2W	100 $\Omega$ 1/2W	100 $\Omega$ 1/2W
RFI FILTER	C <sub>F</sub>	0.11 $\mu$ F 200V	0.11 $\mu$ F 400V	0.11 $\mu$ F 400V
	L <sub>F</sub>	100 $\mu$ H	200 $\mu$ H	200 $\mu$ H
RCA TRIACS	T8401B T8411B T8421B	T8401D T8411D T8421D	T8401D T8411D T8421D	

\*Typical values for lamp dimming circuits.

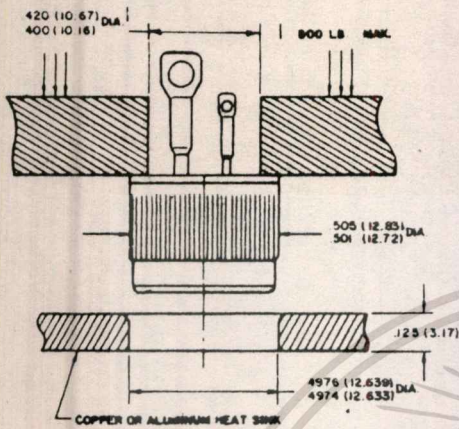
**MOUNTING CONSIDERATIONS**

Mounting of press-fit package types depends upon an interference fit between the thyristor case and the heat sink. As the thyristor is forced into the heat-sink hole, metal from the heat sink flows into the knurl voids of the thyristor case. The resulting close contact between the heat sink and the thyristor case assures low thermal and electrical resistances.

A recommended mounting method, shown in Fig. 17, shows press-fit knurl and heat-sink hole dimensions. If these dimensions are maintained, a "worst-case" condition of 0.0085 in. (0.2159 mm) interference fit will allow press-fit insertion below the maximum allowable insertion force of 800 pounds. A slight chamfer in the heat-sink hole will help

center and guide the press-fit package properly into the heat sink. The insertion tool should be a hollow shaft having an inner diameter of 0.380  $\pm$  0.010 in. (9.65  $\pm$  0.254 mm) and an outer diameter of 0.500 in. (12.70 mm). These dimensions provide sufficient clearance for the leads and assure that no direct force will be applied to the glass seal of the thyristor.

The press-fit package is not restricted to a single mounting arrangement; direct soldering and the use of epoxy adhesives have been successfully employed. The press-fit case is tin-plated to facilitate direct soldering to the heat sink. A 60-40 solder should be used and heat should be applied only long enough to allow the solder to flow freely.



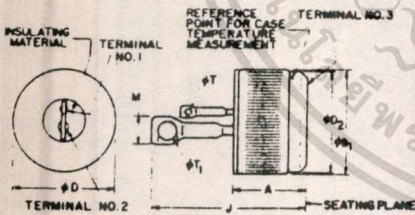
NOTE: Dimensions in parentheses are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated.

Fig. 17 - Suggested mounting method for press-fit package types.

Table I - Case-to-Heat Sink Thermal Resistance for Different Mounting Arrangements.

Package	Type of Mounting Employed	Thermal Resistance-°C/W
Press-Fit	Press-fitted into heat sink. Minimum required thickness of heat sink = 1/8 in. (3.17 mm)	0.5
	Soldered directly to heat sink. (60-40 solder which has a melting point of 188° C should be used. Heating time should be sufficient to cause solder to flow freely)	0.1 to 0.35
Stud	Directly mounted on heat sink with or without the use of heat-sink compound.	0.6

DIMENSIONAL OUTLINE FOR T6401 SERIES



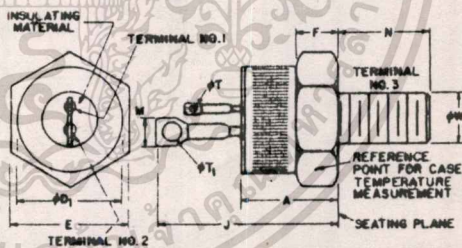
SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
A	-	.380	-	9.65	2
φD	.501	.510	12.73	12.96	
φD <sub>1</sub>	-	.506	-	12.83	1
φD <sub>2</sub>	.465	.475	11.81	12.07	
J	-	.750	-	19.06	1
M	-	.155	-	3.94	
φT	.068	.068	1.47	1.73	
φT <sub>1</sub>	.080	.080	2.03	2.29	

NOTE 1: Contour and angular orientation of these terminals is optional.

NOTE 2: Outer diameter of knurled surface.

MSCS-840782

DIMENSIONAL OUTLINE FOR T6411 SERIES



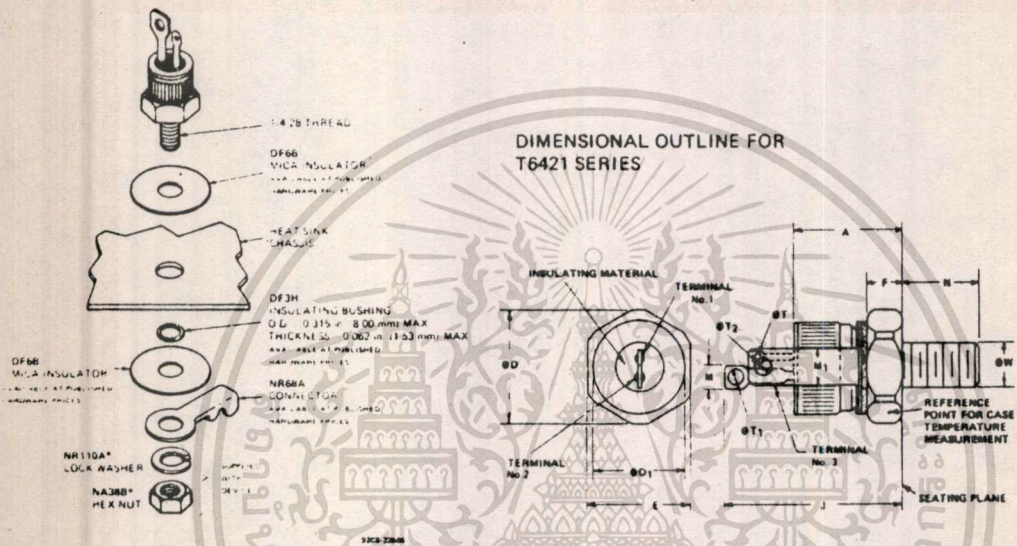
SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
A	.330	.506	8.4	12.8	-
φD <sub>1</sub>	-	.544	-	13.81	-
E	.544	.562	13.82	14.28	-
F	.113	.200	2.87	5.08	3
J	-	.960	-	24.13	-
M	-	.165	-	3.94	1
N	.422	.463	10.72	11.50	-
φT	.068	.068	1.47	1.73	-
φT <sub>1</sub>	.080	.080	2.03	2.29	-
φW	.2225	.2208	5.682	5.700	2

NOTE 1: Contour and angular orientation of these terminals is optional.

NOTE 2: Pitch diameter of 1/4-28 UNF-2A (coarse) threads (ASA B1.1-1960).

NOTE 3: A chamfer or undercut on one or both ends of hexagonal portion is optional.

MSCS-840882



in the United Kingdom, Europe, Middle East, and Africa, mounting hardware policies may differ, check the availability of all items shown with your RCA sales representative or supplier.

Fig. 18 - Suggested mounting arrangement for stud and isolated-stud package types.

**WARNING:**

The RCA isolated-stud package thyristors should be handled with care. The ceramic portion of these thyristors contains BERYLLIUM OXIDE as a major ingredient. Do not crush, grind, or abrade these portions of the thyristors because the dust resulting from such action may be hazardous if inhaled.

**TERMINAL CONNECTIONS**

- Terminal No.1—Gate
- Terminal No.2—Main Terminal 1
- Case, Terminal No.3—Main Terminal 2

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
A	—	.673	—	17.08	
ØD	.604	.614	15.34	15.59	
ØD1	.501	.505	12.72	12.82	
E	.551	.557	13.98	14.14	
F	.175	.185	4.44	4.69	
J	—	1.298	—	32.96	
M	.210	.230	5.33	5.84	
M1	.200	.210	5.08	5.33	
N	.422	.452	10.72	11.43	
ØT	.058	.068	1.47	1.73	2
ØT1	.125	.165	3.18	4.19	2
ØT2	.138	.148	3.50	3.75	2
ØW	.2225	.2268	5.652	5.760	3

NOTE 1: Ceramic between hex (stud) and terminal No.3 is beryllium oxide.

NOTE 2: Contour and angular orientation of these terminals is optional.

NOTE 3: Pitch diameter of 1/4-28 UNF-2A (coated) threads (ASA B1. 1-1950).

62LS-3963

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. Eugene George Key, " Principle of Electricity " Barnes & Noble , INC. NEW YORK 1970
2. Irving M. Gottlieb, " Power Control with Solid State Devices" Reston Publishing Company, INC 1980
3. Robert F. Coughlin and Frederick F. Driscoll Jr. " Semiconductor Fundamentals" Prentice-Hall ,INC 1976
4. Louis Nashelsky, " Introduction to Digital Computer Technology" John wiley & Sons 1977



### กิตติกรรมประกาศ

งานโครงการนี้สำเร็จลงไปได้ เนื่องจากวิชาความรู้ต่างๆ ที่คณะผู้จัดทำได้รับการฝึกฝนและการอบรมจากท่านอาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ และในงานโครงการนี้เมื่อคุณประโยชน์และคุณงามความดีอยู่บ้าง คณะผู้จัดทำจึงเห็นสมควรอย่างยิ่งที่จะมอบเป็นสมบัติและเกียรติคุณแก่ท่านอาจารย์และสถาบันที่ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาเล่าเรียนมา

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณท่าน ร.ศ กิตติ ศรีเศรษฐ หัวหน้าภาควิชา เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม และอาจารย์ ธิเต ศรีสุวรรณวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านให้คำแนะนำปรึกษาและควบคุมดูแลเอาใจใส่การทำงานโครงการในครั้งนี้ จนทำให้โครงการนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ อาจารย์เสนา นิลรัตน์ วิศวกร อาจารย์ประจำแผนกช่างโคง้า วิทยาลัยเทคนิคราชสีหราชราม ที่ให้คำปรึกษาท่านเทคนิคและได้ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องเนื้อหาตลอดจนรายละเอียดต่างๆ เป็นอย่างดียิ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้