PROJECT 2

ปีการศึกษา 2533

VOLTAGE STABILIZER

โดย

นาย พรศักดิ์ สุขแสวง

นาย โอภาส บุตรศรีมาลย์

นาย พนมศักดิ์ สุระสิงห์ชัยเดช

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.นิกร สุขุตมตันติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027962

18 ก.ค. 2534

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2533

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง VOLTAGE STABILIZER

ผู้จัดทำ นาย พรศักดิ์ สุขแสวง เลขประจำตัว 323414

นาย โอภาส บุตรศรีมาลย์ เลขประจำตัว 323438

นาย พนมศักดิ์ สุระสิงห์ชัยเดช เลขประจำตัว 323413

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

027962

เลขหมู่ T 33129 พ 4

เลขทะเบียน 027962

วัน, เดือน, ปี 18 ก.ค. 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE STABILIZER

นาย พรศักดิ์ สุขแสวง
นาย โอภาส บุตรศีรีมาลย์
นาย พนมศักดิ์ สุระสิงห์ชัยเดช
ผศ.นิกร สุขุตมตันติ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

VOLTAGE STABILIZER เป็นเครื่องมือรักษาระดับแรงดัน AC LINE ให้คงที่ และขจัด NOISE และ TRANSIENT ทำให้ได้ OUTPUT เป็น AC LINE ที่บริสุทธิ์ เหมาะสมแก่เครื่องมือที่ละเอียดอ่อน เช่น COMPUTER, เครื่องมือแพทย์, เครื่องมือสื่อสาร ฯลฯ

AC LINE ตามปกติจะมีมลภาวะอันอาจทำให้การทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าผิดปกติได้จากสาเหตุหลายประการ เช่น LOAD เปลี่ยนแปลง, การลดและเพิ่มกำลังการผลิตของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ, ความต้านทานและรอยต่อต่าง ๆ ในสาย, การ ARC ของแปรงถ่าน MOTOR, คลื่นวิทยุ, ฟ้าผ่า, การ ARC จาก CONTACT ขนาดใหญ่ ฯลฯ ดังนั้น VOLTAGE STABILIZER จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้แก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้ดี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE STABILIZER

MR.PORNSAK SUKSAWEANG

MR.OPAS BUTKEREMARN

MR.PANOMSAK SURASINCHAIDEK

ASIST.PROF.NIKORN

SUKUTAMATONTI : ADVISOR

ACADEMICS YEAR : 2533

ABSTRACT

THIS PROJECT PRESENT THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF A VOLTAGE STABILIZER WHICH IS USED TO CLEAN AC LINE IN ORDER TO REDUCE AND ELIMINATE THE NOISE AND TRANSIENT OCCURED IN AC LINE SO THAT THE OUTPUT OF AC LINE WILL BE PURE FOR SUPPLYING THE POWER FOR COMPUTER, COMMUNICATION EQUIPMENT, SCIENTIFIC INSTRUMENT AND ETC.

NORMALLY, AC LINE WILL HAVE NOISE OR TRANSIENT WHICH WILL BE OCCURED FORM MANY CAUSES AS INCREASING OR DECREASING OF PRODUCTION POWER OF EGAT, RESISTANCE AND BAD CONNECTION ON THE CABLE, RADIO WAVE, LIGTHING, SURGE AND ETC. THEREFORE, VOLTAGE STABILIZER IS THE GOOD INSTRUMENT TO PROJECT EVERY PROBLEM OCCURED IN AC LINE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก.

บทที่ 1 บทนำ 1

- การจำแนกเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า 2
  กระแสสลับอัตโนมัติ
- ใช้ BUCK-BOOST TRANSFORMER 10
- เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้า 15
  ระบบต่าง ๆ

บทที่ 2 หลักการทำงานของ AUTOMATIC VOLTAGE REQULATOR ... 16

- AUTO TRANSFORMER 17
- สวิทช์อิเลคโทรนิกส์กำลัง 25
- ส่วนควบคุมอัตโนมัติ 40
- ส่วนลดทอนสัญญาณรบกวน 46

บทที่ 3 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันกระโชก 50

- วาริสเตอร์ 51
- ฟิลเตอร์ 59
- วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 65
- วงจรลอจิคควบคุม 67
- วงจรควบคุมแรงดันไฟตกและไฟเกิน 70
- รูปแสดง วงจรการทำงานต่าง ๆ พร้อมลายทองแดง 71

บทที่ 4 การนำเครื่องไปใช้งาน 77

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง 86

- ตารางเมื่อทดสอบขณะมี LOAD 3 KW 87
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง INPUT & OUTPUT 88
  VOLTAGE ที่ NO LOAD และ มี LOAD

บทที่ 6 สรุปผลและวิจารณ์ 90

เอกสารอ้างอิง 91

กิตติกรรมประกาศ 92

ข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การควบคุมแรงดันไฟฟ้าและป้องกันสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้านั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ทางอิเล็คทรอนิกส์ที่มีความไวสูง เพราะถ้าไฟตกหรือเกินมากกว่า 10% (198 V.- 242 V.) แล้วอาจทำให้คอมพิวเตอร์เสียหายได้ เช่น ไฟตกจะทำให้ตัวหนังสือในจอคอมพิวเตอร์ไหวสั่น หรือถ้าไฟเกินจะทำให้คอมพิวเตอร์เสียเร็ว ยากต่อการสังเกต

สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้านั้น ตามปกติคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นอย่างมาตรฐานจะสามารถป้องกันการรบกวนได้ในระดับแน่นอนประมาณ 70 V. - 120 V. เช่น Apple ทนสัญญาณรบกวนประมาณ 70 V., Wang 100 V.และ Fujusu ประมาณ 120 V. ถ้าเกินกว่าอัตรานี้แล้วคอมพิวเตอร์อาจป้องกันได้ แต่จะทำให้ขนาดและรูปร่างสัญญาณผิดไป

1. วิธีการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

เครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นระบบใดก็ตาม สามารถแยกส่วนประกอบได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

Measuring Unit and Regulating Unit

Measuring Unit

มีหน้าที่ตรวจนับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันทางอินพุทหรือเอาท์พุท และผลิตสัญญาณการทำงานให้แก่ Regulating Unit

Regulating Unit

ทำงานภายใต้การควบคุมด้วยสัญญาณจาก Measuring Unit ซึ่งเปรียบเสมือนมีคนคอยปรับแรงดันเอาท์พุทให้คงที่ หรือใกล้เคียงกับที่ต้องการตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การจำแนกเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอัตโนมัติ

ตามลักษณะการจัดตำแหน่งของ Measuring Unit และ Regulating Unit นั้น สามารถแยกออกเป็น

2.1 ตำแหน่งของ Measuring Unit

Measuring Unit ของเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า สามารถจัดวางได้ 3 ตำแหน่ง คือ

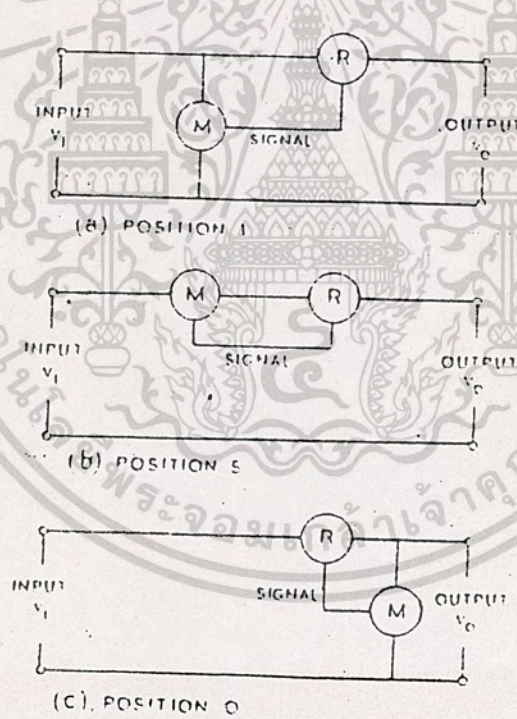


FIG. 1.1. POSITIONS OF THE MEASURING UNIT
M Measuring unit R Regulating unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) Position I (I คือ input) เรียกตามการต่อ Measuring Unit คร่อมทางอินพุทของระบบ

(ข) Position S (S คือ series) โดยต่อ Measuring Unit อนุกรมกับเอาท์พุทของระบบ

(ค) Position O (O คือ output) คือต่อ Measuring Unit คร่อมกับเอาท์พุทของระบบ

จากรูป 1.1 สังเกตได้ว่าตำแหน่งของ Regulating Unit สามารถต่อได้ในตำแหน่งเดียวเท่านั้น

2.2 ตำแหน่งของ Regulating Unit

Regulating Unit ของเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า สามารถจัดวางได้ 3 ตำแหน่งเช่นกัน คือ

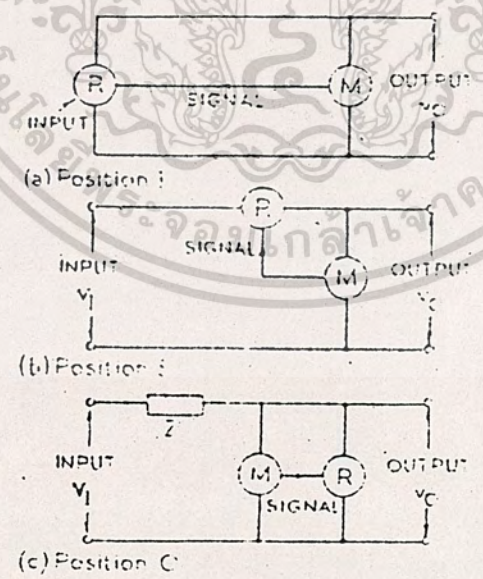


FIG. 1.2 POSITIONS OF THE REGULATING UNIT
M. Measuring unit
R. Regulating unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) Position I โดยที่ Regulating Unit ต่อคร่อมกับทางอินพุทของระบบ (ในกรณีนี้ตำแหน่ง Regulating Unit ก็คืออินพุท)

(ข) Position S คือ Regulating Unit ต่ออนุกรมกับเอาท์พุทของระบบ

(ค) Position O คือ Regulating Unit ต่อคร่อมกับเอาท์พุทของระบบพร้อมด้วยอิมพีแดนซ์ Z ที่ต่ออนุกรมอยู่กับระบบ

ตามรูป 1.2 สังเกตจะเห็นว่า Measuring Unit ต่อได้ลักษณะเดียวเท่านั้น อย่างไรก็ตามทั้งหมดต่างก็มีจุดมุ่งหมายเดียวกันคือ เพื่อรักษาระดับแรงดันเอาท์พุทให้คงที่

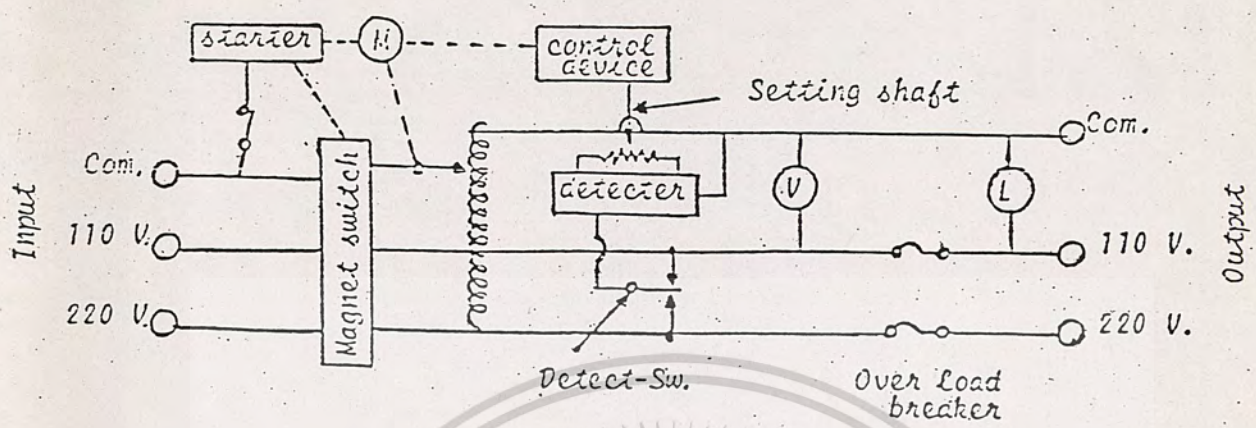
ปัจจุบันมีระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่มีในประเทศไทยประมาณ 3 ระบบ ซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันพอที่จะประมวลได้ดังต่อไปนี้

1. เครื่องควบคุมแรงดันอัตโนมัติระบบ SERVO MECHANIC

เป็นระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติระบบแรกที่เกิดขึ้น ในกระบวนการพัฒนาทางประวัติศาสตร์ที่ผ่านมา ระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบนี้อาศัยมอเตอร์เพื่อปรับแรงดันโดยหมุนเพื่อให้แปรงถ่านเปลี่ยนแปลงกับหน้าสัมผัส TRANSFROMER ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน

ประเภทที่ 1 เป็นแบบ AUTO TRANSFORMER แบบนี้อาศัยหลักการของ AUTO TRANSFORMER ซึ่งอาศัยหลักการของ AUTO TRANSFORMER เพื่อเพิ่มหรือลดแรงดันโดยให้มอเตอร์คอยหมุนอย่างอัตโนมัติ เพื่อปรับแรงดันให้เข้าสู่จุดเดิม ดังแสดงในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



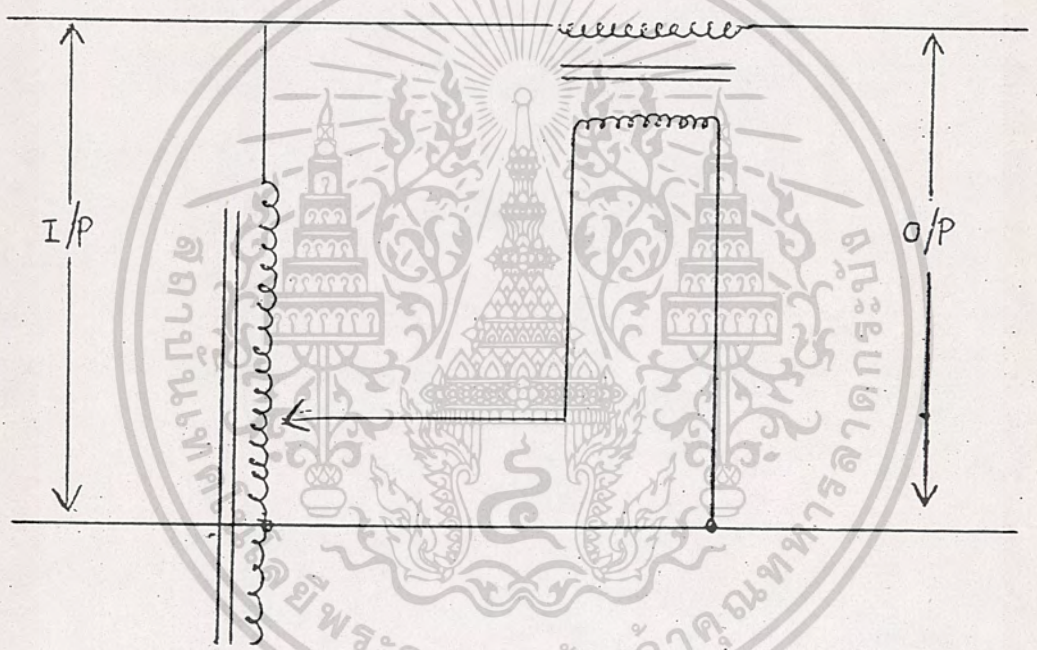
ภาพแสดงเครื่องควบคุมแรงดันอัตโนมัติ ระบบ SERVO MACHANICS ที่อาศัยแปรงถ่านที่สัมผัสกับ AUTO TRANSFORMER เมื่อเปลี่ยนแปลงตำแหน่งให้แรงดัน OUTPUT คงที่ตลอดเวลา

เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติระบบนี้ให้ผลดีทางด้าน OUTPUT REGULATION ที่ดีมาก มีความเหมาะสมกับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป แต่ไม่เหมาะสมกับ LOAD ที่เป็นระบบคอมพิวเตอร์ เนื่องจากการปรับแรงดันจะทำได้ช้ามากไม่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้รวดเร็ว และที่สำคัญ OUTPUT IMPEDENCE ค่อนข้างสูง ในขณะที่มีการปรับแรงดันจะมี SPIKE TRANSIENT VOLTAGE เกิดขึ้นด้วย ยิ่งใช้เครื่องไปเป็นระยะเวลานาน ๆ จุดสัมผัสระหว่างเส้นลวดและแปรงถ่าน เมื่อมีการปรับแรงดันจะเกิด SPIKE TRANSIENT VOLTAGE มากยิ่งขึ้นถึงขั้นทำลาย LOAD ระบบ COMPUTER ให้เสียหายได้ทันที

<u>ประเภทที่ 2</u> เป็นแบบ BUCK BOOST TRANSFORMER แบบนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของแบบ AUTO TRANSFORMER ซึ่งมีปัญหามาก เนื่องจากแปรงถ่านจะสึกเร็ว เมื่อใช้แบบ BUCK BOOST TRANSFORMER จะยืดอายุแปรงถ่านที่สัมผัสกับขดลวดได้มาก ทั้งนี้เพราะพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดไม่ได้ไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านหน้าสัมผัสของแปรงถ่าน 100% พลังงานที่เกิดขึ้นจากการปรับแรงดันของแปรงถ่านจะอาศัยเพียง 20% เพื่อส่งไปให้กับขด BUCK BOOST ด้วยหลักการอันนี้ทำให้สัญญาณรบกวนไม่เกิดขึ้นในขณะที่แปรงถ่านเคลื่อนไหว เมื่อปรับแรงดันขณะเดียวกันยังทำให้ OUTPUT IMPEDENCE ต่ำด้วย

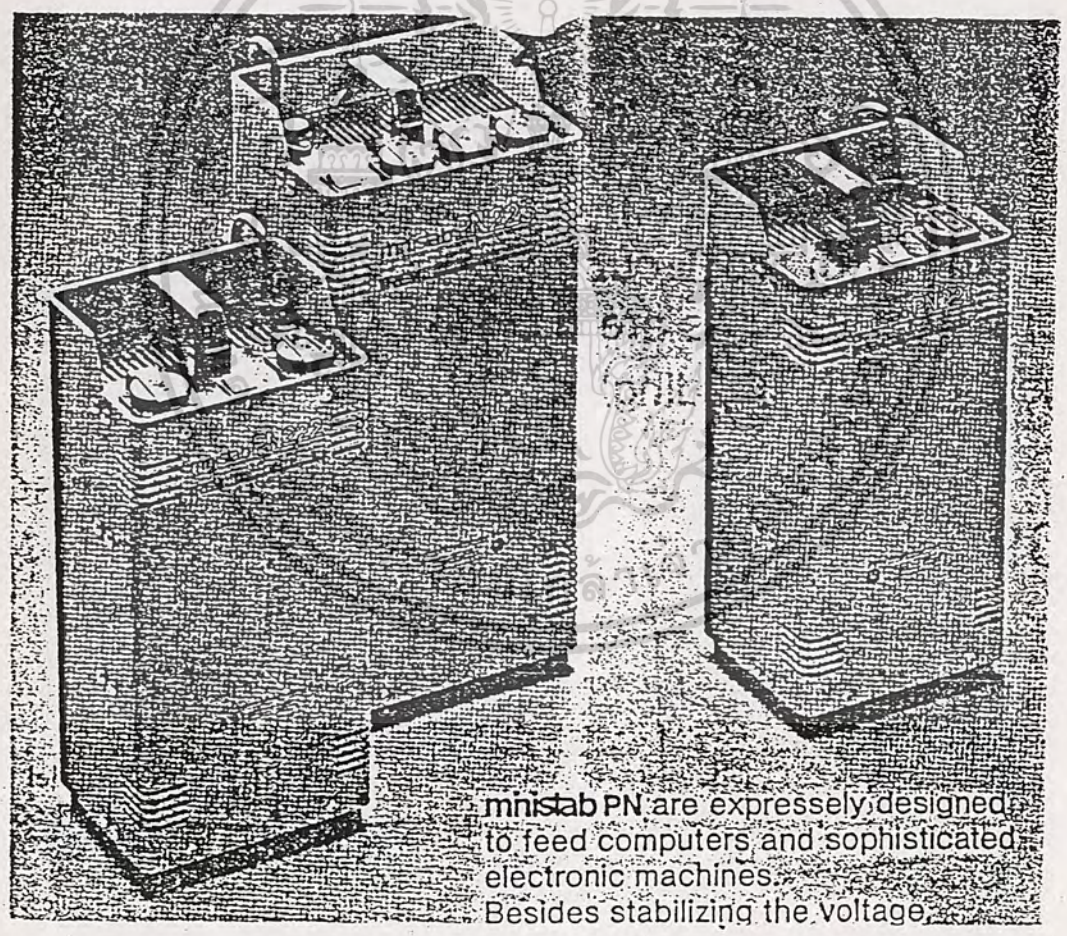


ภาพแสดงเครื่องควบคุมไฟฟ้าระบบอัตโนมัติระบบ SERVO MACHANIC ที่เป็นแบบ BUCK BOOST TRANSFORMER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมแรงดันชนิดนี้ให้ผลดีในด้าน OUTPUT REGULATION ที่ดีเยี่ยม ประมาณ 220 V _ 0.5% อย่างไรก็ตามมีจุดเสียที่ความเร็วในการปรับแรงดันช้า จึงไม่เหมาะสมกับ LOAD ระบบ COMPUTER ถ้านำไปใช้งานในบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันทันทีทันใด ส่วนใหญ่แล้วจะนำไปใช้กับเครื่องมือสื่อสารจะให้ผลดีมากกว่า

เนื่องจากจุดอ่อนของระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าหลายประการที่เกิดขึ้น มนุษย์เราจึงได้ค้นคว้าวิธีการควบคุมแรงดันไฟฟ้าระบบอื่นในเวลาต่อมา ซึ่งก็คือระบบ FERRO RESONANT



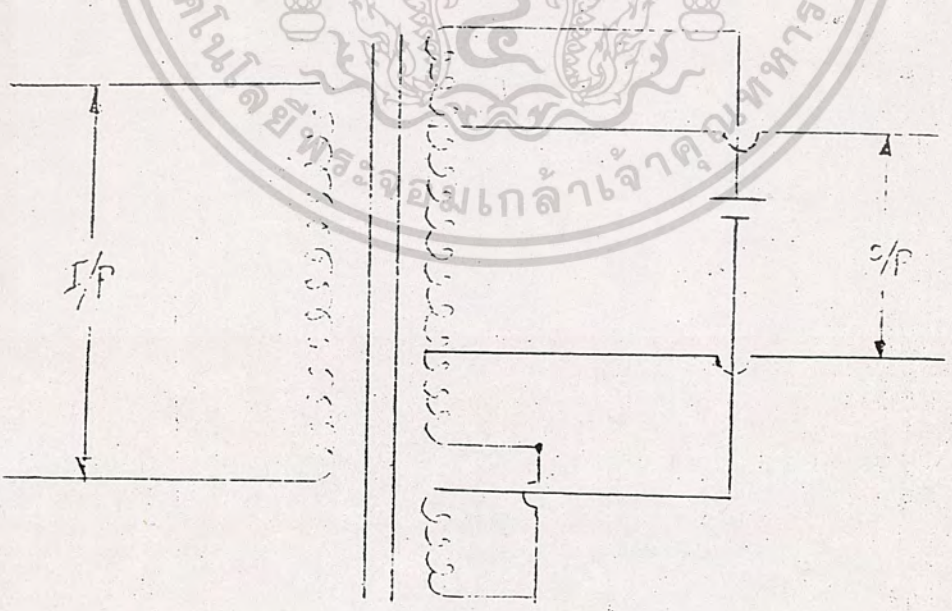
ภาพแสดงเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติระบบ SERVO MACHANICS ของประเทศอิตาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. <u>เครื่องคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติระบบ FERRO RESONANT</u>

ระบบนี้สามารถปรับแรงดันได้เร็วภายใน 3 CYCLE OUTPUT WAVE FORM สร้างให้เป็น SINE WAVE เปอร์เซ็นต์ REGULATION ดีมาก แต่มีประสิทธิภาพต่ำ ถ้านำไปใช้กับคอมพิวเตอร์เพราะต้องสนใจกระแสกระชาก ระบบนี้เมื่อมีกระแสกระชากเกิน 150% OUTPUT VOLTAGE จะลดต่ำกว่า -10% ถ้านำไปใช้กับคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ต้องเลือกเครื่องขนาดใหญ่ และสำรองกำลังสำหรับกระแสกระชากด้วย ทำให้ต้นทุนสูงประสิทธิภาพต่ำ และกินกระแสมากในการใช้งาน

ระบบ FERRO RESONANT จะต้อง RESONANT กับความถี่ของไฟฟ้า 50 Hz กรณีความถี่ผิดจะไม่สามารถควบคุมแรงดันได้ ดังนั้นจึงเป็นอันตรายต่อคอมพิวเตอร์ ในกรณีที่ความถี่ 50 Hz เปลี่ยนแปลงหรือนำไปใช้กับเครื่องปั่นไฟขนาดเล็ก และที่สำคัญคือ OUTPUT IMPEDENCE ค่อนข้างสูงมากด้วย ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนมากในขณะที่เปิด-ปิดสวิทช์ของ LOAD ระบบคอมพิวเตอร์ที่ OUTPUT ของเครื่องควบคุมไฟฟ้าแบบนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

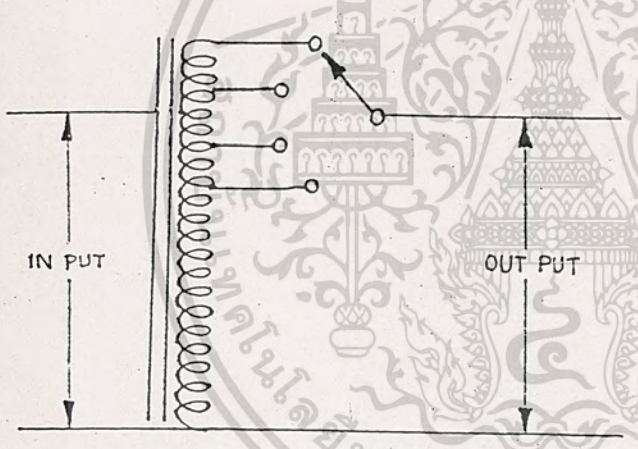
ภาพแสดงหลักการของระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้า FERRO RESONANT

3. <u>เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติระบบอิเลคโทรนิคส์</u>

เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าระบบอิเลคโทรนิคส์ ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อนำไปแก้ไขจุดอ่อนต่าง ๆ ของระบบอื่น ที่มีอยู่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. <u>ระบบ ELECTRONICS ที่ใช้ DYNAMIC SWITCH</u> หมายถึงใช้สวิทช์ที่มีลักษณะเคลื่อนที่ เช่น RELAY หรือ MAGNETIC CONTRACTOR ไปใช้ในการควบคุมการปรับแรงดัน ซึ่งยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.1 ใช้ AUTO TRANSFOMER ดังแสดงในภาพ

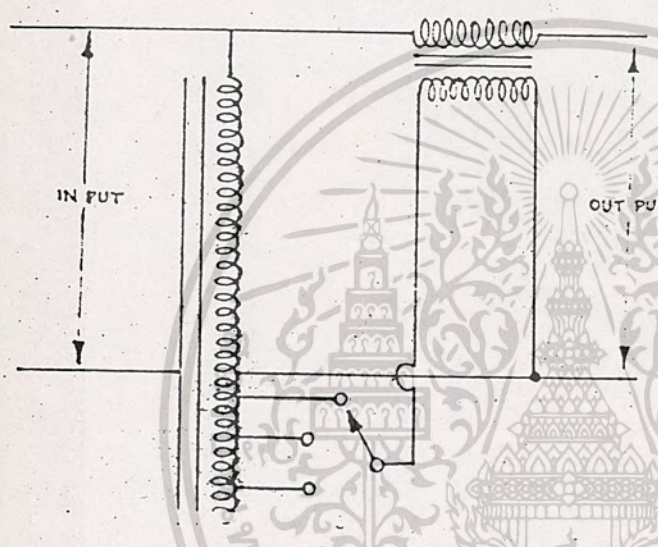


ภาพแสดงเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบอัตโนมัติที่ใช้ AUTO TRANSFORMER และใช้ DYNAMIC SW. มาเป็นตัวเลือกแรงดัน OUTPUT ตามที่ต้องการ

ระบบควบคุมแรงดันแบบนี้ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ LOAD ผ่านเห็นหน้าสัมผัสของ DYNAMIC SWITCH 100% จึงมีข้อเสียในแง่ของอายุการใช้งาน และการเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในขณะเปลี่ยน TAP วัตถุประสงค์การออกแบบจึงเป็นการนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง, ตู้เย็น และแอร์คอนดิชั่น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
022962

1.2 ใช้ BUCK BOOST TRANSFORMER แบบนี้อายุการใช้งานจะมากกว่าแบบแรก เพราะกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ LOAD ไม่ผ่านหน้าสัมผัส 100% ขณะเดียวกันสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าจะเกิดขึ้นน้อยกว่าแบบแรกในขณะที่เกิดการเปลี่ยน TAP



ภาพแสดงหลักการของเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบ BUCK BOOST ที่ใช้ DYNAMIC SWITCH มาใช้ในการเปลี่ยน TAP เพื่อควบคุมแรงดัน

ระบบควบคุมแรงดันแบบนี้ สามารถนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป และสำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีให้พบเห็นน้อย เพราะการผลิตที่ใช้ระบบอื่นให้ผลดีกว่าทั้งประสิทธิภาพและการลงทุน

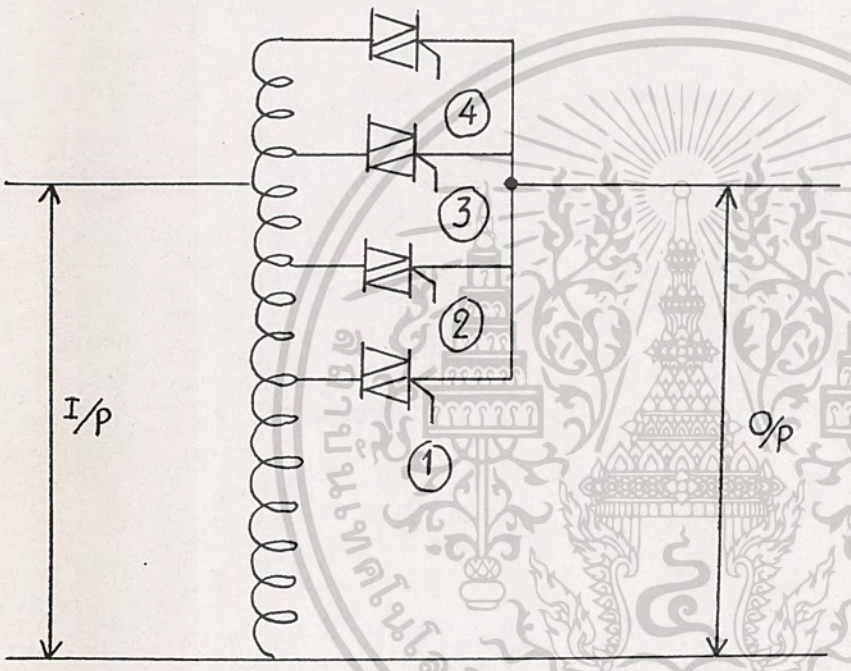
2. <u>ระบบอิเลคโทรนิคส์ที่ใช้ STATIC SWITCH</u> มาควบคุมแรงดันไฟฟ้า STATIC SW.หมายถึง SW.ที่ไม่มีการเคลื่อนไหว เป็น SW.ทางด้านอิเล็คโทรนิคส์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำมาสร้าง เช่น SCR., TRIAC, GTO. รวมไปถึง TRANSISTOR

เครื่องควบคุมไฟฟ้าระบบอิเลคโทรนิคส์ที่ใช้ STATIC SW.ให้ผลดีกว่าระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าระบบที่ใช้ DYNAMIC SW. มาก ทั้งนี้เพราะ STATIC SW. สามารถทำงานได้เร็วมาก และไม่มีหน้าสัมผัส จึงไม่เกิดการสึกหรอ อายุการใช้งานจึงสูงมาก ขณะเดียวกันยังสามารถควบคุมให้เกิดการ SW. ที่แรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 VOLT (ZERO VOLTAGE CROSSING) หรือที่กระแสเท่ากับศูนย์ (ZERO CURRENT CROSSING) ขณะเดียวกันการปรับแรงดันสามารถทำได้เร็ว 1/4 cycle ถึง 1 cycle ระบบการทำงานจะมีความสลับซ้อนมากกว่าทุกระบบที่ผ่านมา ปัจจุบันระบบควบคุมไฟฟ้าอิเลคโทรนิคส์ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมีอยู่ 3 ระบบ คือ

2.1 ใช้ AUTO TRANSFORMER มาสร้าง TAP เพื่อเลือกแรงดันตามต้องการ ดังแสดงในภาพ



ภาพแสดงการใช้ STATIC SW. ซึ่งใช้ TRIAC มาประสานกับ AUTO TRANSFORMER เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้า

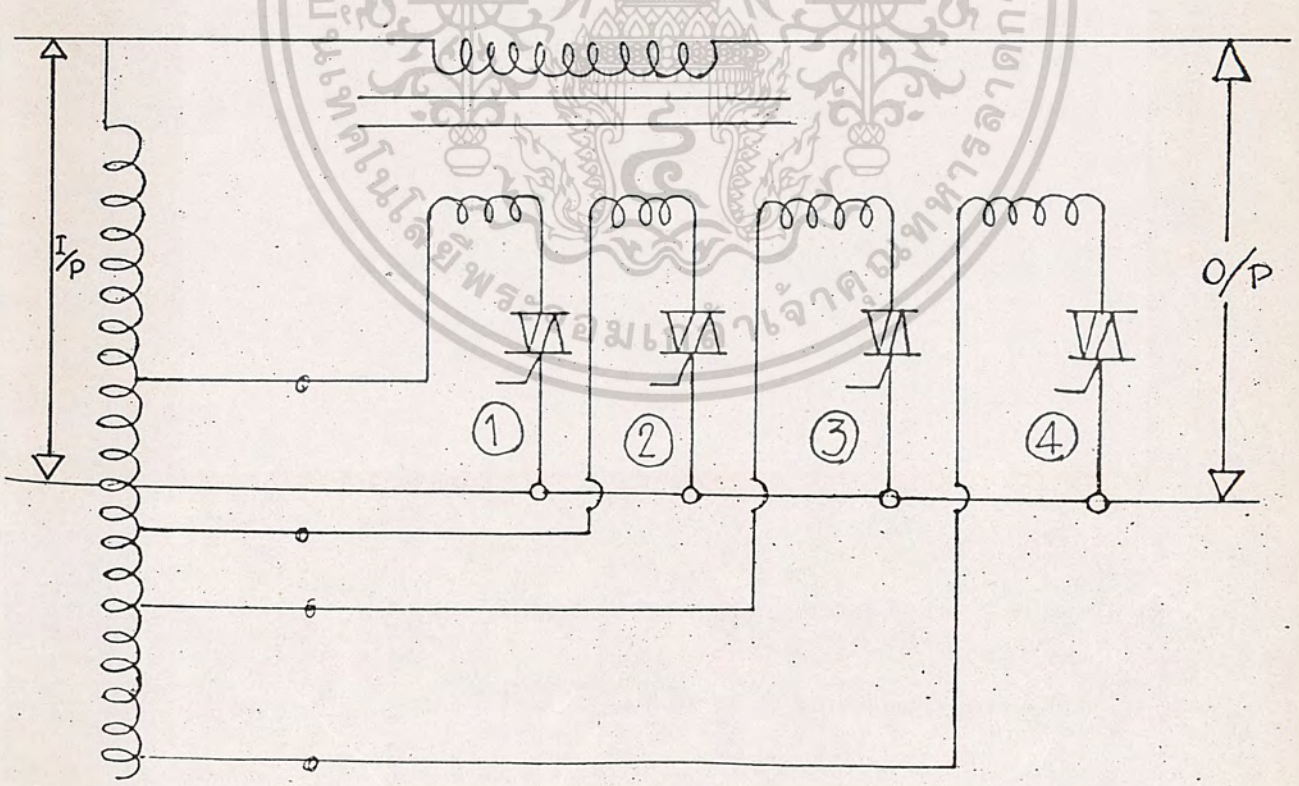
ระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบนี้ไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพราะมีจุดอ่อนหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง STATIC SW. ที่ต่ออยู่กับ AUTO TRANSFORMER ตัวหนึ่งตัวใดที่ทำงานจะมีกระแสไหลผ่านถึง 100% เพื่อที่จะจ่ายให้กับ LOAD ในกรณีที่ LOAD ต้องการกระแสกระชากซึ่งอาจมีถึง 10 เท่าอาจจะทำให้ STATIC SW. เสียหายได้ทันที ในการลงทุนเพื่อสร้างระบบควบคุมไฟฟ้าชนิดนี้ จึงต้องเผื่อขนาดการจ่ายกระแสของ STATIC SW. ถึง 10 เท่าและที่สำคัญ STATIC SW. ที่อยู่กับ LOAD โดยตรง ทำให้ไม่สามารถรับ LOAD POWER FACTOR ที่มีค่าต่ำ ๆ ได้ เมื่อนำมาใช้กับ LOAD POWER FACTOR ต่าง ๆ แรงดันและกระแสที่ต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศากันจะสร้างสัญญาณรบกวนเข้าทำลาย LOAD ที่เป็นระบบคอมพิวเตอร์ได้ง่าย นอกจากนั้นวิธีการควบคุมไฟฟ้าแบบนี้ไม่สามารถทำลายสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าได้ง่ายนัก ถ้าทำได้จะต้องมีวงจรที่สลับซับซ้อนและมี OUTPUT IMPEDANCE สูง ซึ่งไม่เหมาะสมกับ LOAD ที่เป็นระบบคอมพิวเตอร์ เท่าที่พบเห็นในปัจจุบันไม่มีประเทศใดสร้างระบบควบคุมไฟฟ้าแบบนี้มาใช้แล้ว ยกเว้น สาธารณรัฐประชาชนจีน ไต้หวัน เกาหลีใต้ มีการผลิตมาจำหน่ายในประเทศไทยเหมือนกัน

2.2 ระบบอิเลคโทรนิคส์ที่ใช้ STATICS SW. มาใช้ BUCK BOOST TRANSFORMER ระบบควบคุมไฟฟ้าชนิดนี้จะมีกระแสผ่าน STATIC SWITCH เพียง 20% จึงจ่ายกระแสกระชากได้มาก

ระบบนี้จะไม่สร้างสัญญาณรบกวนให้กับ LOAD ขณะเดียวกันยังสามารถรับ LOAD POWER FACTOR ที่ต่ำได้ นอกเหนือจากการให้ OUTPUT IMPEDENCE ที่ต่ำ ยังสามารถทำลาย IMPULSE + และ IMPULSE - ได้อย่างง่ายดาย

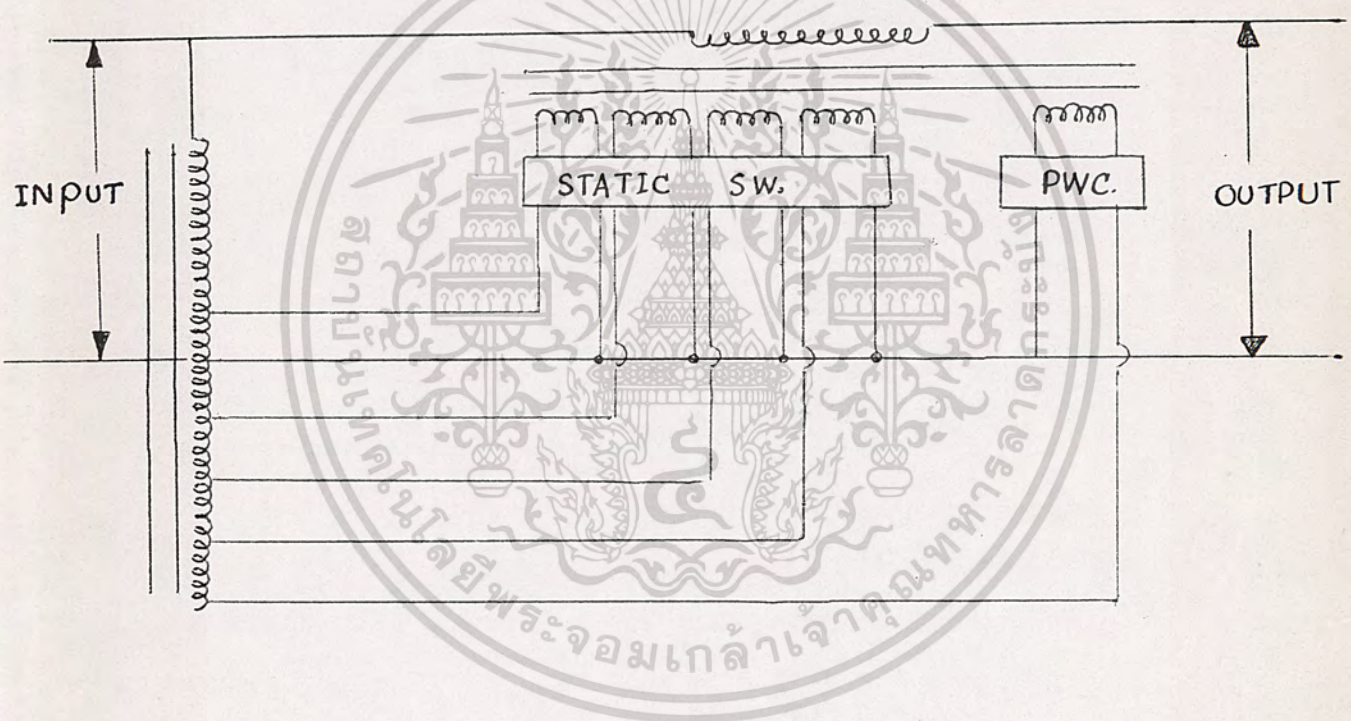


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดง ระบบควบคุมไฟฟ้าอิเลคโทรนิคส์ที่ใช้ STATIC SW.

ระบบควบคุมไฟฟ้าชนิดนี้ให้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่สูง นิยมใช้ทั่วไปกับ LOAD ระบบคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามก็มีจุดอ่อนของ % REGULATION เพราะถ้าทำให้ % REGULATION ละเอียดมากขึ้น จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และอาจไม่คุ้มกับการลงทุน

2.3 ระบบอิเลคโทรนิคส์ที่ใช้ STATIC SW. ประสานกับ SINUSOIDAL PULSE WIDE CONTROL



ภาพแสดง หลักการของ SINULOIDAL ที่ใช้กับระบบควบคุมแรงดันอิเลคโทรนิคส์

ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าทุกชนิดในโลก ปัจจุบันให้ผลดีทุกด้านรวมทั้งให้ผลดีในแง่ของความคงที่ของแรงดันไฟฟ้าที่ดียิ่งด้วย สามารถทำให้ความเที่ยงตรงของแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.5% ให้ OUTPUT IMPEDENCE ที่ต่ำ สามารถรับ LOAD POWER FACTOR ที่กว้างและสามารถจ่ายกระแสกระชากได้ในขอบเขตไม่จำกัด รวมทั้งยังสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างระบบทำลายสัญญาณรบกวนได้โดยไม่ยาก ปัจจุบันระบบควบคุมไฟฟ้าชนิดนี้ยังเป็นความลับที่หลาย ๆ บริษัทที่พัฒนาแล้วในโลกยังปิดบังกันอยู่

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า ระบบควบคุมไฟฟ้าแต่ละชนิดที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อแก้ไขแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ ล้วนมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน การเลือกระบบควบคุมไฟฟ้าชนิดไหนนั้นขึ้นอยู่กับ LOAD ที่ใช้และสภาพแวดล้อมทางไฟฟ้าในบริเวณนั้น ๆ รวมทั้งราคาที่คุ้มกับการลงทุนหรือไม่ เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจึงใคร่เสนอตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียในการเลือกระบบดังต่อไปนี้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าระบบต่าง ๆ

รายการ	ระบบ SERVO MACHANICS	ระบบ FERRO RESONANT	ระบบอิเลคทรนิคส์ ที่ใช้ STATIC SW.
ความเร็วในการปรับแรงดัน	ช้ามาก ประมาณ 0.1 วินาทีต่อ 1 VOLT	ภายใน 3 CYCLE	ภายใน 1/2 Cycle หรือ 1 Cycle
ความถี่ของแรง Percent Regulation	ดีมาก ประมาณ 0.5-1%	ประมาณ 1% เช่นเดียวกัน	โดยทั่วไปประมาณ 5% แต่ถ้าเป็นแบบ INUSOIDAL PULSE WIDTH CONTROL จะประมาณ 0.5%
ประสิทธิภาพการใช้งาน	มากกว่า 90%	ต่ำกว่า 80%	มากกว่ 90%
ความร้อนที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน	น้อยมาก	มีความร้อนมากและมีเสียงดัง	ทำงานเรียบและมีความร้อนน้อยมาก
รับการเปลี่ยนแปลงของความถี่ INPUT	รับการเปลี่ยนแปลงความถี่ INPUT ได้ดี	ไม่สามารถรับการเปลี่ยนแปลงความถี่ได้	รับการเปลี่ยนแปลงความถี่ INPUT ได้ดี
สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่อง	โอกาสที่เกิดสัญญาณรบกวนมีมาก	จะเกิดสัญญาณรบกวนมากเมื่อเปิดปิด SW. ของ LOAD	จะมีสัญญาณรบกวนที่ OUTPUT น้อยมาก
ความสามารถในการจ่ายกระแสกระชาก	แบบ AUTO จ่ายได้มากขึ้น	จ่ายกระแสกระชากได้ได้ไม่เกิน 150%	จ่ายกระแสกระชากได้มาก ถ้าเป็นแบบ BUCK BOOST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการทำงานของ AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR

หลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ และลดทอนสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ประกอบด้วยชุดการทำงานที่สำคัญ 4 ส่วนด้วยกัน ดังนี้

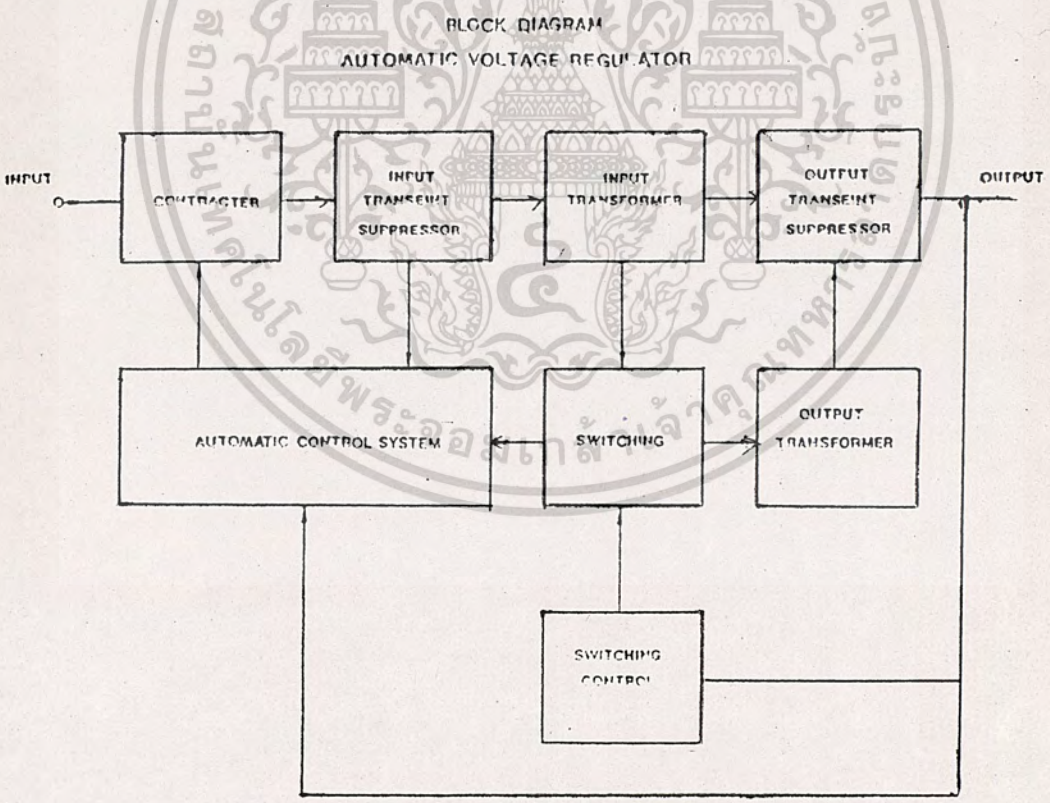
1) หม้อแปลงไฟฟ้า (AUTO AND BUCK-BOOST TRANSFORMER)

2) สวิทช์อิเล็คโทรนิคส์กำลัง (POWER SWITCHING)

3) ชุดควบคุมอัตโนมัติ (AUTOMATIC COLTROLLER)

4) วงจรลดทอนสัญญาณรบกวน (AC FILTER)

จากชุดการทำงาน ทั้ง 4 ชุดนี้ สามารถแสดงได้ด้วย BLOCK DIAGRAM ดังนี้

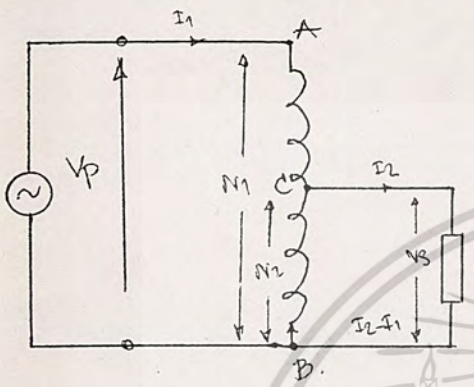


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM

1. AUTO – TRANSFORMER

หม้อแปลงแบบนี้เป็นแบบที่มีขดลวดชุดเดียวที่เป็นทั้ง ด้านรับไฟและด้านจ่ายไฟในตัว ฉะนั้นจึงทำให้ประหยัดขดลวด และถูกกว่า ในทางทฤษฎีและการทำงานก็มีหลักการเช่นเดียวกับหม้อแปลงแบบธรรมดา AUTO-TRANSFORMER นี้มักนำไปใช้งานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มี TRANSFORMATION RATIO ผิดแปลกไปจากหนึ่งเพียงเล็กน้อย



ตามรูป AB เป็นจำนวนรอบของขดลวดทางด้านรับไฟ และ BC เป็นจำนวนรอบของขดลวดทางด้านจ่ายไฟ โดยที่ AB และ BC มีจำนวนขดลวดเป็น N_1 และ N_2 ตามลำดับ โดยการตัดค่าของ IRON LOSS และไม่มี load จึงได้ $\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_1}{N_2} = a$ = TRANFORMATION RATIO กระแสที่ไหลใน BC นั้นก็คือผลต่างของ VECTOR I_1 และ I_2 ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วกระแสทั้งสองมี PHASE ที่ตรงกันข้าม จึงได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น $(I_2 - I_1)$ โดยที่ $I_2 > I_1$ หม้อแปลงแบบนี้ใช้มากในการเพิ่มและลด POWER-LINE VOLTAGE ที่เรารู้จักทั่ว ๆ ไป เช่น "VARIAC" และ "POWERSTAT" เป็นต้น

เนื่องจาก AUTO - TRANSFORMER มีขดลวดเพียงขดเดียว ฉะนั้นจึงทำให้ประหยัดลวดทองแดงที่ใช้ ทั้งนี้เพราะปริมาตรของลวดทองแดงนั้นขึ้นอยู่กับ พ.ท.หน้าตัดและความยาวของลวดที่ใช้ และจำนวนรอบของขดลวดก็ขึ้นอยู่กับความยาว ส่วนกระแสนั้นก็ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัด ฉะนั้น น.น.ของทองแดงที่ใช้ทั้งหมดจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของกระแสและจำนวนรอบของขดลวด

จากรูป 3.1 ได้ว่า น.น.ของทองแดงสำหรับส่วน AC นั้น $a (N_1 - N_2) I_1$

และ " " BC " $a (N_2 (I_2 - I_1)$

น.น.ทั้งหมดของ Cu. ใน AUTO-TRANSFORMER $A (N_1 - N_2) I_1 + N_2 (I_2 - I_1)$

ในกรณีที่เราใช้ TRANSFORMER แบบที่ต้องใช้ขดลวด 2 ชุด โดยให้ทำหน้าที่เหมือน ๆ กัน จะได้ว่า น.น.ของทองแดงที่ใช้คือ

น.น.ของ Cu.ทางด้านรับไฟ $A N_1 I_1$

" " จ่ายไฟ $A N_2 I_2$

∴ น.น.Cu ทั้งหมด $A N_1 I_1 + N_2 I_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น มีคำห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น.น.ของทองแดงใน AUTO-TRANSFORMER $= \frac{(N_1 - N_2)I_1 + N_2(I_2 - I_1)}{N_1 I_1 + N_2 I_2} = \frac{W_a}{W_o}$

น.น.ของทองแดงในหม้อแปลงธรรมดา

$$= \frac{N_1 I_1 - 2N_2 I_1 + N_2 I_2}{N_1 I_1 + N_2 I_2}$$

$$= 1 - \frac{2_2 I_1}{N_1 I_1 + N_2 I_2}$$

$$= 1 - \frac{2/a}{1 + 1}$$

$$= 1 - \frac{I}{a}$$

น.น.Cu ใน AUTO (W_a) $= (1 - \frac{1}{a})$ X น.น.Cu ในหม้อแปลงธรรมดา (W_o)

. . จะประหยัด Cu ได้ $= W_o - W_a$

$$= W_o = W_o (1 - \frac{1}{a})$$

$$= \frac{W_o}{a}$$

ดังนั้นการประหยัดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อ a มีค่าเข้าใกล้ 1

การใช้ AUTO - TRANSFORMER มักใช้เมื่อค่าของ A เกือบเท่ากับหนึ่ง ดังนี้:-

1. เพื่อชดเชย VOLTAGE DROP ของสาย CABLE ที่จ่ายไปยังภาระ โดยการใช้ AUTO TRANSFORMER ต่อเสริมเข้าไปใน CABLE นั้น ๆ

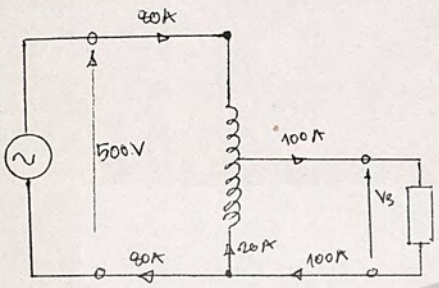
2. ใช้เป็นตัว START ของ INDUCTION MOTOR ในระหว่าง START โดยที่สามารถใช้ค่า VOLTAGE ของตัวมันเองได้สูงถึง 50% - 60% ของ FULL LOAD ของ MOTOR

3. ใช้เป็น FURNACE TRANSFORMER เพื่อให้ได้ SUPPLY ที่เหมาะสม เพื่อจ่ายให้กับ FURNACE WINDING ได้โดยสะดวกโดยที่ได้จาก SUPPLY 230 V.

ตัวอย่างที่ 3.1 AUTO-TRANSFORMER มีไฟด้านรับไฟและด้านจ่ายไฟเท่ากับ 500 และ 400 โวล์ตตามลำดับ จงแสดงให้เห็นว่ากระแสที่ไหลในหม้อแปลง ในส่วนต่าง ๆ นั้นมีค่าเท่าใด เมื่อหม้อแปลงนี้ต้องจ่ายภาระ 100 แอมป์ทางด้านจ่ายไฟ ให้เขียนรูปประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหาค่าต่าง ๆ ของกระแสที่ไหล และให้คำนวณว่าประหยัด Cu ไปเท่าใดในกรณีนี้



$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{400}{500} = \frac{1}{a}$

$\therefore I_1 = \frac{400}{500} \times 100 = 80$ แอมป์

∴ กระแสที่ไหลในส่วนต่าง ๆ ของขดลวด แสดงไว้ดังรูป 3.2

จะประหยัด Cu ไป $= \frac{W_o}{a}$

$= 0.8\ W_o$

ตัวอย่างที่ 3.2 จงหา พ.ท.ของแกนเหล็ก จำนวนของรอบขดลวด และตำแหน่งที่จะต้องการแยก (TAP) ขดลวดของ 1 - O AUTO-TRANSFORMER ที่มีพิกัด 500 KVA, 50 c/s, 6,600/5,000 V. ค่าที่กำหนดให้โดยประมาณ คือ e.m.f/turn = 8 V. $B_{max} = 1.3\ Wb/m^2$

วิธีแก้ปัญหา

$E = 4.44\ f O_{max} N$ (โวลท์)

$O_m = \frac{E/N}{4.44f} = \frac{8}{4.44 \times 50} = 0.036.4$ (เวเบอร์)

∴ พ.ท.ของ core $= \frac{O_{max}}{B_{max}}$ (ตร.เมตร)

$= \frac{0.03604}{1.3}$ (ตร.เมตร)

$= 0.0277$ (ตร.เมตร)

$= 277$ (ตร.เมตร)

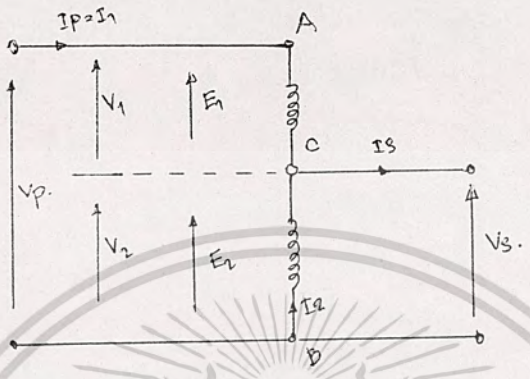
turn of pri. = 6,000/8 = 825

turn of sec. = 5,000/8 = 625

∴ ตำแหน่งที่ TAP คือที่ 625 turn จากปลายที่ใช้ร่วมกัน (COMMON TERMINAL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแส (VOLTAGE AND CURRENT RELATION)



รูป 3.3 แสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนกับกระแส

จากรูป 3.3 ขดลวด ชุด 1 และ 2 ต่ออนุกรมกัน ชุด 1 เรียกว่า SERIES WINDING ชุด 2 เรียกว่า COMMON WINDING หม้อแปลงแบบนี้เปลี่ยนระดับแรงเคลื่อนไฟจากสูงไปต่ำหรือ ต่ำไปสูงก็ได้ โดยที่กำลังไฟไม่เปลี่ยน จากรูป 3.3 ได้เห็นความสัมพันธ์ดังนี้

$$V_s = V_2 \qquad \ldots\ldots\ldots(3.1)$$

$$V_p = V_1 + V_2 \qquad \ldots\ldots\ldots(3.2)$$

V_1, V_2 มีค่าแตกต่างจาก E_1, E_2 อันเนื่องจาก IMPEDANCE DROP ใน WINDING ของแต่ละชุด แต่ INDUCED e.m.f. E_1, E_2 อยู่ใน PHASE เดียวกัน (INPHASE) ส่วน V_1, V_2 นั้นมี PHASE ต่างกันเล็กน้อย (OUT OF PHASE) ฉะนั้น $V_1 + V_2$ เมื่อรวมกันตาม VECTOR จึงมีค่าเกือบเท่ากับเมื่อรวมกันโดยตัวเลข ในที่นี้เราก็จะพิจารณา INDUCED e.m.f. ของขดลวด ทั้งสองเพื่อหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ และเพื่อความสะดวก นั่นคือ

ให้ $E_s = E_2 \qquad \ldots\ldots\ldots(3.3)$

และ $E_p = E_1 + E_2 \qquad \ldots\ldots\ldots(3.4)$

แต่ $\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad \ldots\ldots\ldots(3.5)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก (3.3),(3.4),(3.5) ได้

$$E_p = E_2 \frac{N_1}{N_2} + 1$$

$$\frac{N_1 + N_2}{N_2} E_s \qquad \ldots\ldots\ldots(3.6)$$

เมื่อ E_p, E_s เป็น INDUCED E.M.F.ที่เกิดขึ้นทาง PRI.และ SEC.ตามลำดับ

ในทำนองเดียวกันเรารู้ว่า

$$\frac{V_p}{V_s} \quad \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_1 + N_2}{N_2} \qquad \ldots\ldots\ldots(3.7)$$

จากรูป 3.3 ได้ความสัมพันธ์ของกระแสดังนี้

$$I_p = I_1 \qquad \ldots\ldots\ldots(3.8)$$

$$I_s = I_1 + I_2 \qquad \ldots\ldots\ldots(3.9)$$

เมื่อไม่คิด EXCITING CURRENT ได้

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \qquad \ldots\ldots\ldots(3.10)$$

จาก (3.8),(3.9),(3.10) ได้

$$I_s = I_1 \quad 1 + \frac{N_1}{N_2}$$

$$= \frac{N_1 + N_2}{N_2} I_p \qquad \ldots\ldots\ldots(3.11)$$

หรือ $$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_2}{N_1 + N_2} \qquad \ldots\ldots\ldots(3.12)$$

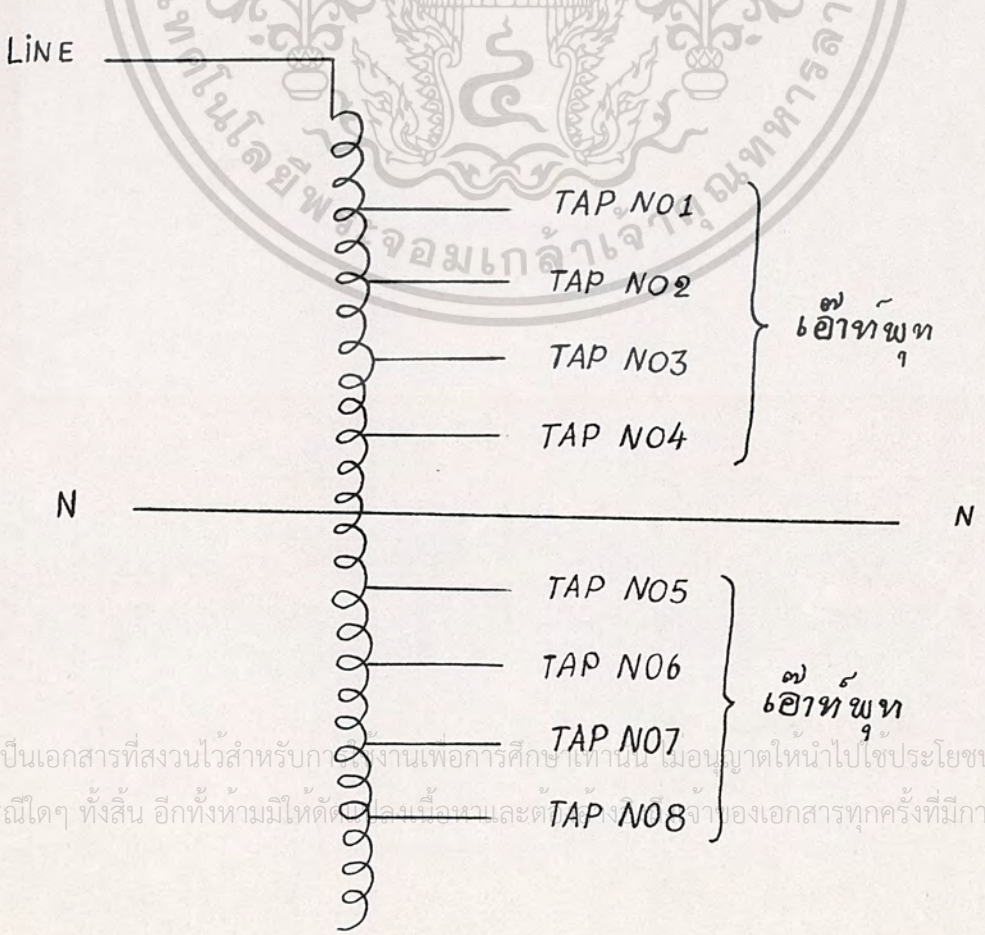
จากสมการต่าง ๆ ข้างบนจะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า และกระแสนั้นก็มีหลักการเช่นเดียวกับหม้อแปลงธรรมดานั่นเอง

ฉะนั้นในการที่นำหม้อแปลงแบบ 2 - WINDING มาต่อเป็นแบบ AUTO นั้น ก็มีหลักการต่าง ๆ ในการคิดเช่นเดียวกันกับแบบหม้อแปลงธรรมกาไม่ว่าจะเป็น RATING, EFFICIENCY หรือ LOSS ต่าง ๆ ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองนี้มี 2 ตัว คือ ออโตทรานฟอร์เมอร์ และ (บูสท์ และบัคส์ ทรานฟอร์เมอร์)

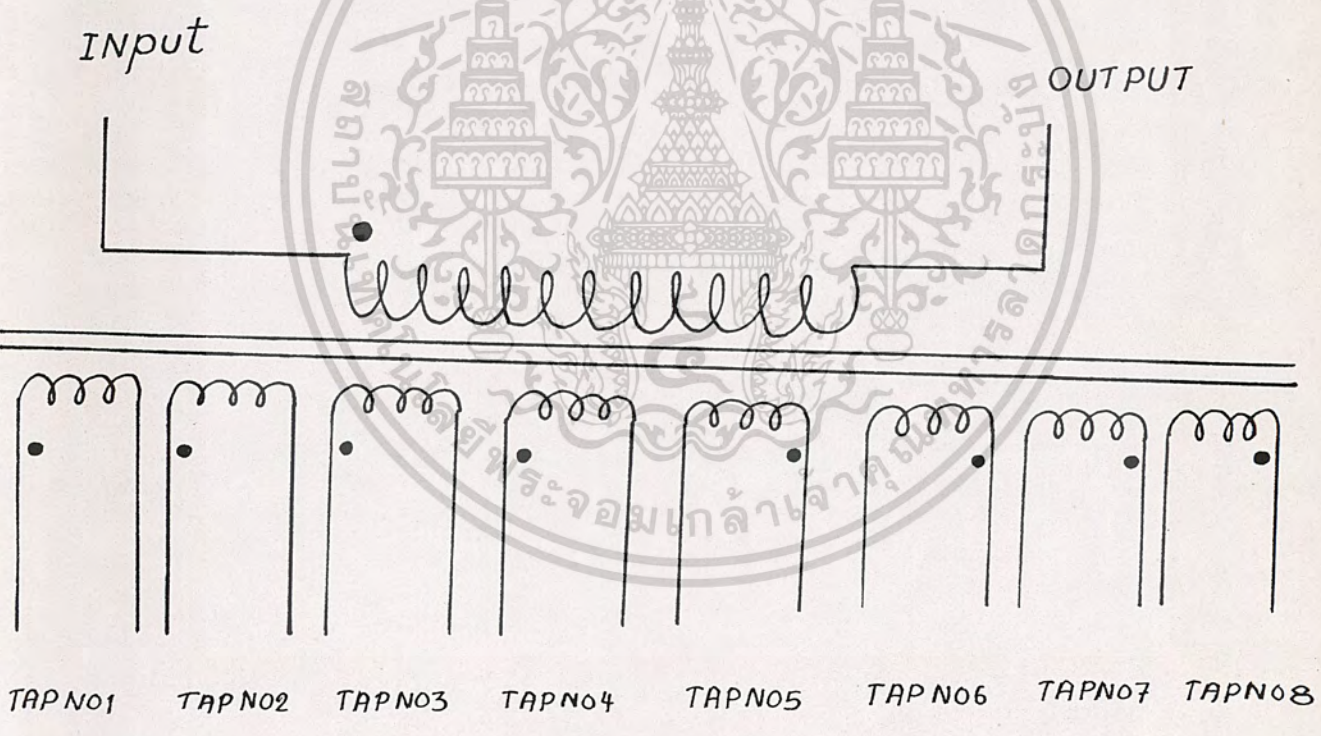
- ออโตทรานฟอร์เมอร์ เป็นหม้อแปลงที่รับแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุท แล้วแปลงออกทางเอาท์พุทเป็น 8 ระดับ เพื่อนำป้อนเข้าบูสท์-บัคส์ ทรานฟอร์เมอร์ ในการประดิษฐ์หม้อแปลงตัวนี้มีความสำคัญ คือ ช่วยปรับระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุทให้ได้เปอร์เซนต์ความผิดพลาดตามความต้องการ ($\pm$2.5%) กล่าวคือ หม้อแปลงได้รับการออกแบบแรงดันไฟฟ้าแต่ละขดที่เลือกแท็ป (TAP) ออกมามีแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าพอเหมาะ เมื่อป้อนเข้า BUCK-BOOST TRANSFORMER ทำให้แรงดันไฟฟ้าทางเอาท์พุทผิดพลาด $\pm$2.5% ของ 220 Volts ในขณะที่มี LOAD หรือไม่มี LOAD ก็ตาม และถ้ามี LOAD มากขึ้น หรือแรงดันไฟฟ้าอินพุทเปลี่ยนแปลง จะเปลี่ยนแท็ปไปยังแท็ปอื่น ซึ่งยังคงรักษาแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุทผิดพลาด $\pm$2.5% ของ 220 Volts ตลอดทั้งนี้ LOAD ต้องไม่เกินขีดจำกัดของกำลังเครื่องที่กำหนดไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (BUCK-BOOST TRANSFORMER)

เป็นหม้อแปลงซึ่งรับแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าจาก AUTO TRANSFORMER เข้าไปเสริมหรือหักล้างทางแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้ได้ไฟฟ้าด้านเอาท์พุทผิดพลาด ±2.5% ของ 220 Volts <u>ข้อสำคัญ</u> หม้อแปลงตัวนี้จะต้องออกแบบให้ทนกระแสที่ป้อนเข้า LOAD ทั้งหมดได้ และต้องเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าส่วนที่ขาดหาย หรือเกินจาก ±2.5% ของ 220 Volts ได้ตามที่กำหนด เมื่อแรงดันไฟฟ้าอินพุทเปลี่ยนแปลง หรือเมื่อรับ LOAD เต็มกำลัง (FULL LOAD)



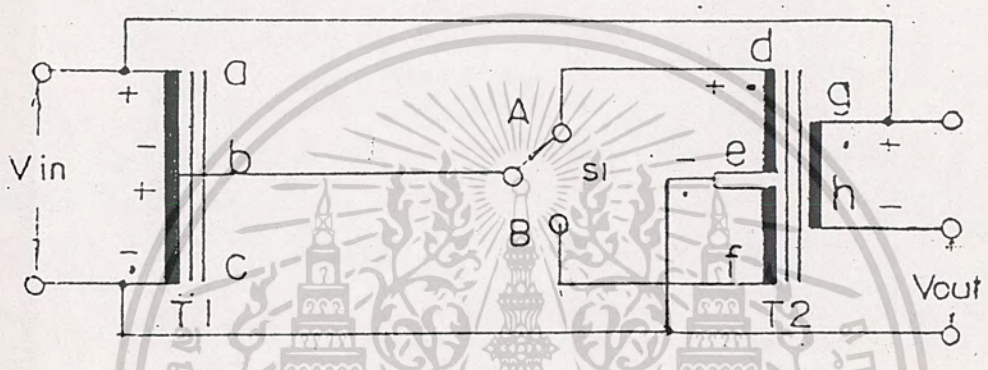
รูป BUCK BOOST TRANSFORMER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการ

ทรานสฟอร์เมอร์สำหรับเครื่องรักษาระดับแรงดัน

ในที่นี้ใช้ทั้ง Auto - Transformer และ Isdation Transformer ร่วมกัน



ตามรูป T1 เป็น Auto - Transformer และ T2 เป็น Isolation Transformer ถ้าสวิทช์ S1 ต่อที่ตำแหน่ง A. ผลคือวงจรจะทำหน้าที่เป็น Step - Drown และถ้าสวิทช์ S1 ต่อที่ตำแหน่ง B ผลคือวงจรจะทำหน้าที่เป็น Step - Up กล่าวคือ ถ้าอัตราส่วนของ T2 เท่ากับ 1 : 1 แล้ว

Vbc = Vde = Vgh เมื่อ S1 อยู่ตำแหน่ง A

และ Vbc = Vef = Vgh เมื่อ S1 อยู่ตำแหน่ง B

ถ้าศักย์ไฟฟ้าที่จุด a เป็นบวก จุด c ก็จะเป็นลบ และจุด b ก็จะเป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด c ฉะนั้นถ้า S1 อยู่ตำแหน่ง A จุด d ก็จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด e หรือ c ด้วย (จุด e ต่อกับจุด c) และเป็นผลให้ที่จุด g มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกตามจุด d โดยจุด g มีศักย์ไฟฟ้าบวกเทียบกับจุด h แต่จุด c ต่อกับจุด g ต่างก็มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด c และจุด h ตามลำดับ

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่จุด h เมื่อเทียบกับจุด c คือ Vout เท่ากับผลต่างของ Vac - Vgh ฉะนั้นที่ S1 อยู่ตำแหน่ง A นี้ วงจรก็จะทำหน้าที่เป็น Step - Down

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนองเดียวกันถ้า S1 อยู่ตำแหน่ง B จุด f จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด e หรือ c ดังนั้นที่จุด g จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบเมื่อเทียบกับจุด h นั่นคือจุด h มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด g และจุด c เป็นลบเมื่อเทียบกับจุด a แต่จุด a ต่อกับจุด g ฉะนั้น ศักย์ไฟฟ้าของจุด h เทียบกับจุด c ก็คือ Vout เท่ากับผลบอกของ Vac + Vgh แสดงว่าที่ S1 อยู่ตำแหน่ง B นี้ วงจรจะทำหน้าที่เป็น "Step - Up"

2. <u>สวิทช์อิเล็คโทรนิคส์กำลัง</u>

POWER Switching ที่ใช้ในงานควบคุมแรงดันนี้เป็นพวก THYRISTOR ซึ่งมีทั้ง TRIAC และ SCR (SILICON CONTROLLED RECTIFIERS) ซึ่งเป็นสวิทช์ที่มีการทำงานได้เร็วกว่าไดนามิคส์สวิทช์ (DYNAMIC SWITCH) อื่น ๆ มาก แต่อาจจะมีขีดจำกัดทางด้านการทนกระแสได้ต่ำกว่าพวก DYNAMIC SWITCH แต่ก็เพียงพอที่จะใช้ในงานควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัตินี้ได้อย่างเหมาะสม สำหรับเครื่องกำลังต่ำ 500KA - 15KVA สามารถใช้ TRIAC ได้อย่างปลอดภัย เพราะ TRIAC สามารถทนกระแสได้สูงสุดถึง 40 AMP.และแรงดันสูงสุดได้ถึง 600 Volts (ที่สามารถหาซื้อได้ง่าย) ถ้าหากเครื่องกำลังสูงกว่านี้ คือ ตั้งแต่ 20KVA - 50KVA (Single - PHASE) หรือถึง 150KVA (THREE PHASE) ต้องใช้ SCR เป็น SWITCH เพราะ SCR ทนกระแสสูงสุดได้ถึง 115 AMP. และทนแรงดันได้ถึง 1000 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอสซีอาร์กับไตรแอค

ทฤษฎีพื้นฐานของไตรแอค ไตรแอคเปรียบเสมือนกับเอสซีอาร์ 2 ตัว ที่นำมาต่อกลับหัวและขนานกันโดยมีเกทต่อร่วมกันแล้วบรรจุในตัวถังพร้อมกับมีขายื่นออกมา 3 ขา ดังนั้นไตรแอคจึงสามารถนำกระแสได้ ไม่ว่าทิศกระแสจะเป็นอย่างไร และไม่ว่ากระแสที่เข้าขาเกทจะมีทิศทางอย่างไรด้วย

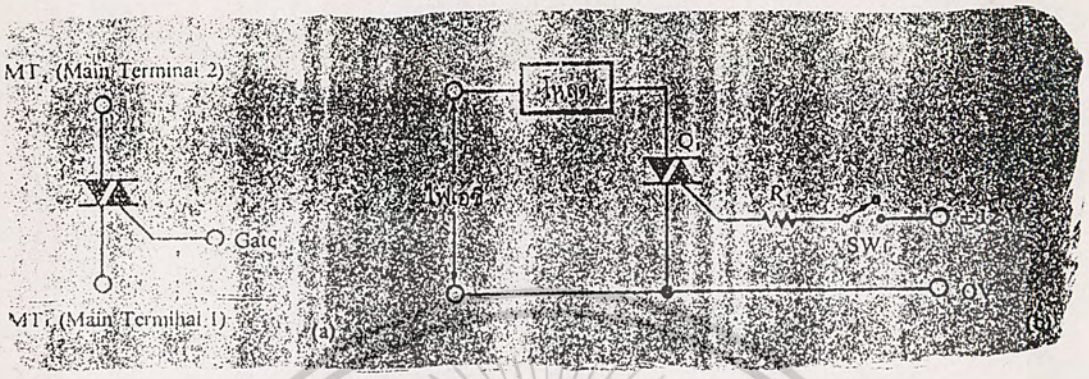
1. ปกติถ้าไม่มีสัญญาณใด ๆ เข้ามาที่เกท (เปิดวงจร SW_2) ไตรแอคจะไม่สามารถนำกระแสดังนั้นระหว่างขา MT_2 กับ MT_1 จะดูเหมือนกับสวิทช์ที่เปิดวงจร คือจะไม่มีกระแสไหลผ่าน

2. ถ้าแรงดันที่ขา MT_2 มีค่า เป็นบวกหรือลบเมื่อเทียบกับ MT_1 เมื่อให้กระแสเข้าที่เกท (SW_1 ปิดวงจร) ไตรแอคจะนำกระแสได้เกือบจะทันทีที่ SW_1 ปิดวงจร (กินเวลาไม่กี่ไมโครเซค) ในขณะที่ไตรแอคนำกระแสอยู่นี้จะมีแรงดันตกคร่อมที่ขา MT_2 กับ MT_1 อยู่ประมาณ 1-2 โวลท์ เมื่อไตรแอคนำกระแสอยู่แม้ว่าจะหยุดจ่ายกระแสที่ขาเกทไตรแอคก็ยังสามารถนำกระแสต่อไปได้ตราบใดที่กระแสที่ไหลที่ขา MT_2 กับ MT_1 มีค่าไม่ต่ำกว่าค่ากระแสยึดเหนี่ยวของมัน (I_H HOLDING CURRENT) ดังนั้นการให้กระแสเกทเพียงระยะเวลาสั้น ๆ (เช่นพัลส์) ก็เพียงพอที่จะกระตุ้นให้ไตรแอคเริ่มนำกระแสได้

3. เนื่องจากไตรแอคจะหยุดนำกระแสก็ต่อเมื่อกระแสที่ไหลระหว่างขา MT_2 กับ MT_1 มีค่าต่ำกว่าค่ากระแสยึดเหนี่ยว (I_H HOLDING CURRENT) ดังนั้นในการใช้งานไตรแอคกับไฟเอซี ซึ่งกระแสจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็นลักษณะซายน์เวฟไตรแอคจะหยุดนำกระแสเริ่มลดลงจนเป็นศูนย์ในแต่ละครึ่งไซเคิ้ลของไฟเอซี

4. ไตรแอคสามารถกระตุ้นให้นำกระแสได้ โดยการป้อนสัญญาณเข้าที่เกท สัญญาณนี้อาจจะเป็นบวกหรือลบก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 (a) สัญญาณลักษณ์ของไตรแอค (b) วงจรพื้นฐานในการควบคุมไตรแอค

รูปที่ 13 (a) เป็นสัญญลักษณ์ของไตรแอค รูปที่ 13 (b) เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมไตรแอคอย่างง่าย ๆ โดยโหลดจะถูกต่ออนุกรมกับขา MT_2 ของไตรแอคและมีไฟสลับต่อคร่อมโหลดกับไตรแอคโดยตรงต่อไปเราจะพิจารณาการทำงาน และทฤษฎีพื้นฐานของไตรแอคโดยใช้วงจรรูปที่ 13 (b) กัน คำนึงถึงว่าแรงดันที่ MT_2 กับ MT_1 มีขั้วอย่างไรด้วย ซึ่งเราจะแบ่งลักษณะการกระตุ้นไตรแอคได้ 4 แบบ ดังนี้

I. กระแสที่ MT_2 เป็น +,กระแสเกทเป็น +

II กระแสที่ MT_2 เป็น +,กระแสเกทเป็น -

III. กระแสที่ MT_2 เป็น -,กระแสเกทเป็น +

IV. กระแสที่ MT_2 เป็น -,กระแสเกทเป็น -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระตุ้นแบบที่ I1 จะใช้กระแสเกทน้อยที่สุด แบบที่ IV จะรองลงมา ต่อมาเป็นแบบที่กระตุ้นยากที่สุดคือ ต้องใช้กระแสเกทมากที่สุดนั่นเอง แต่โดยทั่วไป กระแสเกทของแบบที่ I,II และ IV จะพอ ๆ กัน และจะน้อยกว่าแบบที่ III อยู่ ประมาณสองเท่า

5. ไตรแอคสามารถทนทานต่อกระแสสูง ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลันได้ดี อย่างเช่น กระแสกระชากที่เกิดในตอนเริ่มจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์เป็นต้น ในไตรแอคทั่ว ๆ ไป ที่สเปคระบุว่าสามารถทนกระแสสูงสุดได้ 10 แอมป์ มักจะสามารถทนต่อกระแสกระชากที่เกิดในเวลาสั้น ๆ (และเกิดไม่ต่อเนื่อง) ได้มากถึง 100 แอมป์!

รูปที่ 14 จะเป็นรายละเอียดของไตรแอคเบอร์ต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในตารางนับว่าเพียงพอต่อการใช้งานทั่ว ๆ ไปแล้ว

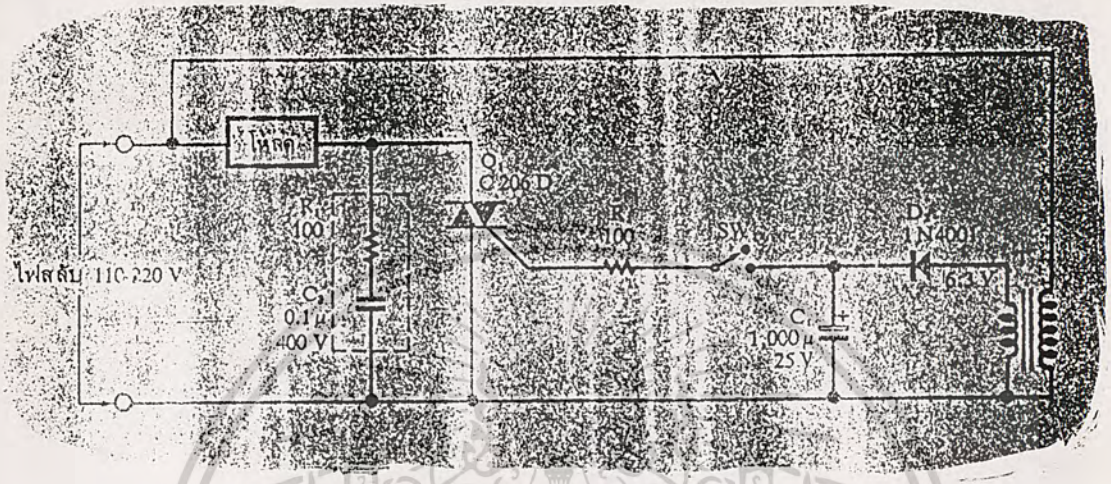
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์	แรงดันย้อนกลับสูงสุด PIV	กระแสสูงสุด I_r (RMS)	แรงดันเกท(MAX) V_{dr}	กระแสเกท(MAX) V_{io}	กระแสยึดเหนี่ยว I_H
Q4001L4	400 V	1.6A	3V	2.5mA	25mA
Q206D	400 V	3A	2V	5mA	30mA
2N6073	400 V	4A	2.5V	30mA	70mA
C226D	400 V	8A	2.5V	50mA	60mA
Q4010L4	400 V	10A	3V	25mA	45mA
TIC246D	400 V	15A	2.5V	50mA	50mA
Q6025Z	600 V	25A	2.5V	50mA	80mA
Q6040C	600 V	40A	2.5V	100mA	100mA

รูปที่ 14 รายละเอียดของไตรแอคบางเบอร์ที่นิยมใช้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรพื้นฐานของไตรแอค

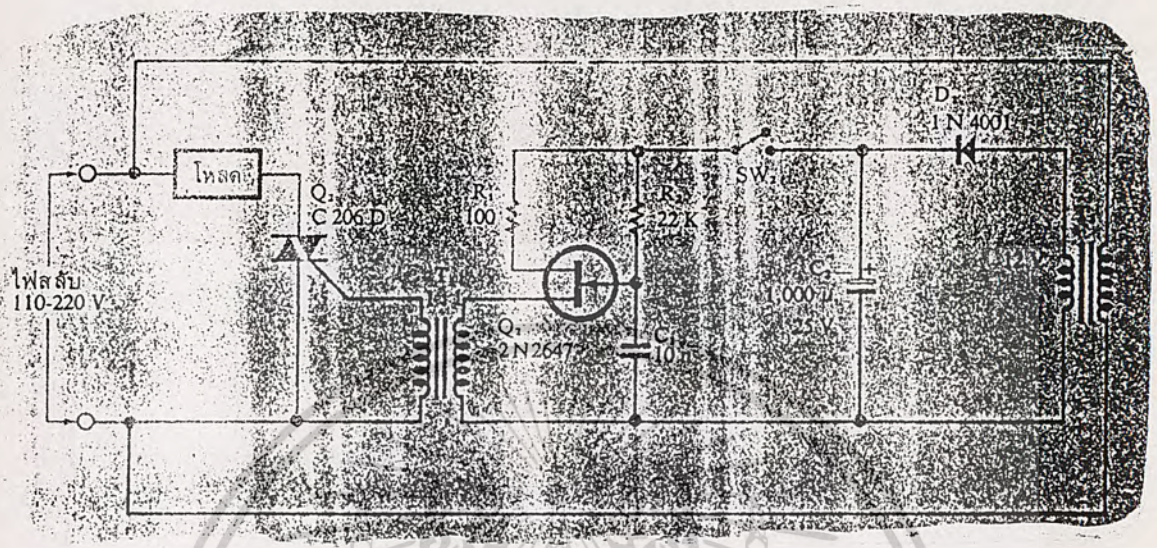


รูปที่ 15 วงจรที่ใช้ไตรแอคเป็นสวิทช์โดยใช้ไฟดีซีทริกที่เกท

รูปที่ 15 เป็นวงจรที่สามารถนำไปใช้งานได้ เป็นวงจรที่ให้ไฟตรงในการทริกเกทไฟตรง จะมาจากการเรคติไฟร์ไฟสลับที่ได้จากหม้อแปลง T_1 โดย D_1 เป็นตัวเรคติไฟร์และ C_1 เป็นตัวกรองแรงดันที่ได้ให้เรียบขึ้นเมื่อ SW_1 เปิดวงจร, ไม่มีกระแสเข้าไปยังเกทของไตรแอค, ดังนั้นไตรแอค จึงไม่นำกระแสเมื่อ SW_1 ปิดวงจรเกทจะได้รับกระแส และไตรแอคจะนำกระแสทันทีทำให้มีกระแสผ่านโหลดได้ ในกรณีที่เป็นโหลดประเภทอินดัคทีฟ เช่น มอเตอร์ต้องมีการเพิ่ม R_2C_2 เข้ามาเพื่อทำหน้าที่เป็น "สนับเบอร์ (SNUBBER)" คือ เป็นตัวกรองแรงดันทรานส์เซี้ยนซึ่งอาจไปกระตุ้นให้ไตรแอคทำงานผิดช่วงเวลาที่เราต้องการได้

จากรูปที่ 15 จะสังเกตเห็นส่วนของไฟดีซีที่ใช้ทริกเกท มีสายเส้นหนึ่งต่อร่วมกับไฟเอซี 110-220 โวลท์ ดังนั้นจะเห็นว่าในการควบคุม SW_1 ให้เปิดหรือปิดด้วยมือ จึงยังไม่ปลอดภัยเพียงพอเพื่อที่จะขจัดปัญหาเราจะใช้วงจรในรูปที่ 16 แทน

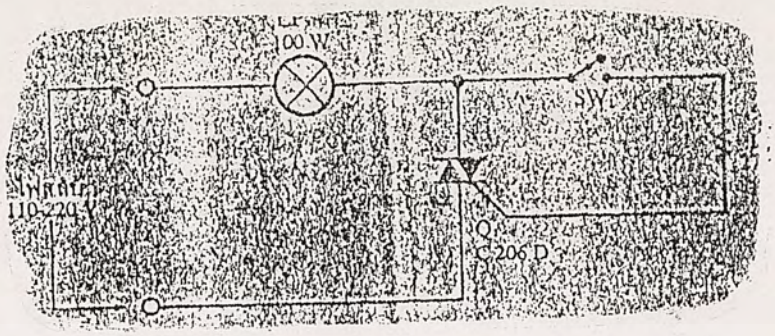
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 วงจรสวิทช์ไตรแอคโดยส่วนทริกแยกจากไฟเอซีอย่างเด็ดขาด

จากรูปที่ 16 เราใช้ UJT (UNIJUNCTION TRANSISTOR) ร่วมกับหม้อแปลง T_1 กับ T_2 สามารถทำให้เราแยกส่วนของวงจรทริกออกจากไฟเอซีได้อย่างเด็ดขาด UJT จะทำหน้าที่สร้างพัลส์ออกมา พัลส์ที่สร้างมีความถี่หลายพันเฮิร์ทซึ่งจะส่งผ่าน T_1 ไปยังเกทของไตรแอคฉะนั้นที่เกทจะได้รับพัลส์เข้ามาหลายสิบพัลส์ในช่วงไซเคิ้ลหนึ่ง ๆ แต่ไตรแอคจะนำกระแสทันทีที่ได้รับพัลส์ลูกแรกเพียงลูกเดียวซึ่งพัลส์นี้จะทริกไตรแอคในช่วงแรก ๆ ของไซเคิ้ล ดังนั้นไตรแอคจะนำกระแสจนหมดครึ่งไซเคิ้ลและพัลส์ลูกใหม่ก็จะมาทริกในช่วงต้นของครึ่งไซเคิ้ลต่อไป ตราบใดที่ SW_1 ปิดวงจรอยู่ ไตรแอคก็จะนำกระแสไปได้ตลอด

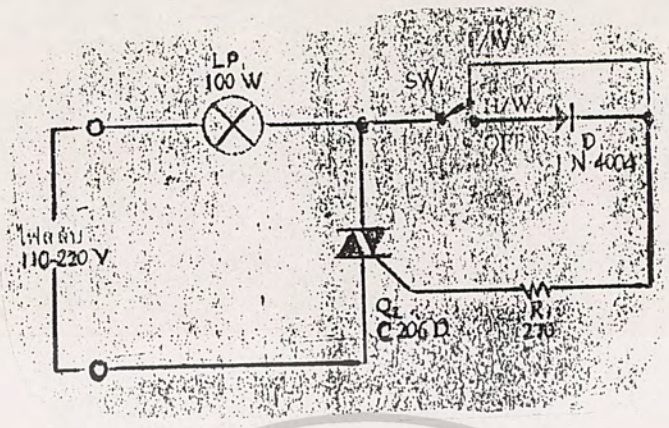
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 วงจรสวิทช์ไตรแอคใช้ไฟสลับทริก

รูปที่ 17 แสดงการทริกไตรแอคแบบง่าย ๆ โดยใช้ไฟสลับที่จ่ายเข้ามาเป็นตัวทริก ขณะที่ SW_1 เปิดวงจร, จะไม่มีกระแสเข้าที่เกท ดังนั้นไตรแอคจึงไม่นำกระแสเข้าที่เกท ดังนั้นไตรแอคจึงไม่นำกระแสและหลอดไฟ LP_1 ก็จะดับ เมื่อ SW_1 ปิดวงจรในขณะที่ไฟสลับที่จ่ายเข้ามาอยู่ในช่วงเริ่มต้นของครึ่งไซเคิ้ล (แรงดัน =OV) ไตรแอคจะยังไม่นำกระแสดังนั้นแรงดันของไฟสลับที่เข้ามาจะไปปรากฏที่ขาเกททั้งหมด ต่อมาแรงดันจะมีค่ามากขึ้น (ตามลักษณะซายน์) จนถึงจุด ๆ หนึ่งที่แรงดันมีค่ามากพอที่จะกระตุ้นให้ไตรแอคทำงาน ไตรแอคจะนำกระแสทันที ทำให้แรงดันที่เกทลดลงไป เนื่องจากแรงดันที่เกทจะกลายเป็นแรงดันระหว่าง MT_2 กับ MT_1 ซึ่งขณะที่ไตรแอคนำกระแสอยู่แรงดันระหว่าง MT_2 กับ MT_1 จะมีค่าน้อยมาก ดังนั้นจะไม่มีแรงดันไปทริกเกท แต่แม้ว่าแรงดันที่เกทจะลดลงน้อยลงไป จนไม่สามารถทริกไตรแอค ไตรแอคก็จะยังคงนำกระแสต่อไปได้จนหมดครึ่งไซเคิ้ลแรก เมื่อเริ่มครึ่งไซเคิ้ลต่อไป เหตุการณ์ก็จะซ้ำในลักษณะเช่นนี้อีก คือ ในขณะเริ่มต้นของครึ่งไซเคิ้ลหลังไตรแอคจะยังไม่นำกระแส แรงดันของไฟสลับจะไปปรากฏที่เกท เมื่อแรงดันมากขึ้นจนไตรแอคถูกกระตุ้นให้ทำงาน แรงดันที่เกทก็จะถูกลดลงโดยอัตโนมัติ จะเห็นว่าแรงดันที่เกทจะมีค่าสูงสุดอยู่เพียงชั่วเวลาสั้น ๆ ดังนั้นความสิ้นเปลืองพลังงานที่เกิดใน R_1 จึงเกิดขึ้นน้อยมากสำหรับวงจรแบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



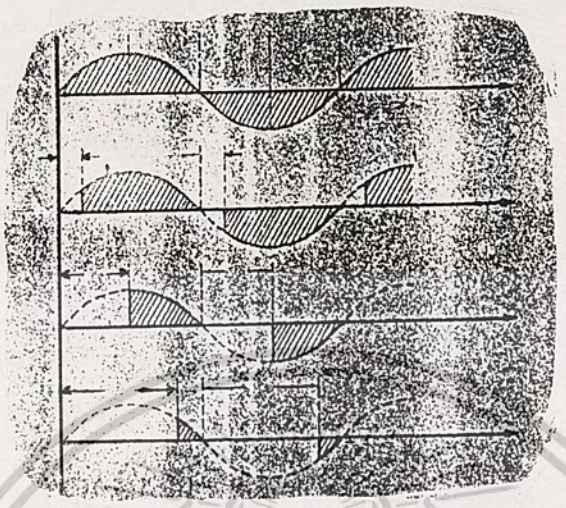
รูปที่ 18 วงจรสวิทช์ไตรแอคแบบเปิด-หรี่ และปิด

สำหรับรูปที่ 18 จะแสดงวงจรที่สามารถควบคุมให้ไตรแอคนำกระแสเต็มทั้งไซเคิ้ลหรือเพียงครึ่งไซเคิ้ล โดยการดัดแปลงมาจากวงจรในรูปที่ 17 จะเห็นว่าเพียงแต่เพิ่ม D_1 เข้ามาก็สามารถทำให้ไตรแอคนำกระแสแบบครึ่งคลื่นได้ เนื่องจากไดโอด D_1 จะยอมให้กระแสบวกผ่านไปได้เท่านั้น ดังนั้นไตรแอคจะนำกระแสเฉพาะครึ่งไซเคิ้ลบวก และหยุดนำกระแสเมื่อเป็นครึ่งไซเคิ้ลลบ ซึ่งผลของการนำกระแสเพียงครึ่งไซเคิ้ลของไตรแอค จะทำให้หลอดไฟ LP_1 สว่างน้อยกว่าขณะที่ไตรแอคนำกระแสเต็มไซเคิ้ล จัดว่าจงจรที่ 18 นี้ เป็นวงจรหรี่ไฟแบบง่าย ๆ แบบหนึ่งเพียงแต่ไม่สามารถหรี่อย่างละเอียดได้เท่านั้น

การทริกไตรแอคและเอสซีอาร์

จากวงจรต่าง ๆ ของเอสซีอาร์ และไตรแอคที่ได้พิจารณากันมาตั้งแต่ต้น จะเห็นว่าโดยมากจะเป็นการควบคุมเอสซีอาร์และไตรแอค เฉพาะในแง่ของการยอมกับไม่ยอมให้กระแสผ่านเท่านั้น แต่ในการใช้งานจริง ๆ นั้น เราสามารถควบคุมให้เอสซีอาร์และไตรแอคยอมให้กระแสผ่านมากน้อยได้จริง ๆ แต่ที่ถูกคือเป็นการยอมให้กระแสผ่านนานเพียงใดมากกว่า เพื่อความเข้าใจลองมาดูรูปที่ 19 กันดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 แสดงการทริกไตรแอคที่เวลาต่าง ๆ กัน

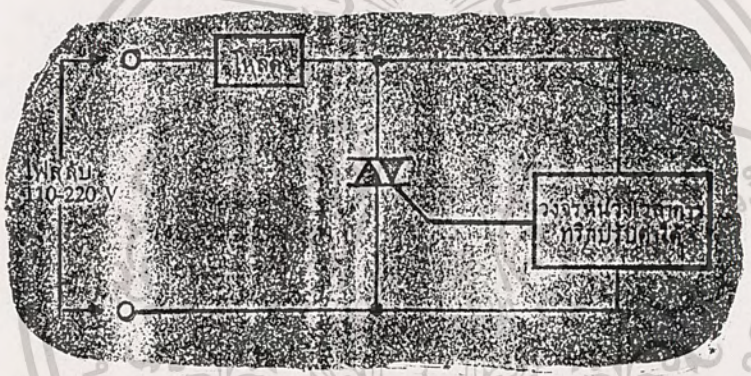
จากรูปที่ 19 รูปบนสุด เป็นลักษณะของไฟสลับ จะเห็นว่าในขณะที่เวลาผ่านไป แรงดันของไฟสลับจะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปซายน์ แต่จะเห็นอีกว่าลักษณะของแรงดันจะกลับมาซ้ำรูปเดิมเมื่อเวลาผ่านไปช่วงเวลาที่แน่นอนอันหนึ่ง ซึ่งช่วงเวลาอันนี้เราเรียกว่าคาบ (Peroid) และแทนที่จะพิจารณาเป็นวินาที เราจะพิจารณาเป็นองศาแทน โดยแบ่งช่วงเวลานี้ออกเป็น 360 องศา ตามรูป

ถ้าเราทำการทริกให้ไตรแอคนำกระแสหลังจากเวลาผ่านไป 10° จะเห็นลักษณะของกระแสที่ผ่านเป็นลักษณะของรูปที่ถัดลงมา ในส่วนของแรเงาคือส่วนที่ไตรแอคยอมให้กระแสผ่าน

ถ้าทำการทริกให้ไตรแอคนำกระแสหลังจากผ่านไป 90° กระแสที่ผ่านไตรแอคก็จะเป็นรูปถัดลงมา และถ้าทำการทริกเมื่อผ่านไป 170° จะได้กระแสผ่านเพียงชั่วระยะเวลาสั้น ๆ ดังรูปถัดลงมาอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปทั้งหมด จะเห็นว่าถ้าเราทริกไตรแอคที่จำนวนองศาน้อยเพียงไรกระแสที่ผ่านไตรแอคจะผ่านได้ใกล้เคียงกับลักษณะของไฟสลับมากยิ่งขึ้น เช่น ถ้าเราทำการทริก 10° ก็จะได้กระแสที่เข้ามาผ่านไตรแอคได้เกือบทั้งหมด ในทางตรงกันข้ามถ้าทริกที่ 170° ก็แทบจะไม่มีกระแสผ่านไตรแอคได้เลย ด้วยวิธีนี้เราจึงสามารถควบคุมหลอดไฟให้สว่างมากน้อย และมอเตอร์หมุนเร็วช้าได้ตามต้องการ ซึ่งเราเรียกวิธีการทริกไตรแอคแบบนี้ว่า วิธีการทริกแบบเฟสทริกเกอร์ (PHASE TRIGGERED) ในทางปฏิบัติเราจะต่อวงจรดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 การทริกไตรแอคแบบเฟสทริกเกอร์

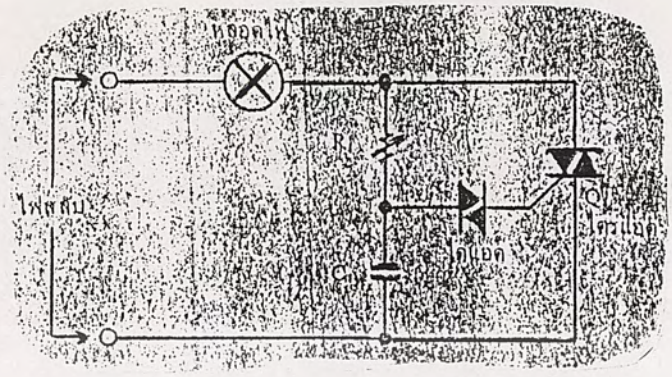
จากรูปที่ 20 วงจรหน่วงเวลา การทริกแบบปรับค่าได้ เป็นวงจรสร้างพัลส์ที่สามารถปรับได้จาก 0° ถึง 180° อันจะทำให้เราสามารถควบคุมไตรแอคให้นำกระแสในช่วงเวลาใด ๆ ก็ได้ ในครึ่งไซเคิ้ลหนึ่ง ๆ วงจรหน่วงเวลานี้มีอยู่ 3 แบบที่มักนิยมใช้กันนั่นคือ

๑. ใช้ UJT (Unijunction Transistor)

๒. ใช้ไอซีเพื่อการนี้โดยเฉพาะ

๓. ใช้ไดแอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 วงจรที่ใช้ไดแอคกับ R, C เป็นวงจรแบบเฟสทริกเกอร์

รูปที่ 21 เป็นตัวอย่างวงจรที่ใช้ไดแอคร่วมกับ R และ C เพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรหน่วงเวลาการทริกที่ปรับค่าได้

ไดแอคเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง ที่ทำหน้าที่เสมือนสวิทช์บิดเบิด มันจะยอมให้กระแสผ่านก็ต่อเมื่อแรงดันที่ตกคร่อมมีค่าประมาณ 35 โวลท์ จะหยุดการนำกระแสเมื่อแรงดันมีค่าต่ำกว่า 30 โวลท์ และมันจะนำกระแสอีกครั้งก็ต่อเมื่อแรงดันมีค่าเป็น 35 โวลท์ อีกเป็นลักษณะเช่นนี้เรื่อยไป

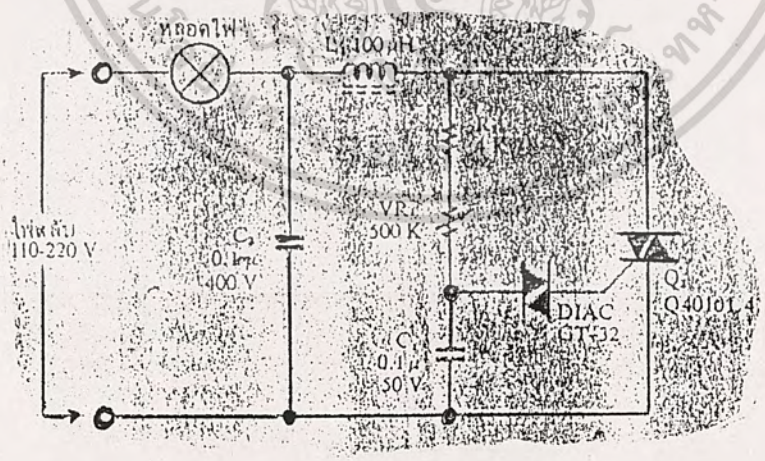
การทำงานของวงจรในรูป 21 เป็นดังนี้คือ ในแต่ละครึ่งไซเคิ้ลของไฟสลับที่เข้ามานั้น แรงดันที่คร่อม C_1 จะถูกหน่วยให้ช้าจากค่าของ R_1 C_1 และเมื่อแรงดันค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 35 โวลท์ ไดแอคจะยอมให้กระแสผ่านเข้าไปยังเกทไตรแอคก็จะนำกระแสทันที แรงดันที่คร่อม R_1 กับ C_1 จะกลายเป็นศูนย์ และหลอดไฟจะติดสว่าง ความสว่างของหลอดจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการปรับค่า R_1 คือถ้าความต้านทานของ R_1 มีค่าน้อย หลอดจะสว่างเต็มที่ แต่ถ้า R_1 มีค่ามาก ๆ หลอดจะสว่างน้อยหรือไม่ก็ดับไปเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวนที่เกิดจากไตรแอคกับเอสซีอาร์

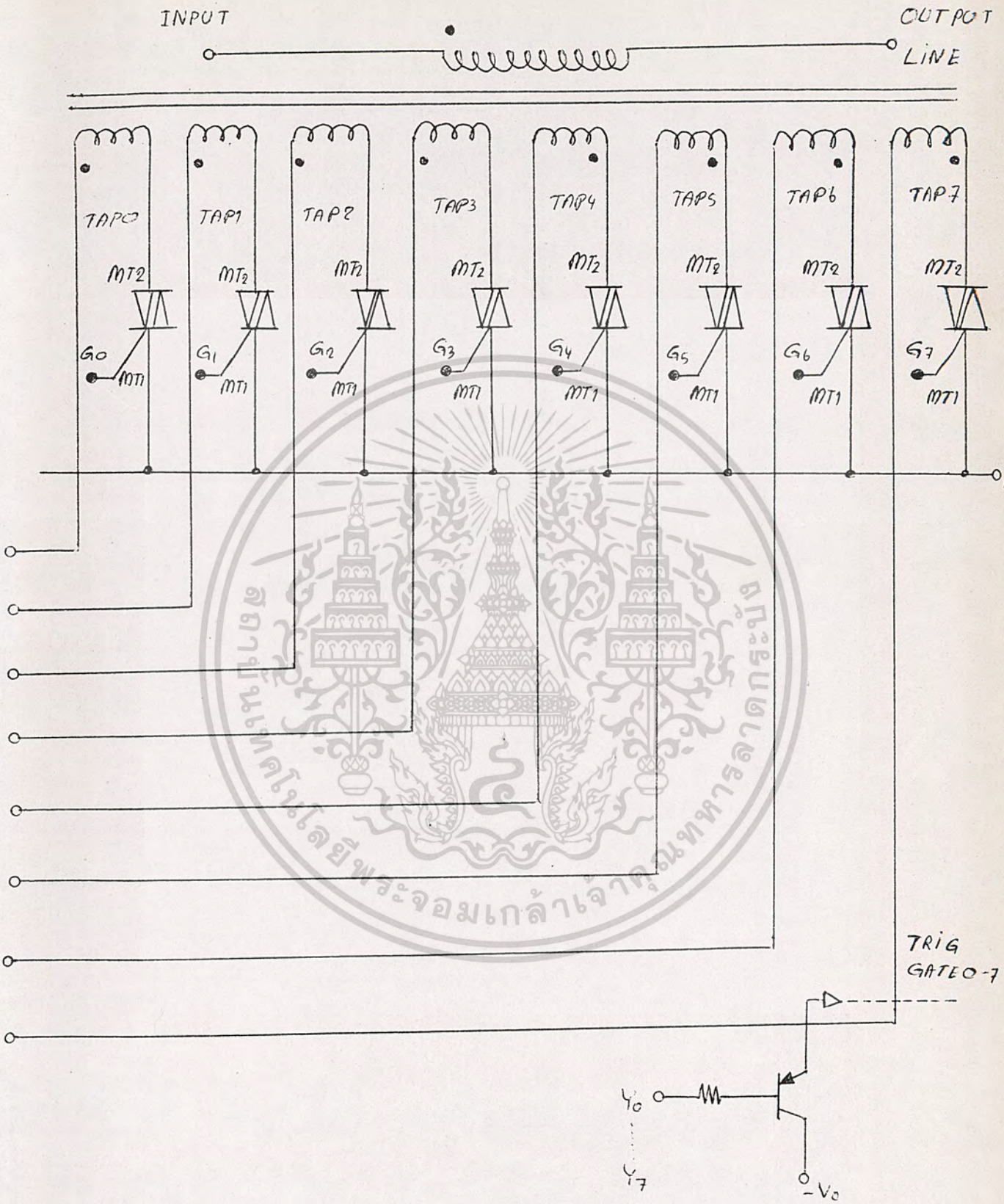
บ่อยครั้งเราคงเคยพบว่า เครื่องหรี่ไฟของเราจะส่งสัญญาณรบกวนไปเข้าแอมปลิไฟร์หรือทีวี สัญญาณรบกวนนี้มีชื่อเรียกว่า RFI (Radio Frequency Interference) RFI เกิดเนื่องจากการสวิทช์ปิดเปิดของไตรแอค ซึ่งใช้เวลาน้อยมากในการสวิทช์ ดังนั้นขณะสวิทช์จึงมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันอย่างรวดเร็วมากตามการสวิทช์ (เวลาการสวิทช์ใช้เวลาไม่กี่ไมโครวินาที) ผลจากการที่แรงดันเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการกระจายคลื่นความถี่สูงออกมา ยิ่งในกรณีที่ไตรแอคถูกทริกที่ 90° คลื่น RFI จะมีความแรงมากที่สุดเพราะว่าการทริกที่ 90° เป็นการทริกช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันสูงที่สุด (ดูรูปที่ 19) ดังนั้นวิธีการลด RFI จึงเป็นวิธีการหลีกเลี่ยงไม่ให้ไตรแอคถูกทริกที่องศามาก ๆ ยิ่งไตรแอคถูกทริกที่องศาน้อยเพียงไร (เช่นที่ 0 องศา) RFI ก็จะยิ่งน้อยลงเท่านั้น

ในทางปฏิบัติเพื่อที่จะลด RFI ที่เกิดเนื่องจากการสวิทช์ของไตรแอคนี้เราจะใช้ L กับ C มาต่อร่วมกันเพื่อทำหน้าที่กันความถี่สูงมิให้ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 22



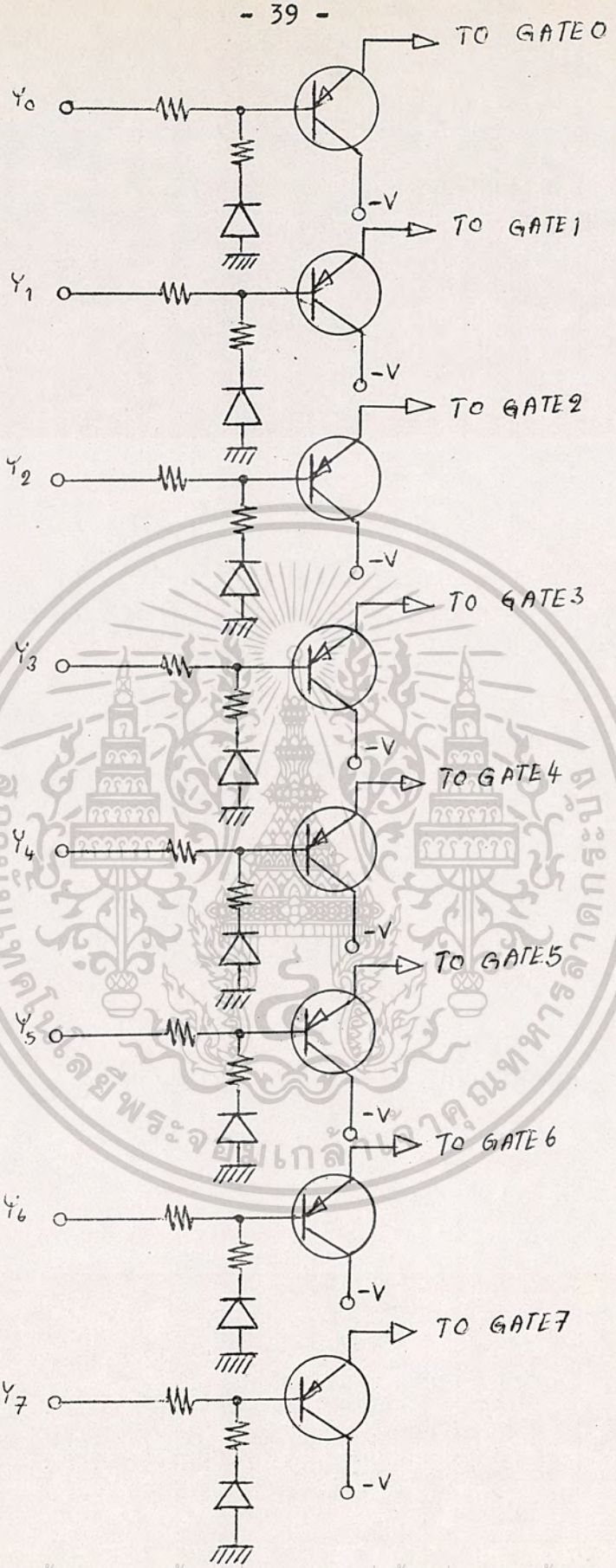
รูปที่ 22 วงจรหรี่ไฟที่สามารถป้องกันการเกิด RFI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง วงจรการเปลี่ยน TRAP โดยใช้ TRIAC และการ SWICHING ของทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมการ TRIG

3. ส่วนควบคุมอัตโนมัติ

ส่วนควบคุมนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมการปิด หรือเปิดสวิทช์อิเล็คโทรนิคส์กำลังให้กระแสและแรงดันจาก AUTO TRANSFORMER ป้อนเข้าสู่บูสท์ทรานฟอร์เมอร์ เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันที่เอาท์พุทไม่ให้ผิดพลาดเกิน $\pm$2.5% ของ 220 Volts ส่วนควบคุมนี้มีหน้าที่หลัก 3 ประการ ด้วยกันคือ

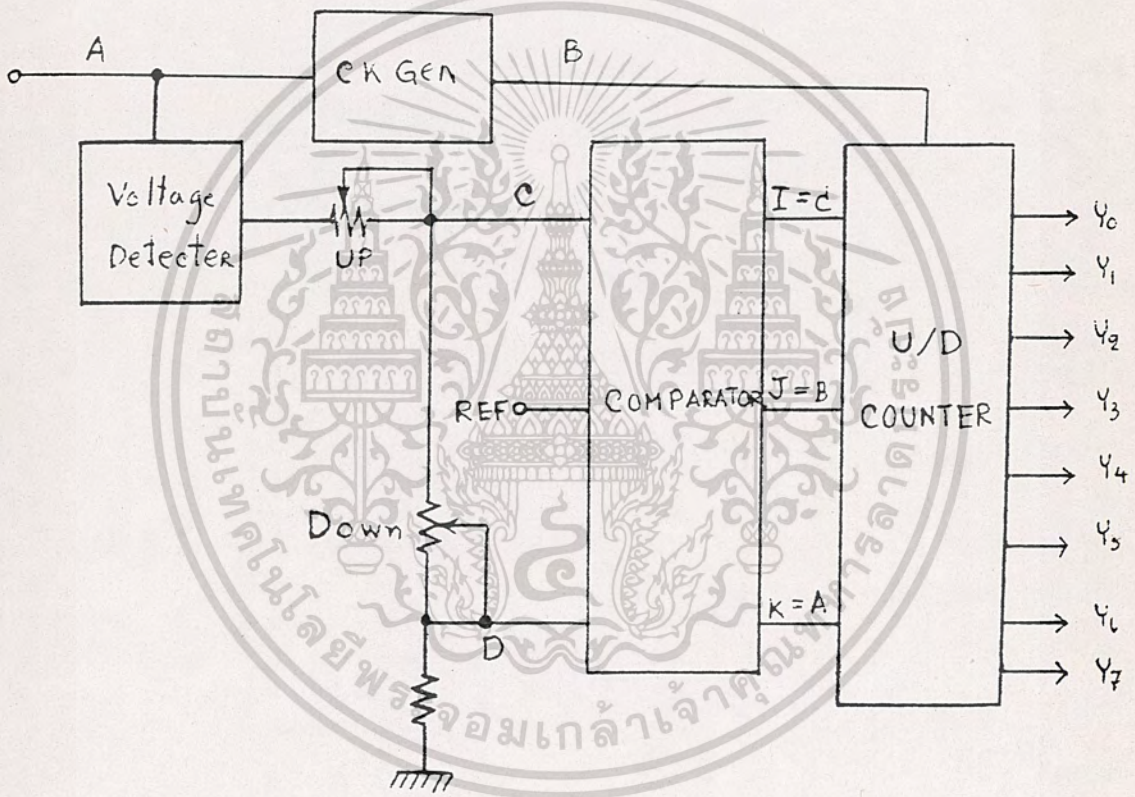
3.1) ตรวจจับแรงดันด้านอินพุท และเอาท์พุท แล้วนำเข้าประมวลผลเพื่อจะส่งสัญญาณออกมากระตุ้น สวิทช์ตัวใดตัวหนึ่งให้ทำงาน ซึ่งยังคงรักษาให้แรงดันเอาท์พุทผิดพลาด $\pm$2.5% ของ 220 Volts ตลอดไป ขณะที่มี LOAD หรือไม่มี LOAD หรือ มี LOAD เต็มกำลัง

3.2) ส่งสัญญาณออกไปกระตุ้น สวิทช์ตัวใดตัวหนึ่งตามสภาพของแรงดันอินพุท และโหลด และสัญญาณกระตุ้นนี้จะคุมการปิด-เปิดสวิทช์ ซึ่งเป็น TRIAC

3.3) ตรวจจับแรงดันอินพุทและเอาท์พุทที่สูงเกินขีดจำกัด เพื่อส่งผลไปส่งให้เครื่องหยุดการทำงาน เพื่อป้องกันความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมการเปลี่ยน TAP

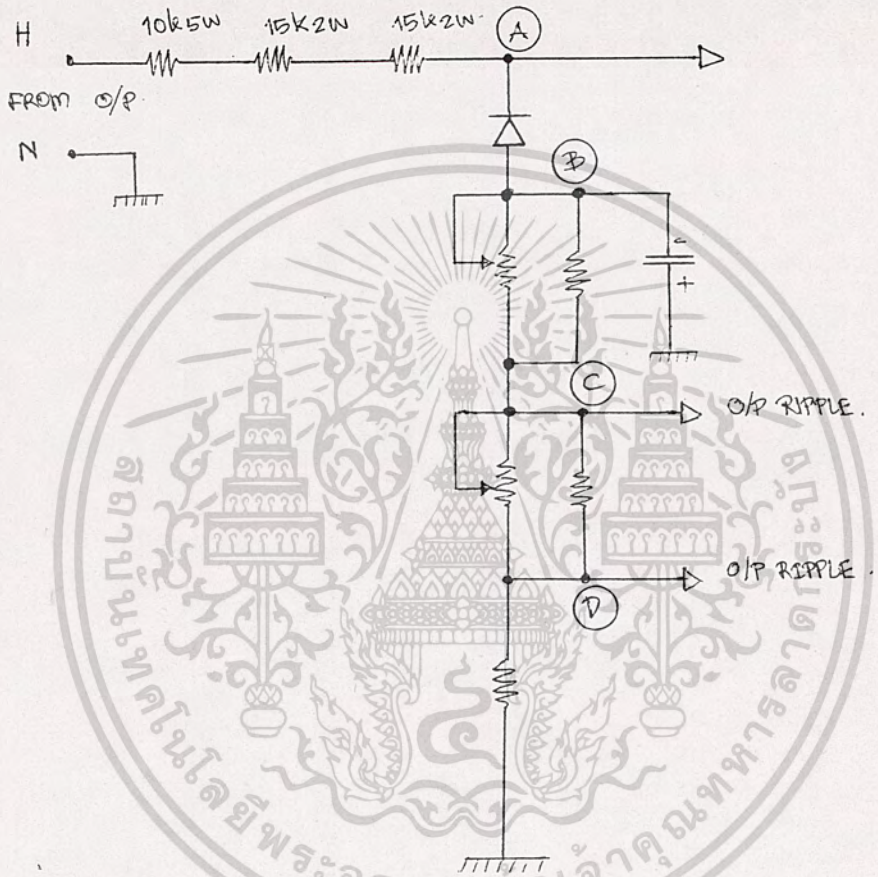


รูปแสดง วงจรควบคุมในการเปลี่ยน TAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรประกอบด้วย

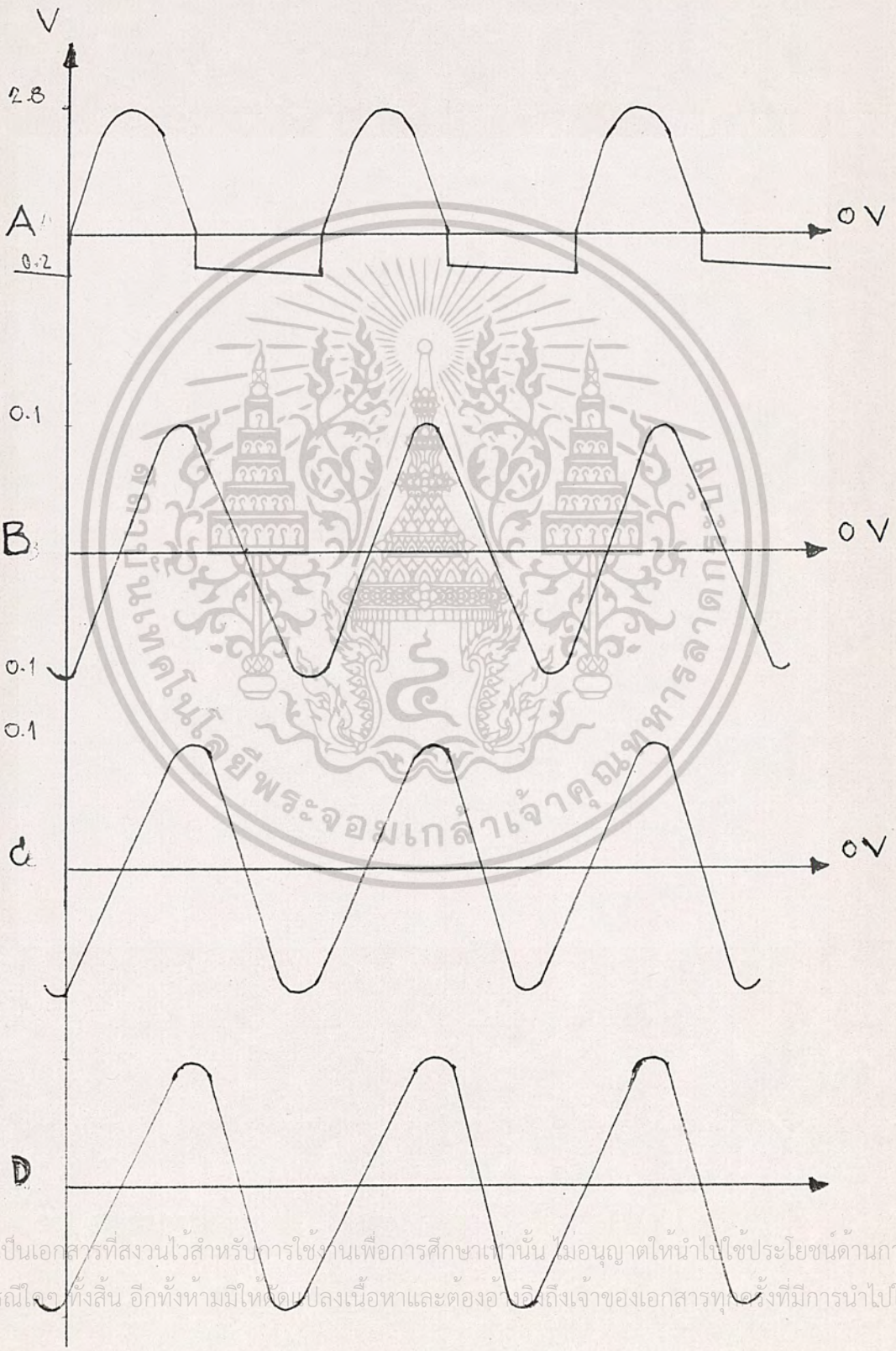
1. ส่วนลดแรงดันทางด้านเอาท์พุท เพื่อนำมาทำเป็นสัญญาณควบคุม



วงจรนี้ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากด้านเอาท์พุทลงแล้ว Rectifier ด้วย Diode ให้เป็นกระแสตรง เพื่อให้ได้ O/P RIPPLE สำหรับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WAVE FORM ที่จุด A, B, C และ D เป็นดังนี้

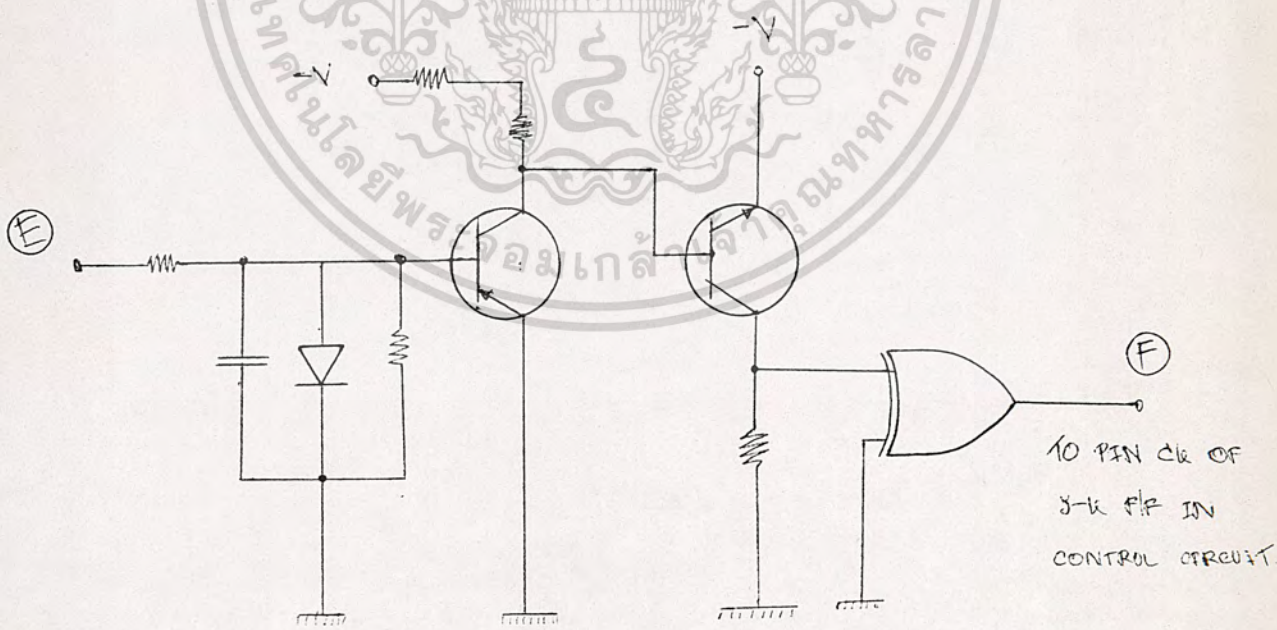


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรหน่วงเวลา (DELAY OR PHASE - SHIFT)

เนื่องจากการเปลี่ยนแท็ปของทรานฟอร์เมอร์ในที่นี้ใช้ TRIAC เป็นตัวเลือกแท็ป (SWITCH) ดังนั้น เพื่อการควบคุมให้ TRIAC ทำงานโดยไม่ก่อปัญหาสร้างสัญญาณคลื่นวิทยุแผ่กระจายออกไปรบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น หรือพยายามให้มีน้อยที่สุด ต้องให้ TRIAC ทำการสวิทช์ชิ่ง หรือนำกระแสเมื่อแรงดันคล่องระหว่าง MT1 และ MT2 ของ TRIAC เป็นศูนย์ ซึ่งทั่วไปมักเรียกการ TRIG GATE ช่วงนี้ว่า "ZERO VOLTAGE CROSSING"

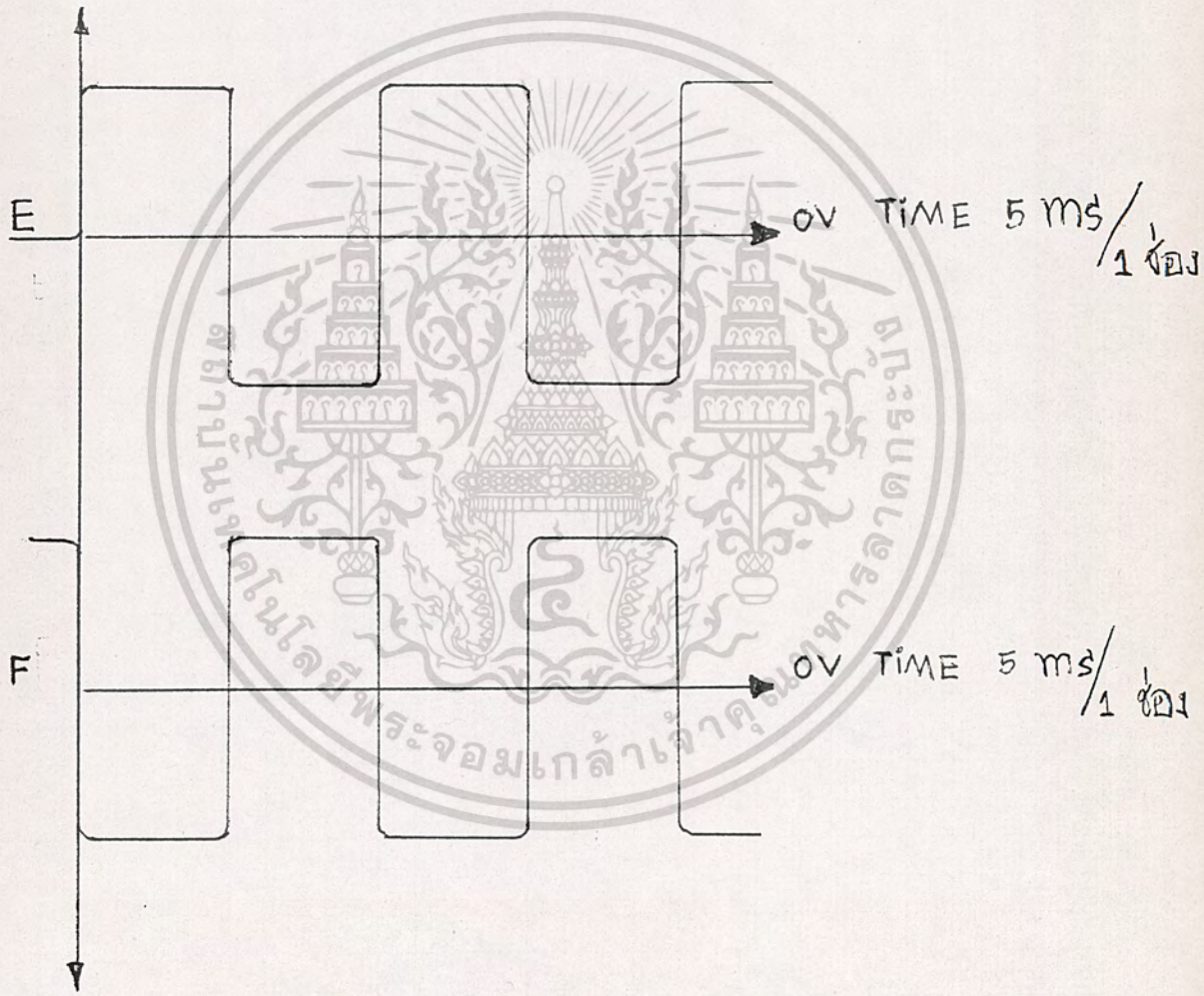
การทริกเกทอีกประการหนึ่ง คือ การเลือกทริกขณะที่แรงดันป้อนเข้ามีค่าหนึ่ง ๆ ทุก ๆ ครั้งของ CYCLE (ควบคุมด้วยเฟส) ข้อเสียคือ ทำให้เกิด PULSE ที่มีปริมาณกระแสมากไหลเข้าไปยังโหลดทันทีทันใด ซึ่งสามารถไปรบกวนอุปกรณ์ข้างเคียงได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพยายามทริกเกทในขณะที่แรงดันคล่อง TRIAC มีค่าน้อยที่สุด



รูป วงจรหน่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WAVE FORM ที่ E, F



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. <u>ส่วนลดทอนสัญญาณรบกวน</u>

เพื่อเป็นการลดและขจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นให้น้อยลง สำหรับเครื่องมือ เช่น คอมพิวเตอร์ ปลอดภัย

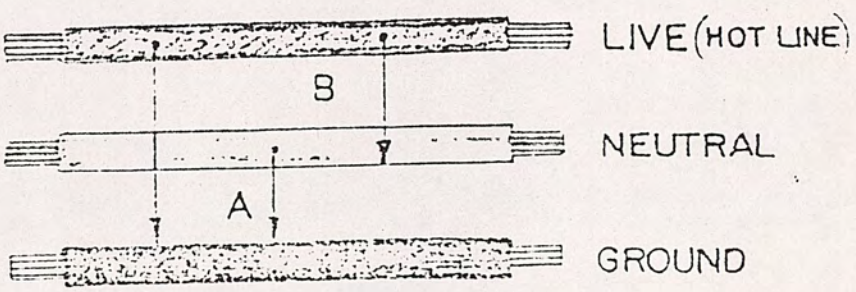
<u>สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า</u>

High Voltage Spikes (Transients) หรือ Radio Frequency Interference (RFI) เป็นสัญญาณรบกวนย่านความถี่วิทยุที่เกิดขึ้นได้ทุกหนแห่ง และสามารถแพร่ออกไปในอากาศ หรือที่อื่น ๆ ได้โดยง่าย เช่น เกิดขึ้นจากการเปิด-ปิดสวิทช์อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด หรือกรณีฟ้าผ่าลงมาที่สายส่งไฟฟ้า

<u>การแพร่ของ</u> RFI มี 2 วิธี คือ

1. Transverse หรือ Symmetrical mode เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นระหว่าง Hot (live) กับ Neutral Lines โดยกระแส RF จะไหลจาก Line เส้นหนึ่งไปครบวงจรอีกเส้นหนึ่ง

2. Asymmetrical หรือ Common mode เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นระหว่าง Hot กับ Neutral Lines เทียบกับ Ground โดยกระแส RF จะไหลจากทั้งสายทั้งสองไปครบวงจรที่กราวนด์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1

ซึ่งกรณีแรกจะเป็นตัวสร้างปัญหามากกว่ากรณีที่สอง โดยปกติผลิตภัณฑ์หรือวงจรที่ได้รับการออกแบบมาถ้ามีข้อเกี่ยวข้องกับการสร้าง RFI แล้ว ควรจะหาทางป้องกันที่จุดแพร่เริ่มต้นก่อน ด้วยการฟิลเตอร์ตัด

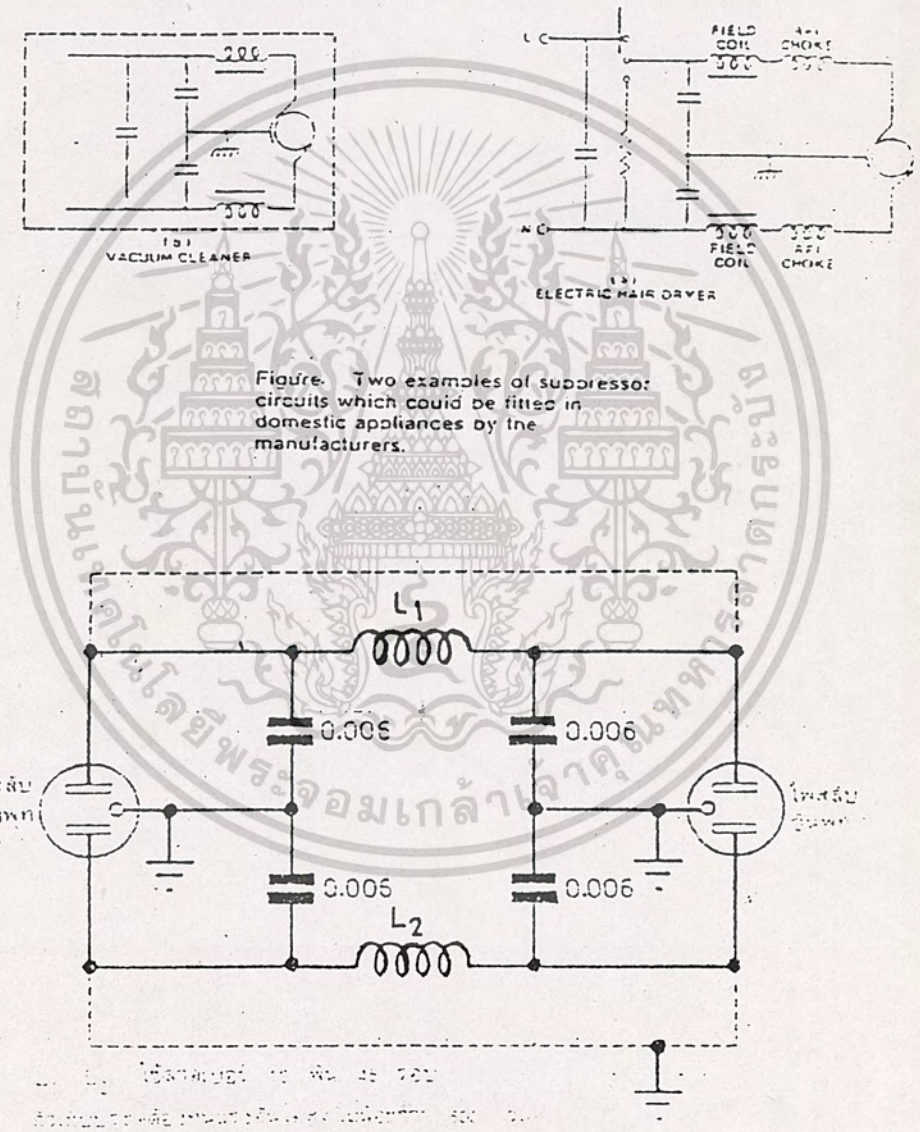


Figure. Two examples of suppressor circuits which could be fitted in domestic appliances by the manufacturers.

รูป แสดงตัวอย่างวงจรการใช้ฟิลเตอร์ป้องกัน RFI

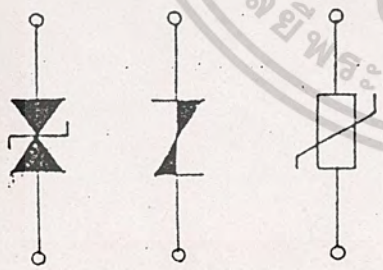
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกัน RFI

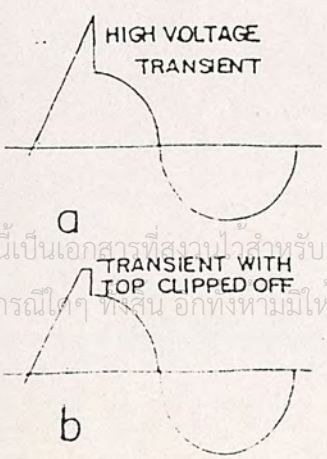
นอกจากแก้ไขที่จุดกำเนิดสัญญาณรบกวนแล้ว การป้องกันมิให้ RFI เข้ามาในเครื่อง อาจทำได้โดยใช้คาปาซิเตอร์ค่า 0.1 F ที่ทนแรงดันสูง ต่อคร่อมระหว่าง Hot กับ Netrual Lines ไว้ภายในปลั๊กก็พอช่วยได้บ้าง แต่สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมือเสมือนคอมพิวเตอร์แล้วจะมีความไวต่อสัญญาณรบกวน ซึ่งมีผลทำให้การทำงานผิดพลาดและเสียหายได้ ดังนั้น Filter จึงต้องนำมาใช้ใน Power Line สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องมือประเภทนี้มักมีชื่อเรียกกันทางการค้าว่า "Mains Conditioner"

Transient Suppressor

อุปกรณ์ชิ้นแรกของวงจรกรองสัญญาณป้องกันการรบกวน (Main Interference filter) คือ Transient Suppressor บางทีก็เรียก Zenamic ซึ่งหมายถึง เซอรามิคที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับซีเนอร์ไอโอดเป็นอุปกรณ์ประเภท Metal Oxide Varistor ใช้สำหรับทำการลด High Voltage Spikes ลง ดังนั้นจึงทำหน้าที่เป็น High Power Zenerdiode ที่ทำงานได้ทั้ง 2 ทิศทาง การต่อใช้งานก็ต่อคร่อมระหว่างสายนำเข้าทั้งสอง



รูปที่ 4.3
สัญญลักษณ์ของ TRANSIET SUPPRESSOR หรือ ZENAMIC หรือ METAL OXIDE VARISTOR



รูปที่ 4.4
THE ACTION OF A TRANSIET SUPPRESSOR. THE HIGH VOLTAGE SPIKE HAS ITS TOP CUPPED OFF TO BRING IT DOWN FROM SEVERAL THOUSAND VOLTS TO A FEW HUNDRED.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามรูป 4.4 ส่วนยอดของ Spike ที่เข้ามาหากมีแรงดันสูงกว่าค่า Conduct ของ Zenamic แล้ว ส่วนยอดนั้นก็จะถูกตัดออก แต่ว่าขอบของ Spike ที่ถูกตัดออกนี้อาจสามารถไปทำการทริกวงจรฟลิป-ฟลอป หรือ "Set" วงจร Logic ได้ ดังนั้น ใน RF Filter จึงต้องทำการลบขอบดังกล่าวให้มนด้วย "อินดัคเตอร์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

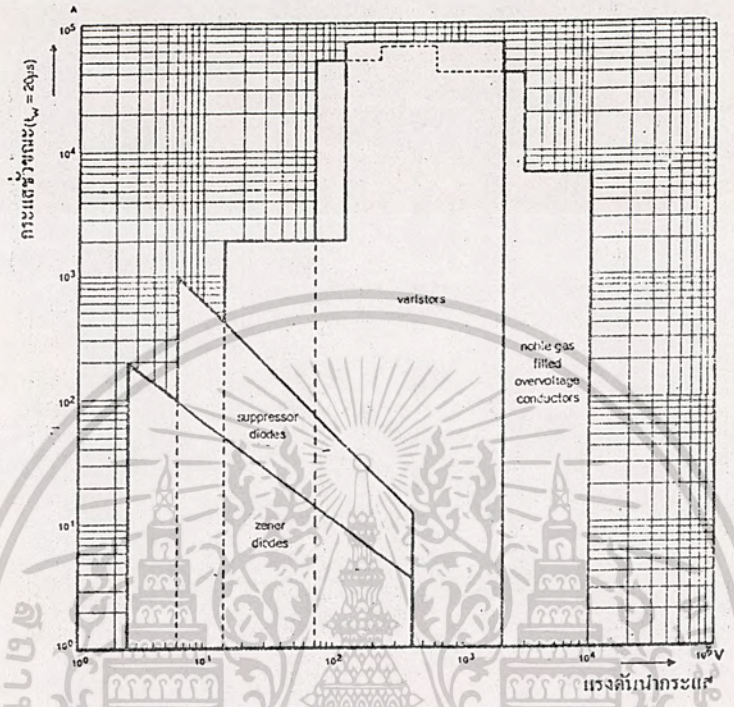
บทที่ 3
อุปกรณ์ป้องกันแรงดันกระโชก

สายไฟฟ้า สายเคเบิ้ล อุปกรณ์ทางการสื่อสาร มีสิทธิ์ได้รับอันตรายจากการเกิดทรานเซียนต์อยู่บ่อย ๆ แรงดันไฟกระชากเหล่านี้อาจจะมีผลมาจากธรรมชาติหรือเกิดจากมนุษย์ทำขึ้นเอง แรงดันไฟเกินอาจจะทำอันตรายแก่มนุษย์และอุปกรณ์ได้ เราจึงควรศึกษาถึงการป้องกันแรงดันเกินให้เข้าใจ เพื่อจะได้ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าที่บ้านหรือที่สำนักงานได้

แรงดันไฟฟ้าเกิน คือแรงดันที่เกินจากค่าที่ใช้งานอยู่รวมถึงค่าที่อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นทนได้ อธิบายให้เข้าใจก็คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าปกติจะถูกระบุให้ใช้กับแรงดันไฟฟ้าอยู่ค่าหนึ่ง แต่ความจริงแล้วมันสามารถทนแรงดันได้ถึงค่าหนึ่งซึ่งยังไม่เป็นอันตราย แต่ถ้าแรงดันเกินจากค่านี้แล้วจะทำให้อุปกรณ์นั้นเสียหายได้ แรงดันไฟเกินเกิดได้จากหลายสาเหตุ ฟ้าผ่าก็เป็นปรากฏการณ์หนึ่ง ถึงแม้จะเกิดอยู่ห่างออกไปไกลก็สามารถทำให้แรงดันในไลน์สูงขึ้นจนเป็นอันตรายได้ การเปิด-ปิดสวิตช์ ซึ่งต่อกับสายไฟขาว ๆ และมีกระแสไฟฟ้าสูง ๆ จะเกิดผลของการเหนี่ยวนำตัวเองในสายทำให้เกิดแรงดันสูงมาก ในโครงข่ายไฟฟ้าใหญ่ ๆ จะเกิดผลของการเหนี่ยวนำอย่างมหาศาล จึงต้องการการป้องกันแรงดันเกินและยังรวมไปถึงระบบโทรศัพท์และข่ายงานคอมพิวเตอร์ด้วย

มีอุปกรณ์มากมายหลายชนิดที่สามารถใช้เป็นตัวป้องกันแรงดันไฟเกินได้ในวงจรอิเล็คทรกนิกส์ส่วนมากจะใช้ไดโอดหรือใช้ซีเนอร์ไดโอด วาริสเตอร์เป็นวัสดุอย่างหนึ่งที่น่าสนใจและถูกใช้ในโครงงานต่าง ๆ มากมาย รูปที่ 1 แสดงกราฟเปรียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระสูงสุดของอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟเกินทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้กันทั่วไป แต่จะขอแนะนำวาริสเตอร์และตัวตรวจจับไฟกระชากแบบบรรจุแก๊สเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

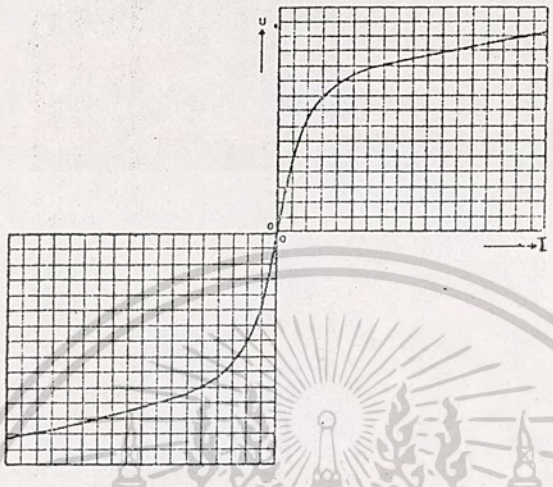


รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสสูงสุดของอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันแรงดันไฟเกินชนิดต่าง ๆ

วาริสเตอร์

วาริสเตอร์ (Varistor) หรือ บางทีก็เรียกว่า วีดีอาร์ (VDR) มาจากคำว่า Voltage dependent Resistor อุปกรณ์ชนิดนี้มีคุณสมบัติทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามแรงดันตกคร่อม เปรียบได้เหมือนกับซีเนอร์ไดโอดแต่มีข้อแตกต่างกันคือ คุณสมบัติของแรงดันและกระแสจะสมมาตรกันทั้ง 2 ด้าน ดูจากรูปที่ 2 จะเห็นว่าคุณสมบัติทั้งทางด้านแรงดันเป็นบวก และแรงดันเป็นลบจะเหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแส ในรูปที่ 2 ได้จากสมการ

$$I = KU^{\alpha}$$

หรือ $$U = CI^{\beta}$$

โดยที่ I = คือ กระแสที่ไหลผ่านวาริสเตอร์

U = แรงดันตกคร่อมตัววาริสเตอร์

K, C คือ ค่าคงที่ของวาริสเตอร์ (ขึ้นอยู่กับขนาด)

$$K = \frac{1}{C^{\alpha}}$$

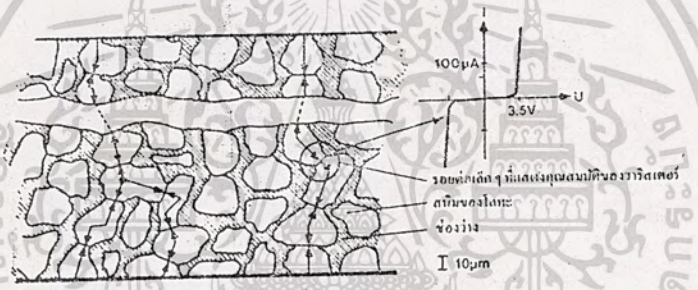
ค่า α, β คือ ค่าคงที่ของสารที่ใช้ทำวาริสเตอร์ โดย $\alpha = \frac{1}{\beta}$ ค่า และ K (หรือ β และ C) ทางโรงงานผู้ผลิตจะกำหนดมาให้ ซึ่งค่าทั้ง 2 นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของการใช้งาน เมื่อทราบค่าจากที่ระบุไว้ให้แล้วก็สามารถจะหาค่ากระแสสูงสุดซึ่งในรูปที่ 3 เป็นกราฟแสดงกระแสกระชาก หรือเรียกว่ากระแสกระชาก 8/20 ซึ่งทางบริษัทได้ใช้เป็นตัวระบุคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวาริสเตอร์ โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสกระชากแบบนี้ สำหรับทำการวัดค่ายอดกระแสสูงสุดที่อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินสามารถทานได้ อย่างวาริสเตอร์ขนาดเล็ก ๆ จะมีค่ากระแสสูงสุดชั่วคณะเป็นกิโลแอมแปร์

เซรามิกวาริสเตอร์

วาริสเตอร์ชนิดนี้มีรูปร่างเป็นแผ่นกลมบาง ทำมาจากผงสนิมโลหะหลายชนิด (Metal Oxide) เช่น สนิมสังกะสี (ZnO) สนิมไททาเนียม (TiO) หรือซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC)



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างภายในของวาริสเตอร์แบบเซรามิก

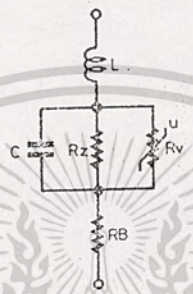
โครงสร้างภายในของเซรามิก แสดงในรูปที่ 4 บริเวณที่แสดงคุณสมบัติของวาริสเตอร์เล็ก ๆ คือ ส่วนที่อนุภาคของสนิมติดกัน ส่วนนี้จะนำกระแสได้ ส่วนอนุภาคที่วางห่างกันจะมีค่าความต้านทานสูง คุณสมบัติทางไฟฟ้าของวาริสเตอร์เล็ก ๆ เหล่านี้จะเหมือนกับคุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดที่สมมาตรกันทั้ง 2 ทาง โดยมีแรงดันพังทลายประมาณ 3.5 โวลต์ ถ้าเราต่อวาริสเตอร์ขนานกัน และอนุกรมกันจะได้ผลต่อไปนี้

- ถ้าเพิ่มความหนาของเซรามิกเป็น 2 เท่า จะทำให้แรงดันพังเพิ่มเป็น 2 เท่าด้วย เพราะจำนวนของวาริสเตอร์เล็ก ๆ ต่ออนุกรมกันเป็น 2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้าเพิ่มพื้นที่เป็น 2 เท่า จะทำให้วาริสเตอร์ทนกระแสสูงสุดได้ 2 เท่า เพราะเพิ่มทางเดินของกระแสเป็น 2 เท่า

- ถ้าเพิ่มปริมาตรเป็น 2 เท่า จะทำให้การดูดกลืนพลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า



รูปที่ 5 แสดงวงจรสมบูรณ์ของวาริสเตอร์

รูปที่ 5 แสดงวงจรสมมูลย์ของวาริสเตอร์ R_v คือ ค่าความต้านทานของวาริสเตอร์ทางอุดมคติ R_z เป็นค่าความต้านทานที่ทำให้เกิดกระแสรั่วไหลขณะที่วาริสเตอร์ไม่นำกระแส (มีค่าน้อยกว่า 0.1 มิลลิแอมป์ ดูในรูปที่ 4) ค่าของ R_z จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นค่า R_z จะลดลง

R_B คือ ค่าความต้านทานขณะที่มีกระแสไหลผ่านวาริสเตอร์สูงสุด ซึ่งจะคิดว่าค่า R_v มีค่าเป็นศูนย์ หรือ R_B คือค่าความต้านทานของสนิมโลหะ ตัวเก็บประจุ C มีค่าอยู่ระหว่าง 100-400 pF ซึ่งค่าความเก็บประจุนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับงานที่มีความถี่สูง แต่ในงานป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินค่าความเก็บประจุนี้จะช่วยแรงดันที่กระชากให้เรียบขึ้น เพราะเป็นวงจรกรองความถี่ต่ำ อินดัคเตอร์ L แทนค่าความเหนี่ยวนำตัวเองอันเกิดจากสายตัวนำ ถ้าต้องการให้วาริสเตอร์มีค่าอินดัคแตนซ์ต่ำ ๆ จะต้องทำให้สายตัวนำสั้นที่สุด

วาริสเตอร์ที่มีค่าน้อยกว่าแรงดันที่ใช้งาน อาจจะใช้วาริสเตอร์ 2 ตัวที่มีค่าแรงดันพังแต่ละตัวต่ำกว่าแรงดันปกติมาต่ออนุกรมกันได้ แต่ควรใช้วาริสเตอร์ชนิดอย่างเดียว การต่อวาริสเตอร์ขนานกันเป็นสิ่งที่ไม่ควรอย่างยิ่ง เพราะถ้าการทนไป

กระแสสูงสุดของแต่ละตัวไม่เท่ากัน บางทีแตกต่างกันถึงพันเท่า การเลือกวาริสเตอร์หลาย ๆ ตัวที่มีคุณสมบัติของกระแสชั่วขณะสูงสุดที่มันทนได้เท่ากันนั้น จะต้องใช้เครื่องมือวัดพิเศษช่วยคัดเลือก

ความเสียหายทางไฟฟ้าของวาริสเตอร์ในสภาวะเกินพิกัดขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายชนิด เช่น ถ้ากระแสกระชากมีค่ามากกว่ากระแสที่มันทนได้จะทำให้ตัวภาระมากเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้อนุภาคเล็ก ๆ ของสนิมโลหะเปลี่ยนค่าความต้านทานไป ปกติแล้วเราไม่รู้ค่าสูงสุดของกระแสกระชากกับพลังงาน เราจึงเลือกค่าที่แน่นอนไม่ได้ อาจจะเลือกค่าวาริสเตอร์ที่ผิดก็อาจทำให้เกิดความร้อนสูงแก่ตัววาริสเตอร์ เนื่องจากรับภาระมากเกินไป จึงควรวางวาริสเตอร์ให้ห่างจากอุปกรณ์อื่น ๆ หรือมีกล่องเล็ก ๆ ครอบไว้กันการระเบิดใส่อุปกรณ์รอบข้างด้วย

เลือกวาริสเตอร์อย่างไร

การเลือกวาริสเตอร์เพื่อใช้กับงานเฉพาะอย่างจะต้องทำตามข้อมูลที่ให้มากับวาริสเตอร์นั้น ๆ ซึ่งมีดังนี้

- ทราบค่าแรงดันที่กำลังใช้อยู่ ระวังอย่าสับสนเกี่ยวกับไฟดีซีและเอซี
- ค่าแรงดันที่อุปกรณ์ทนได้ และใช้ค่าวาริสเตอร์ที่มากกว่า เช่น ในงานทั่วไปใช้แรงดัน 240 โวลต์ และ 220 โวลต์ จะเลือกใช้วาริสเตอร์ขนาด 250 โวลต์
- หาค่ายอดกระแสสูงสุด และพลังงานที่ดูดกลืนไว้

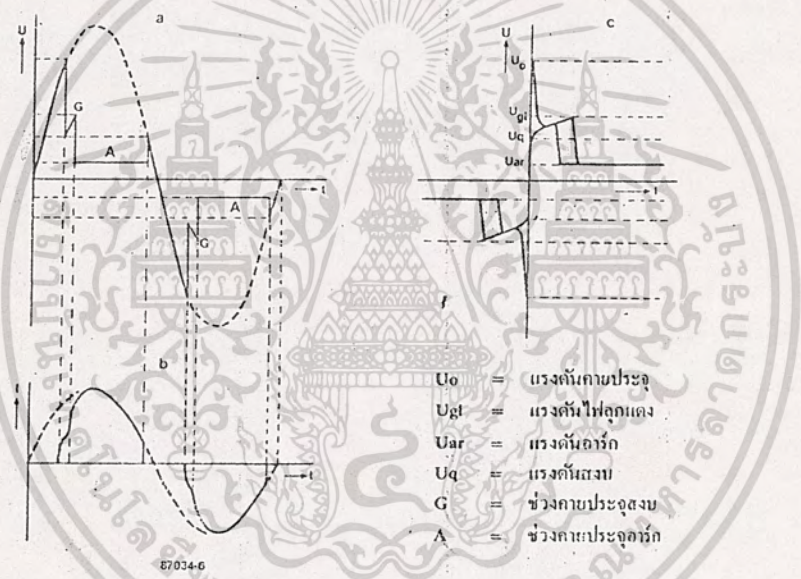
เลือกชนิดของวาริสเตอร์ตามคุณสมบัติของกราฟ U-I ซึ่งจะแสดงแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมวาริสเตอร์เมื่อมันนำกระแส ถ้าแรงดันมีค่าสูงกว่าค่าที่มันทนได้ก็เลือกตัวที่มีคุณสมบัติ U-I ที่เหมาะสม

ตัวจับไฟกระชากแบบบรรจุในเบิ้ลแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ชนิดนี้ใช้หลักการคายประจุของแก๊ส คือถ้ามีแรงดันกระชากเกิดขึ้นจะทำให้เกิดการอาร์คหรือไฟสปาร์ค อุปกรณ์ชนิดนี้ทนกระแสกระชากได้สูง ตัวจับไฟ

กระชากแบบบรรจุในเบิ้ลแก๊สเปรียบได้เป็นสวิตซ์สมมาตรที่มีค่าความเก็บประจุต่ำ ค่าความต้านทานจะลดลงทันทีทันใด จากค่ามากกว่า 10 กิกะโอห์ม ขณะแรงดันปกติลงไปยังค่าน้อยกว่า 0.1 โอห์ม หลังจากการอาร์คเนื่องจากแรงดันกระชาก และจะกลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกหลังจากแรงดันเข้าสู่สภาวะปกติ ในรูปที่ 6 แสดงคุณสมบัติของอุปกรณ์ชนิดนี้ขณะป้องกันแรงดันที่เป็นรูปไซน์รูปที่ 6(a) แสดงพฤติกรรมของแรงดัน และรูปที่ 6(b)แสดงกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ป้องกันแบบนี้

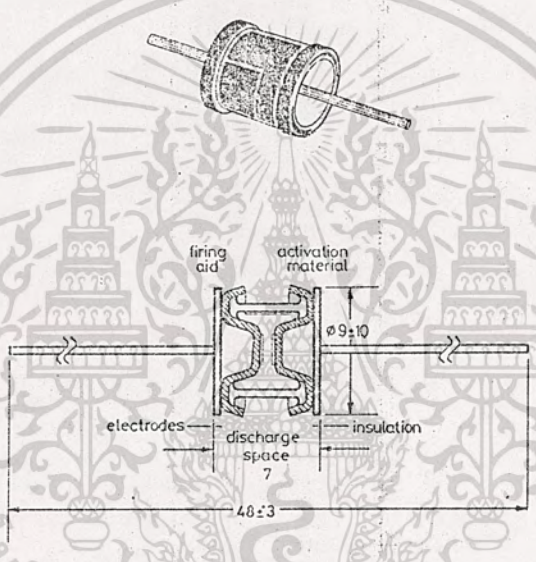


รูปที่ 6 แสดงผลตอบสนองของตัวจับแรงดันกระชากแบบบรรจุในเบิ้ลแก๊สต่อไฟเอซี

ในช่วงที่แรงดันมีค่าสูงสุดถึงจุดที่มันสปาร์คหรือแก๊สคายประจุ Uo (discharge voltage) จะยังไม่มีกระแสไหลหลังจากที่เกิดประกายไฟ แรงดันจะตกลงมาถึงระดับแรงดันไฟลุกแดง Ugl (glow voltage) ประมาณ 70-150 โวลต์ มีกระแสประมาณ 100 มิลลิแอมป์ ถึง 1.5 แอมป์ กระแสจะสูงขึ้นทำให้อยู่ในช่วงอาร์ก แรงดันจะตกลงเหลือ 10-20 โวลต์ และเมื่อกระแสตกลงจนต่ำกว่า

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

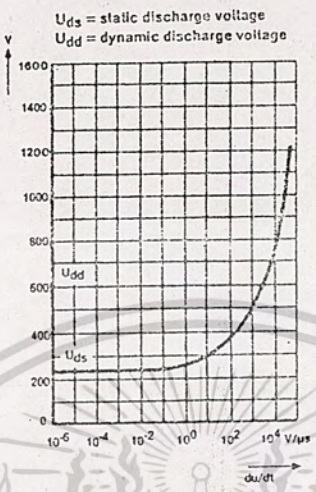
ค่าต่ำสุด 10-100 มิลลิแอมป์ ประกายไฟจะดับ หลังจากนั้นในเบิ้ลแก๊สจะเข้าสู่สภาวะปกติ รูปที่ 6(c) แสดงคุณสมบัติของกระแสและแรงดัน โดยนำ 2 กราฟมารวมกัน จะเห็นว่าแรงดันตกคร่อมจะตกลงมาอย่างรวดเร็วเมื่อเกิดประกายไฟ ซึ่งตรงข้ามกับวาริสเตอร์ โดยที่วาริสเตอร์จะรักษาระดับแรงดันให้คงที่ที่ค่า ๆ หนึ่ง



รูปที่ 7 แสดงโครงสร้างภายในของตัวจับแรงดันกระชากแบบบรรจุในเบิ้ลแก๊ส

คุณสมบัติทางไฟฟ้าในการคายประจุของแก๊สขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์รอบข้าง เช่น ชนิดของแก๊ส ความดัน ความชื้น และมลภาวะ ถ้าต้องการให้มีคุณสมบัติคงที่ต้องปิดผนึกสนิทไม่ให้มีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมรอบข้าง รูปที่ 7 เป็นโครงสร้างภายในของตัวจับไฟกระชากที่บรรจุในเบิ้ลแก๊สโดยถูกห่อหุ้มอย่างมิดชิด มีอิเล็กโตรดทั้ง 2 ด้านอยู่ในฉนวน ตัวช่วยให้เกิดประกายไฟอาจวางไว้ด้านในของฉนวน เพื่อให้มีความเร็วสูงในขณะเกิดปฏิกิริยา คุณสมบัติทางไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของแก๊ส ความดัน และวัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโตรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงแรงดันนำกระแสกับการเปลี่ยนแปลงแรงดันกับเวลา

รูปที่ 8 แสดงแรงดันขณะที่นำกระแสและอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันต่อเวลา (du/dt) จากรูปที่ 6

ตัวจับไฟกระชากแบบบรรจุในเบิ้ลแก๊สจะไม่หยุดการอาร์กจนกว่าค่าแรงดันตกคร่อมจะต่ำกว่าค่าแรงดันสงบ U_q (quench voltage) ถ้าเป็นไฟเอซีจะไม่มีปัญหา เพราะแรงดันจะต้องกลับไปเป็นศูนย์ แต่ถ้าเป็นไฟดีซีอาจจะมีค่าสูงกว่าค่า U_q ซึ่งจะทำให้เกิดการอาร์กตลอดเวลา แต่ปกติแหล่งจ่ายไฟจะมีความต้านทานภายในสูง ซึ่งเมื่อเกิดการอาร์กจะมีกระแสไหลสูงมาก แรงดันอาจจะตกลงไปต่ำกว่าแรงดันสงบ อย่างไรก็ตามวิธีแก้อีกอย่างหนึ่งก็คือการใช้ตัวจับไฟกระชากบรรจุในเบิ้ลแก๊สต่อร่วมกับวาริสเตอร์ จากรูปที่ 9 เป็นการป้องกันแรงดันไฟเกินโดยใช้อุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิดต่อร่วมกัน หลังจากพัลส์ที่รบกวนหายไป แรงดันตกคร่อมวาริสเตอร์จะยังคงมีค่าคงที่ แรงดันตกคร่อมในเบิ้ลแก๊สจะต่ำกว่าแรงดันสงบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟเอซี 220 โวลต์ปกติ เพราะเป็นอุปกรณ์ที่กินไฟต่ำ ในรูปที่ 11 เป็นการใช้วาริสเตอร์เพื่อป้องกันการอาร์กในดีซีมอเตอร์ โดยติดตั้งไว้ในตัวมอเตอร์ได้

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ เป็นหลักการเบื้องต้นของตัวป้องกันแรงดันไฟเกินที่มีใช้กันมากมายในปัจจุบัน เหตุที่เราต้องป้องกันไว้เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้ามีราคาแพงกว่า ดังสุภาษิตว่า **เสียน้อย เสียยาก เสียมากเสียง่าย** นั่นเอง

2. <u>ฟิลเตอร์</u>

ฟิลเตอร์ คือ วงจรที่ให้สัญญาณของความถี่บางย่านผ่านไปได้ และกั้นหรือทอนกำลังความถี่อื่น ๆ วงจรฟิลเตอร์สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

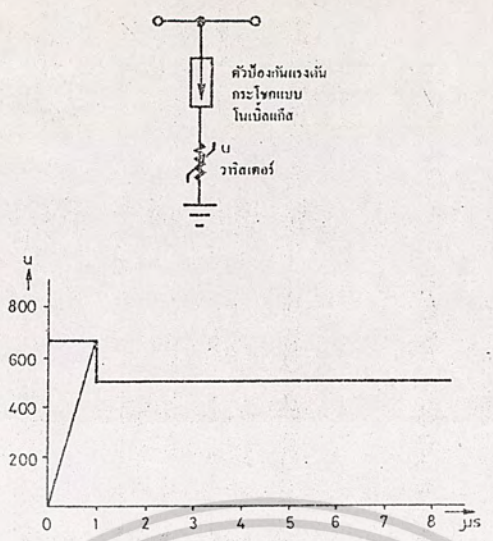
(ก) <u>พาสซีฟ ฟิลเตอร์</u> (Passive Filter) เป็นวงจรฟิลเตอร์ที่ใช้อุปกรณ์พาสซีฟ (Passive Device) ได้แก่ R, L และ C โดยวงจรใช้อุปกรณ์แอคทีฟ

(ข) <u>แอคทีบ ฟิลเตอร์</u> (Active Device) โดยวงจรใช้อุปกรณ์แอคทีฟ (Active Device) ที่มีคุณสมบัติเหมือนกับการใช้ L ร่วมกับ R และ C ประกอบเป็นวงจร อุปกรณ์แอคทีฟที่ใช้ได้แก่ ไอซี-ออป แอมป์ (Op - Amp) ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวงจรชนิดพาสซีฟ ฟิลเตอร์ เท่านั้น

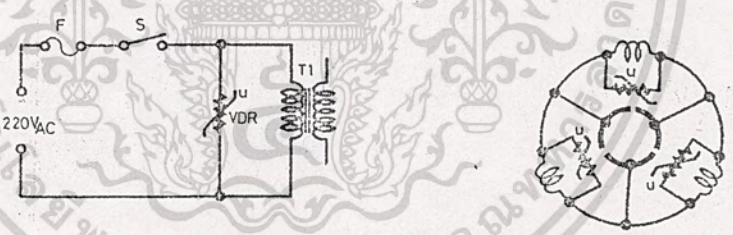
<u>แบบของฟิลเตอร์</u> สามารถแบ่งได้ 4 แบบ คือ

1. Low - Pass Filter
2. Hign - Pass Filter
3. Band - Pass Filter
4. Band - Stop or Band - Reject or Band Elimination Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงการใช้วาริสเตอร์ต่ออนุกรมกับโนเบิ้ลแก๊ส เพื่อใช้ป้องกันแรงดันไฟเกิน



รูปที่ 10 การใช้งานของวาริสเตอร์

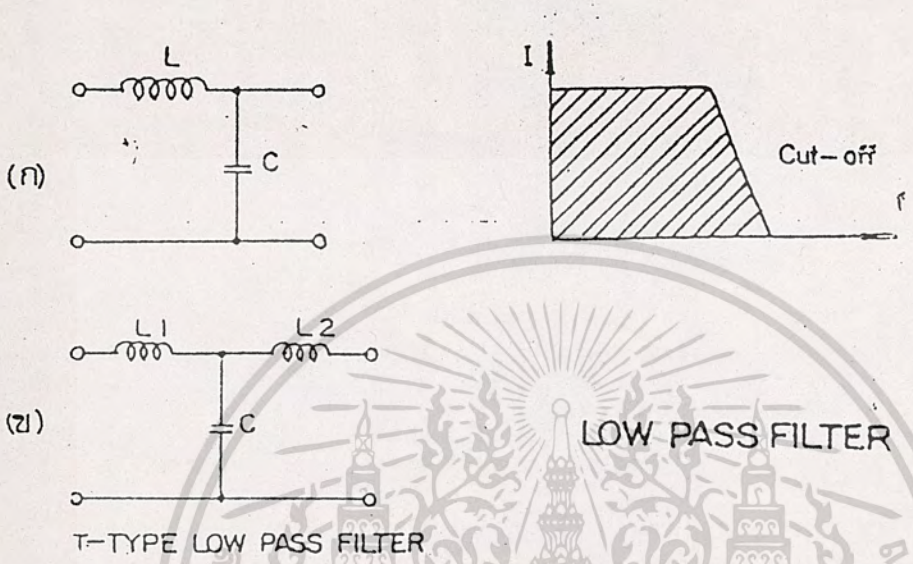
รูปที่ 11 การใช้วาริสเตอร์ เพื่อป้องกันไฟสปาร์กในดีซีมอเตอร์

การป้องกันแรงไฟเกินกับงานจริง

ในรูปที่ 10 เป็นตัวอย่างการใช้งานของวารีสเตอร์เพื่อใช้ป้องกันอันตรายจากแรงดันไฟเกินซึ่งได้ผลแน่นอนกว่าใช้ฟิวส์เพียงอย่างเดียว การวางอุปกรณ์ก็ง่าย การเลือกชนิดการใช้งาน ถ้าเป็นวงจรในรูปที่ 10 ก็ใช้วาริสเตอร์แบบที่ใช้กับ

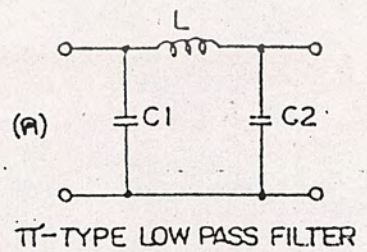
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low - Pass Filter เป็นวงจรกรองสัญญาณที่ให้ความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่กำหนดผ่านเท่านั้น



รูปที่ 1.3

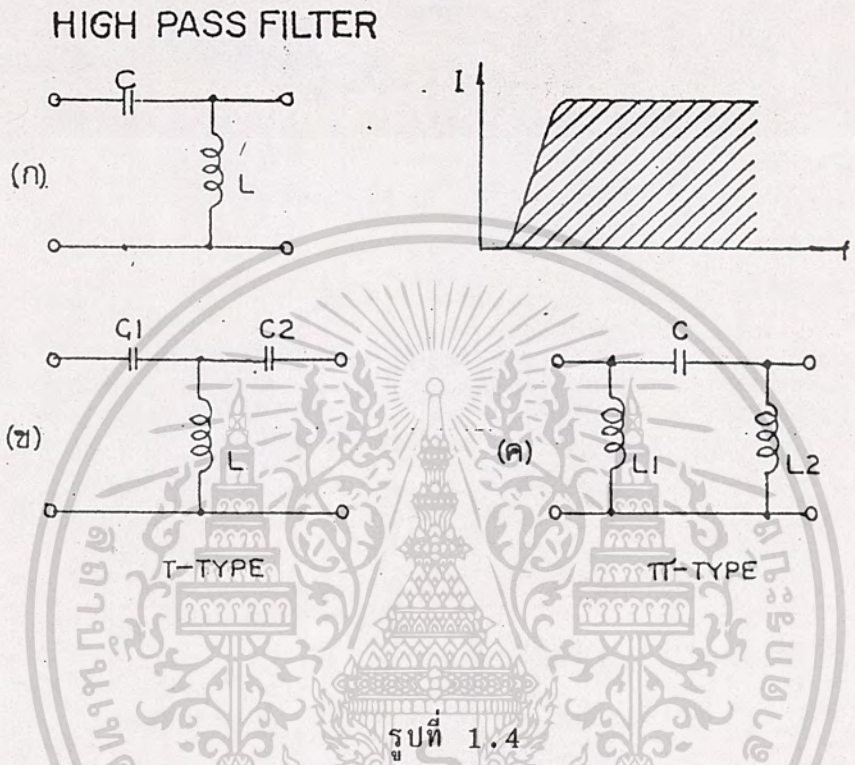
รูป 1.3 (ข) เป็น T. Type Low Pass Filter เนื่องจากรูป 1.3 (ก) ไม่สามารถกำจัดสัญญาณความถี่สูง ๆ ได้เด็ดขาดตรงจุด cut - off ทำให้ความถี่สูงยังผ่านไปได้ ดังนั้น เพื่อให้การฟิลเตอร์ดีขึ้นจึงเพิ่ม Inductance เข้าไปอีกตัว จึงเรียกวงจรนี้ว่าแบบ T ถ้าต้องการให้ผลดีก็ใช้หลาย ๆ ชั้น ซึ่งปกติใช้เพียง 2-3 ชั้นก็เพียงพอแล้ว



รูป 1.3 (ค) เป็น π Type Low Pass Filter วงจรนี้เพิ่ม Condenser เข้าไปขนานกับ Inductor ทั้ง 2 ข้าง ใช้ในวงจร Filter ของ Power Supply ทั่วไป

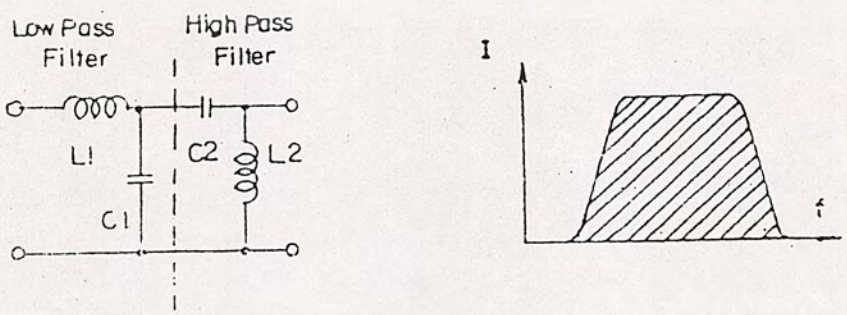
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>High - Pass Filter</u> เป็นวงจรกรองสัญญาณที่ให้ความถี่สูงกว่ากำหนดผ่านเท่านั้น



รูปที่ 1.4

<u>Band - Pass Filter</u> วงจรแบบนี้ยอมให้สัญญาณความถี่ในย่านหนึ่งที่กำหนดให้ผ่านไปได้ แต่สำหรับความถี่สูง หรือต่ำกว่าย่าน (Band) จะผ่านไม่ได้



รูปที่ 1.5

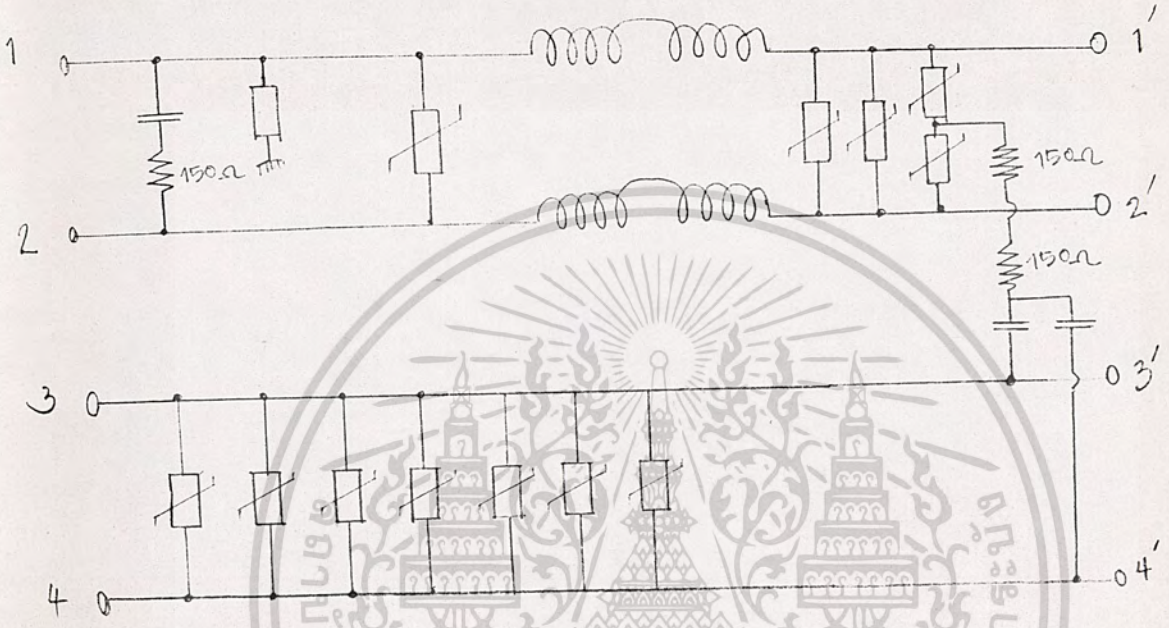
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>Band - Stop Filter</u> วงจรแบบนี้จะมีคุณสมบัติตรงข้ามกับวงจร Band - Pass Filter โดยจะไม่ยอมให้ความถี่ต่าง ๆ ในย่านที่กำหนดไว้ผ่านแต่ความถี่ที่สูงกว่า หรือต่ำกว่าย่านที่กำหนดไว้จะผ่านได้เสมอ

รูปที่ 1.6

ดังนั้น เพื่อให้เครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอัตโนมัติ สามารถป้องกันสัญญาณรบกวน จึงต้องมีส่วนของวงจรฟิลเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย (ดังจะกล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

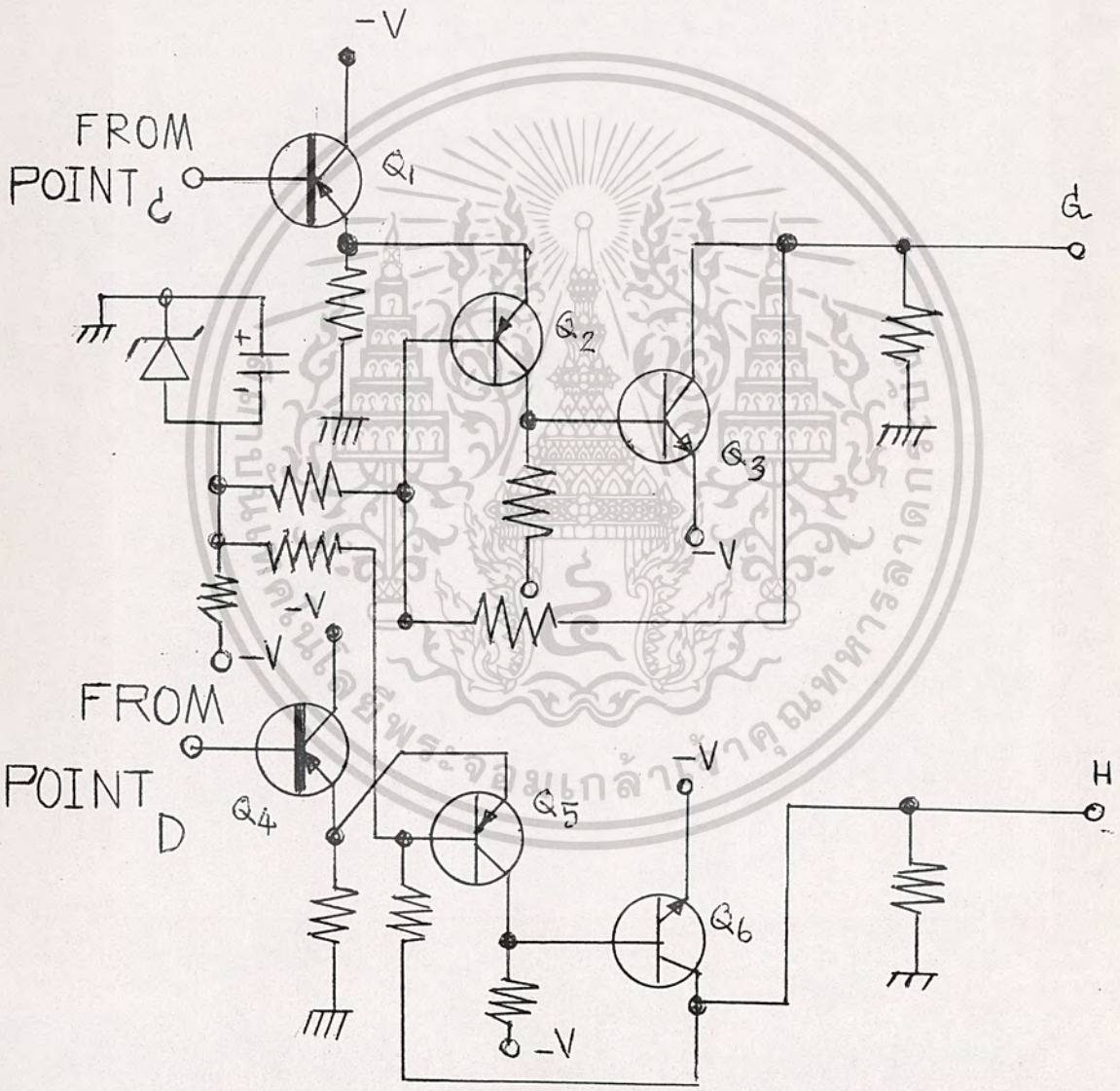


วงจร FILTER และป้องกันฟ้าผ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (VOLTAGE COMPARATORS CIRCUIT)

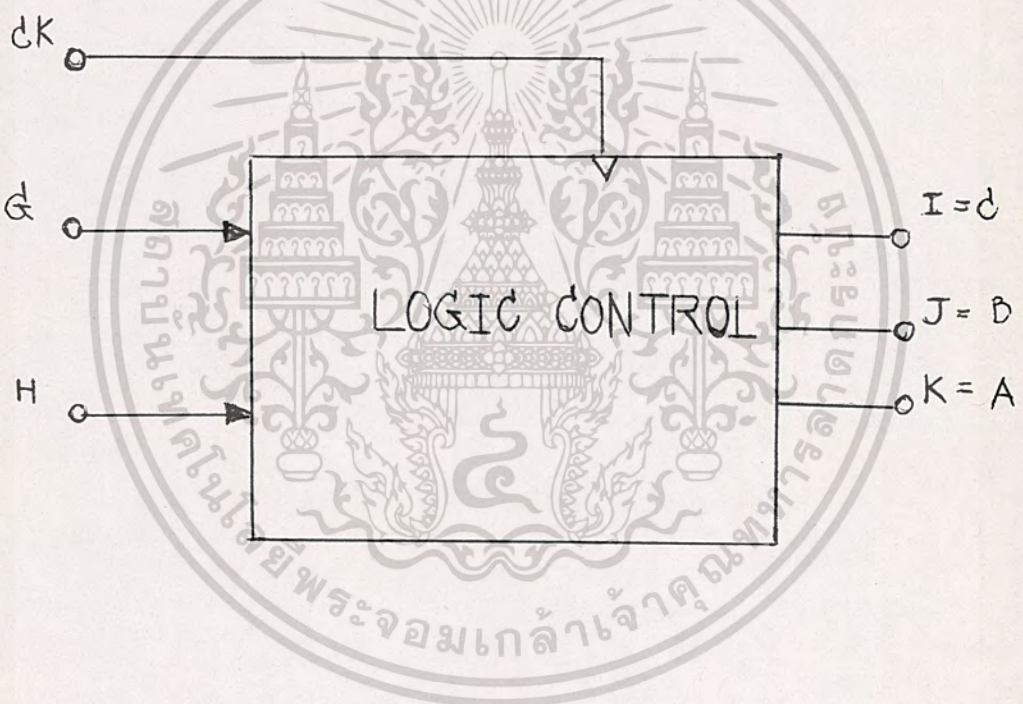
ตามรูป วงจรประกอบด้วย Q_1, Q_2, Q_3 และ Q_4, Q_5, Q_6 โดย Q_1, Q_2 และ Q_3 สำหรับเอาท์พุทที่จุด G และ Q_4, Q_5 และ Q_6 สำหรับเอาท์พุทที่จุด H



การทำงาน Q_1 ต่อเป็นวงจรแบบ COMMON COLLECTOR หรือเรียกว่า EMITTER FOLLOWER ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้ IMPEDANCE ด้านอินพุทสูง และเอาท์พุท IMPEDANCE ต่ำ อัตราขยายแรงดันประมาณ 1 และอัตราขยายกระแสประมาณ $1 + \beta_0$ สัญญาณที่ได้จากจุด C จะผ่านความต้านทานปรับค่าได้ สำหรับไบอัสให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q_1 ได้ สำหรับ Q_2 ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันที่ได้จาก Q_1 กับแรงดันอ้างอิงที่ต่ออยู่กับขา BASE ของ Q_2 ถ้าระดับ RIPPLE ที่เข้ามามากกว่าแรงดันอ้างอิง เอาท์พุทจาก Q_2 ก็จะเป็น PULSE เพราะฉะนั้น สัญญาณ PULSE ที่ขา C ของ Q_3 หรือที่จุด G ก็จะเป็นดังรูปคลื่นข้างล่าง และจุดเปรียบเทียบแรงดัน Q_4 , Q_5 และ Q_6 สำหรับเอาท์พุทที่จุด H ก็มีหลักการทำงานเหมือนกันกับ Q_1 , Q_2 และ Q_3 สำหรับความต้านทานที่ปรับค่าได้ ทั้ง 2 ตัวใช้สำหรับปรับการไบอัสการทำงานว่าจะให้วงจรทำงานที่ระดับแรงดันอินพุทเท่าไร ซึ่งทั้ง 2 ตัวนี้เวลาปรับจะสัมพันธ์กันเสมอ

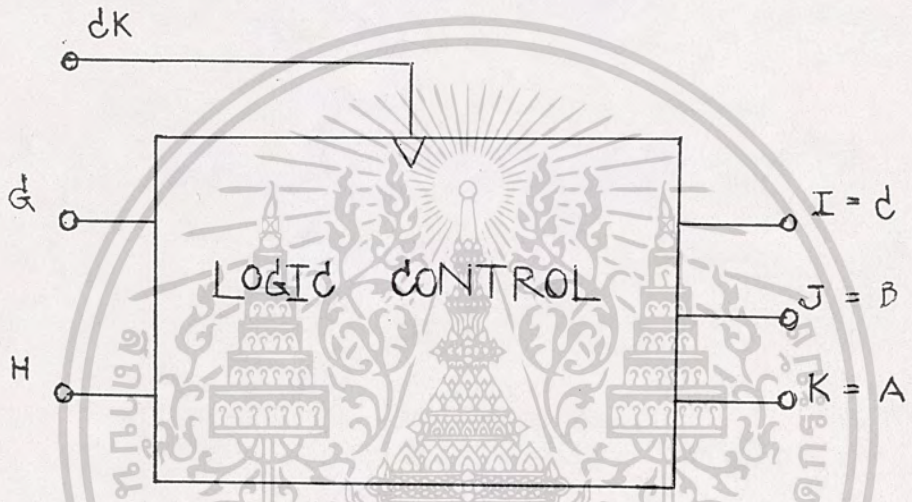


ตามรูป WAVE FORM ที่จุด G และ H จะพบว่าช่วงเวลา PULSE บวกที่จุด G จะมีค่าเวลาประมาณ 4ms ในสภาวะของแต่ละ TAP ซึ่งถ้าระดับแรงดันเปลี่ยนแปลงอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่าเวลานี้จะเปลี่ยนไป และ PULSE บวกที่จุด H ก็จะมีค่าประมาณ 3ms ในสภาวะของแต่ละ TAP ซึ่งถ้าระดับแรงดันเปลี่ยนแปลงอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่าเวลานี้ก็จะเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน เพราะฉะนั้นช่วงเวลาในการเปลี่ยน TAP แต่ละ TAP ก็จะไม่เกินเวลา 5ms โดยเวลาทั้งหมด = 20ms หรือ 50Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วงจรลอจิคควบคุม</u> (LOGIC CONTROL CIRCUIT)

วงจรลอจิคควบคุมเป็นส่วนหนึ่งซึ่งรับลอจิคอินพุทมาจากวงจรเปรียบเทียบแรงดัน คือ ที่จุด G และจุด H นำมาประมวลผลแล้วแยกระดับลอจิคเอาท์พุทออกไปเป็นที่จุด I, J และ K ซึ่งก็คือ TRUTH TABLE C, B และ A ตามลำดับ



ซึ่งการทำงานของวงจรก็จะเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงระดับ LOGIC ที่ขาต่าง ๆ ของ IC ซึ่งมีส่วนที่สัมพันธ์กันและซับซ้อนในการไล่ระดับ LOGIC เพราะฉะนั้นเมื่อเวลาแรงดันไฟ AC เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าเวลา PULSE ที่จุด G และ H จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้เกิดสภาวะระดับ LOGIC ที่จุด I, J และ K ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I = C	J = B	K = A
-5V	-5V	-5V
-5V	-5V	0V
-5V	0V	-5V
-5V	0V	0V
0V	-5V	-5V
0V	-5V	0V
0V	0V	-5V
0V	0V	0V

ตารางแสดงระดับ LOGIC -5V = LOGIC 0

0V = LOGIC 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ระดับ LOGIC ที่ C, B และ A ตามลำดับแล้ว ซึ่งระดับ LOGIC นี้จะนำมาควบคุม IC 7415138 ซึ่งจะทำให้ได้ระดับ LOGIC ที่เอาท์พุท Y_0 ถึง Y_7 ที่เป็นระดับแรงดัน -5V ซึ่งเท่ากับระดับ LOGIC "0" และที่ระดับแรงดัน 0V จะเท่ากับระดับ LOGIC "1" ตามตารางดังนี้

C	B	A	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7
-5V	-5V	-5V	-5V	0V	0V	0V	0V	0V	0V	0V
-5V	-5V	0V	0V	-5V	0V	0V	0V	0V	0V	0V
-5V	0V	-5V	0V	0V	-5V					
-5V	0V	0V			0V	-5V				
0V	-5V	-5V				0V	-5V			
0V	-5V	0V					0V	-5V		
0V	0V	-5V						0V	-5V	
0V	0V	0V							0V	-5V

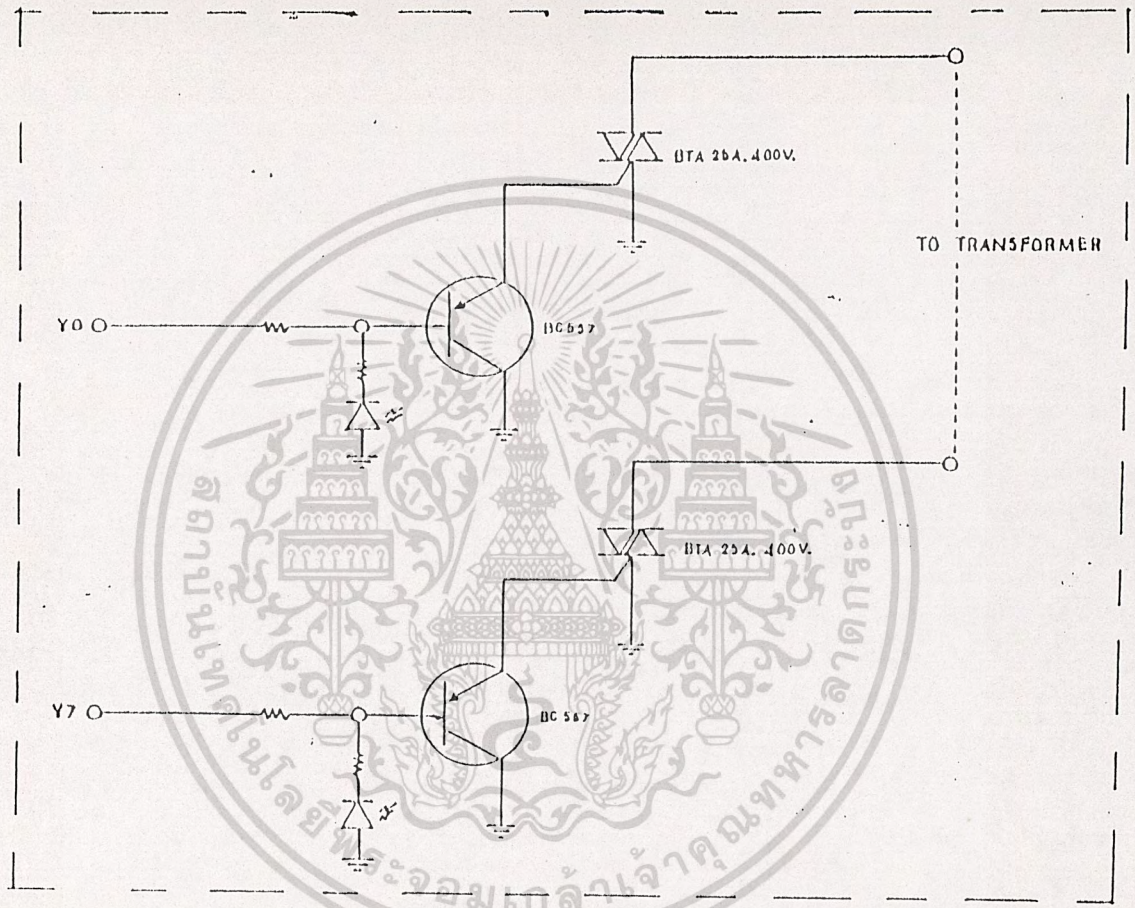
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมแรงดันไฟตกและไฟเกิน

โดยทั่วไปแล้วเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด จะยินยอมให้แรงดันขาเข้าเปลี่ยนแปลงได้อย่างจำกัดประมาณ –10% ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายจึงต้องเพิ่มวงจรป้องกันกรณีไฟที่เข้ามาสูง หรือต่ำเกินกำหนดเรียกว่า "UP-DOWN VOLTAGE PROTECTION" ตามรูป เป็นวงจร UP-DOWN VOLTAGE PROTECTION โดยมี VIN รับแรงดันอินพุทมาจาก BRIDGE DIODE โดยมี C ทำหน้าที่ FILTER แรงดันให้เรียบ โดยแรงดันนี้จะถูกป้อนเข้าสู่ OP-AMP ทั้ง 2 ตัว ซึ่งทำหน้าที่เป็น WINDOW COMPARATOR โดย IC OP-AMP ตัวที่ 1 ทำหน้าที่ตรวจจับแรงดันสูงกว่าปกติ โดยอินพุทป้อนเข้าทางขา NON-INVERTING และเปรียบเทียบแรงดันที่เรา FIXED ค่าไว้ที่ขา INVERTING เพราะฉะนั้น ถ้าแรงดันที่เอาท์พุทสูงกว่า +10% ของ 220VAC จะทำให้เอาท์พุทออกเป็น HIGH ส่วนเอาท์พุทของ IC 2 จะเป็น LOW เพราะตัวนี้จะตรวจจับแรงดันต่ำกว่า -10% แต่ถ้าแรงดัน AC เอาท์พุทต่ำกว่า -10% ของ 220V โดยป้อนแรงดันเข้าที่ขา INVERTING ถ้าต่ำกว่า -10% จะทำให้แรงดันที่ขา NON-INVETING สูงกว่า เพราะฉะนั้น เอาท์พุทจะเป็น HIGH ซึ่งทั้งสภาวะแรงดันสูงกว่า +10% และต่ำกว่า -10% ของเอาท์พุท 220VAC ก็จะทำให้เอาท์พุทของทั้ง 2 ออกเป็น HIGH ก็จะสั่งให้ RELAY ตัดหน้า CONTACT ออกจากวงจร POWER หยุดจ่ายแรงดัน พร้อมกันนั้นก็จะมีเสียงเตือนดัง

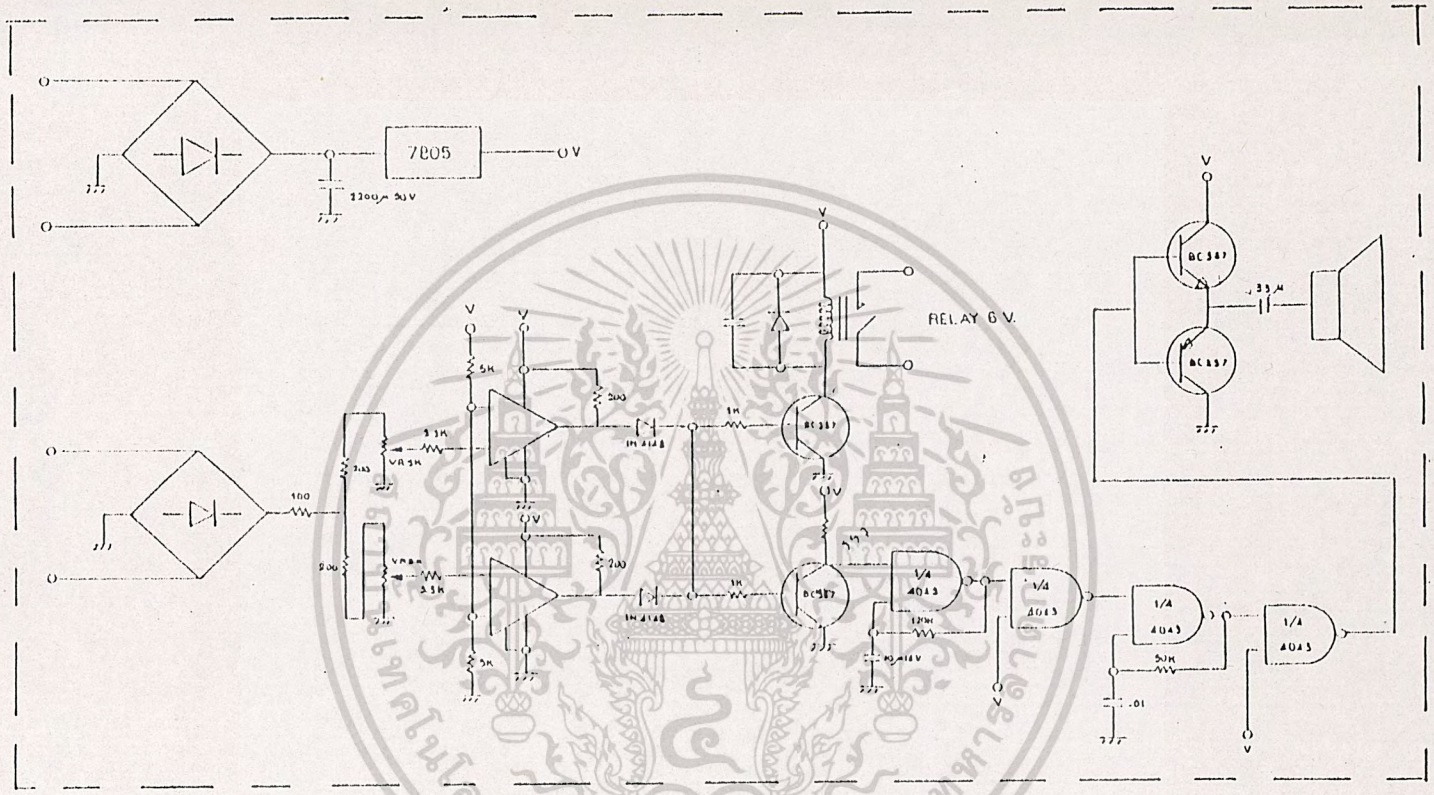
ส่วนการป้องกัน เมื่อ LOAD เกิน เราจะใช้ FUSE เป็นตัวป้องกันเมื่อกระแสเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



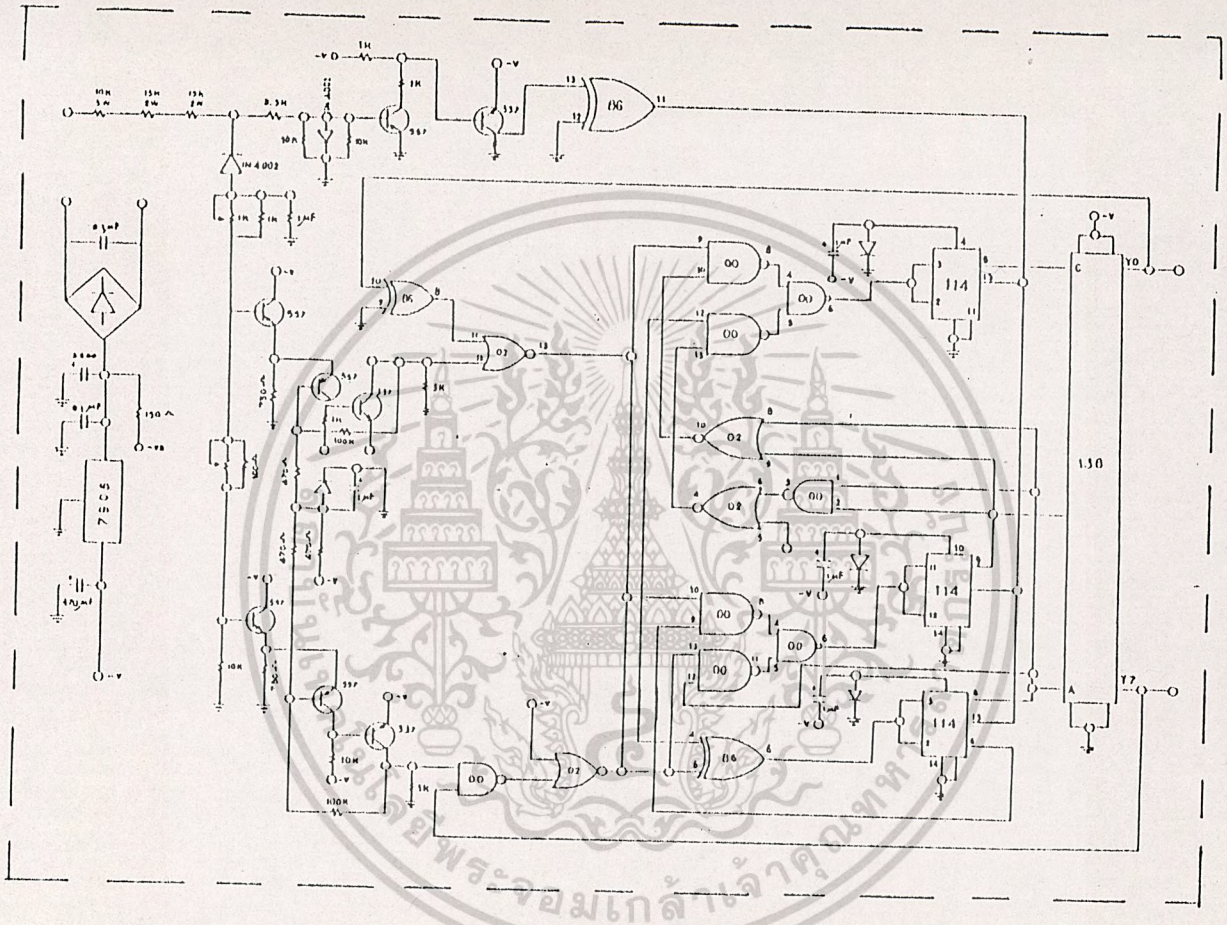
STATIC SW. CONTROL

วงจร STATIC SW.CONTROL ทำหน้าที่ควบคุมเลือก STATIC SW. TAP ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าด้าน OUTPUT



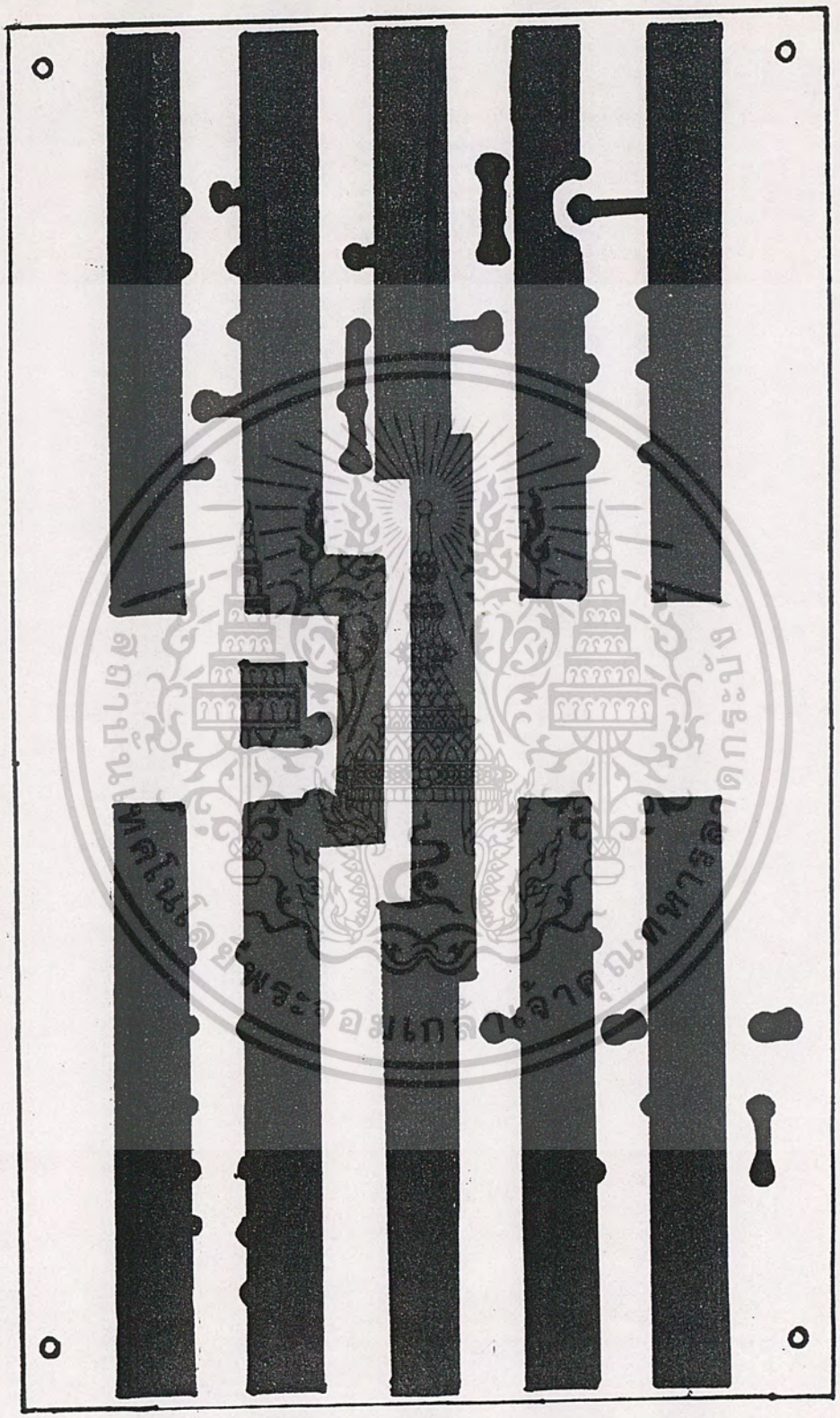
ALARM & SHUTDOWN CONTROL

วงจร ALARM & SHUTDOWN CONTROL ทำหน้าที่ควบคุมวงจรระบบรักษาความปลอดภัยของ LOAD และทำหน้าที่ส่งสัญญาณเตือน



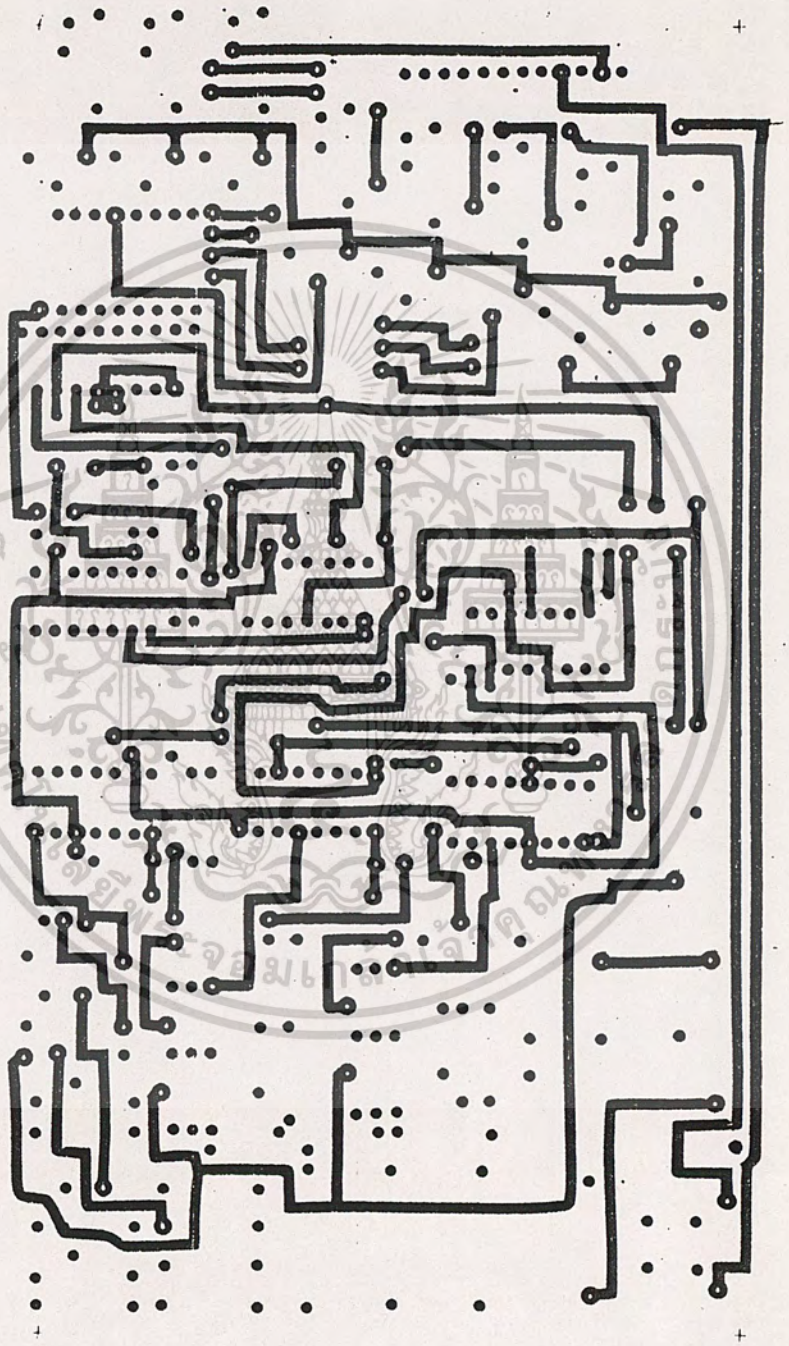
VOLTAGE CONTROL

วงจร VOLTAGE CONTROL ทำหน้าที่รับแรงดัน INPUT และปรับระดับควบคุมแรงดัน OUTPUT



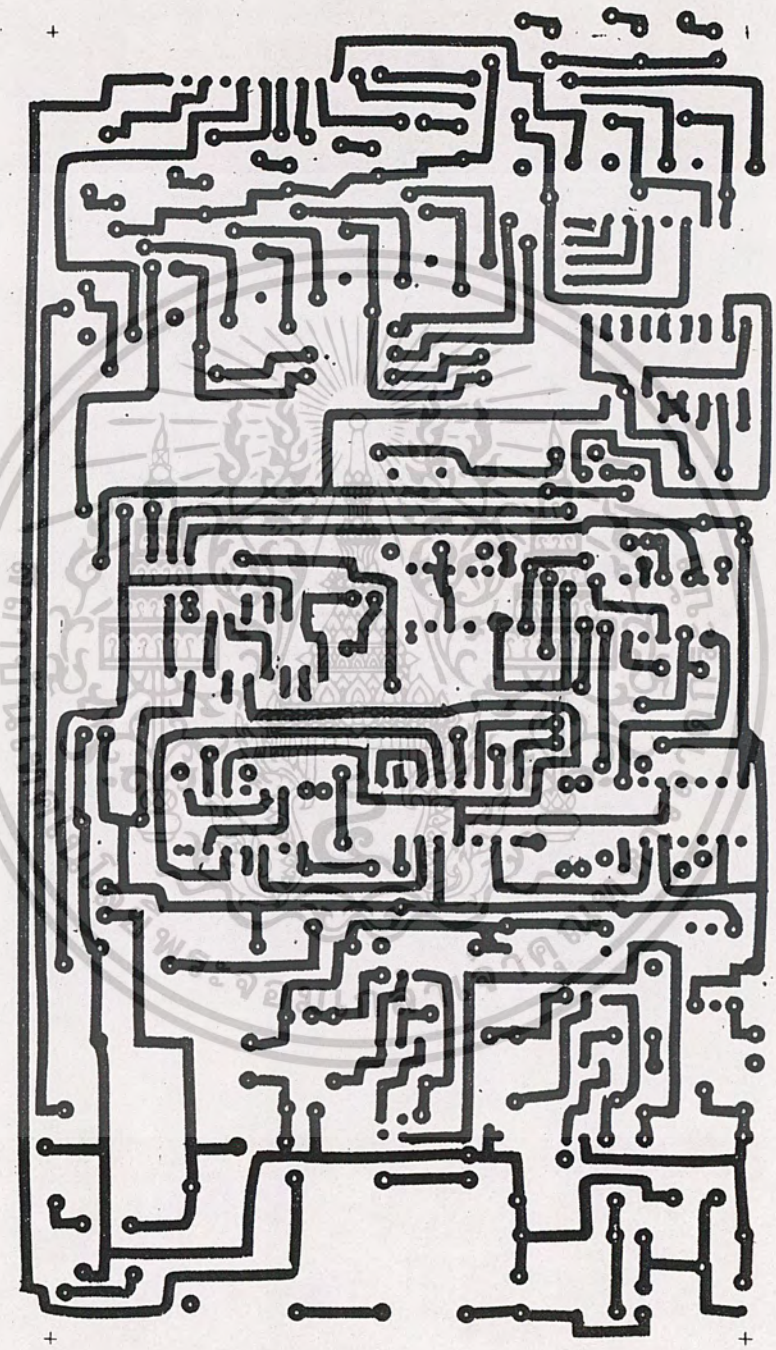
ลายปริ้นของวงจร FILTER และป้องกันฟ้าผ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดง ลายทองแดงด้านบนของ VOLTAGE CONTROL



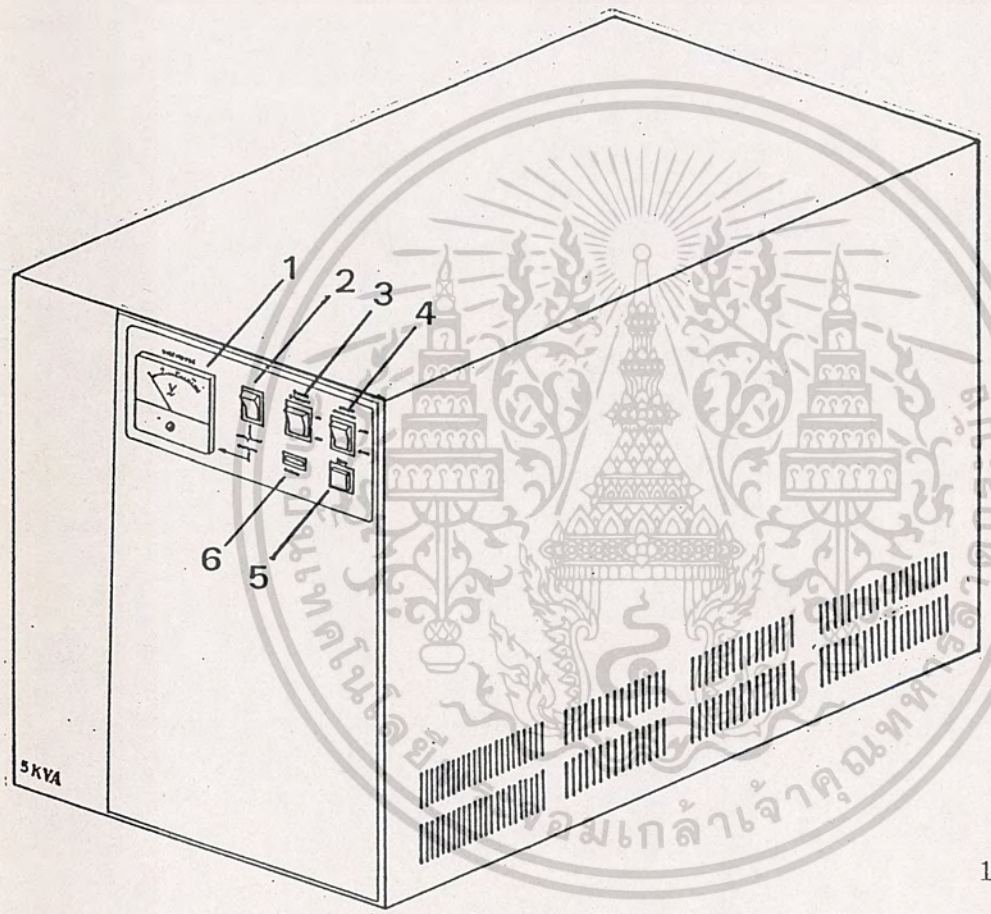
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดง ลายทองแดงด้านล่างของวงจร VOLTAGE CONTROL

บทที่ 4

การนำเครื่องไปใช้งาน

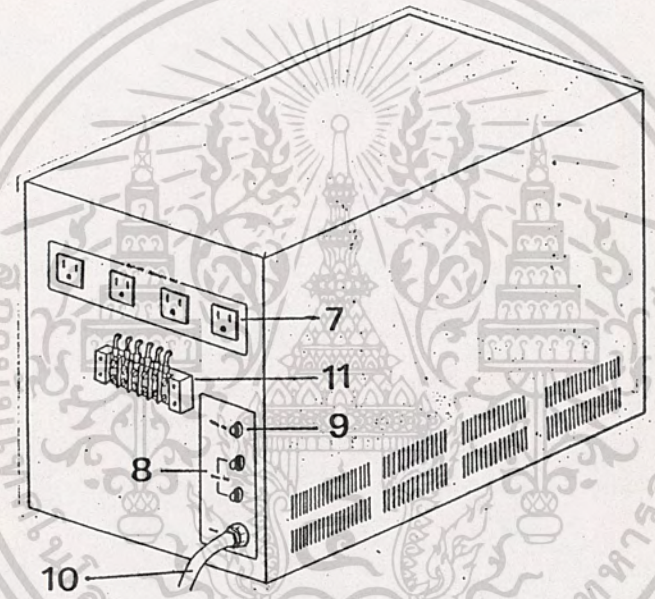
ภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนตัวเครื่อง



1. INPUT/OUTPUT VOLTAGE METER
2. SELECT SW.
3. POWER SW.
4. RESET SELECTOR SW.
5. RESET SW.
6. INDICATOR OUTPUT
7. PLUG OUTPUT
8. MAIN FUSE
9. SPIKE FUSE
10. AC INPUT
11. TERMINAL

ด้านหน้า (ขนาด 5 KVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ด้านหลัง (ขนาด 5 KVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการ เปิด-ปิด เครื่อง

เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า มีลักษณะการเปิดเครื่อง 2 ลักษณะให้เลือก
คือ แบบที่ 1 แบบ MANUAL RESET
แบบที่ 2 แบบ AUTO RESET

1. ขั้นตอนการเปิดเครื่อง แบบที่ 1

1.1 ก่อนที่จะเปิดเครื่องให้ตรวจดูว่า อุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์ต่าง ๆ ที่ต่อพ่วงจากเครื่องอยู่ในสภาพ OFF หมดทุกเครื่อง

1.2 เปิด RESET SELECTOR SW. ไปยังตำแหน่ง MANUAL

1.3 เปิด POWER SW. ไปยังตำแหน่ง ON จะมีสัญญาณเสียง ปี๊บ....ปี๊บ เกิดขึ้น

1.4 กด RESET SW. แช่ไว้ประมาณ 1 วินาที

1.5 สังเกตดูว่า INDICATOR "OUTPUT" จะติดสว่าง แสดงว่ามีไฟออกจากตัวเครื่องแล้ว

1.6 เปิด POWER SW. ของอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงต่าง ๆ

2. ขั้นตอนการเปิดเครื่อง แบบที่ 2

2.1 ก่อนที่จะเปิดเครื่อง ให้ตรวจดูว่าอุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์ต่าง ๆ ที่ต่อพ่วงจากเครื่องอยู่ในสภาพ OFF หมดทุกเครื่อง

2.2 กด RESET SELECTOR SW. ไปยังตำแหน่ง AUTO

2.3 เปิด POWER SW. ไปยังตำแหน่ง ON

2.4 สังเกตดูว่า INDICATOR "OUTPUT" จะติดสว่าง แสดงว่ามีไฟออกจากตัวเครื่องแล้ว

2.5 เปิด POWER SW. ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่อพ่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนการปิดเครื่อง

เมื่อต้องการที่จะปิดเครื่อง ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

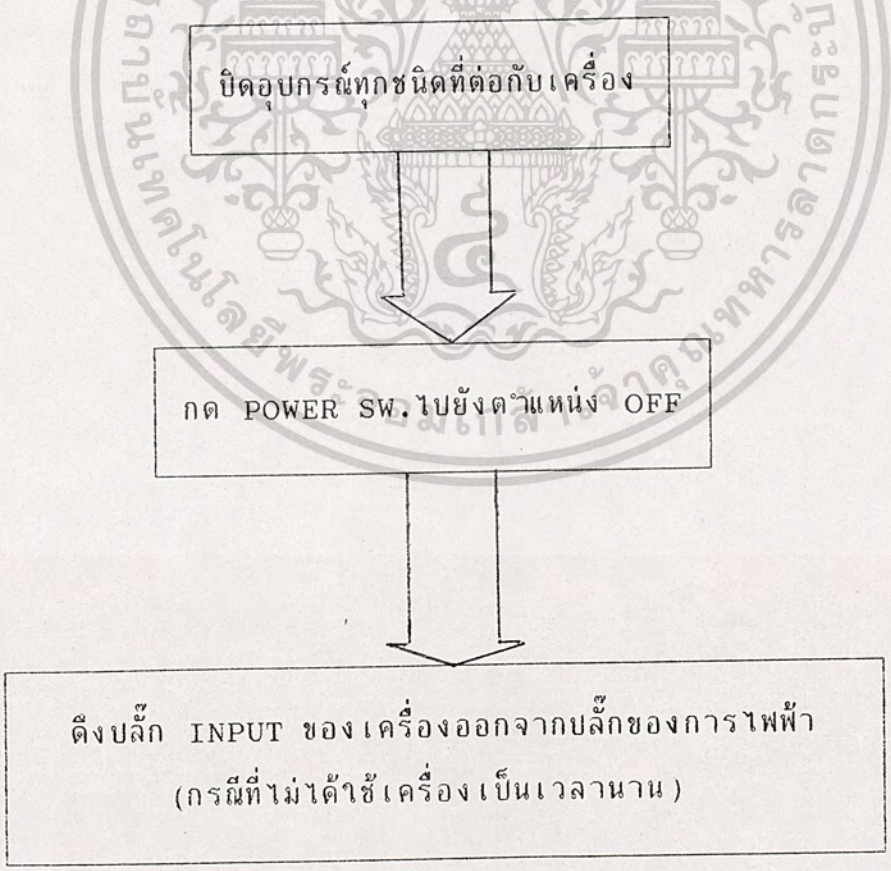
3.1 ปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่อพ่วงกับเครื่องทุกเครื่อง

3.2 กด POWER SW. ไปยังตำแหน่ง OFF

หมายเหตุ

ในกรณีที่ไม่ได้ใช้เครื่องเป็นเวลานาน ๆ ให้เราดึงปลั๊ก INPUT ของเครื่องออกจากปลั๊กของการไฟฟ้าด้วย ทั้งนี้เพื่อป้องกันกรณีที่แรงดันไฟสูงมากเข้าเครื่อง

ภาพแสดงขั้นตอนการปิดเครื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

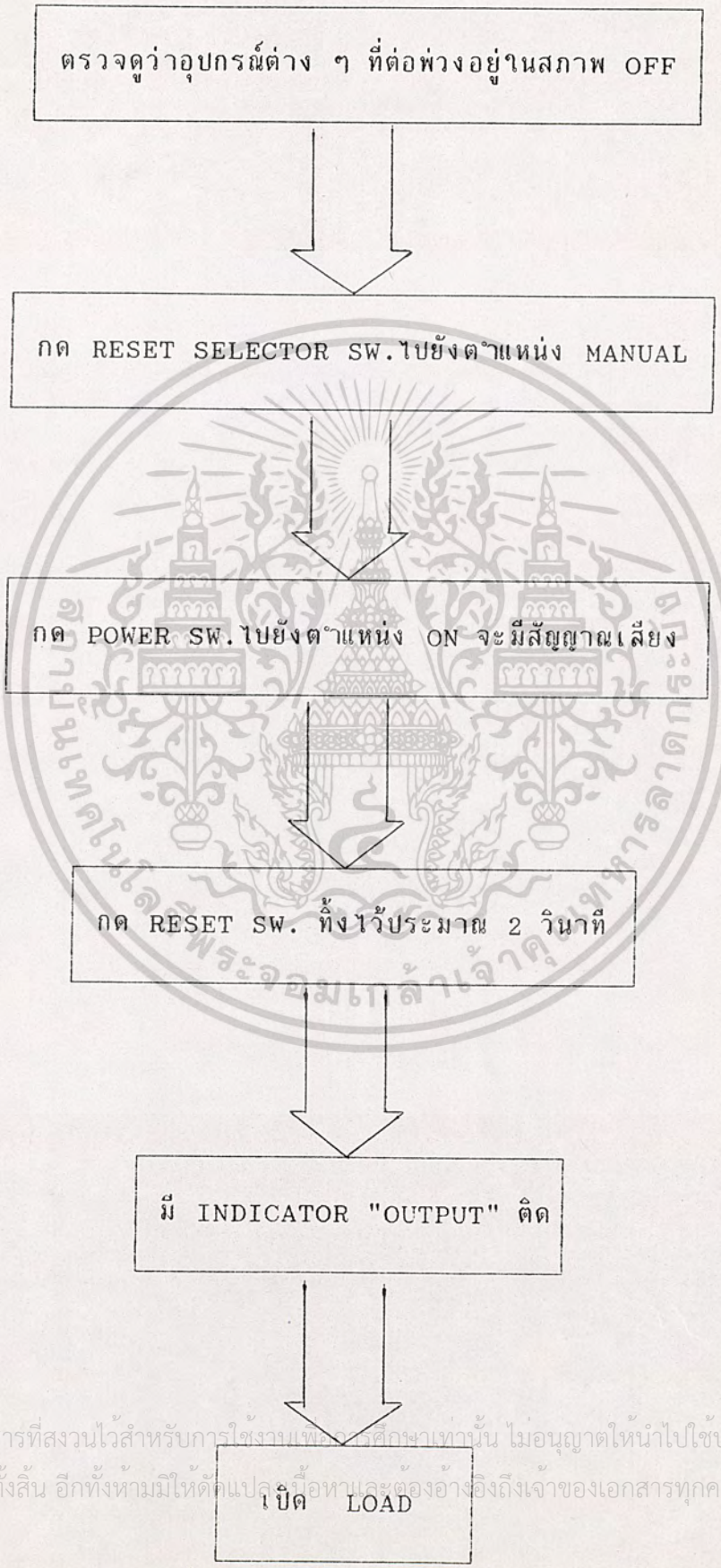
ข้อควรสังเกต

สำหรับการเปิดเครื่องแบบที่ 1 นั้น กรณีที่เกิดไฟดับและไฟกลับมาใหม่ เครื่องจะมีสัญญาณเตือนดัง ปี๊บ.....ปี๊บ จะต้องกด RESET SW.แช่ทิ้งไว้ ประมาณ 1 วินาที จน INDICATOR "OUTPUT" ติดสว่าง เครื่องจึงจะจ่ายไฟออกทางด้าน OUTPUT สำหรับการเปิดเครื่องแบบที่ 2 นั้น กรณีที่เกิดไฟดับและไฟกลับมาใหม่เครื่องจะเปิดตัวเอง และจ่ายไฟออกทาง OUTPUT เองโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

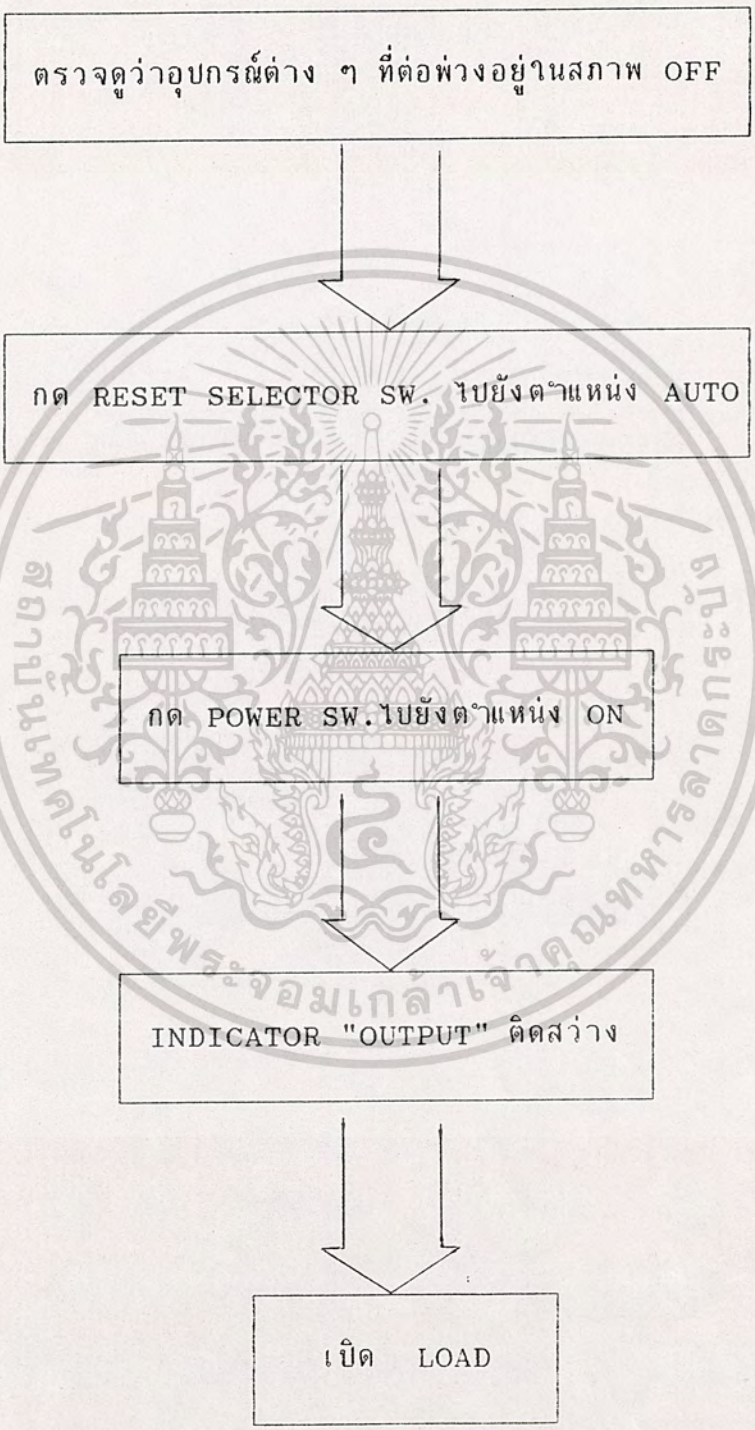
ภาพแสดงขั้นตอนการเปิดเครื่องแบบที่ 1 และแบบที่ 2

แบบที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

ปัญหา กรณีที่เป็นการเปิดเครื่องแบบ MANUAL เมื่อกด POWER SW.ไปยังตำแหน่ง ON แล้วไม่ได้ยินสัญญาณเสียงดัง ปี๊บ.....ปี๊บ

แนวทางแก้ไข ตรวจดูการเสียบปลั๊ก หรือการต่อสายต่าง ๆ ว่าถูกต้องและแน่นหรือไม่ ถ้าไม่แน่นให้แก้ไขให้แน่น จากนั้นทดลองเปิด POWER SW.ใหม่ ถ้ายังไม่มีสัญญาณเสียงเตือนอีก ให้ตรวจดู MAIN FUSE ทางด้านหลัง ถ้า FUSE ขาดให้เปลี่ยนใส่ใหม่ตามขนาด

ปัญหา กรณีที่เป็นการเปิดเครื่องแบบ MANUAL POWER SW.แล้วมีสัญญาณเสียงเกิดขึ้น แต่เมื่อกด RESET SW.แล้ว สัญญาณเสียงไม่เงียบหายไป และไม่มีไฟจ่ายออกทางด้าน OUTPUT ของเครื่อง

แนวทางแก้ไข ให้กด RESET SW.แช่ไว้ประมาณ 2-3 วินาที แล้วปล่อย ถ้าปล่อยแล้วปรากฏว่าเสียงยังไม่เงียบ ให้ตรวจ SPIKE FUSE ทางด้านหลัง ถ้า FUSE ขาดให้เปลี่ยนใส่ใหม่ตามขนาด ถ้า SPIKE FUSE ไม่ขาดให้ตรวจดูว่าแรงดันทางด้าน INPUT ของเครื่องต่ำกว่า 175 VOLTS หรือสูงกว่า 265 VOLTS หรือไม่ ถ้าแรงดันต่ำกว่า 175 VOLTS หรือสูงกว่า 265 VOLTS ให้รอจนแรงดันไฟฟ้า INPUT ของเครื่องอยู่ในช่วง 176-264 VOLTS แล้วค่อยกด RESET SW. ใหม่

หมายเหตุ

ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้าน INPUT ของเครื่องต่ำกว่า 175 V. หรือสูงกว่า 265 V.เครื่องจะหยุดการทำงานทันทีโดยอัตโนมัติ คือ จะไม่จ่ายไฟออกทางด้าน OUTPUT ทั้งนี้เพราะเครื่องมีวงจรป้องกันไฟที่ออกจากเครื่องไม่ให้ต่ำกว่า 198 VOLTS หรือสูงกว่า 242 VOLTS ซึ่งถ้าเกินกว่านี้จะมีผลทำให้อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ต่าง ๆ เสียหายได้ (แรงดันไฟทางด้าน INPUT ของเครื่องไฟ ถ้าต่ำกว่า 175 VOLTS หรือสูงกว่า 265 VOLTS ทำให้เครื่องจ่ายไฟออกต่ำกว่า 198 VOLTS หรือสูงกว่า 242 VOLTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ปัญหา</u> กรณีที่เป็นการเปิดเครื่องแบบ MANUAL เมื่อเกิดไฟดับแล้วไฟมาใหม่ จะมีสัญญาณเสียง แต่พอกด RESET SW.แล้ว INDICATOR "OUTPUT" ไม่ติดและไม่มีไฟออกจากตัวเครื่อง

<u>แนวทางการแก้ไข</u> ให้ตรวจดู SPIKE FUSE ทางด้านหลัง ถ้า FUSE ขาดให้เปลี่ยนใส่ใหม่ตามขนาด

<u>ปัญหา</u> กรณีที่เป็นการเปิดเครื่องแบบ AUTO เมื่อเกิดไฟดับและไฟมาใหม่ ปรากฏว่า INDICATOR "OUTPUT" ไม่ติด และไม่มีไฟออกจากตัวเครื่อง

<u>แนวทางแก้ไข</u> ให้ตรวจดู SPIKE FUSE ทางด้านหลัง ถ้า FUSE ขาด ให้เปลี่ยนใส่ใหม่ตามขนาด

<u>ปัญหา</u> มีแรงดันไฟฟ้า OUTPUT ไม่สม่ำเสมอ เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จนอุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์ต่าง ๆ ทำงานผิดพลาด

<u>แนวทางแก้ไข</u> ตรวจดูแรงดันไฟฟ้าทางด้าน INPUT ว่ามีการเปลี่ยนแปลงสูง-ต่ำ มากหรือไม่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมากให้หยุดการใช้งานสักระยะหนึ่ง รอจนกระทั่งแรงดันกลับสู่สภาวะปกติเสียก่อน จึงค่อยเปิดเครื่องใช้งานใหม่

<u>ปัญหา</u> เครื่องตัดการจ่ายไฟบ่อย

<u>แนวทางแก้ไข</u> เนื่องจากเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า มีระบบ VOLTAGE SETTING RANGE โดยตั้งไว้ที่ 198-242 VOLTS ซึ่งถ้ามีแรงดันไฟฟ้า OUTPUT ต่ำกว่า 198 VOLTS หรือสูงกว่า 242 VOLTS ระบบนี้จะทำการตัดการจ่ายไฟโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลอง และผลการทดลอง

การทดลองระบบควบคุมแรงดัน

1) ต่อ VOLT-SLIDER เข้าระหว่าง AC INPUT VOLTAGE กับเครื่องรักษาระดับแรงดัน

2) เปิดสวิทช์เพาเวอร์ เครื่องเริ่มทำงาน TAP-POINT INDICATOR ต้องติดสว่าง ณ ตำแหน่งใดก็ได้ ใน TAP1 - TAP8 เมื่อเรา SLID VOLT ทางอินพุท ณ ตำแหน่งใด

3) ปรับ SLIDE VOLTS ไปมา เราจะสังเกตเห็น LED ที่แสดงผลแต่ละ TAP เปลี่ยนแปลงไปมาตามการปรับ VOLTAGE และบันทึกผลค่าอินพุท และเอาท์พุทโวลท์เตจ เมื่อมีการเปลี่ยน TAP ทุกครั้ง

4) เพิ่มอินพุทโวลท์เตจ จนกระทั่งวงจร PROTECTION ตัดการทำงาน เมื่อเอาท์พุทโวลท์เตจเกิน 242 V.บันทึกค่าอินพุทจุดนี้ไว้

5) ลด VOLT - SLIDER ลง แล้วลดอินพุทโวลท์เตจไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเอาท์พุทโวลท์เตจต่ำกว่า 198 V.วงจร PROTECTION จะตัดการทำงานทันที บันทึกค่าอินพุท VOLTS ที่จุดนี้ไว้

6) นำผลที่ได้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุท และเอาท์พุทโวลท์เตจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

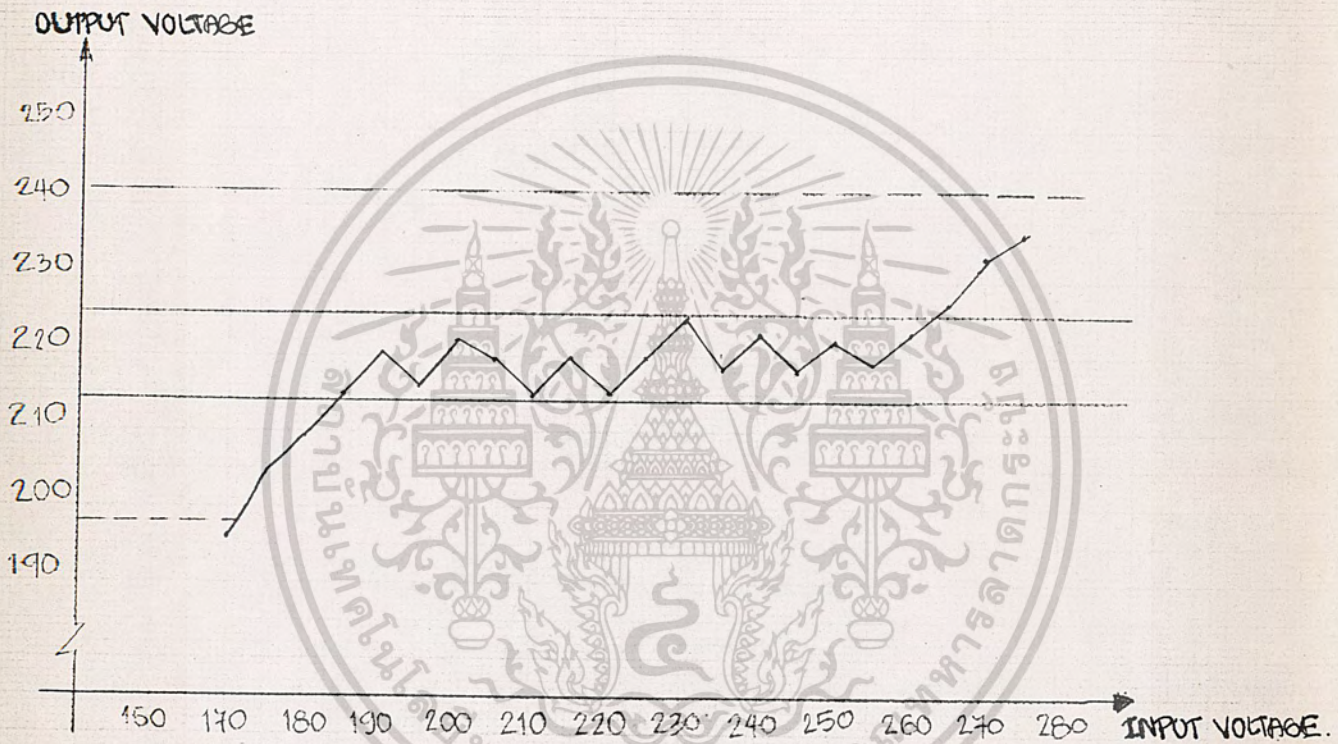
VIN	VOUT (NO LOAD)	VOUT (KW)
160	192	0
165	195.3	0
170	201.3	196.7
175	205.9	204.7
180	211.9	209.2
185	217.9	214.9
190	223.7	220.8
195	220.1	216.7
200	224.6	222.4
205	220.4	219.7
210	217.2	214.5
215	221.6	219.8
220	216.9	215.0
225	222.1	220.0
230	216.7	224.2
235	220.5	218.0
240	215.6	223.7
245	220.7	218.3
250	216.1	222.0
255	221.2	219.1
260	226.1	223.5
265	229.5	227.7
270	234.1	233.0
275	239.4	236.5
279		
280	ตัดการทำงาน 242	ตัดการทำ

ตารางเมื่อทดสอบขณะมี LOAD 3 KW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง INPUT & OUTPUT VOLTAGE ที่ NO LOAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง INPUT & OUTPUT VOLTAGE ที่ LOAD 3 KW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลและวิจารณ์

จากผลการสร้างและทดลอง พอจะสรุปได้ดังนี้

1) วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า ใช้ AUTO - TRANSFORMER ร่วมกับ ISALATION TRANSFORMER OR BUCK-BOOST TRANSFORMER ซึ่งทั้ง 2 ตัวนี้ สามารถจ่ายโหลดได้มาก ประมาณ 6 KVA ข้อมูลนี้ได้มาจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ แต่ในการทดลองจริง ๆ นั้น เราไม่สามารถหา SLID VOLT ขนาด 5 KW ได้ แต่ที่ทดลองใช้แค่ 3 KW และ LOAD 5 KW ก็ไม่สามารถหาได้เพราะมีราคาแพง แต่ทดลองใช้ขนาด 3 KW ในการทดลองเพื่อหาระดับเอาท์พุทวอลท์เตจที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้ง NO-LOAD และ มี LOAD

2) การออกแบบและคำนวณ TRANSFORMER ทั้ง 2 ตัวนั้น มีความยุ่งยากมากในการคำนวณ และในการสั่งพัน บางครั้งพันแล้วใช้ไม่ได้ โดยเฉพาะ PROJECT นี้ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเอาท์พุทวอลท์เตจ $\pm$ 2.5%

3) ผลการทดสอบเครื่อง ได้ผลดังนี้

- ย่านแรงดันอินพุทใช้งานของ LOAD 195.3 - 240 VOLTS
- แรงดันเอาท์พุท 220 V. $\pm$ 2.5%
- เวลาในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในแต่ละ TAP ไม่เกิน 5 MS
- รูปร่างของสัญญาณเอาท์พุท SINE WAVE
- กำลังเอาท์พุทสูงสุด 5 KVA
- การป้องกัน OVER LOAD และ SPIKE VOLTAGE จะใช้ FUSE
- ย่านแรงดันอินพุทของเครื่อง 165 - 275 VOLTS
- การป้องกัน SPIKE, SURGE และ TRANSIENT ใช้ LOW PASS FILTER และ TRANSIENT SUPPRESSOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

๑. เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ ๔๙, หน้า ๙๐ - ๙๓

๒. ควบคุมเครื่องกลไฟฟ้ากำลังด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (เล่ม ๑, ๒), วิชัย สังขจันทรานนท์

๓. POWER ELECTRONIC, อุดมศักดิ์ ยั่งยืน

๔. TTL DATA BOOK

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

เนื่องจากโครงงานนี้ได้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็ด้วยความช่วยเหลือแนะนำต่าง ๆ ในด้านเทคนิคทางด้านอาร์ดแวร์จากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้รู้หลายท่านที่ให้คำแนะนำทางด้านเทคนิคการสร้าง และวิจัยโครงงานนี้ ซึ่งไม่สามารถที่จะกล่าวได้หมด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณพิมพ์ฤดี จันทร์อินทร์ และ คุณจิรภรณ์ ปาละประเสริฐ ได้ช่วยเหลือในด้านการจัดพิมพ์ ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด จึงขอขอบคุณบุคคลเหล่านี้ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

พรศักดิ์ สุขแสวง

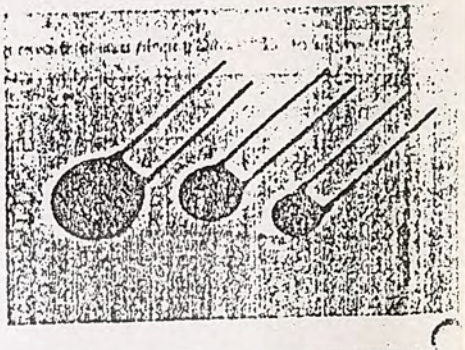
โอภาส บุตรคีรีมาลย์

พนมศักดิ์ สุระสิงห์ชัยเดช

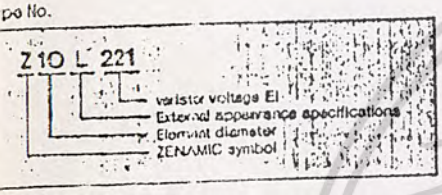
๗ เมษายน ๒๕๓๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

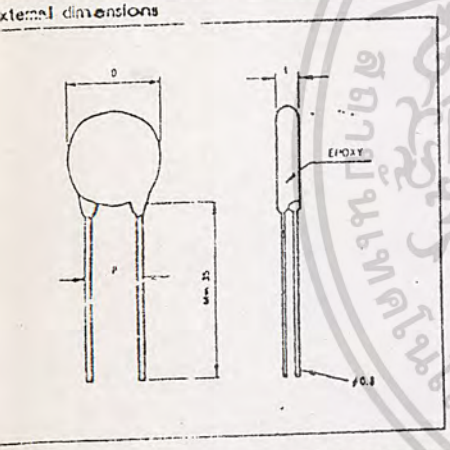
ZENAMIC is the product name of a metal oxide varistor.
ZENAMIC features better surge voltage suppression characteristics and large surge energy absorption, because the whole element is used to distribute and absorb surge energy.
The main use of a ZENAMIC is for lightning surge suppression and suppression of surges generated within electronics equipment (e.g., by coils).



pe No.



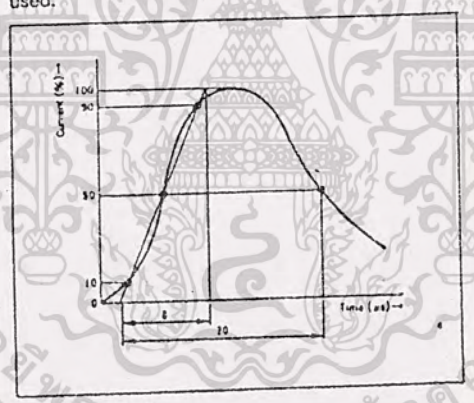
xternal dimensions



	Z7L	Z10L	Z15L	Z21L
D	max. 10	max. 13	max. 18	max. 24
t	max. 8	max. 8	max. 8	max. 9
P	6.8	8.3	8.3	10.8

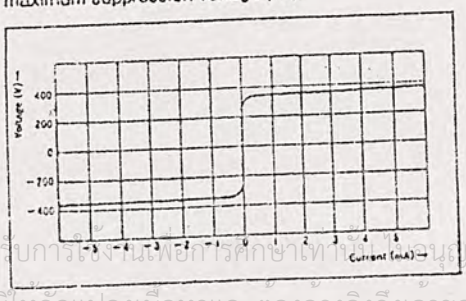
Surge waveform

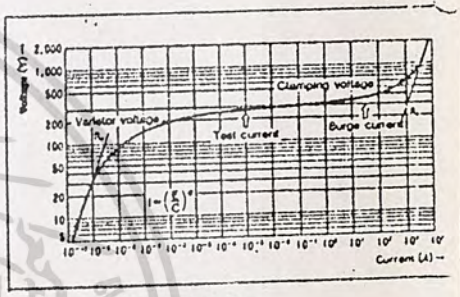
The surge waveforms vary according to the source. An EXP waveform is used for surge testing the ZENAMIC, while a AC half-wave is used for the energy absorption test. The EXP waveform reaches its peak voltage (current) at [ta] as shown in the figure, then decreases as time passes and reaches half of the peak voltage (current) at [tb].
This type of EXP waveform is shown as a [ta x tb] voltage (current) waveform. For surge testing the ZENAMIC, an 8 x 20 μ sec current waveform is used.



V-I characteristics

ZENAMIC has the forward-Reverse symmetrical electrical characteristics shown in the figure.
The voltage-current curves show the varistor characteristics in the range 1 μA to 10^4 A, and show the resistance characteristics for ranges under 1 μA and over 10^4 A.
The voltage between terminals when test current (It: 1 mA) is applied to the ZENAMIC is a standard varistor voltage (Vz), and the voltage between terminals when a standard surge (Ip) is applied represents the maximum suppression voltage (Vc).



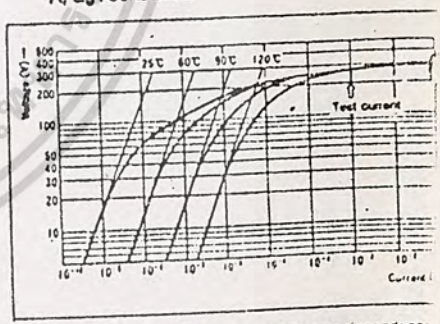


Temperature Characteristics

In the minimum current range, Zenamic features outstanding temperature characteristics. Metal oxide varistor shunt resistance Rp has the temperature character- istics shown in the following equation.

$$Rp = Ae^{Eg/2KT} \quad \text{(2)}$$

T: Absolute temperature
k: Boltzmann constant
A, Eg: constants

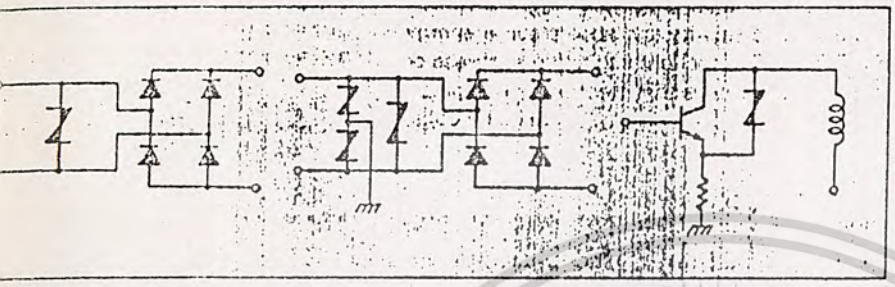


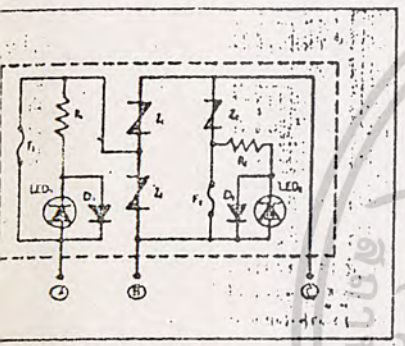
As shown in the figure above, the temperature dependence characteristics are minimal in the range over the test curren

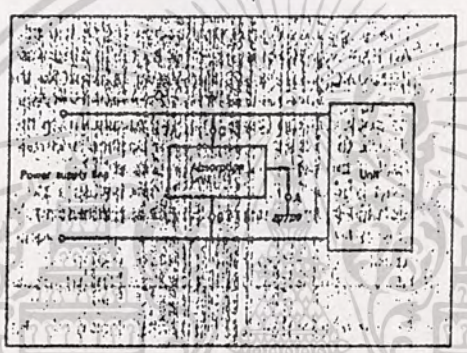
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

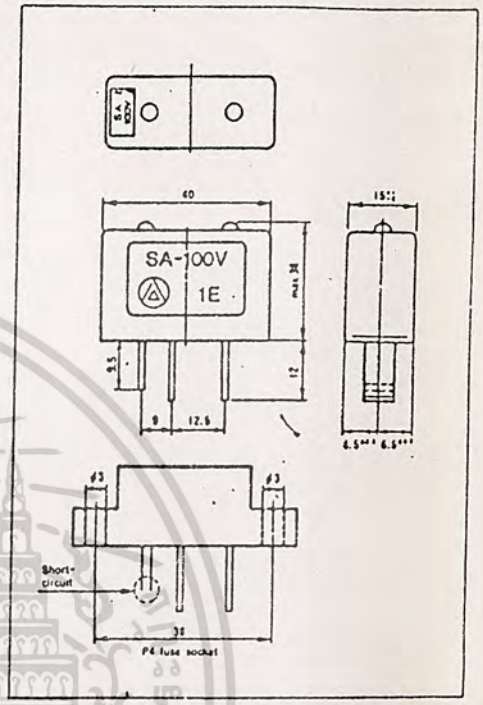
ication
xample of ZENAMIC's main use is shown below.

Power lines and surge absorption units with error display (SA series).









cations table SA series

The limited voltage in the table is applies when the surge impedance is 50 ohms.

Type No.	Rating voltage		Current rating		6 KV limited applied voltage		7 KV limited applied voltage	
	line-line	ground-line	line-line	ground-line	line-line	ground-line	lines-line	grounds-line
	V	V	A	A	V	V	V	V
SA-50V	68	133	250	1000	340	600	400	700
SA-100V	133	338	500	1000	560	1400	600	1600
SA-200V	265	495	500	1000	1100	2000	1300	2300
SA-240V	338	604	500	1000	1400	2500	1700	2800

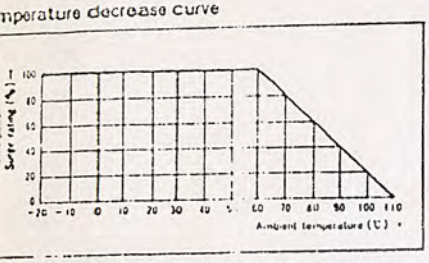
ity

Item	Test method	Rate
Peak current	E1 measured 30 minutes after applying the 8 x 20 μsec specified current value in the same direction twice every 2 minutes.	Within E1 change ratio ± 10%
Continuous surge	E1 measured 30 minutes after applying an 8 x 20 μsec current as specified below, in the same direction 10,000 times.	Within E1 change ratio ± 10%
High temperature	ZENAMIC subjected to 110°C ± 5°C for 1,000 ± 12 hours, then placed in normal temperature and humidity. After 33 minutes, E1 measured.	Within E1 change ratio ± 10%
Humidity	An alternating current rated voltage was applied to the ZENAMIC for 1,000 ± 8 hours at 40°C ± 2°C and a humidity of 90 to 95%; then Zenamic was placed in normal temperature and humidity for 30 minutes. E1 was then measured.	Within E1 change ratio ± 10%
Energy	E1 measured 30 minutes after applying a single sine wave at the specified energy.	Within E1 change ratio ± 10%
Temperature cycle	Cycle was repeated: −25°C (30 minutes) → Normal temperature (15 minutes) → 85°C (30 minutes) → Normal temperature (15 minutes) 5 times, then the E1 change ratio was measured.	Within E1 change ratio ± 10% External apperance must not have any problem
Insulation	AC 1500V was applied between one of the ZENAMIC terminals and the installation plate (or the painted chassis of the main body) for 1 minute.	Diulectric breakdown must not exist.

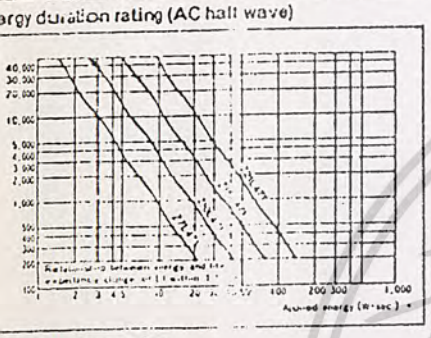
Type	Varistor voltage	Z7L	Z10L	Z15L	Z21L
	22 − 120V	10A	25A	60A	----
	150 − 1,000V	25A	60A	100A	200A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

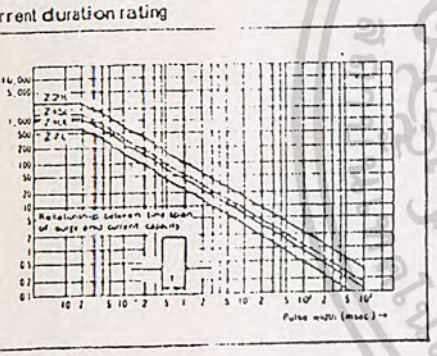
mperature decrease curve



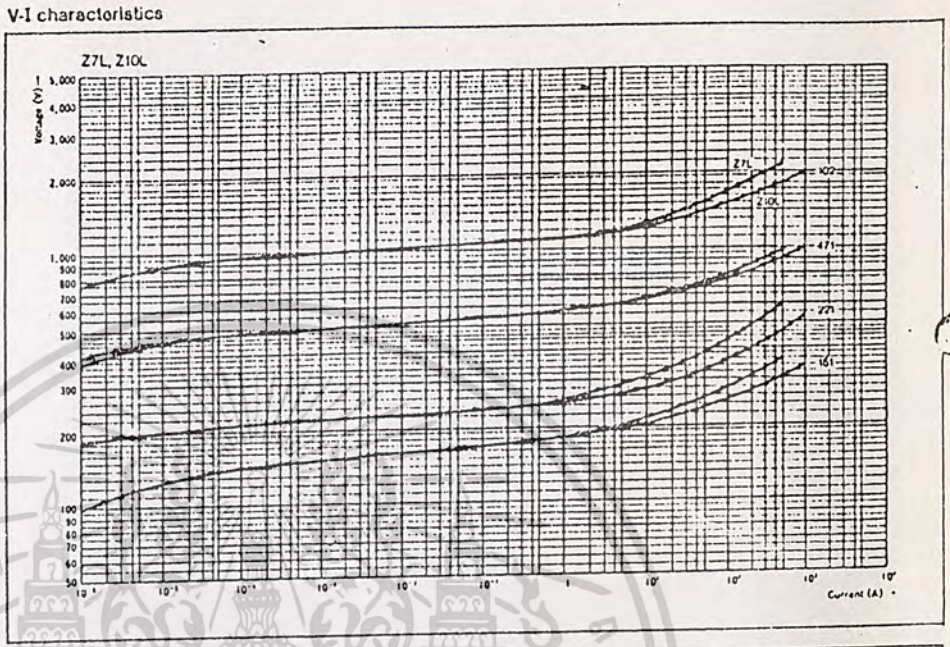
ergy duration rating (AC half wave)

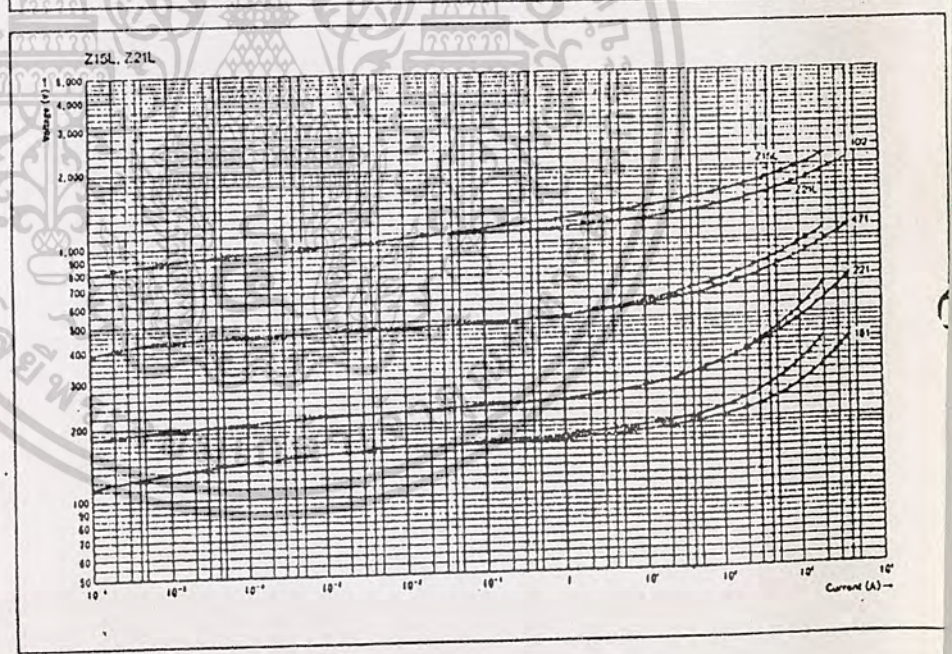


rrent duration rating

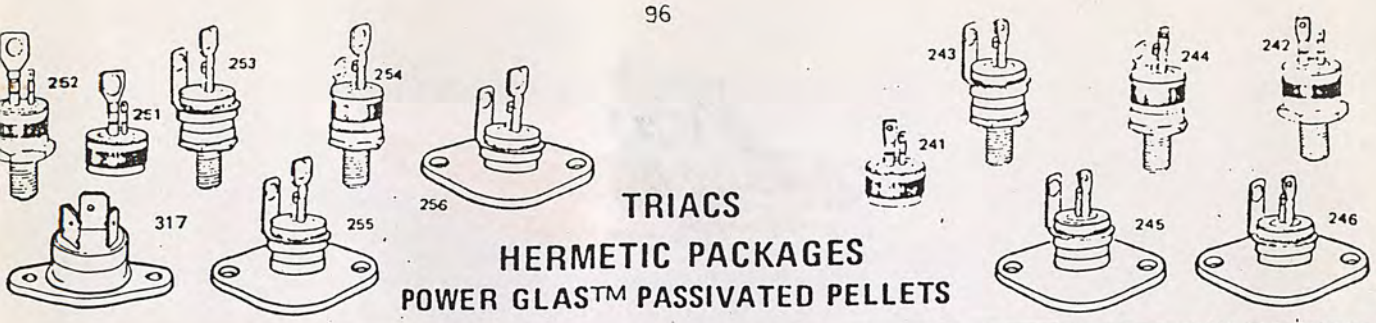


V-I charcteristics





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TRIACS
HERMETIC PACKAGES
POWER GLAS™ PASSIVATED PELLETS

GE TYPE	STUD/TO-3 FLANGE	SC160	SC240	SC245	SC250	SC260	SC265
	PRESS-FIT		SC241	SC246	SC251	SC261	SC266
ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
VOLTAGE CHARACTERISTICS							
V_{DRM}	Repetitive Peak Off-State Voltage @ T_C = -40°C to +100°C						
	200 V	SC160B	SC240/1B	SC245/6B	SC250/1B	SC260/1B	SC265/6B
	400 V	SC160D	SC240/1D	SC245/6D	SC250/1D	SC260/1D	SC265/6D
	500 V	SC160E	SC240/1E	SC245/6E	SC250/1E	SC260/1E	SC265/6E
	600 V	SC160M	SC240/1M	SC245/6M	SC250/1M	SC260/1M	SC265/6M
V_{TM}	Max. On-State Voltage at Peak of RMS Current Rating (V)	1.58	1.83	1.65	1.65	1.58	1.83
CURRENT CHARACTERISTICS							
$I_{T(RMS)}$	Max. RMS On-State Current (A)	25	6	10	15	25	40
$T_{C(MAX)}$	Max. Case Temperature at Rated RMS Current (°C) for						
	Non-Isolated Stud/Press-Fit	—	82	80	86	80	81
	Isolated Stud/Non-Isolated TO-3 Flange	—	80	78	83	75	74
	Isolated TO-3 Flange	65	79	76	80	71	68
I_{TSM}	Max. Peak One Cycle Non-Repetitive Surge Current (A)						
	@ 50 Hz	230	74	90	90	230	275
	@ 60 Hz	250	80	100	100	250	300
I_{DRM}	Max. Leakage Current at T_C = 25°C (mA)	.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
I_H	Max. DC Holding Current (mAdc)						
	@ T_C = +25°C	75	50	50	50	75	75
	@ T_C = -40°C	150	100	100	100	150	150
I_L	Max. DC Latching Current (mAdc)						
	@ T_C = +25°C MT2+ Gate+	100	100	100	100	100	100
	MT2− Gate−	100	100	100	100	100	100
	MT2+ Gate−	200	200	200	200	200	200
	@ T_C = -40°C MT2+ Gate+	200	200	200	200	200	200
	MT2− Gate−	200	200	200	200	200	200
	MT2+ Gate−	400	400	400	400	400	400
BLOCKING							
dv/dt	Typical Static dv/dt at Rated V_{DRM} Gate Open Circuited (V/μsec)	150	100	150	250	150	150
$dv/dt_{(c)}$	Min. Commutating dv/dt at Rated V_{DRM} and di/dt = (0.54) $I_{T(RMS)}$ A/μsec, Gate Open Circuited (V/μsec)	5	4	4	4	5	5
TRIGGERING							
I_{GT}	Max. Required DC Gate Current to Trigger, MT2+ Gate+, MT2− Gate−, MT2+ Gate−, @ V_D = 12 Vdc (mAdc)						
	@ T_C = +25°C	50	50	50	50	50	80
	@ T_C = -40°C	80	80	80	80	80	120
V_{GT}	Max. Required DC Gate Voltage to Trigger, MT2+ Gate+, MT2− Gate−, MT2+ Gate−, @ V_D = 12 Vdc						
	@ T_C = +25°C	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	@ T_C = -40°C	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
MECHANICAL SPECIFICATIONS							
PACKAGE OUTLINE NUMBER		317	241 (SC241) 242, 3, 4, 5, & 6 (SC240)	241 (SC241) 242, 3, 4, 5, & 6 (SC240)	241 (SC241) 242, 3, 4, 5, & 6 (SC240)	251 (SC261) 252, 3, 4, 5 & 6 (SC260)	251 (SC261) 252, 3, 4, 5 & 6 (SC260)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้