



ปีการศึกษา 2532

ปริญญาโท

เรื่อง สามเฟสเอซีเพาเวอร์คอนโทรลเลอร์

3-PHASE AC POWER CONTROLLER

โดย

จอมภพ

คุณจักร เสรี

29.1024

ณรงค์

สุสิทธิ์ธรรม

29.1053

ประพัฒน์

คองนันทะ

29.1122

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. วิริยะ

พิเชษฐจำเริญ

ปริญญาโทปีการศึกษา 2532

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง สามเฟสเอซีเฟาเวอร์คอนโทรลเลอร์

ผู้จัดทำ

- |             |              |         |
|-------------|--------------|---------|
| 1. จอมภพ    | คุณจักร เสรี | 29.1024 |
| 2. ณรงค์    | ชลิธรรม      | 29.1053 |
| 3. ประพัฒน์ | คองนันทะ     | 29.1122 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026968

22. พ.ย. 2532

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
บทที่ 1 บทนำ	2
บทที่ 2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง	3
บทที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบฮาร์โมนิก ของคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแส	16
บทที่ 4 การสร้างสัญญาณควบคุมไทรสเตอร์	49
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	74
บทที่ 6 บทสรุป	79
กิตติกรรมประกาศ	80
หนังสืออ้างอิง	81



**สามเฟสเอซีเพาเวอร์คอนโทรลเลอร์**  
( 3-PHASE AC POWER CONTROLLER )

นาย จอมภพ คุณจักร เสรี \*  
นาย ณรงค์ ชุสิทธิ์ธรรม \*  
นาย ประพัฒน์ คงนันทะ \*  
รศ. วิริยะ พิเศษฐจำเริญ \*\*  
ปีการศึกษา 2532

**บทคัดย่อ**

ระบบเอซีเพาเวอร์คอนโทรลเลอร์ เป็นคอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่ง ที่ใช้ในการปรับกำลังไฟฟ้ากระแสสลับในระบบจ่ายไฟสามเฟสจากแหล่งจ่าย เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ากระแสสลับตามความต้องการของโหลดค่าต่างๆ โดยใช้ทรินสเตอร์เป็นอุปกรณ์ในการสวิตชิง ในวิทยานิพนธ์นี้ได้กล่าวถึงหลักการทำงานของระบบในโหมดต่างๆ ซึ่งการสวิตชิงของคอนเวอร์เตอร์นี้ใช้หลักการของเฟสคอนโทรล นอกจากนี้ ยังได้แสดงการสร้างสัญญาณกระตุ้นและวงจรที่ใช้ในการทริกให้ทรินสเตอร์ทำงาน ในการควบคุมโหลดความต้านทานและโหลดความเหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นลักษณะของโหลดส่วนใหญ่ทางไฟฟ้ากำลัง รวมทั้งได้วิเคราะห์หาองค์ประกอบฮาร์โมนิก ของกระแสทางด้านเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งมีทั้งวิธีการควบคุมแบบไลน์ และแบบบรานซ์ โดยแสดงให้เห็นสัญญาณทางด้านเอาต์พุตด้วยการใช้ยูนิตสเตปฟังก์ชัน และ ขนาดของกระแสฮาร์โมนิกซึ่งหาได้โดยการใช้อินเตอร์พูลเรียร์ รวมทั้งใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระบบการควบคุมทั้งสองแบบตามรูปแบบการต่อวงจรทั้งในด้านทฤษฎีและปฏิบัติ นอกจากนี้ยังได้นำระบบเอซีเพาเวอร์คอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ในการใช้งาน ในด้านการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ เพื่อให้กระแสขณะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์มีค่าลดลง ซึ่งเป็นการสตาร์ทมอเตอร์แบบซอฟต์สตาร์ท

\* นักศึกษาปริญญาตรี

\*\* อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3-PHASE AC POWER CONTROLLER

JOMPOP KUNACHACKSREEE

NARONG CHULEETHAMA

PRAPAT KONGNANTA

ASSOCIATED PROFESSOR

VIRIYA PICHETJAMROEN

(ADVISOR)

1989

#### ABSTRACT

Three phase AC power controller is a type of converter in AC power controller system which is used to adjust alternating power distributed by three phase AC source for electric power feeding to load. Switching device in this converter is thyristor and mode of circuit operation is phase control method. Besides, triggering and driving circuits used to control the main power circuit having resistance and inductive load are also shown. At first a method for the analysis of harmonic content in variable output voltage of three phase power controller using Fourier series analysis both for line and branch controlled are described. Then unit step function is used to show the output waveform.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

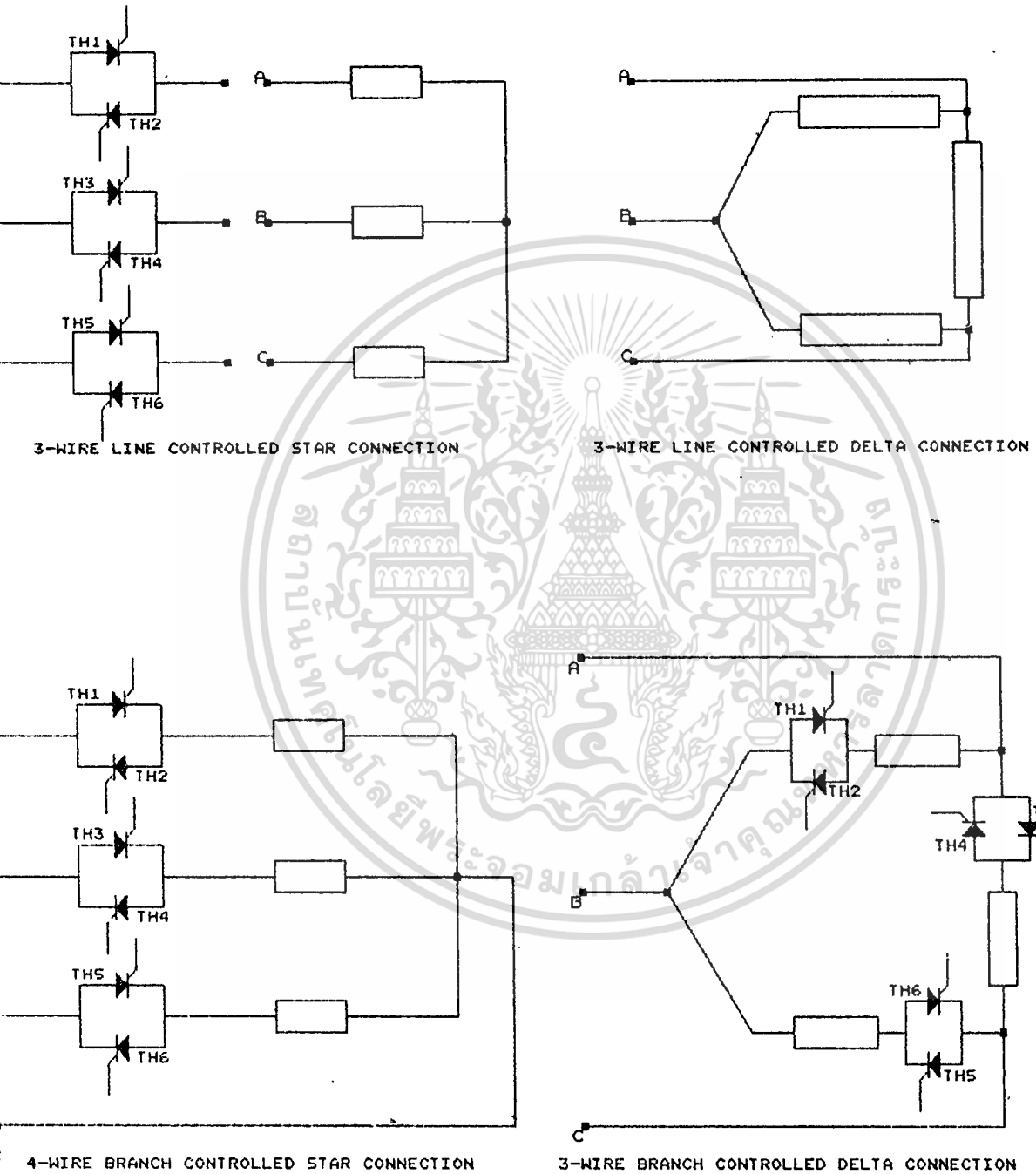
ในปัจจุบันนี้การใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อการควบคุมกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระไฟฟ้าที่อยู่กับแหล่งจ่ายไฟ กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสะดวก ง่าย และมีเสถียรภาพสูงในการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นการทำงานในด้านการปรับกำลังไฟฟ้ากระแสตรงหรือ กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ โดยต่อกลุ่มของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมกำลังไฟฟาระหว่างภาระทางไฟฟ้า กับ แหล่งจ่ายไฟ การควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวทำงานในปริณญาณินพนธ์เล่มนี้ ใช้ควบคุมกำลังไฟฟ้าที่เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งรูปแบบของการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่กล่าวถึง ใช้การควบคุมแบบไล่น และ การควบคุมแบบบรานซ์ โดยการต่อการควบคุมทั้งสองแบบสามารถนำไปต่อภาระไฟฟ้าที่ต่อเป็นแบบสตาร์ และ เดลต้า ได้

การควบคุมทรานซิสเตอร์ให้นำกระแส และ หยุดการนำกระแส ในปริณญาณินพนธ์นี้ ใช้หลักการการทำงานของการควบคุมเฟส และ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานในแต่ละเฟสต่อในลักษณะเป็นการนำกระแสแบบเต็มคลื่น ซึ่งวิธีที่ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำการนำกระแส และ หยุดนำกระแสี่จะเป็นการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายแก่ภาระไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่จ่ายแก่ภาระไฟฟ้ามี่ค่าน้อย หรือ ค่ามาก ขึ้นอยู่กับการทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสที่มุมตริกโค ถ้าให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่มุมตริกสูงๆ ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมามีค่าต่ำ ถ้าทรานซิสเตอร์ทำงานที่มุมตริกต่ำๆ ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการควบคุมมีค่าสูง

เนื่องจากการทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานนี้ใช้หลักการของการควบคุมเฟส มีผลให้อาร์โมนิกที่เกิดขึ้นจากการควบคุมมีค่ามาก ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบอาร์โมนิกที่เกิดขึ้นจากการใช้การควบคุมชนิดต่างๆ เพื่อหลีกเลี่ยงมุมตริกที่ทำให้เกิดอาร์โมนิกที่มาก และ มีค่าความเพี้ยนของกระแสที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การนำไปใช้ควบคุมภาระไฟฟ้าที่เป็นมอเตอร์สามเฟสแบบเหนี่ยวนำ การนำไปปรับแทปของหม้อแปลงไฟฟ้า หรือ อาจนำไปใช้ในการช่วยสตาร์ทมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ

บทที่ 2

วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง



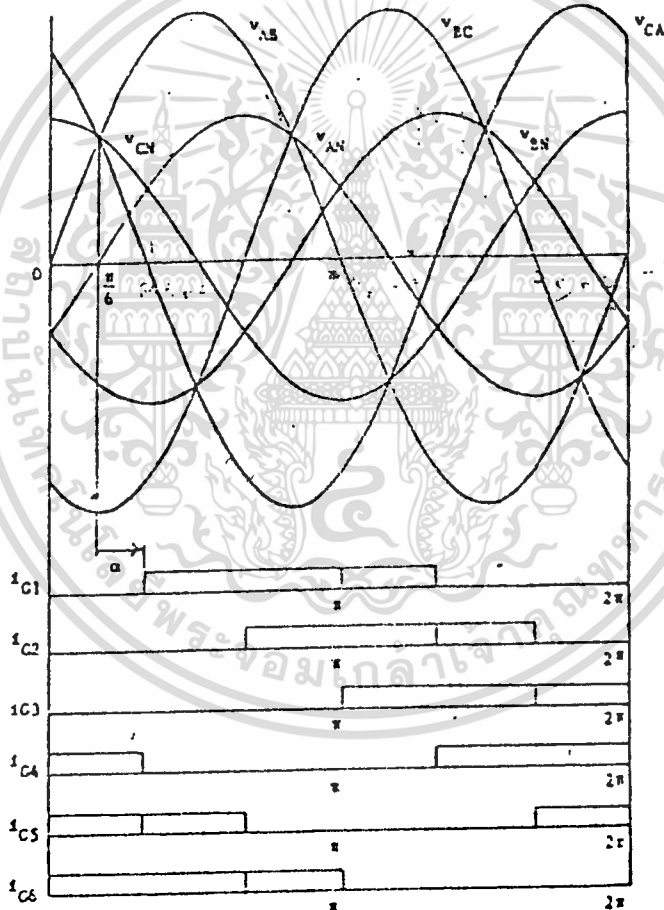
รูปที่ 2.1 วงจรหลักที่ใช้ในการควบคุมแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรหลักที่ใช้ในการควบคุมการกระทางไฟฟ้า สามารถแบ่งการควบคุมของระบบออกได้สองแบบ คือ

1. การควบคุมแบบไลน์ ( line controlled )
- 2 . การควบคุมแบบบรานช์ ( branch controlled )

ซึ่งการควบคุมทั้งสองแบบสามารถต่อเป็นการควบคุมการกระทางไฟฟ้า แบบสตาร์(Star) และ เดลต้า(Delta) โดยรูปแบบของวงจรหลักที่ใช้แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.2 สัญญาณทริกไทรสเตอร์สร้างตามแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมกำลังไฟฟ้าทั้งสองแบบถูกควบคุมโดยใช้ไทรสเตอร์เป็นตัวควบคุมกำลังไฟฟ้า โดยขึ้นกับสัญญาณที่ใช้ทริกไทรสเตอร์ ซึ่งสัญญาณที่ใช้ทริกไทรสเตอร์นี้ถูกสร้างโดยใช้วิธีการของเฟสคอนโทรล เฟสคอนโทรลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้การควบคุมไทรสเตอร์แบบสมมาตร (Full wave) ซึ่งจะได้รูปคลื่นด้านขาออกของระบบทุกครึ่งรอบ (cycle) มีสัญญาณที่เหมือนกัน แต่มีเฟสตรงข้ามกัน ดังนั้นสัญญาณควบคุมการทริกของไทรสเตอร์มีรูปแบบของสัญญาณดังรูปที่ 2.2 และ จากคลื่นสัญญาณรูปไซน์ (sine wave) ในรูปที่ 2.2 เห็นได้ว่าสัญญาณคลื่นไซน์มีการเปลี่ยนแปลงตามคาบของเวลา โดยจะมีเฟสใดเฟสหนึ่งมีค่าสูงกว่าเฟสอื่นๆ จึงทำให้สัญญาณทริกของไทรสเตอร์สามารถทริกให้ไทรสเตอร์นำกระแสได้ เมื่อมุมทริกของสัญญาณทริกมีค่าเป็น  $\pi/6$  ขณะที่กระทัดกับระบบเป็นความต้านทาน และ มีค่าน้อยเป็น  $\pi/6$  ขณะที่กระทัดกับระบบเป็นความต้านทาน และ ความเหนี่ยวนำ (  $\pi/6$  เป็นค่ามุมของภาระไฟฟ้า ) ส่วนการทำให้ไทรสเตอร์หยุดนำกระแส จะใช้วิธีของไลน์คอมมิวเตชัน ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าของเฟสอื่น ทำให้ไทรสเตอร์ที่นำกระแสอยู่ของเฟสนั้นหยุดการนำกระแส การทำงานของไทรสเตอร์ในแต่ละเฟสจะขึ้นอยู่กับสัญญาณที่ใช้ทริกไทรสเตอร์ (มุมทริกของไทรสเตอร์ในแต่ละเฟสต้องเท่ากัน) กับ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าของเฟสนั้นๆ ซึ่งการทำงานของระบบควบคุมด้วยไทรสเตอร์สามารถอธิบายได้ดังนี้

## 2.1 การควบคุมแบบไลน์ ( Line controlled )

การควบคุมแบบไลน์สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้า โดยใช้ไทรสเตอร์ เปลี่ยนมุมทริกได้ตั้งแต่  $0 - 5\pi/6$  เรเดียน ซึ่งการควบคุมแบบไลน์แบ่งการควบคุมได้ดังนี้

### 2.1.1 การควบคุมเป็นแบบสตาร์ ( 3-wire star line controlled )

#### 2.1.1.1 ภาระไฟฟ้าเป็นความต้านทาน

การควบคุมภาระไฟฟ้าที่เป็นความต้านทานเพียงอย่างเดียว สามารถแบ่งการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ภาระไฟฟ้าได้ 3 โหมด คือ

2.1.1.1.1 โหมด 2/3 (  $0 < \alpha < \pi/3$  ) มีลักษณะของการนำกระแสดังรูปที่ 2.3

2.1.1.1.2 โหมด 2/2 (  $\pi/3 < \alpha < \pi/2$  ) มีลักษณะของการนำกระแสดังรูปที่ 2.4

2.1.1.1.3 โหมด 0/2 (  $\pi/2 < \alpha < 5\pi/6$  ) มีลักษณะของการนำกระแสดังรูปที่ 2.5

#### 2.1.1.2 ภาระไฟฟ้าเป็นความต้านทานและความเหนี่ยวนำ

การควบคุมภาระไฟฟ้าที่เป็นความต้านทานกับความเหนี่ยวนำ สามารถแบ่งการควบคุมเป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายแก่ภาระไฟฟ้าได้ 2 โหมด คือ

2.1.1.2.1 โหมด  $2/3$  ( $\theta < \alpha < \alpha_{\underline{}}$ ) มีการนำกระแสของสัญญาณดังรูปที่ 2.6

2.1.1.2.2 โหมด  $0/2$  ( $\alpha_{\underline{}} < \alpha < 5\pi/6$ ) มีการนำกระแสของสัญญาณดังรูปที่ 2.7

โดยที่  $\alpha_{\underline{}} = \theta + \pi/3$

### 2.1.2 การควบคุมเป็นแบบเดลต้า ( 3-wire delta line controlled )

การควบคุมแบบไลนที่ต่อเป็นแบบเดลต้านี้ จะใช้ควบคุมภาระไฟฟ้าที่เป็นความต้านทานเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถแบ่งการควบคุมได้เป็น 3 โหมด คือ

2.1.2.1 โหมด  $2/3$  ( $\theta < \alpha < \pi/3$ ) มีลักษณะของการนำกระแสดังรูปที่ 2.8

2.1.2.2 โหมด  $2/2$  ( $\pi/3 < \alpha < \pi/2$ ) มีลักษณะของการนำกระแสดังรูปที่ 2.9

2.1.2.3 โหมด  $0/2$  ( $\pi/2 < \alpha < 5\pi/6$ ) มีลักษณะของการนำกระแสดังรูปที่ 2.10

### 2.2 การควบคุมแบบบรานช์ (Branch controlled )

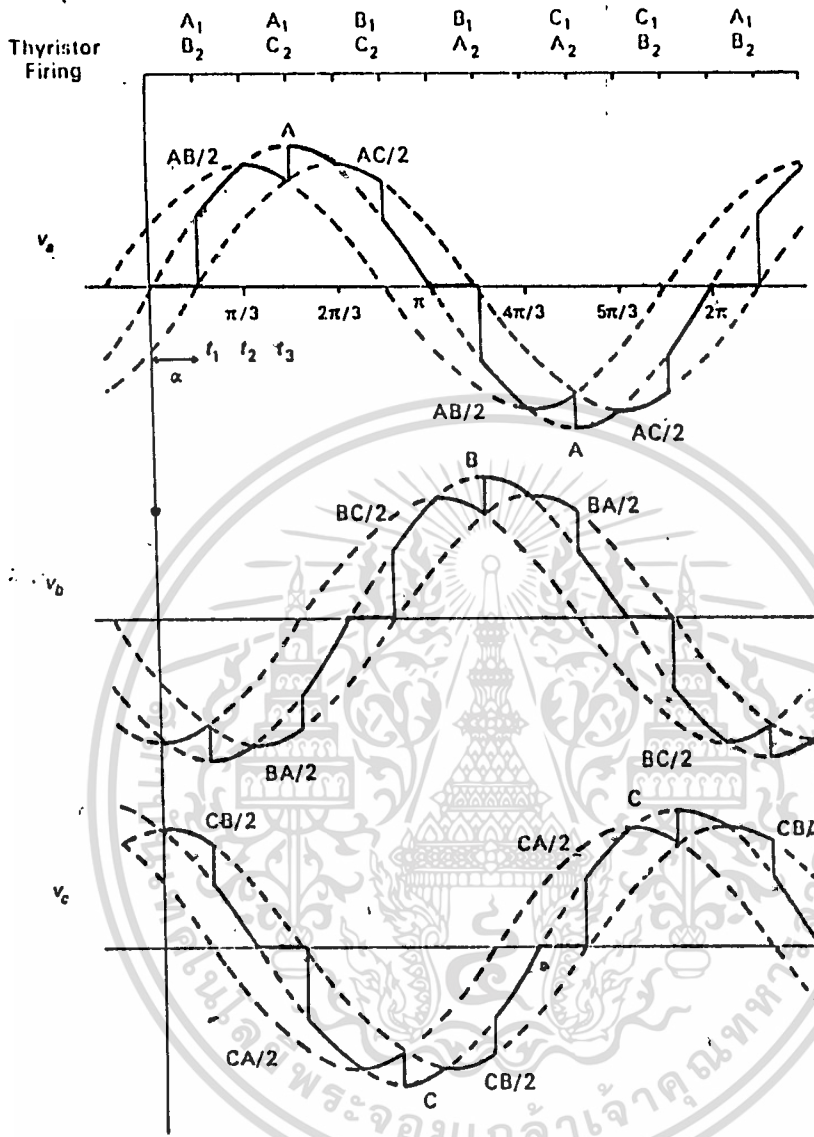
การควบคุมแบบบรานช์นี้ สามารถเปลี่ยนสัญญาณทริกที่ให้แก่ไทรสเตอร์ เพื่อให้ไทรสเตอร์สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายแก่ภาระไฟฟ้า โดยสามารถเปลี่ยนมุมของสัญญาณทริกได้ตั้งแต่  $\theta - \pi$  เรเดียน ซึ่งการควบคุมกำลังไฟฟ้าแบ่งออกได้ดังนี้

#### 2.2.1 การต่อเป็นสตาร์ ( 4-wire star branch controlled )

การควบคุมแบบบรานช์ที่ต่อเป็นแบบสตาร์ในระบบไฟฟ้าสามเฟสนี้มีลักษณะการควบคุมเหมือนกับ การควบคุมกำลังไฟฟ้าในหนึ่งเฟส โดยมีลักษณะของรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเหมือนกันกับ แรงดันไฟฟ้า และ กระแส ในหนึ่งเฟส

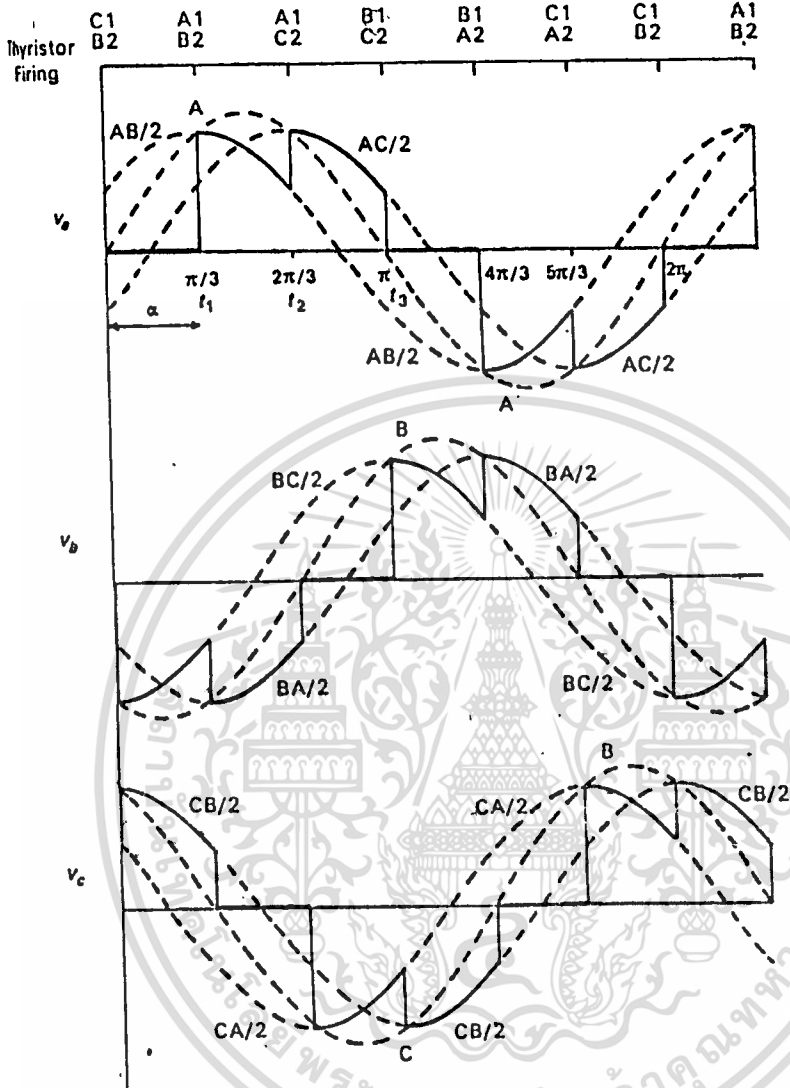
#### 2.2.2 การต่อเป็นเดลต้า ( 4-wire delta branch controlled )

การควบคุมกำลังไฟฟ้าในแบบนี้ มีรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าเหมือนกับ การควบคุมกำลังไฟฟ้าในหนึ่งเฟส แต่รูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าในระบบสามเฟส มีค่าความเพี้ยนของรูปคลื่นมาเกี่ยวข้องกับมุมทริกที่ใช้ทริกไทรสเตอร์ ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.11



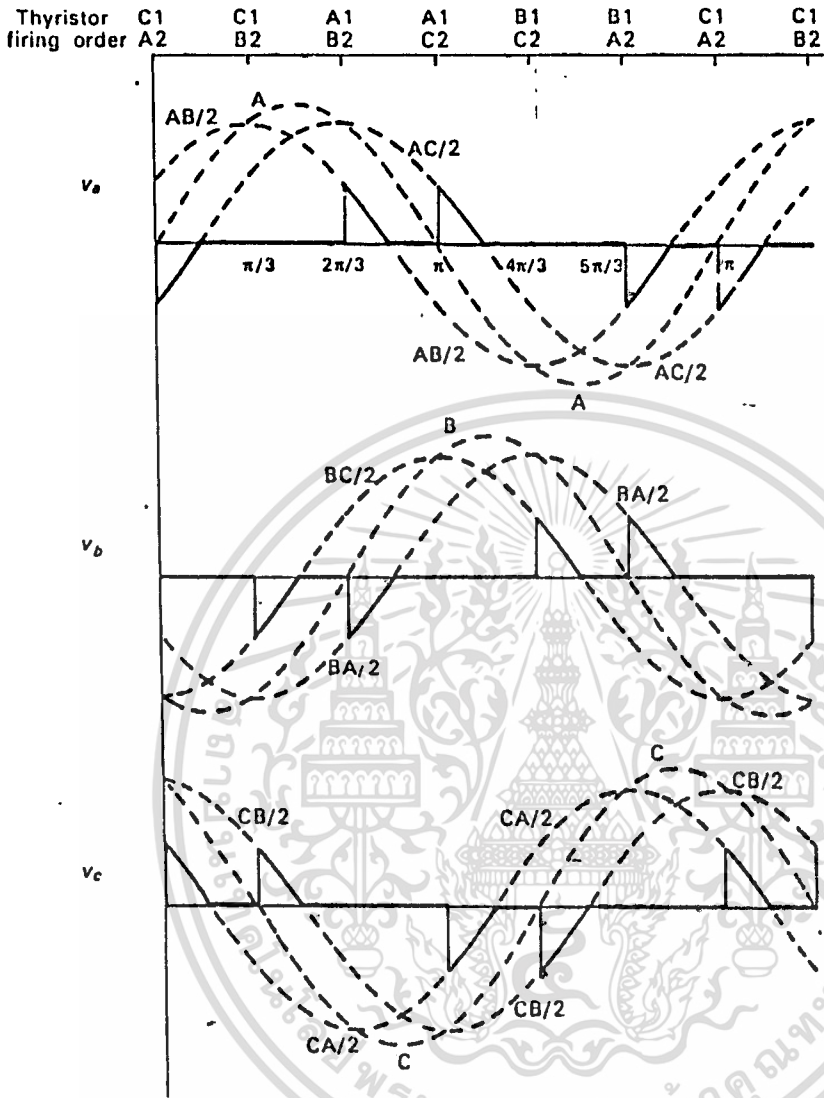
รูปที่ 2.3 การควบคุมแบบไลนที่ต่อแบบสตาร์ถาระเป็นความต้านทาน ในโหมด 2/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

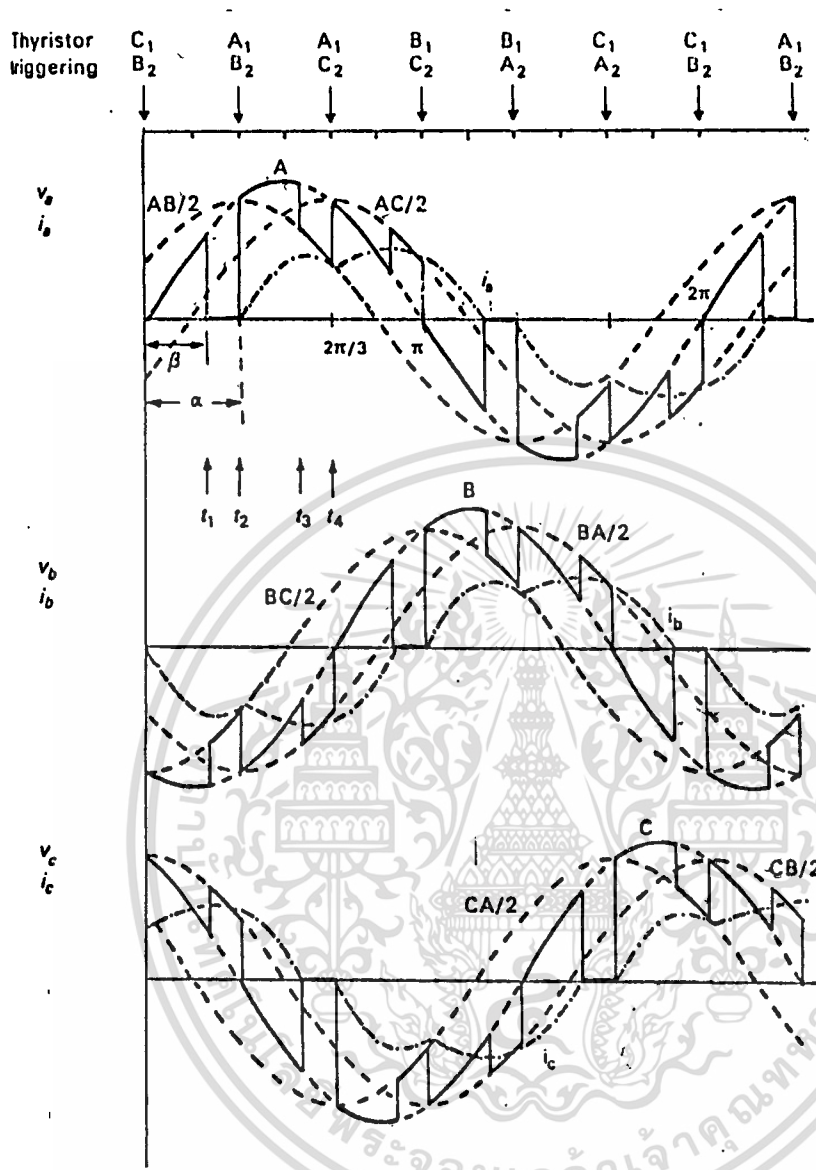


รูปที่ 2.4 การควบคุมแบบไลนที่ต่อแบบสตาร์ถาระเป็นความต้านทาน ในโหมด 2/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

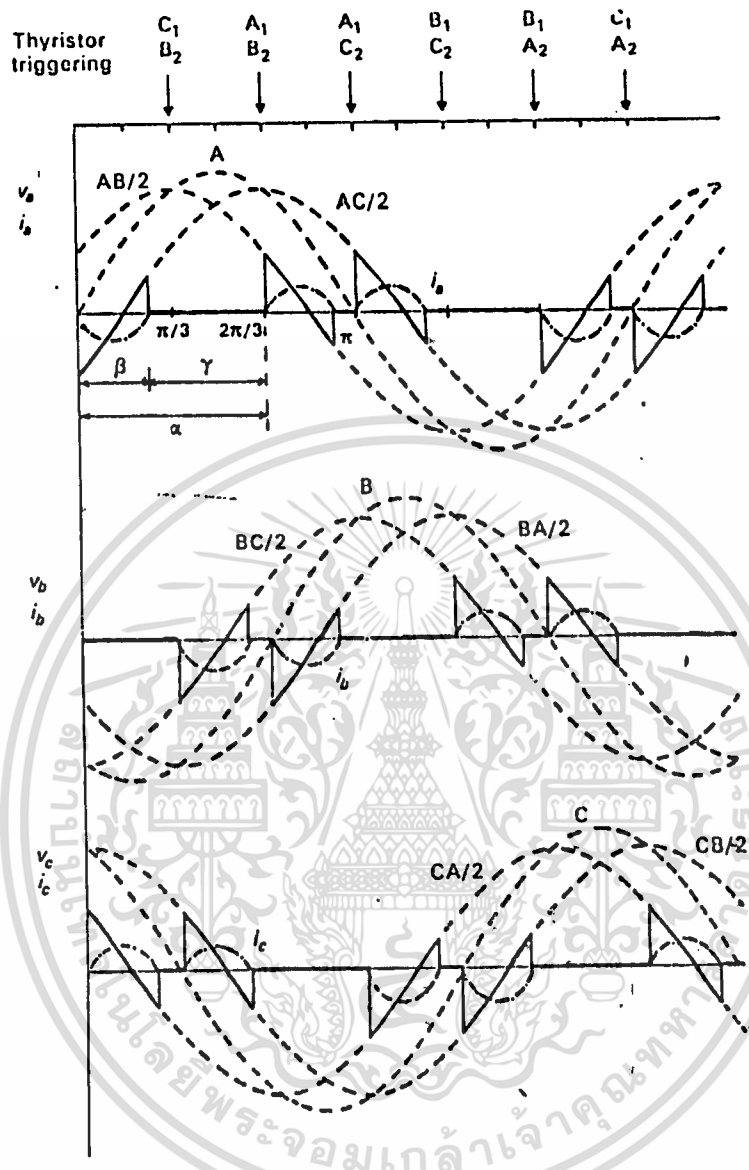


รูปที่ 2.5 การควบคุมแบบไลนที่ต่อแบบสตาร์ภาระเป็นความต้านทาน ในโหมด  $\alpha/2$



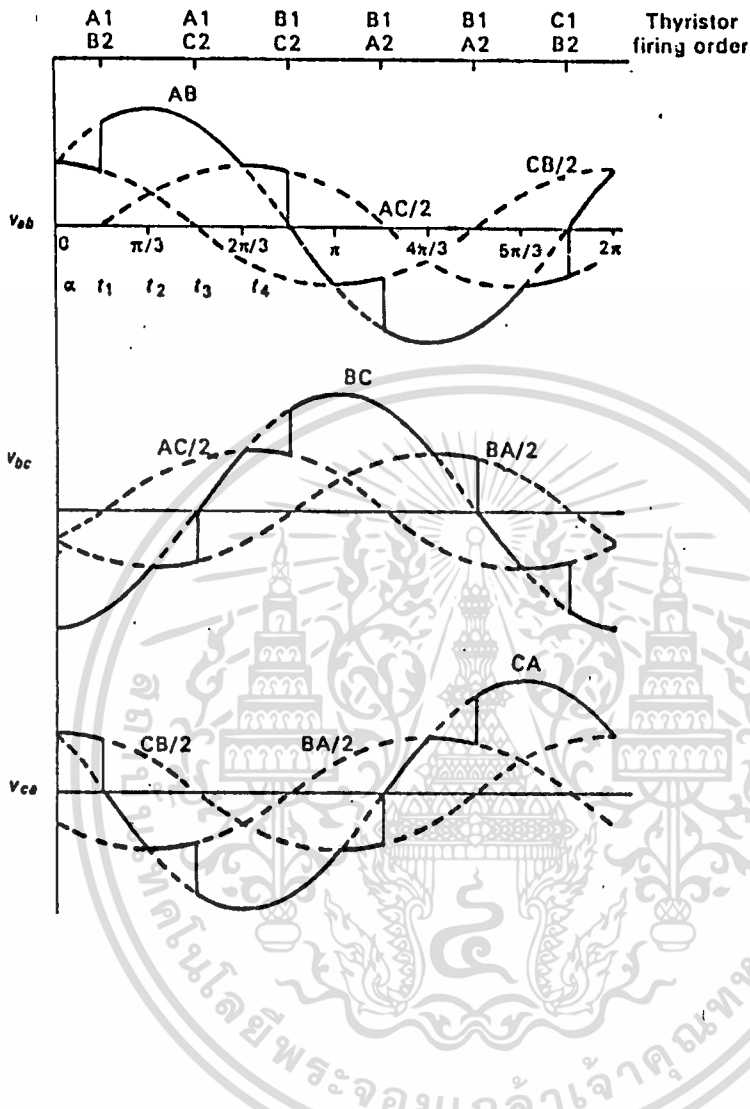
รูปที่ 2.6 การควบคุมแบบโวลต์ที่ต่อแบบสตาร์กลายเป็นความต้านทานและความเหนี่ยวนำ ในโหมด 2/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



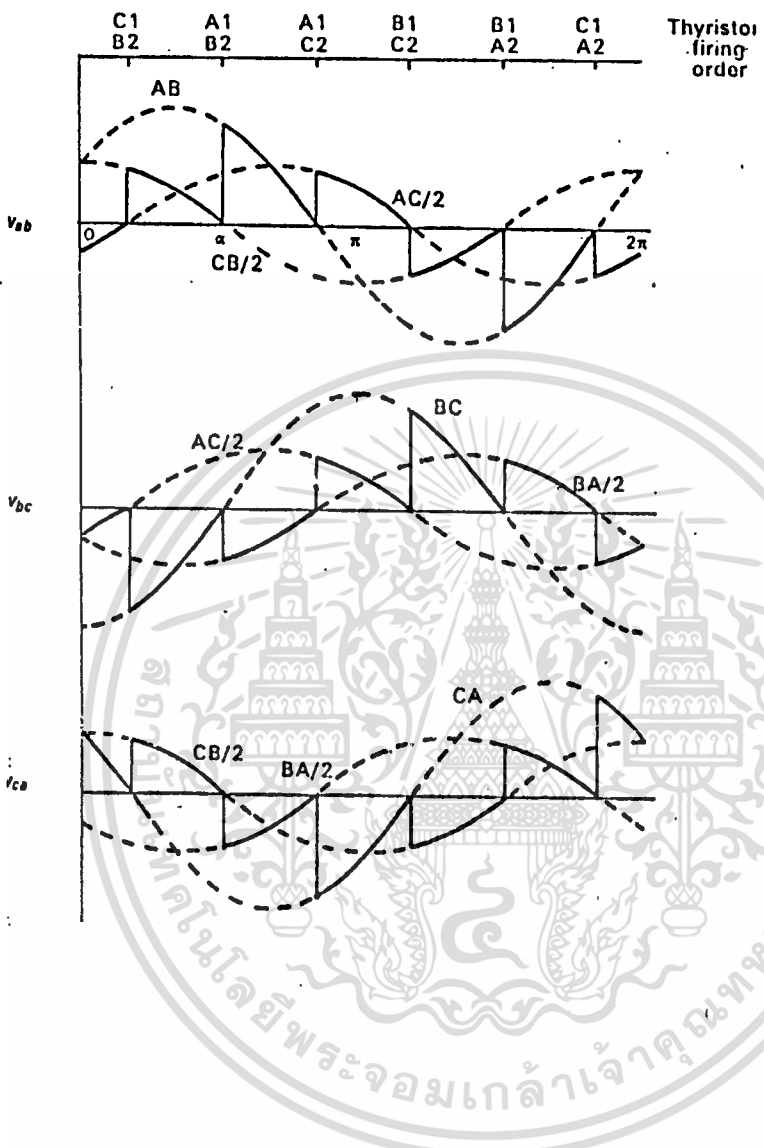
รูปที่ 2.7 การควบคุมแบบไล่น้ำที่ต่อแบบสตาร์ภาวะเป็นความต้านทานและความเหนี่ยวนำ ในโหมด 0/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



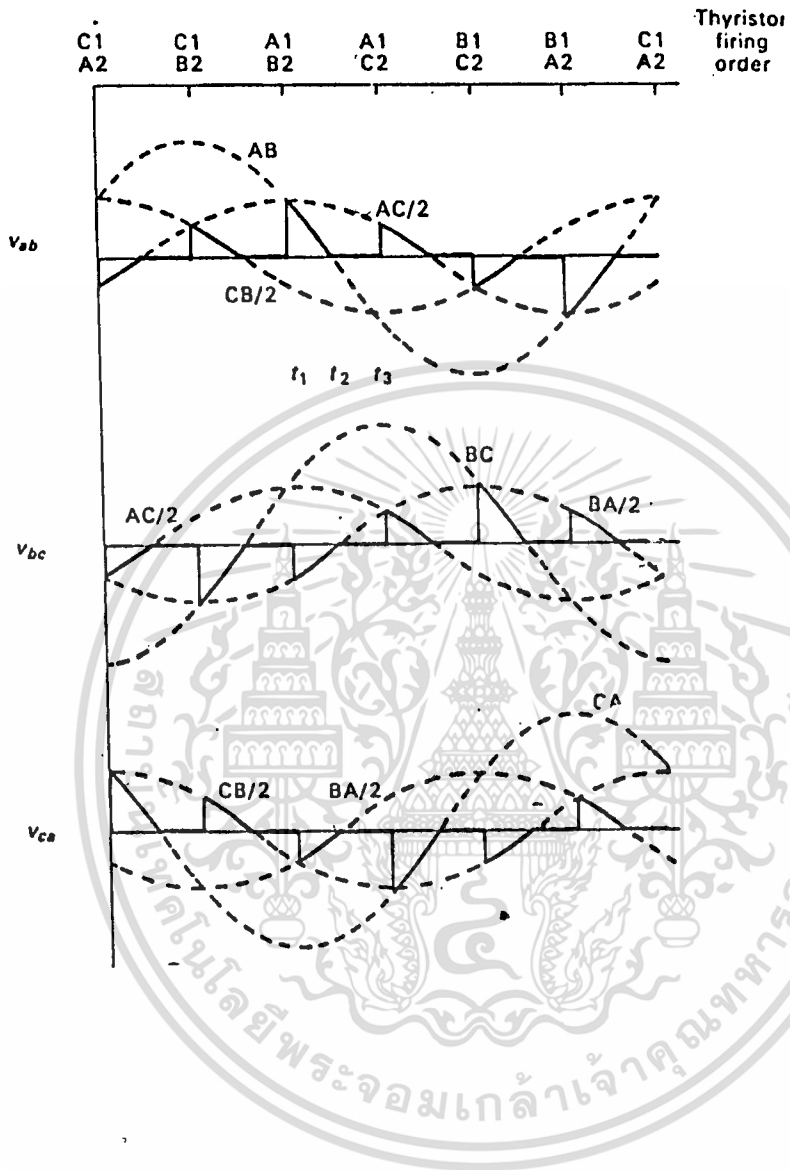
รูปที่ 2.8 การควบคุมแบบไลน์ที่ต่อแบบเดลต้าการะเป็นความต้านทาน ในโหมด  $2/3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



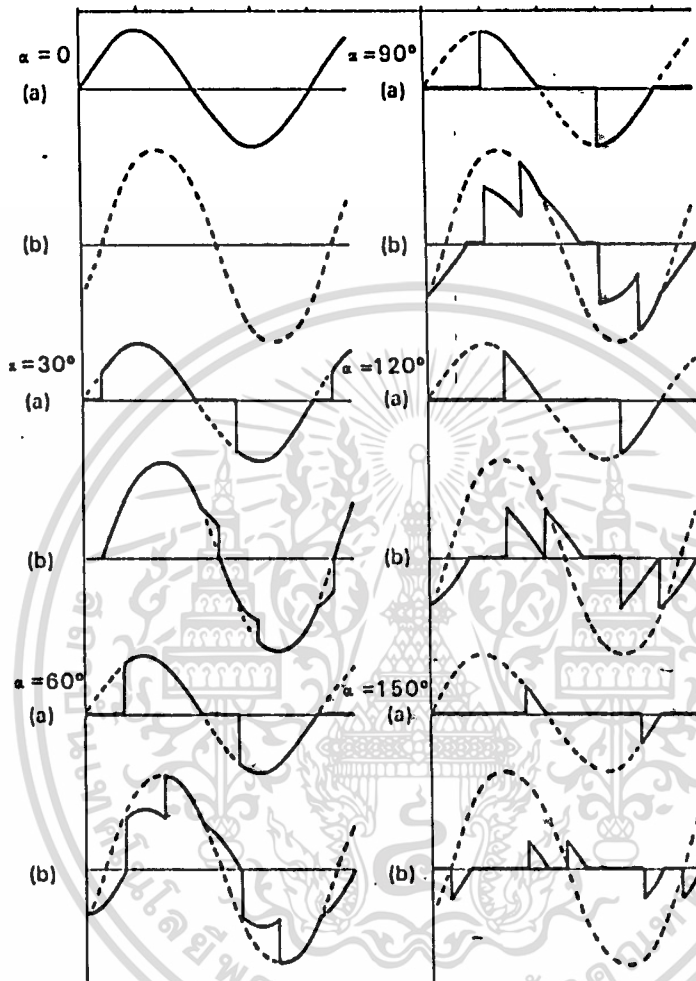
รูปที่ 2.9 การควบคุมแบบไลนัที่ต่อแบบเดลต่ำการะเป็นความต้านทาน ในโหมด 2/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การควบคุมแบบไลนที่ต่อแบบเดลต้าภาวะเป็นความต้านทาน ในโหมด 0/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การควบคุมแบบบรานซ์ที่ต่อแบบเดลต้าภาระเป็นความต้านทาน

1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบฮาร์โมนิคของคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแส

จากลักษณะรูปคลื่นขาออกของแรงดันไฟฟ้าและกระแสในบทที่แล้ว ถ้าเอารูปคลื่นขาออกมาวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบฮาร์โมนิค ตามแบบของการควบคุมชนิดต่างๆโดยใช้หลักการของการวิเคราะห์ฟูเรียร์ ( Fourier analysis ) โดยสมมติสัญญาณขาออกของระบบเป็นฟังก์ชัน  $F(\omega t)$  ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆของคลื่นสัญญาณชายนี่ ที่มีมุมเฟสต่างหากกัน  $m$  ส่วนในหนึ่งรอบ โดยลักษณะของการแบ่งช่วงต่างๆของคลื่นชายนี่จะใช้ยูนิทสเตปฟังก์ชันเป็นตัวกำหนดดังนี้

$$\begin{aligned} F(\omega t) &= F_1(\theta)[U(\theta-\theta'_1) - U(\theta-\theta''_1)] + \\ &F_2(\theta)[U(\theta-\theta'_2) - U(\theta-\theta''_2)] + \dots + \\ &F_m(\theta)[U(\theta-\theta'_m) - U(\theta-\theta''_m)] \\ &= \sum_{k=1}^m F_k(\theta)[U(\theta-\theta'_k) - U(\theta-\theta''_k)] \end{aligned}$$

โดยที่  $F_k(\theta) = A_k \sin(\theta + \lambda_k)$

กำหนดให้ สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของฟังก์ชัน  $F(\omega t)$  คือ

$$a_0 = a_{01} + a_{02} + \dots + a_{0m}$$

$$a_n = a_{n1} + a_{n2} + \dots + a_{nm}$$

$$b_n = b_{n1} + b_{n2} + \dots + b_{nm}$$

ผลที่ได้จากการคำนวณฟูเรียร์นี้ คือ

$$a_{0k} = \frac{A_k}{2\pi} [\cos(\theta'_k + \lambda_k) - \cos(\theta''_k + \lambda_k)]$$

$$\begin{aligned} a_{nk} &= \frac{A_k \cos[(1-n)\theta'_k + \lambda_k] - \cos[(1-n)\theta''_k + \lambda_k]}{2\pi(1-n)} \\ &+ \frac{A_k \cos[(1+n)\theta'_k + \lambda_k] - \cos[(1+n)\theta''_k + \lambda_k]}{2\pi(1+n)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{nk} &= \frac{A_k \sin[(1-n)\theta'_k + \lambda_k] - \sin[(1-n)\theta''_k + \lambda_k]}{2\pi(1-n)} \\ &+ \frac{A_k \sin[(1+n)\theta'_k + \lambda_k] - \sin[(1+n)\theta''_k + \lambda_k]}{2\pi(1+n)} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกรณีที่  $n = 1$  ได้ว่า

$$a_{1k} = \frac{A_k}{2\pi} (\theta_k - \theta'_k) \sin \lambda_k + \frac{A_k}{4\pi} [\cos (2\theta'_k + \lambda_k) - \cos (2\theta_k + \lambda_k)]$$

$$b_{1k} = \frac{A_k}{2\pi} (\theta_k - \theta'_k) \cos \lambda_k + \frac{A_k}{4\pi} [\sin (2\theta'_k + \lambda_k) - \sin (2\theta_k + \lambda_k)]$$

เมื่อนำเอาผลที่ได้จากวิเคราะห์นี้ไปคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ ช่วยในการคำนวณจะมีรูปแบบของโปรแกรมวิเคราะห์อาร์โมนิคตามแผนผังดังรูปที่ 3.1 , 3.2, 3.3

ส่วนการควบคุมของระบบมีการวิเคราะห์ดังนี้

### 3.1 การควบคุมแบบไลน์

#### 3.1.1 การต่อเป็นสตาร์

กรณีที่ภาระเป็นความต้านทาน

การต่อระบบควบคุมแบบไลน์ที่ต่อกับ ภาระไฟฟ้าที่เป็นตัวต้านทาน จะมีการทำงานของระบบอยู่สามโหมด ซึ่งการทำงานในโหมดต่าง ๆ นั้น ขึ้นอยู่กับสัญญาณของการควบคุมการทริกของไทรสเตอร์ โหมดต่างๆของการต่อแบบนี้มีดังนี้

โหมด 2/3 (  $0 < \alpha < \pi/3$  )

$$V_a = V_{\underline{c}} [U(\omega t - \alpha) - U(\omega t - \pi/3)]$$

$$+ 1/2 V_{\underline{ab}} [U(\omega t - \pi/3) - U(\omega t - \pi/3 - \alpha)]$$

$$+ V_{\underline{a}} [U(\omega t - \pi/3 - \alpha) - U(\omega t - 2\pi/3)]$$

$$+ 1/2 V_{\underline{ac}} [U(\omega t - 2\pi/3) - U(\omega t - 2\pi/3 - \alpha)]$$

$$+ V_{\underline{a}} [U(\omega t - 2\pi/3 - \alpha) - U(\omega t - \pi)]$$

โหมด 2/2 (  $\pi/3 < \alpha < \pi/2$  )

$$V_a = 1/2 V_{\underline{ab}} [U(\omega t - \alpha) - U(\omega t - \alpha - \pi/3)]$$

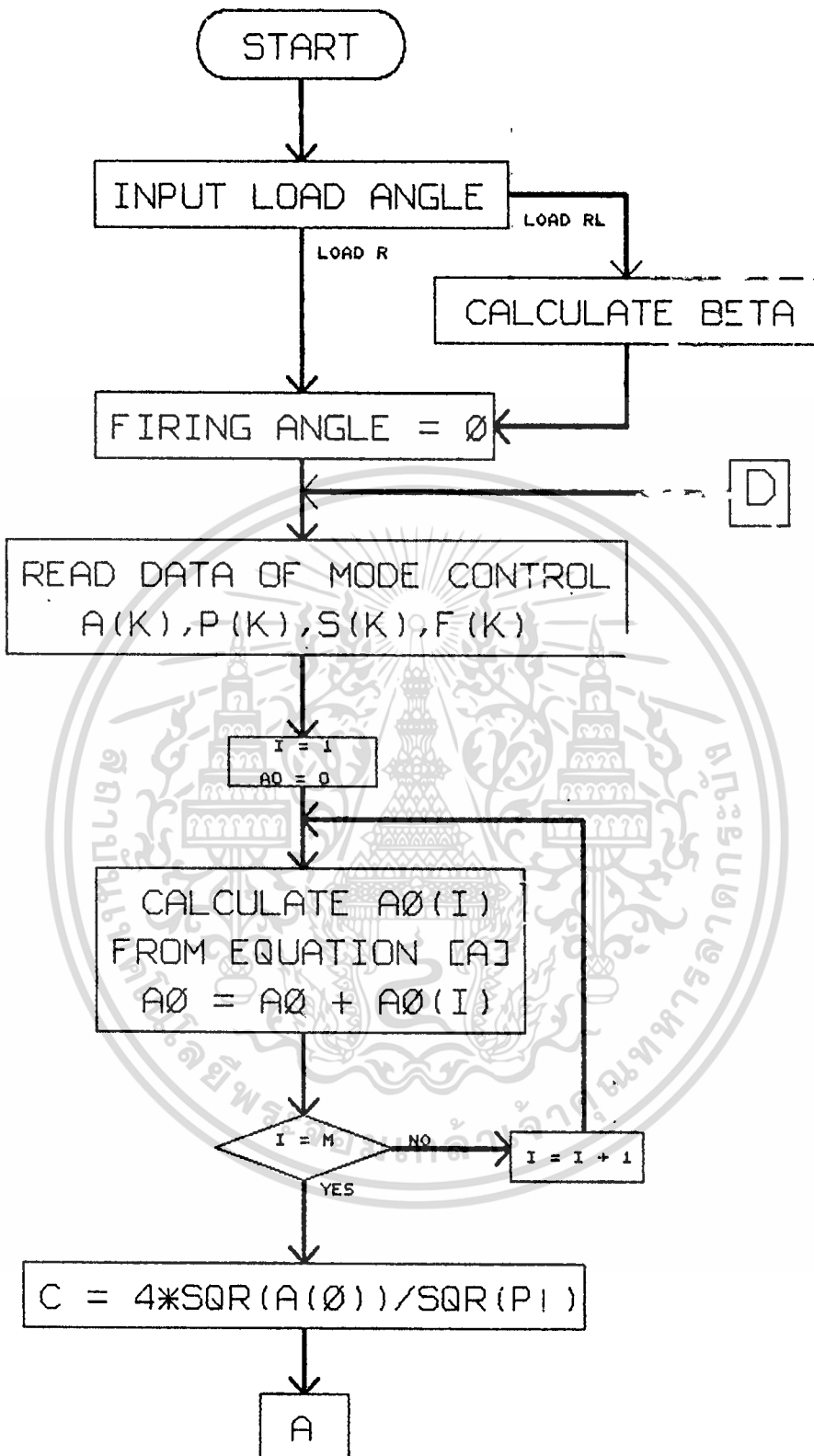
$$+ 1/2 V_{\underline{ac}} [U(\omega t - \alpha - \pi/3) - U(\omega t - \alpha - 2\pi/3)]$$

โหมด 0/2 (  $\pi/2 < \alpha < 5\pi/6$  )

$$V_a = 1/2 V_{\underline{ab}} [U(\omega t - \alpha) - U(\omega t - \pi/3)]$$

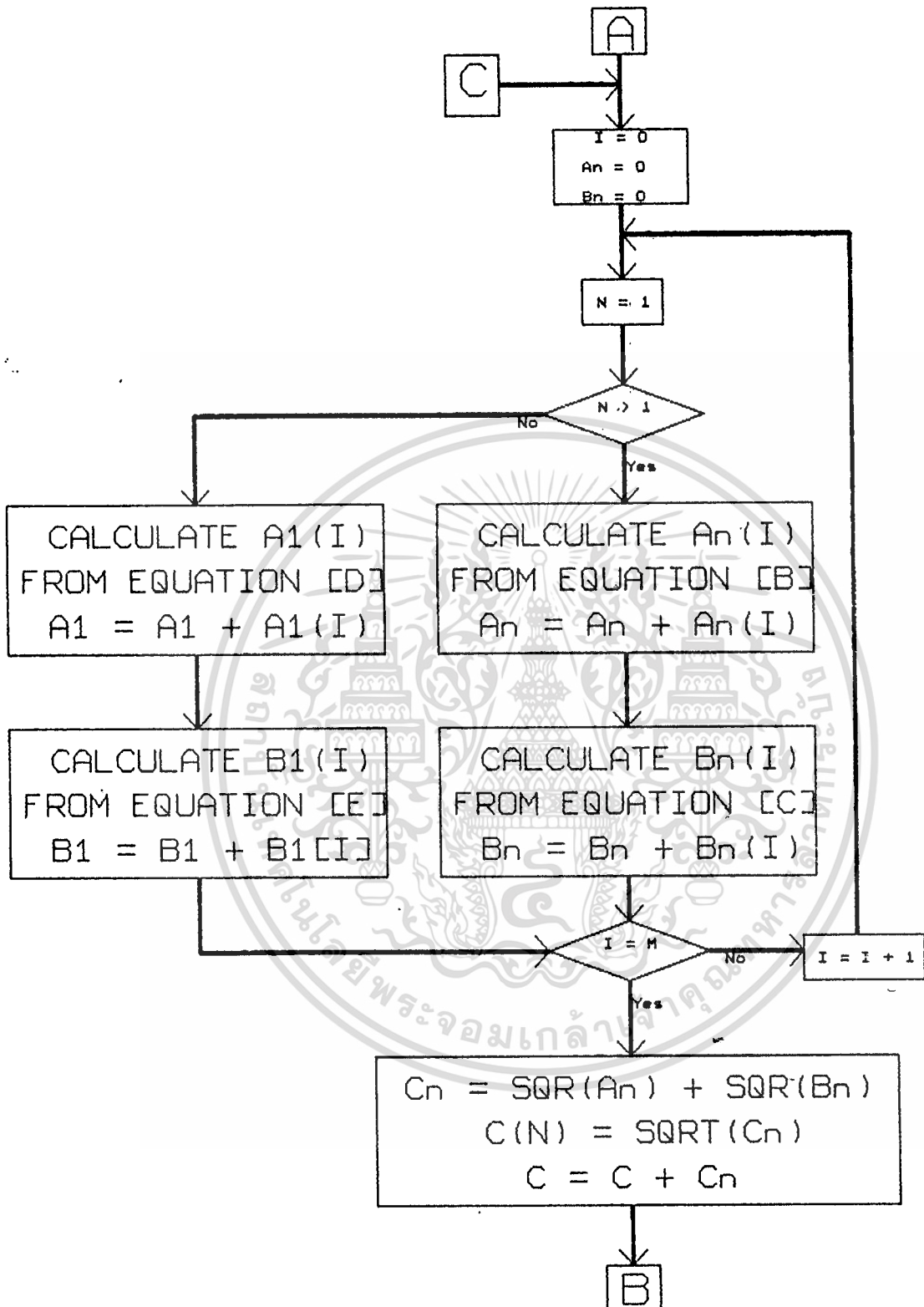
$$+ 1/2 V_{\underline{ac}} [U(\omega t - \alpha - \pi/3) - U(\omega t - 2\pi/3)]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



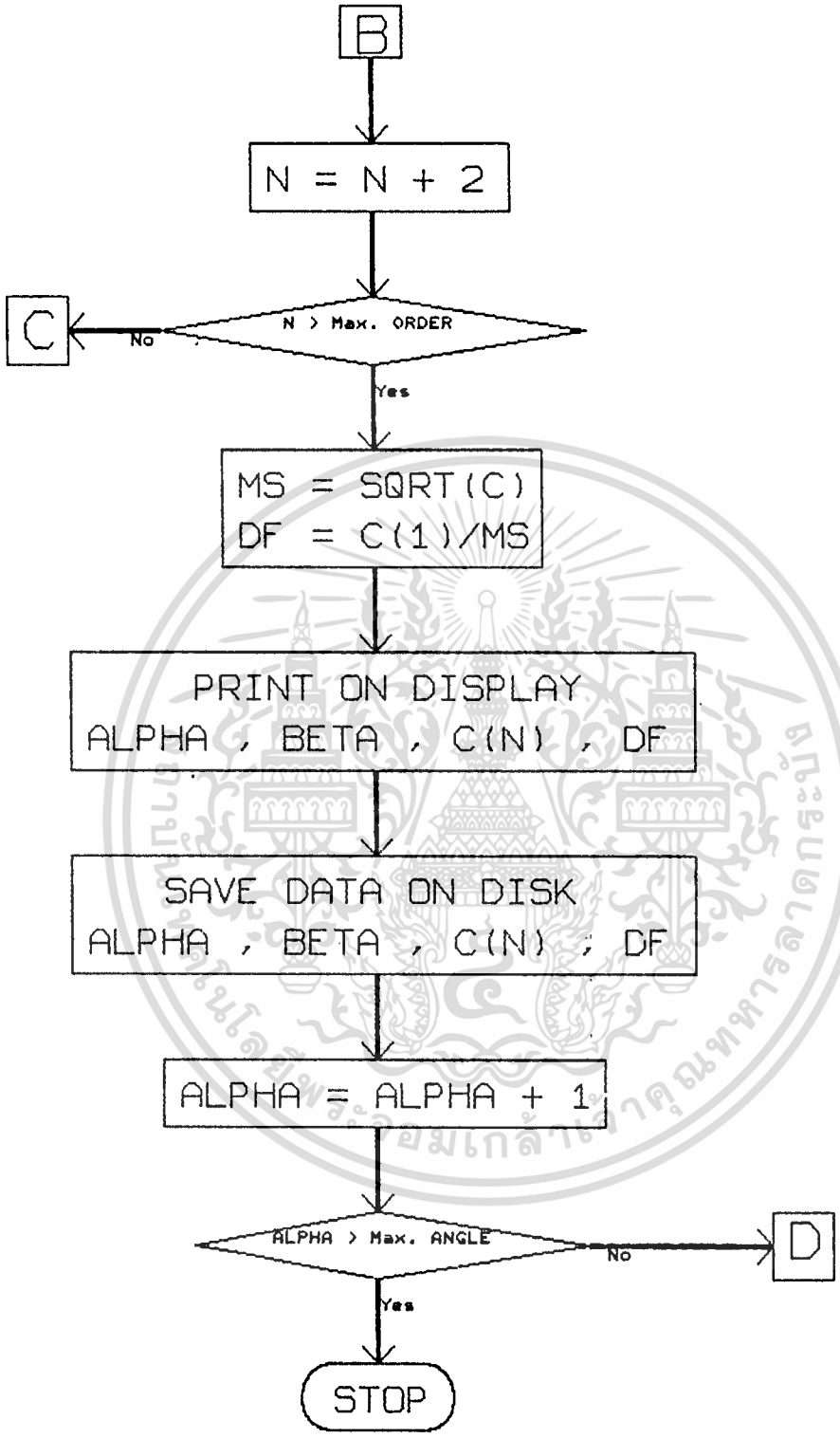
รูปที่ 3.1 แผนผังของโปรแกรมส่วนที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนผังของโปรแกรมส่วนที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังของโปรแกรมส่วนที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กรณีทีภาวะเป็นความต้านทานและความเหนี่ยวนำ

เมื่อนำการควบคุมแบบไลเนียร์มาต่อกับภาวะไฟฟ้า ที่มีลักษณะของภาวะเป็นความต้านทาน และ ความเหนี่ยวนำ จากลักษณะของภาวะดังกล่าวทำให้เกิดมุมของภาวะขึ้น โดยมุมของ ภาวะที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวกำหนด มุมที่ใช้ในการเริ่มทริกของระบบการควบคุม และ ยังเป็นตัว ที่ใช้กำหนดการเปลี่ยนโหมดการทำงานของระบบการควบคุมแบบนี้ การทำงานของระบบนี้ มี การทำงานในโหมดต่างๆดังนี้

โหมด 2/3 ( $\phi_1 < \alpha < \beta + \pi/3$ )

$$\begin{aligned} V_a &= \sin \omega t [U(\omega t - \alpha) - U(\omega t - \beta - \pi/3)] \\ &+ \sqrt{3}/2 \sin(\omega t + \pi/6) [U(\omega t - \beta - \pi/3) - U(\omega t - \alpha - \pi/3)] \\ &+ \sin \omega t [U(\omega t - \alpha - \pi/3) - U(\omega t - \beta - 2\pi/3)] \\ &+ \sqrt{3}/2 \sin(\omega t - \pi/6) [U(\omega t - \beta - 2\pi/3) - U(\omega t - \alpha - 2\pi/3)] \\ &+ \sin \omega t [U(\omega t - \alpha - 2\pi/3) - U(\omega t - \beta - \pi)] \end{aligned}$$

โหมด 0/2 ( $\beta + \pi/3 < \alpha < 5\pi/6$ )

$$\begin{aligned} V_a &= \sqrt{3}/2 \sin(\omega t + \pi/6) [U(\omega t - \alpha) - U(\omega t - \beta - 2\pi/3)] \\ &+ \sqrt{3}/2 \sin(\omega t - \pi/6) [U(\omega t - \alpha - \pi/3) - U(\omega t - \beta - \pi)] \end{aligned}$$

โดยที่ค่ามุมที่ทำให้สัญญาณด้านขาออกเปลี่ยนโหมด 2/2 ไปเป็น โหมด 0/2 มีวิธีการ หาค่าของมุมนี้ดังนี้

$$\sin(\phi_1 - \beta) = K_1 \sin(\alpha - \phi_1) e^{p(\beta - \alpha)}$$

เมื่อ

$$K_1 = (2e^{p\pi} + e^{2p\pi/3} - e^{p\pi/3}) / (2 - e^{2p\pi/3} + e^{p\pi/3})$$

### 3.1.2. การต่อเป็นเดลต้า

กรณีของการต่อเป็นเดลต้า ถูกใช้กับภาวะที่เป็นความต้านทานเท่านั้น ดังนั้นการท างานของไทรสเตอร์ในการระบบการควบคุมแบบนี้ มีการแบ่งโหมดการทำงานได้ดังนี้

โหมด 2/3 ( $0 < \alpha < \pi/3$ )

$$\begin{aligned} V_{ab} &= V_{\substack{a \\ b}} [U(\omega t - \alpha) - U(\omega t - 2\pi/3)] \\ &+ V_{\substack{c \\ a}} / 2 [U(\omega t - 2\pi/3) - U(\omega t - \alpha - 2\pi/3)] \\ &+ V_{\substack{b \\ c}} [U(\omega t - \alpha - 2\pi/3) - U(\omega t - \pi)] \\ &+ V_{\substack{c \\ b}} / 2 [U(\omega t - \pi) - U(\omega t - \alpha - \pi)] \end{aligned}$$

โหมด 2/2 ( $\pi/3 < \alpha < \pi/2$ )

$$V_{ab} = V_{\substack{a \\ b}} [U(\omega t - \alpha) - U(\omega t - \alpha - \pi/3)]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$+ V_{ac} / 2 [U \cos(\omega t - \alpha - \pi/3) - U \cos(\omega t - \alpha - 2\pi/3)]$$

$$+ V_{cb} / 2 [U \cos(\omega t - \alpha - 2\pi/3) - U \cos(\omega t - \alpha - \pi)]$$

โหมด 0/2 ( $\pi/2 < \alpha < 5\pi/6$ )

$$V_{ab} = V_{ab} [U \cos(\omega t - \alpha) - U \cos(\omega t - 5\pi/6)]$$

$$+ V_{ac} / 2 [U \cos(\omega t - \alpha - \pi/3) - U \cos(\omega t - 7\pi/6)]$$

$$+ V_{cb} [U \cos(\omega t - \alpha - 2\pi/3) - U \cos(\omega t - 3\pi/2)]$$

### 3.2 การควบคุมแบบบรานซ์

เมื่อกำหนดแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของระบบเป็น

$$V_{ab} = \sqrt{2} V \sin \omega t$$

$$V_{bc} = \sqrt{2} V \sin (\omega t - 2\pi/3)$$

$$V_{ca} = \sqrt{2} V \sin (\omega t + 2\pi/3)$$

และต่อภาระไฟฟ้าเป็นแบบสตาร์ได้ลักษณะของแรงดันไฟฟ้าและกระแสดังนี้

$$V_{1a} = \sqrt{2} V \sin \omega t [U \cos(\omega t - \alpha) - U \cos(\omega t - \alpha)]$$

$$i_{1a} = \sqrt{2} V / Z [\sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{-\cos \phi (\omega t - \alpha)}]$$

โดยที่มุม  $\alpha$  คือมุมที่ไทรสเตอร์หยุดการนำกระแส

และเมื่อต่อภาระไฟฟ้าเป็นแบบเดลต้าได้ลักษณะของแรงดันไฟฟ้าและกระแสดังนี้

$$V_{1ab} = \sqrt{3} \sqrt{2} V \sin(\omega t + \pi/6) [U \cos(\omega t - \alpha) - U \cos(\omega t - \alpha)]$$

$$i_{1ab} = \sqrt{3} \sqrt{2} V / Z [\sin(\omega t + \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{-\cos \phi (\omega t - \alpha)}]$$

เมื่อนำลักษณะของแรงดันไฟฟ้าของการควบคุมแบบต่างๆมาเขียนโปรแกรมวิเคราะห์องค์ประกอบฮาร์โมนิก ได้โปรแกรมวิเคราะห์ฮาร์โมนิก และผลที่ได้จากโปรแกรมการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกดังนี้

```
PROGRAM ANALYSIS_HARMONIC_DISTORTION_OF_VOLTAGE_CONTROLLER_TYPE_DELTA ;
```

```
TYPE DATA = RECORD
```

```
Am : REAL ;
```

```
Ph : REAL ;
```

```
St : REAL ;
```

```
Fi : REAL ;
```

```
END ;
```

```
Pdata = ARRAY[1..10] OF DATA ;
```

```
FILETYPE = TEXT ;
```

```
VAR P,K,I,I : Integer ;
```

```
Alp : Real ;
```

```
name : String[20] ;
```

```
Dataread : Pdata ;
```

```
Filename : FILETYPE ;
```

```
FUNCTION Radian(Number:Real):Real;
```

```
begin
```

```
    Radian := (Number*Pi)/180 ;
```

```
End;
```

```
PROCEDURE DC_Component(M:Integer ; Var DC : Real ;  
                          Var Pata : Pdata );
```

```
VAR SUM,A01,A02,A03,A04 : Real ;
```

```
    I : Integer ;
```

```
Begin
```

```
    SUM := 0 ;
```

```
    For I := 1 To M Do
```

```
    begin
```

```
        A01 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
```

```
        A02 := Cos(Pata[I].St+Pata[I].Ph) ;
```

```
        A03 := Cos(Pata[I].Fi+Pata[I].Ph) ;
```

```
        A04 := A01*(A02-A03) ;
```

```
        SUM := SUM + A04 ;
```

```
    end;
```

```
    DC := SUM ;
```

```
End;
```

```
PROCEDURE ANC_Component(M,X:Integer; Var ANC : Real ;  
                          Var Pata : Pdata );
```

```
VAR SUM,A11,A12,A13,A14,A15,A16,A17,
```

```
    A18,A19,A20,A21,A22,A23,A24,A25,
```

```
    A26 : Real ;
```

```
    I : Integer ;
```

```
Begin
```

```
    If X = 1 Then
```

```
    begin
```

```
        SUM := 0 ;
```

```
        For I := 1 To M Do
```

```
        begin
```

```
            A11 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
```

```
            A12 := (Pata[I].Fi-Pata[I].St)*Sin(Pata[I].Ph) ;
```

```
            A13 := A11*A12 ;
```

```
            A14 := 1/(1+X) ;
```

```
            A15 := Cos(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
```

```
            A16 := Cos(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
```

```
            A17 := A11*A14*(A15-A16) ;
```

```
            A18 := A13+A17 ;
```

```
            SUM := SUM + A18 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ภายใต้การคุ้มครองของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;
ANC := SUM ;
end
Else
begin
SUM := 0 ;
For I := 1 To M Do
begin
A19 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
A20 := Cos(((1-X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
A21 := Cos(((1-X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
A22 := (A19*(A20-A21))/(1-X) ;
A23 := Cos(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
A24 := Cos(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
A25 := (A19*(A23-A24))/(1+X) ;
A26 := A22 + A25 ;
SUM := SUM + A26 ;
end;
ANC := SUM ;
end;
End;
PROCEDURE BNS_Component(h,X:Integer; Var BNS : Real ;
Var Pata : Pdata );
VAR SUM,B11,B12,B13,B14,B15,B16,B17,
B18,B19,B20,B21,B22,B23,B24,B25,
B26
I : Real ;
I : Integer;
Begin
If X = 1 Then
begin
SUM := 0 ;
For I := 1 To M Do
begin
B11 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
B12 := (Pata[I].Fi-Pata[I].St)*Cos(Pata[I].Ph) ;
B13 := B11*B12 ;
B14 := 1/(1+X) ;
B15 := Sin(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
B16 := Sin(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
B17 := B11*B14*(B15-B16) ;
B18 := B13+B17 ;
SUM := SUM + B18 ;
end;
BNS := SUM ;
end
Else
begin
SUM := 0 ;
For I := 1 To M Do
begin
B19 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
B20 := Sin(((1-X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
B21 := Sin(((1-X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
B22 := (B19*(B20-B21))/(1-X) ;
B23 := Sin(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        B24 := Sin(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
        B25 := (B19*(B23-B24))/(1+X) ;
        B26 := B25 - B22 ;
        SUM := SUM + B26 ;
    end;
    BNS := SUM ;
end;
End;
PROCEDURE MACAL(Z,L      : Integer ;
                Datalist : Pdata ) ;
VAR    N          : Integer ;
        Doc,ACC,BSI,CN,
        CM,CS,CP,CQ,Dist,
        CO,Y      : Real ;
Begin
    DC_Component(L,Doc,Datalist);
    CO := Doc ;
    Y := Z ;
    WRITE(Filename,Y:7:1);
    WRITE(Y:7:1);
    N := 1 ; CM := (4*Sqr(Doc))/Sqr(Pi) ;
    REPEAT
        ANC_Component(L,N,ACO,Datalist);
        BNS_Component(L,N,BSI,Datalist);
        CN := Sqr(ACO)+Sqr(BSI) ;
        CM := CM + CN ;
        CP := Sqr(CN) ;
        IF N = 1 THEN CQ := CP ;
        WRITE(Filename,CP*100:7:2) ;
        WRITE(CP:7:2) ;
        INC(N,2)
    UNTIL N > 7 ;
    CS := Sqr(CM) ;
    Dist := CO/CS ;
    Writeln(Filename,Dist*100:7:2) ;
    WRITE(Dist:7:2);Writeln;
End;
Procedure Modatwothree(Var M      : Integer ;
                       Var Predata : Pdata ) ;
Begin
    M := 0 ;
    With Predata[1] do
    begin
        Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp ; Fi := 2*Pi/3 ;
    end;
    With Predata[2] do
    begin
        Am := 1/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 2*Pi/3 ; Fi := 2*Pi/3+Alp ;
    end;
    With Predata[3] do
    begin
        Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := 2*Pi/3+Alp ; Fi := Pi ;
    end;
    With Predata[4] do
    begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Am := 1/2 ; Ph := Pi/2 ; St := Pi ; Fi := Pi+Alp ;
end;
With Predata[5] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Pi+Alp ; Fi := 5*Pi/3 ;
end;
With Predata[6] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 5*Pi/3 ; Fi := 5*Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[7] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := 5*Pi/3+Alp ; Fi := 2*Pi ;
end;
With Predata[8] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := Pi/2 ; St := 2*Pi ; Fi := 2*Pi+Alp ;
end;

```

End;

```

Procedure Modetwotwo(Var M : Integer ;
Var Predata : Pdata ) ;

```

Begin

```

M := 6 ;
With Predata[1] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp ; Fi := Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := Pi/3+Alp ; Fi := 2*Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := Pi/2 ; St := 2*Pi/3+Alp ; Fi := Pi+Alp ;
end;
With Predata[4] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Pi+Alp ; Fi := 4*Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[5] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 4*Pi/3+Alp ; Fi := 5*Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[6] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := Pi/2 ; St := 5*Pi/3+Alp ; Fi := 2*Pi+Alp ;
end;

```

End;

```

Procedure Modezerotwo(Var M : Integer ;
Var Predata : Pdata ) ;

```

Begin

```

M := 6 ;
With Predata[1] do
begin

```

Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp ; Fi := 5\*Pi/6 ; นั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := Pi/3+Alp ; Fi := 7*Pi/6 ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := Pi/2 ; St := 2*Pi/3+Alp ; Fi := 3*Pi/2 ;
end;
With Predata[4] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Pi+Alp ; Fi := 11*Pi/6 ;
end;
With Predata[5] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 4*Pi/3+Alp ; Fi := 13*Pi/6 ;
end;
With Predata[6] do
begin
Am := 1/2 ; Ph := Pi/2 ; St := 5*Pi/3+Alp ; Fi := 5*Pi/2 ;
end;
End;

```

```

{**MAIN PROGRAM**}
BEGIN

```

```

WRITE('INPUT NAME OF FILE PUT DATA : ');READLN(name);
ASSIGN(Filename,name);
REWRITE(Filename);
FOR P := 1 TO 45 DO WRITE('-');WRITELN;
WRITE('ANGLE':7,'C1':7,'C3':7);
WRITE('C5':7,'C7':7,'DIST.':7);WRITELN;
FOR P:= 1 TO 45 DO WRITE('-');WRITELN;
FOR I := 1 TO 150 DO
Begin

```

```

K := I - 1 ;
IF ( 0 <= K ) AND ( K <= 60 ) THEN
begin
Alp := Radian(K) ;
Modetwothree(T,Dataread);
MACAL(K,T,Dataread);
end
ELSE
begin
IF (60 < K ) AND ( K <= 90 ) THEN
begin
Alp := Radian(K) ;
Modetwo(T,Dataread);
MACAL(K,T,Dataread);
end
ELSE
IF ( 90 < K ) AND ( K <= 149 ) THEN
begin
Alp := Radian(K) ;
Modezerotwo(T,Dataread);
MACAL(K,T,Dataread);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ MACAL(K,T,Dataread); งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

\* ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;  
end;  
End;  
FOR P := 1 TO 45 DO WRITE('-');WRITELN;  
CLOSE(Filename);  
END.
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

        A18 := A13+A17 ;
        SUM := SUM + A18 ;
    end;
    ANC := SUM ;
end
Else
begin
    SUM := 0 ;
    For I := 1 To M Do
    begin
        A19 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
        A20 := Cos(((1-X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
        A21 := Cos(((1-X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
        A22 := (A19*(A20-A21))/(1-X) ;
        A23 := Cos(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
        A24 := Cos(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
        A25 := (A19*(A23-A24))/(1+X) ;
        A26 := A22 + A25 ;
        SUM := SUM + A26 ;
    end;
    ANC := SUM ;
end;
End;
PROCEDURE BNS_Component(M,X:Integer; Var BNS : Real ;
                        Var Pata : Pdata );
VAR    SUM,B11,B12,B13,B14,B15,B16,B17,
        B18,B19,B20,B21,B22,B23,B24,B25,
        B26
        : Real ;
        I
        : Integer;
Begin
    If X = 1 Then
    begin
        SUM := 0 ;
        For I := 1 To M Do
        begin
            B11 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
            B12 := (Pata[I].Fi-Pata[I].St)*Cos(Pata[I].Ph) ;
            B13 := B11*B12 ;
            B14 := 1/(1+X) ;
            B15 := Sin(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
            B16 := Sin(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
            B17 := B11*B14*(B15-B16) ;
            B18 := B13+B17 ;
            SUM := SUM + B18 ;
        end;
        BNS := SUM ;
    end
    Else
    begin
        SUM := 0 ;
        For I := 1 To M Do
        begin
            B19 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
            B20 := Sin(((1-X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
            B21 := Sin(((1-X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;

```

เอกสารนี้เป็น B21 สร: Sin(((1-X)\*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

B22 := (B19*(B20-B21))/(1-X) ;
B23 := Sin(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
B24 := Sin(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
B25 := (B19*(B23-B24))/(1+X) ;
B26 := B25 - B22 ;
SUM := SUM + B26 ;

```

```

end;
BNS := SUM ;

```

```

end;

```

```

End;
PROCEDURE MATHCAL(Z,L      : Integer ;
                  Be      : Real ;
                  Datalist : Pdata ) ;
VAR
  N      : Integer ;
  Doc,ACQ,BSI,CN,
  CM,CS,CF,CQ,Dist,
  Y      : Real ;

```

```

Begin

```

```

  DC_Component(L,Doc,Datalist);
  Y := Z ;
  WRITE(FileName,Y:7:1);WRITE(FileName,Be:7:2);
  WRITE(Y:7:1);WRITE(Be:7:2);
  CM := (4*Sqr(Doc))/Sqr(Pi) ;
  N := 1 ;
  REPEAT

```

```

    ANC_Component(L,N,ACQ,Datalist);
    BNS_Component(L,N,BSI,Datalist);
    CN := Sqr(ACQ)+Sqr(BSI) ;
    CM := CM + CN ;
    CF := Sqrt(CN) ;
    IF N = 1 THEN CQ := CF ;
    WRITE(FileName,CQ*100:7:2) ;
    WRITE(CF:7:2) ;
    INC(N,2)

```

```

  UNTIL N > 7 ;
  CS := Sqrt(CM) ;
  Dist := CQ/CS ;
  WRITE(FileName,Dist*100:7:2) ;
  WRITE(Dist:7:2);

```

```

End;
PROCEDURE MATH(Z,L      : Integer ;
               Be      : Real ;
               Datalist : Pdata ) ;
VAR
  N      : Integer ;
  Doc,ACQ,BSI,CN,
  CM,CS,CF,CQ,Dist,
  Y      : Real ;

```

```

Begin

```

```

  DC_Component(L,Doc,Datalist);
  Y := Z ;
  CM := (4*Sqr(Doc))/Sqr(Pi) ;
  N := 1 ;
  REPEAT

```

```

    ANC_Component(L,N,ACQ,Datalist);
    BNS_Component(L,N,BSI,Datalist);

```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

begin
Am := 1 ; Ph := 2*Pi/3 ; St := Alp+Pi/3 ; Fi := 4*Pi/3 ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Alp+Pi ; Fi := 2*Pi ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1 ; Ph := 2*Pi/3 ; St := Alp+4*Pi/3 ; Fi := 7*Pi/3 ;
end;
End;
Begin
WRITE('INPUT NAME OF FILE PUT DATA : ');READLN(name);
ASSIGN(FileName,name);
REWRITE(FileName);
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('--');WRITELN;
WRITE('ANGLE':7,'BELTA':7,'C1':7,'C3':7);
WRITE('C5':7,'C7':7,'DIST.':7);WRITELN;
FOR P:= 1 TO 50 DO WRITE('--');WRITELN;
FOR I := 1 TO 100 DO
Begin
K := I - 1 ;
Alp := Radian(K) ; Beat := 180 ;
Condition(I,Dataread);
MATHCAL(K,I,Beat,Dataread);
ConditionI(I,Dataread);
MATH(K,I,Beat,Dataread);
WRITELN(FileName);
End;
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('--');WRITELN;
CLOSE(FileName);
End;
PROCEDURE LOADBRANCH ;
VAR P,K,T,I : Integer ;
Alp,Beta,Bel,Beat,
Paha : Real ;
name : String[20] ;
Dataread : Pdata ;
Procedure ConditionI(Var M : Integer ;
Var Predata : Pdata ) ;
Begin
M := 2 ;
With Predata[1] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := 0 ; Fi := Pi ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Pi ; Fi := 2*Pi ;
end;
End;
Procedure ConditionII(Var M : Integer ;
Var Predata : Pdata ) ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

M := 4 ;
With Predata[1] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := 0 ; Fi := Pi ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1 ; Ph := -Pi/6 ; St := Fi/3 ; Fi := 4*Pi/3 ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Fi ; Fi := 2*Pi ;
end;
With Predata[4] do
begin
Am := 1 ; Ph := -Pi/6 ; St := 4*Pi/3 ; Fi := 7*Pi/3 ;
end;
End;
Procedure Condition(Var M : Integer ;
Var Predata : Fdata ) ;
Begin
M := 2 ;
With Predata[1] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp ; Fi := Bel ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp+Pi ; Fi := Bel+Pi ;
end;
End;
Procedure ConditionL(Var M : Integer ;
Var Predata : Fdata ) ;
Begin
M := 4 ;
With Predata[1] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp ; Fi := Bel ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1 ; Ph := -Pi/6 ; St := Alp+Pi/3 ; Fi := Bel+Pi/3 ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := 1 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp+Pi ; Fi := Bel+Pi ;
end;
With Predata[4] do
begin
Am := 1 ; Ph := -Pi/6 ; St := Alp+4*Pi/3 ; Fi := Bel+7*Pi/3 ;
end;
End;
Begin

```

```
WRITE('INPUT NAME OF FILE PUT DATA : ');READLN(name);
```

```
ASSIGN(FILENAME, name);
```

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

REWRITE(Filename);
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
WRITE('ANGLE':7,'BELTA':7,'C1':7,'C3':7);
WRITE('C5':7,'C7':7,'DIST.':7);WRITELN;
FOR P:= 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
FOR I := 1 TO 180 DO
Begin
  K := I - 1 ;
  IF ( 0 <= K ) and ( K < Fre ) THEN
  begin
    Alp := Radian(K) ;
    Beat:= 0 ;
    ConditionI(T,Dataread);
    MATHCAL(K,T,Beat,Dataread);
    ConditionII(T,Dataread);
    MATH(K,T,Beat,Dataread);
  end
  ELSE
  begin
    Alp := Radian(K) ; Bel := Pi ;
    FLOW(Free,AIP,Bel,Beat);
    ConditionI(T,Dataread);
    MATHCAL(K,T,Beat,Dataread);
    ConditionL(T,Dataread);
    MATH(K,T,Beat,Dataread);
  end
End;
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
CLOSE(Filename);
END;
{**MAIN PROGRAM**}
BEGIN
WRITE('INPUT ANGLE OF LOAD : ' ) ;READLN(Fre) ;
Free := Radian(Fre) ;
IF Free = 0 THEN BRANCH
  ELSE LOADBRANCH ;
END.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROGRAM ANALYSIS_HARMONIC_DISTORTION_OF_VOLTAGE_CONTROLLER_TYPE_STAR ;
```

```
TYPE DATA = RECORD
```

```
Am : REAL ;
```

```
Ph : REAL ;
```

```
St : REAL ;
```

```
Fi : REAL ;
```

```
END ;
```

```
Pdata = ARRAY[1..10] OF DATA ;
```

```
FILETYPE = TEXT ;
```

```
VAR Fre : INTEGER ;
```

```
Free : REAL ;
```

```
Filename : FILETYPE ;
```

```
FUNCTION Radian(Number:Real):Real;
```

```
Begin
```

```
  Radian := (Number*Pi)/180 ;
```

```
End;
```

```
FUNCTION Degree(Number:Real):Real;
```

```
Begin
```

```
  Degree := (Number*180)/Pi ;
```

```
End;
```

```
PROCEDURE DC_Component(M:Integer ; Var DC : Real ;  
                          Var Pata : Pdata );
```

```
VAR SUM,A01,A02,A03,A04 : Real ;  
    I : Integer ;
```

```
Begin
```

```
  SUM := 0 ;
```

```
  For I := 1 To M Do
```

```
  begin
```

```
    A01 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
```

```
    A02 := Cos(Pata[I].St+Pata[I].Ph) ;
```

```
    A03 := Cos(Pata[I].Fi+Pata[I].Ph) ;
```

```
    A04 := A01*(A02-A03) ;
```

```
    SUM := SUM + A04 ;
```

```
  end;
```

```
  DC := SUM ;
```

```
End;
```

```
PROCEDURE ANC_Component(M,X:Integer; Var ANC : Real ;  
                          Var Pata : Pdata );
```

```
VAR SUM,A11,A12,A13,A14,A15,A16,A17,  
    A18,A19,A20,A21,A22,A23,A24,A25,  
    A26 : Real ;  
    I : Integer ;
```

```
Begin
```

```
  If X = 1 Then
```

```
  begin
```

```
    SUM := 0 ;
```

```
    For I := 1 To M Do
```

```
    begin
```

```
      A11 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
```

```
      A12 := (Pata[I].Fi-Pata[I].St)*Sin(Pata[I].Ph) ;
```

```
      A13 := A11*A12 ;
```

```
      A14 := 1/(1+X) ;
```

```
      A15 := Cos(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
```

```
      A16 := Cos(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
```

```
      A17 := A11*A14*(A15-A16) ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        A18 := A13+A17 ;
        SUM := SUM + A18 ;
    end;
    ANC := SUM ;
end
Else
begin
    SUM := 0 ;
    For I := 1 To M Do
    begin
        A19 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
        A20 := Cos(((1-X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
        A21 := Cos(((1-X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
        A22 := (A19*(A20-A21))/(1-X) ;
        A23 := Cos(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
        A24 := Cos(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
        A25 := (A19*(A23-A24))/(1+X) ;
        A26 := A22 + A25 ;
        SUM := SUM + A26 ;
    end;
    ANC := SUM ;
end;
End;
PROCEDURE PNS_Component(M,X:Integer; Var BNS : Real ;
    Var Pata : Fdata);
VAR
    SUM,B11,B12,B13,B14,B15,B16,B17,
    B18,B19,B20,B21,B22,B23,B24,B25,
    B26
    : Real ;
    I
    : Integer;
Begin
    If X = 1 Then
    begin
        SUM := 0 ;
        For I := 1 To M Do
        begin
            B11 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
            B12 := (Pata[I].Fi-Pata[I].St)*Cos(Pata[I].Ph) ;
            B13 := B11*B12 ;
            B14 := 1/(1+X) ;
            B15 := Sin(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
            B16 := Sin(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
            B17 := B11*B14*(B15-B16) ;
            B18 := B13+B17 ;
            SUM := SUM + B18 ;
        end;
        BNS := SUM ;
    end
    Else
    begin
        SUM := 0 ;
        For I := 1 To M Do
        begin
            B19 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
            B20 := Sin(((1-X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
            B21 := Sin(((1-X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ไม่ควรกรณิใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

B22 := (B19*(B20-B21))/(1-X) ;
B23 := Sin(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
B24 := Sin(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
B25 := (E19*(B23-B24))/(1+X) ;
B26 := B25 - B22 ;
SUM := SUM + B26 ;

```

```
end;
```

```
BNS := SUM ;
```

```
end;
```

```
End;
```

```
PROCEDURE MACAL(Z,L : Integer ;
Datalist : Pdata ) ;
```

```
VAR N : Integer ;
Doc,ACC,BSI,CN,
CM,CS,CP,CQ,Dist,
CO,Y : Real ;
```

```
Begin
```

```
DC_Component(L,Doc,Datalist);
```

```
CO := Doc ;
```

```
Y := 2 ;
```

```
WRITE(FileName,Y:7:1);
```

```
WRITE(Y:7:1);
```

```
N := 1 ; CM := (4*Sqr(Doc))/Sqr(Fi) ;
```

```
REPEAT
```

```
ANC_Component(L,N,ACC,Datalist);
```

```
BKS_Component(L,N,BSI,Datalist);
```

```
CN := Sqr(ACC)+Sqr(BSI) ;
```

```
CM := CM + CN ;
```

```
CP := Sqr(CM) ;
```

```
IF N = 1 THEN CQ := CP ;
```

```
WRITE(FileName,CP*100:7:2) ;
```

```
WRITE(CP:7:2) ;
```

```
INC(N,2)
```

```
UNTIL N > 7 ;
```

```
CS := Sqr(CM) ;
```

```
Dist := CQ/CS ;
```

```
WRITELN(FileName,Dist*100:7:2) ;
```

```
WRITE(Dist:7:2);WRITELN;
```

```
End;
```

```
PROCEDURE MACAL11(Z,L : Integer ;
Be : Real ;
Datalist : Pdata ) ;
```

```
VAR N : Integer ;
Doc,ACC,BSI,CN,
CM,CS,CF,CQ,Dist,
CO,Y : Real ;
```

```
Begin
```

```
DC_Component(L,Doc,Datalist);
```

```
CO := Doc ;
```

```
Y := 2 ;
```

```
WRITE(FileName,Y:7:1);WRITE(FileName,Be:7:2);
```

```
WRITE(Y:7:1);WRITE(Be:7:2);
```

```
N := 1 ; CM := (4*Sqr(Doc))/Sqr(Fi) ;
```

```
REPEAT
```

ANC\_Component(L,N,ACC,Datalist);ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

begin
Am := 1      ; Ph := 0      ; St := 51Pi/3+Alp ; Fi := 21Pi ;
end;
End;
Procedure Modetwotwo(Var M      : Integer ;
                    Var Predata : Pdata ) ;
Begin
M := 4 ;
With Predata[1] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := Fi/6 ; St := Alp      ; Fi := Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := -Fi/6 ; St := Pi/3+Alp ; Fi := 21Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := Pi/6 ; St := Pi+Alp    ; Fi := 41Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[4] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 41Pi/3+Alp ; Fi := 51Pi/3+Alp ;
end;
End;
Procedure Modezerotwo(Var M      : Integer ;
                    Var Predata : Pdata ) ;
Begin
M := 4 ;
With Predata[1] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp      ; Fi := 51Pi/6 ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := Pi/3+Alp ; Fi := 71Pi/6 ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := Pi/6 ; St := Pi+Alp    ; Fi := 111Pi/6 ;
end;
With Predata[4] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 41Pi/3+Alp ; Fi := 131Pi/6 ;
end;
End;
Begin
WRITE('INPUT NAME OF FILE PUT DATA : ');READLN(name);
ASSIGN(FileName,name);
REWRITE(FileName);
FOR F := 1 TO 45 DO WRITE('-');WRITELN;
WRITE('ANGLE':7,'C1':7,'C3':7);
WRITE('C5':7,'C7':7,'DIST.':7);WRITELN;
FOR P:= 1 TO 45 DO WRITE('-');WRITELN;
FOR I := 1 TO 150 DO

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Begin
  K := I - 1 ;
  IF ( 0 <= K ) AND ( K <= 60 ) THEN
    begin
      Alp := Radian(K) ;
      Modetwothree(T,Dataread);
      MACAL(K,T,Dataread);
    end
  ELSE
    begin
      IF ( 30 < K ) AND ( K <= 90 ) THEN
        begin
          Alp := Radian(K) ;
          Modetwo(T,Dataread);
          MACAL(K,T,Dataread);
        end
      ELSE
        IF ( 90 < K ) AND ( K <= 149 ) THEN
          begin
            Alp := Radian(K) ;
            Modezerotwo(T,Dataread);
            MACAL(K,T,Dataread);
          end;
        end;
      End;
      FOR P := 1 TO 45 DO WRITE('-');WRITELN;
      CLOSE(FileName);
    End;
  PROCEDURE LOADRL ;
  VAR
    P,K,T,I      : Integer ;
    Alp,Beta,Bel,Beat,
    Paha         : Real ;
    name         : String[20] ;
    Dataread     : Pdata ;
  Procedure Modebetaone(Var M      : Integer ;
                        Var Predata : Pdata );
  Begin
    M := 2 ;
    With Predata[1] do
      begin
        Am := 1 ; Ph := 0 ; St := 0 ; Fi := Fi ;
      end;
    With Predata[2] do
      begin
        Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Pi ; Fi := 2*Pi ;
      end;
    End;
  Procedure Modebeltatwo(Var M      : Integer ;
                        Var Predata : Pdata );
  Begin
    M := 10 ;
    With Predata[1] do
      begin
        Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Alp ; Fi := Pi/3+Bel ;
      end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

With Predata[2] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := Pi/6 ; St := Pi/3+Bel ; Fi := Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Pi/3+Alp ; Fi := 2*Pi/3+Bel ;
end;
With Predata[4] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 2*Pi/3+Bel ; Fi := 2*Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[5] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := 2*Pi/3+Alp ; Fi := Pi+Bel ;
end;
With Predata[6] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Pi+Alp ; Fi := 4*Pi/3+Bel ;
end;
With Predata[7] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := Pi/6 ; St := 4*Pi/3+Bel ; Fi := 4*Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[8] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := 4*Pi/3+Alp ; Fi := 5*Pi/3+Bel ;
end;
With Predata[9] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 5*Pi/3+Bel ; Fi := 5*Pi/3+Alp ;
end;
With Predata[10] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := 5*Pi/3+Alp ; Fi := 2*Pi+Bel ;
end;

```

```

End;
Procedure Kodebeltazero(Var M : Integer ;
Var Predata : Pdata ) ;

```

```

Begin
M := 4 ;
With Predata[1] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := Pi/6 ; St := Alp ; Fi := 2*Pi/3+Bel ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := Pi/3+Alp ; Fi := Pi+Bel ;
end;
With Predata[3] do
begin
Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := Pi/6 ; St := Pi+Alp ; Fi := 5*Pi/3+Bel ;
end;
With Predata[4] do
begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Am := Sqrt(3)/2 ; Ph := -Pi/6 ; St := 4*Pi/3+Alp ; Fi := 2*Pi+Bei ;
end;
End;
Begin
WRITE('INPUT NAME OF FILE PUT DATA : ');READLN(name);
ASSIGN(FileName,name);
REWRITE(FileName);
BELTAC(Free,Beta); Paha := Beta + 60 ;
WRITELN('ALPHA ANGLE (alpha(c)) : ',Paha:7:2);
WRITELN('BELTA ANGLE (beta(c)) : ',Beta:7:2);
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
WRITE('ANGLE':7,'BELTA':7,'C1':7,'C3':7);
WRITE('C5':7,'C7':7,'DIST.':7);WRITELN;
FOR P:= 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
FOR I := 1 TO 150 DO
Begin
K := I -1 ;
IF ( 0 <= K ) and ( K <= Fre ) THEN
begin
Alp := Radian(K) ;
Beat:= 0 ;
Modebeltaone(T,Dataread);
MACALII(K,T,Beat,Dataread);
end
ELSE
begin
IF ( Fre < K ) AND ( K <= ( Beta+60 ) ) THEN
begin
Alp := Radian(K) ; Bei := Free ;
BELTAAI(Free,Alp,Bel,Beat);
ModebeltaTwo(T,Dataread);
MACALII(K,T,Beat,Dataread);
end
ELSE
IF ( ( Beta+60 ) <= K ) AND ( K <= 149 ) THEN
begin
Alp := Radian(K) ; Bei := Radian(Beta) ;
BELTABI(Free,Alp,Bel,Beat);
Modebeltazero(T,Dataread);
MACALII(K,T,Beat,Dataread);
end;
end;
end;
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
CLOSE(FileName);
End;
(**MAIN PROGRAM**)
BEGIN
WRITE('INPUT ANGLE OF LOAD : ');READLN(Fre) ;
Free := Radian(Fre) ;
IF Free = 0 THEN LOAD_R
ELSE LOADRL ;
END.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROGRAM ANALYSIS_HARMONIC_DISTORTION_OF_POWER_CTRLLLER_TYPE_AWIRESTAR ;
```

```
TYPE DATA = RECORD
```

```
  Am : REAL ;
```

```
  Ph : REAL ;
```

```
  St : REAL ;
```

```
  Fi : REAL ;
```

```
END ;
```

```
Pdata = ARRAY[1..10] OF DATA ;
```

```
FILETYPE = TEXT ;
```

```
VAR Fre : INTEGER ;
```

```
Free : REAL ;
```

```
Filename : FILETYPE ;
```

```
FUNCTION Radian(Number:Real):Real;
```

```
Begin
```

```
  Radian := (Number*Pi)/180 ;
```

```
End;
```

```
FUNCTION Degree(Number:Real):Real;
```

```
Begin
```

```
  Degree := (Number*180)/Pi ;
```

```
End;
```

```
PROCEDURE DC_Component(M:Integer ; Var DC : Real ;  
  Var Pata : Pdata );
```

```
VAR SUM,A01,A02,A03,A04 : Real ;
```

```
  I : Integer ;
```

```
Begin
```

```
  SUM := 0 ;
```

```
  For I := 1 To M Do
```

```
  begin
```

```
    A01 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
```

```
    A02 := Cos(Pata[I].St+Pata[I].Ph) ;
```

```
    A03 := Cos(Pata[I].Fi+Pata[I].Ph) ;
```

```
    A04 := A01*(A02-A03) ;
```

```
    SUM := SUM + A04 ;
```

```
  end;
```

```
  DC := SUM ;
```

```
End;
```

```
PROCEDURE ANC_Component(M,X:Integer; Var ANC : Real ;  
  Var Pata : Pdata );
```

```
VAR SUM,A11,A12,A13,A14,A15,A16,A17,
```

```
  A18,A19,A20,A21,A22,A23,A24,A25,
```

```
  A26 : Real ;
```

```
  I : Integer ;
```

```
Begin
```

```
  If X = 1 Then
```

```
  begin
```

```
    SUM := 0 ;
```

```
    For I := 1 To M Do
```

```
    begin
```

```
      A11 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
```

```
      A12 := (Pata[I].Fi-Pata[I].St)*Sin(Pata[I].Ph) ;
```

```
      A13 := A11*A12 ;
```

```
      A14 := 1/(1+X) ;
```

```
      A15 := Cos(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
```

```
      A16 := Cos(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
```

```
      A17 := A11*A14*(A15-A16) ;
```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        A18 := A13+A17 ;
        SUM := SUM + A18 ;
    end;
    ANC := SUM ;
end
Else
begin
    SUM := 0 ;
    For I := 1 To M Do
    begin
        A19 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
        A20 := Cos(((1-X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
        A21 := Cos(((1-X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
        A22 := (A19*(A20-A21))/(1-X) ;
        A23 := Cos(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
        A24 := Cos(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
        A25 := (A19*(A23-A24))/(1+X) ;
        A26 := A22 + A25 ;
        SUM := SUM + A26 ;
    end;
    ANC := SUM ;
end;
End;
PROCEDURE BNS_Component(M,X:Integer; Var BNS : Real ;
    Var Pata : Pdata );
VAR
    SUM,B11,B12,B13,B14,B15,B16,B17,
    B18,B19,B20,B21,B22,B23,B24,B25,
    B26
    I
    : Real ;
    : Integer;
Begin
    If X = 1 Then
    begin
        SUM := 0 ;
        For I := 1 To M Do
        begin
            B11 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
            B12 := (Pata[I].Fi-Pata[I].St)*Cos(Pata[I].Ph) ;
            B13 := B11*B12 ;
            B14 := 1/(1+X) ;
            B15 := Sin(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
            B16 := Sin(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
            B17 := B11*B14*(B15-B16) ;
            B18 := B13+B17 ;
            SUM := SUM + B18 ;
        end;
        BNS := SUM ;
    end
    Else
    begin
        SUM := 0 ;
        For I := 1 To M Do
        begin
            B19 := Pata[I].Am/(2*Pi) ;
            B20 := Sin(((1-X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
            B21 := Sin(((1-X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;

```



เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

B22 := (B19*(B20-B21))/(1-X) ;
B23 := Sin(((1+X)*Pata[I].St)+Pata[I].Ph) ;
B24 := Sin(((1+X)*Pata[I].Fi)+Pata[I].Ph) ;
B25 := (B19*(B23-B24))/(1+X) ;
B26 := B25 - B22 ;
SUM := SUM + B26 ;

```

```

end;
BNS := SUM ;

```

```

end;

```

```

End;

```

```

PROCEDURE MATHCAL(Z,L : Integer ;
                  Be : Real ;
                  Datalist : Pdata ) ;

```

```

VAR N : Integer ;
    Doc,ACO,BSI,CN,
    CM,CS,CP,CG,Dist,
    Y : Real ;

```

```

Begin

```

```

DC_Component(L,Doc,Datalist);

```

```

Y := Z ;

```

```

WRITE(FileName,Y:7:1);WRITE(FileName,Be:7:2);

```

```

WRITE(Y:7:1);WRITE(Be:7:2);

```

```

N := 1 ; CM := (4*Sqr(Doc))/Sqr(Pi) ;

```

```

REPEAT

```

```

    ANC_Component(L,N,ACO,Datalist);

```

```

    BNS_Component(L,N,BSI,Datalist);

```

```

    CN := Sqr(ACO)+Sqr(BSI) ;

```

```

    CM := CM + CN ;

```

```

    CP := Sqr(CN) ;

```

```

    IF N = 1 THEN CG := CP ;

```

```

    WRITE(FileName,CP*100:7:2) ;

```

```

    WRITE(CG:7:2) ;

```

```

    INC(N,2)

```

```

UNTIL N > 7 ;

```

```

CS := Sqr(CM) ;

```

```

Dist := CG/CS ;

```

```

WRITELN(FileName,Dist*100:7:2) ;

```

```

WRITE(Dist:7:2);WRITELN;

```

```

End;

```

```

PROCEDURE FLOW(FT,AT : Real ;
               Var BT,BP : Real ) ;

```

```

Var Fry,BQ,A1,A2,A3 : Real ;

```

```

Begin

```

```

Fry := (-1)*(Cos(FT)/Sin(FT)) ;

```

```

REPEAT

```

```

    A1 := Sin(BT-FT)-Sin(AT-FT)*Exp(Fry*(BT-AT)) ;

```

```

    A2 := Cos(BT-FT)-Sin(AT-FT)*Fry*Exp(Fry*(BT-AT)) ;

```

```

    A3 := A1/A2 ;

```

```

    BQ := BT ;

```

```

    BT := BT - A3 ;

```

```

UNTIL Abs(BT-BQ) < 0.000001 ;

```

```

BP := Degree(BT) ;

```

```

End;

```

```

PROCEDURE WIRE ;

```

VAR เอกสาร P, K, T, I, N เอกสารที่ส่งมา: Integer ; การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Alp,Beta,Bel,Beat,
Paha          : Real ;
name          : String[20] ;
Dataread     : Pdata ;
Procedure Condition(Var M      : Integer ;
                   Var Predata : Pdata ) ;
Begin
M := 2 ;
With Predata[1] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Alp ; Fi := Pi ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Alp+Pi ; Fi := 2*Pi ;
end;
End;
Begin

```

```

WRITE('INPUT NAME OF FILE PUT DATA : ');READLN(name);
ASSIGN(FileName,name);
REWRITE(FileName);
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('--');WRITELN;
WRITE('ANGLE':7,'BETA':7,'C1':7,'C3':7);
WRITE('C5':7,'C7':7,'DIST.':7);WRITELN;
FOR P:= 1 TO 50 DO WRITE('--');WRITELN;
FOR I := 1 TO 180 DO
Begin
K := I - 1 ;
Alp := Radian(K) ; Beat := 180 ;
Condition(I,Dataread);
MATHCAL(K,I,Beat,Dataread);
End;
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('--');WRITELN;
CLOSE(FileName);
End;

```

```

PROCEDURE LOADWIRE ;
VAR P,K,T,I      : Integer ;
Alp,Beta,Bel,Beat,
Paha          : Real ;
name          : String[20] ;
Dataread     : Pdata ;
Procedure ConditionI(Var M      : Integer ;
                   Var Predata : Pdata ) ;

```

```

Begin
M := 2 ;
With Predata[1] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := 0 ; Fi := Pi ;
end;
With Predata[2] do
begin
Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Pi ; Fi := 2*Pi ;
end;

```

End; Procedure Condition(Var M : Integer ;

ไม่ถูกต้องนี่ไม่ถูกต้องที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Var Predata : Pdata ) ;
Begin
  N := 2 ;
  With Predata[1] do
  begin
    Am := 1 ; Ph := 0 ; St := Alp ; Fi := Bel ;
  end;
  With Predata[2] do
  begin
    Ac := 1 ; Ph := 0 ; St := Alp+Pi ; Fi := Bel+Pi ;
  end;
End;
Begin
WRITE('INPUT NAME OF FILE PUT DATA : ');READLN(name);
ASSIGN(filename,name);
REWRITE(filename);
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
WRITE('ANGLE':7,'BELTA':7,'C1':7,'C3':7);
WRITE('C5':7,'C7':7,'DIST.':7);WRITELN;
FOR P:= 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
FOR I := 1 TO 180 DO
Begin
  K := I - 1 ;
  IF ( 0 <= K ) and { K < Fre } THEN
  begin
    Alp := Radian(K) ;
    Beat:= 180 ;
    ConditionI(T,Dataread);
    MATHCAL(K,T,Beat,Dataread);
  end
  ELSE
  begin
    Alp := Radian(K) ; Bel := Pi ;
    FLOW(Free,Alp,Bel,Beat);
    Condition(T,Dataread);
    MATHCAL(K,T,Beat,Dataread);
  end
End;
FOR P := 1 TO 50 DO WRITE('-');WRITELN;
CLOSE(filename);
End;
{**MAIN PROGRAM**}
BEGIN
WRITE('INFUT ANGLE OF LOAD : ');READLN(Fre) ;
Free := Radian(Fre) ;
IF Free = 0 THEN WIRE
  ELSE LOADWIRE ;
END.

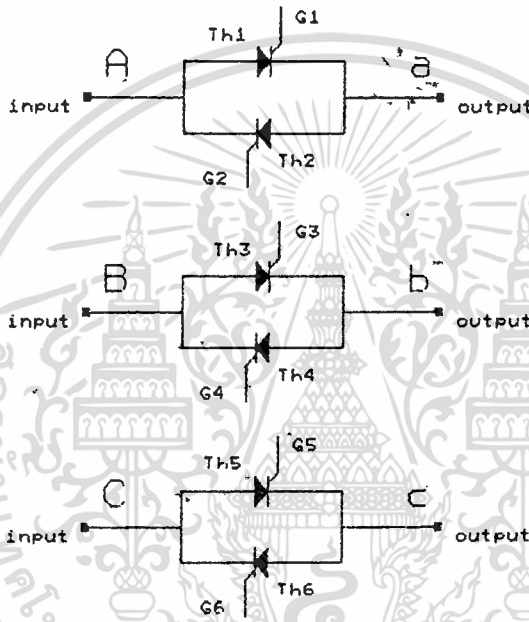
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การสร้างสัญญาณควบคุมไทรสเตอร์

จากวงจรหลักของการควบคุมภาระทางไฟฟ้าของไทรสเตอร์ทั้งสี่แบบ ถ้าจะพิจารณาเฉพาะไทรสเตอร์เพียงอย่างเดียว โดยไม่พิจารณาลักษณะการต่อภาระทางไฟฟ้าแบบต่างๆ จะได้อ่างจรของไทรสเตอร์ดังรูปที่ 4.1

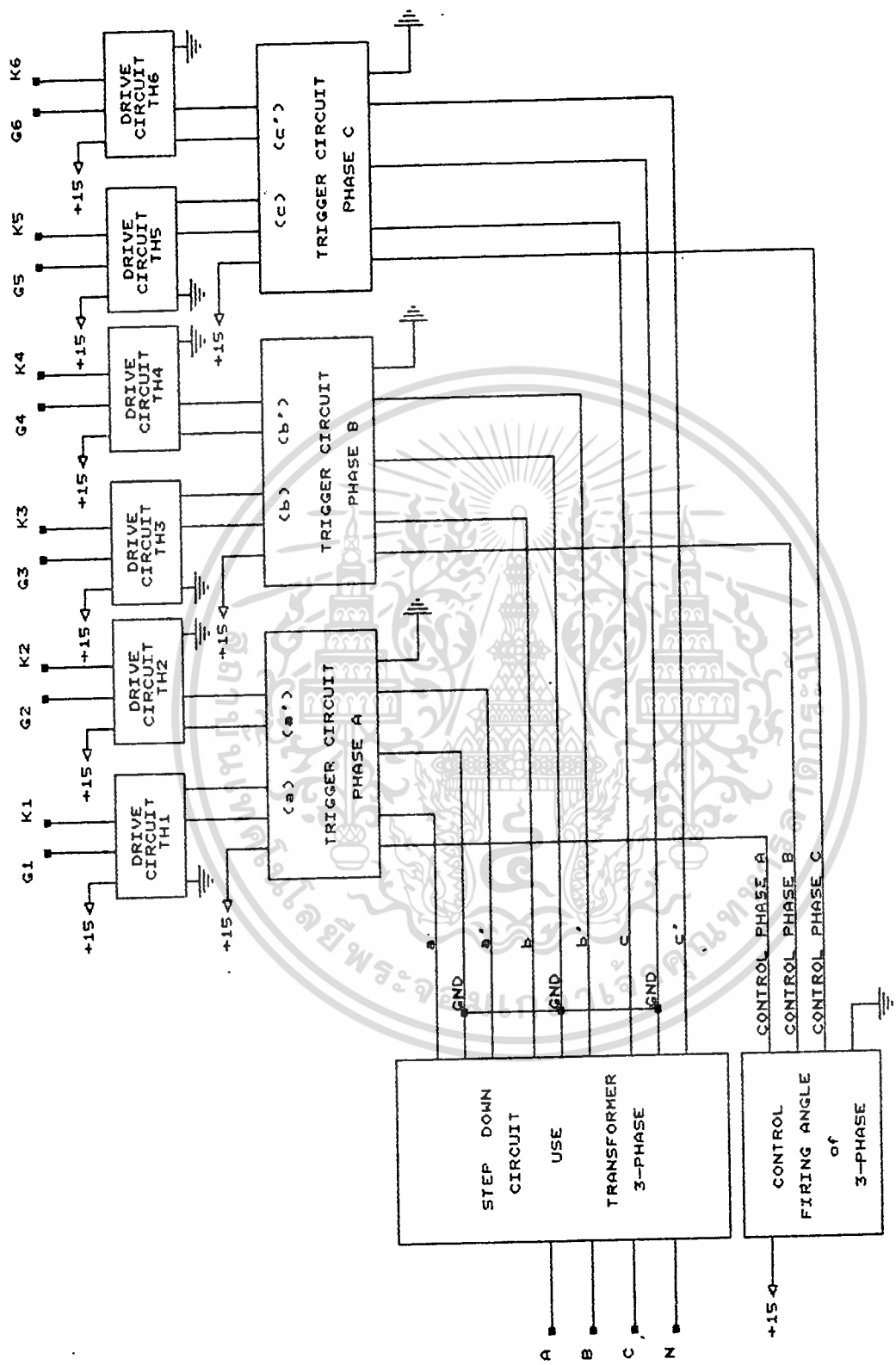


รูปที่ 4.1 วงจรแสดงไทรสเตอร์ทั้งหกตัว เพื่อใช้ควบคุมภาระทางไฟฟ้าแบบต่างๆ

จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายแก่ภาระทางไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับการควบคุมไทรสเตอร์ทั้งหกตัว โดยลักษณะการควบคุมเป็นการทำให้ไทรสเตอร์นำกระแส และ หยุดนำกระแส ด้วยการให้สัญญาณทริกที่ขาเกต เป็นการทำให้ไทรสเตอร์นำกระแส และ ใช้ไลน์คอมมิวเตททำให้ไทรสเตอร์หยุดการนำกระแส ซึ่งสัญญาณทริกของไทรสเตอร์ทั้งหกตัวถูกสร้างตามบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.2

จากบล็อกไดอะแกรม สัญญาณทริกไทรสเตอร์ในหนึ่งเฟส จะใช้ควบคุมการนำกระแสของไทรสเตอร์สองตัว โดยสัญญาณทริกของไทรสเตอร์ทั้งสองตัวจะต่างกันอยู่  $180^\circ$  และสัญญาณทริกในแต่ละเฟส จะมีรูปคลื่นของสัญญาณเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่สัญญาณทริกในเฟส

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

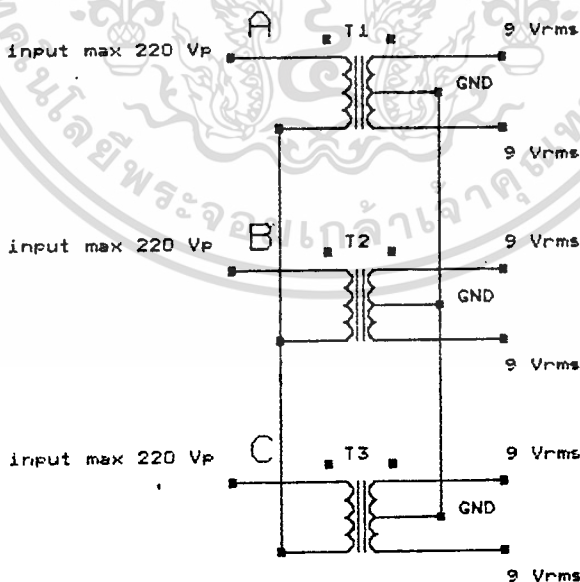


รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมของสัญญาณทริกและสัญญาณดับเกทของ ไทริสเตอร์

A นำสัญญาณทริกในเฟส B อยู่  $120^\circ$  และ สัญญาณทริกในเฟส B นำสัญญาณทริกในเฟส C อยู่  $120^\circ$  ดังนั้นจึงสามารถสร้างสัญญาณทริก เพื่อควบคุมไทรสเตอร์ของแต่ละเฟสแยกออกจากกันได้โดยอิสระ ซึ่งลักษณะของสัญญาณทริกที่สำคัญ คือ จะอ้างอิงกับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเฟส โดยมีวิธีสร้างสัญญาณทริกของไทรสเตอร์ในแต่ละเฟสดังนี้

#### 4.1 วงจรลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

การลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กันมากที่สุด คือ การใช้หม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับต่อเฟสให้เหลือ ระดับแรงดันไฟฟ้า 9-0-9 โวลท์ อาร์เอ็มเอส โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งตัวต่อหนึ่งเฟส นำมาต่อกันเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสามเฟส ซึ่งด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าต่อแบบสตาร์ และ ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าต่อแบบสตาร์ ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ลดลงจากหม้อแปลงไฟฟ้าของแต่ละเฟส ถูกใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงของเฟสนั้นๆ และ แรงดันไฟฟ้าขนาด 9 โวลท์ อาร์เอ็มเอส ทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองแรงดันในแต่ละเฟส ถูกใช้เป็นสัญญาณเริ่มต้นในการสร้างสัญญาณทริกของไทรสเตอร์แต่ละตัวในเฟสนั้นๆ การต่อวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงได้ดังรูป 4.3



รูปที่ 4.3 การต่อวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส

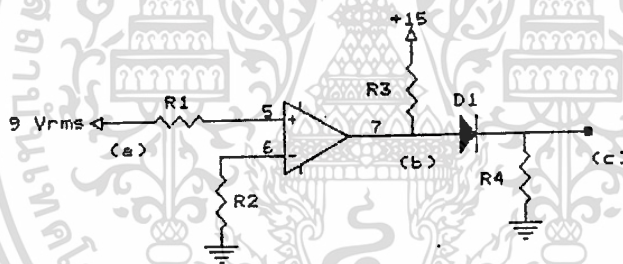
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 วงจรสัญญาณทริกของ ไทริสเตอร์

สัญญาณทริกของ ไทริสเตอร์ ในหนึ่งเฟส ประกอบด้วยสัญญาณพัลส์ความถี่ 50 Hz อ่างอิงกับสัญญาณแรงดันไลน์ของเฟส สัญญาณควบคุมการทริกของ ไทริสเตอร์ ที่มุมต่างๆ สัญญาณพัลส์ความถี่ 25 Hz ที่มีความกว้างพัลส์เท่ากับ  $\pi/6$  เรเดียน สัญญาณพัลส์เทรนความถี่ 15 KHz เมื่อนำสัญญาณทั้งสี่แบบมารวมกันด้วยวงจรออร์ และ วงจรแอนด์ ก็จะได้สัญญาณทริกที่ใช้ควบคุม ไทริสเตอร์ ให้สามารถนำกระแสตามมุมทริกที่ต้องการ วงจรต่างๆของสัญญาณที่กล่าวถึงมีวิธีสร้างดังนี้

### 4.2.1 สัญญาณพัลส์ความถี่ 50 Hz อ่างอิงกับสัญญาณแรงดันไลน์ของเฟส

สัญญาณพัลส์ถูกสร้างด้วยวงจรซีโร โวลท์ เตลเจตี เทคเตอร์ (Zero voltage detector) ซึ่งมีแบบของวงจรดังรูปที่ 4.4

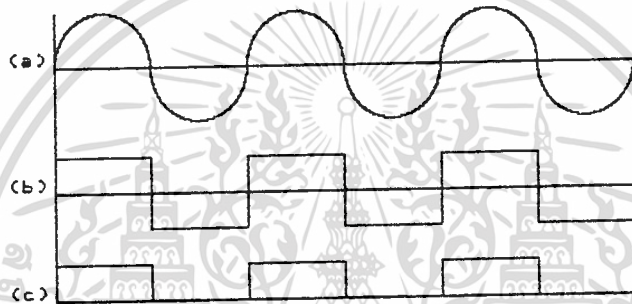


รูปที่ 4.4 Zero voltage detector circuit

วงจรซีโร โวลท์ เตลเจตี เทคเตอร์ที่ใช้ในวงจรสัญญาณทริก จะใช้อุปกรณ์เป็นตัวตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าให้ได้สัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยมความถี่ 50 Hz และ ใช้อุปกรณ์จำพวกความต้านทาน และ ไดโอด แปลงสัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยมให้เป็นสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดของสัญญาณในด้านบวกเท่านั้น โดยสัญญาณที่ป้อนเข้าสู่วงจรและออกจากวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 4.5

จากวงจรในรูปที่ 4.4 สัญญาณขาเข้าของวงจรจะป้อนเข้าที่ขาบวกของออปแอมป์โดยผ่านความต้านทาน R1 ซึ่งความต้านทาน R1 ต่อไว้ เพื่อกำจัดกระแสที่เข้าสู่ออปแอมป์ไม่ให้มากเกินไปเกินกว่าออปแอมป์รับได้ สัญญาณอ่างอิงในการตรวจสอบการผ่านศูนย์ถูกต่อเข้ากับขาลบของไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออปแอมป์โดยผ่านความต้านทาน  $R_2$  ซึ่งสัญญาณอ้างอิงที่ใช้ในวงจรนี้ คือ สัญญาณกราวด์ ความต้านทาน  $R_3$  ต่อกับไฟเลี้ยงวงจร เพื่อช่วยออปแอมป์จ่ายกระแสให้แก่โหลดได้อย่างเพียงพอ หรือ อาจต่อกับกราวด์ของระบบ เพื่อใช้เป็นโหลดของออปแอมป์ โดยวงจรที่ใช้อยู่ในวิทยานิพนธ์จะต่อความต้านทาน  $R_3$  เข้ากับไฟเลี้ยงวงจร ไดโอด(D)ต่อเข้ากับวงจรเพื่อช่วยในการเรียงกระแสให้ได้สัญญาณเฉพาะช่วงบวกเท่านั้น ส่วนความต้านทาน  $R_4$  ถูกต่อเข้าไป เพื่อเป็นโหลดของวงจรทั้งหมด



รูปที่ 4.5 a. สัญญาณขาเข้าของวงจร  
b. สัญญาณขาออกของออปแอมป์  
c. สัญญาณขาออกของวงจร

วงจรซีโรโวลท์เตจดีเทคเตอร์ที่ใช้ในสัญญาณทริกของแต่ละเฟส ถูกต่อเข้าไปในวงจรสร้างสัญญาณทริกสองวงจร เพื่อเป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับทริกไทรสเตอร์แต่ละตัวในหนึ่งเฟส

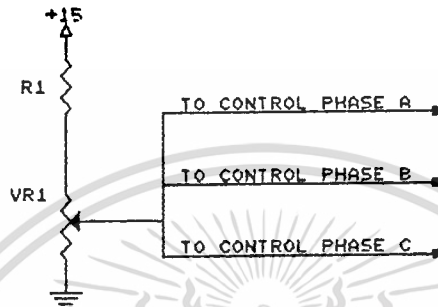
#### 4.2.2 สัญญาณควบคุมทริกของไทรสเตอร์

สัญญาณควบคุมการทริกของไทรสเตอร์ประกอบไปด้วย สัญญาณควบคุมไฟตรง และ สัญญาณแรมส์ เมื่อนำสัญญาณทั้งสองมารวมกันด้วยวงจร เปรียบเทียบจะได้สัญญาณควบคุมการทริกของไทรสเตอร์ ซึ่งการสร้างสัญญาณควบคุมการทริกมีวิธีการสร้างดังนี้

##### 4.2.2.1 สัญญาณควบคุมไฟตรง

วิธีการสร้างสัญญาณนี้ใช้ความต้านทานที่ปรับค่าได้เป็นตัวตั้งค่าของแรงดันไฟตรง โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนสำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น มิใช่ข้อมูลเพื่อเผยแพร่ไปยังบุคคลที่สาม การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้หลักการของโวลต์เตจดีไวเดอร์ ซึ่งค่าของแรงดันไฟตรงที่คร่อมความต้านทานที่ปรับค่าได้ มีค่าเป็น 10 โวลต์ ทำให้สามารถปรับค่าของแรงดันไฟตรงได้ในช่วง 0-10 โวลต์ โดยมีรูปแบบของวงจรดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 วงจรปรับค่าแรงดันไฟตรง

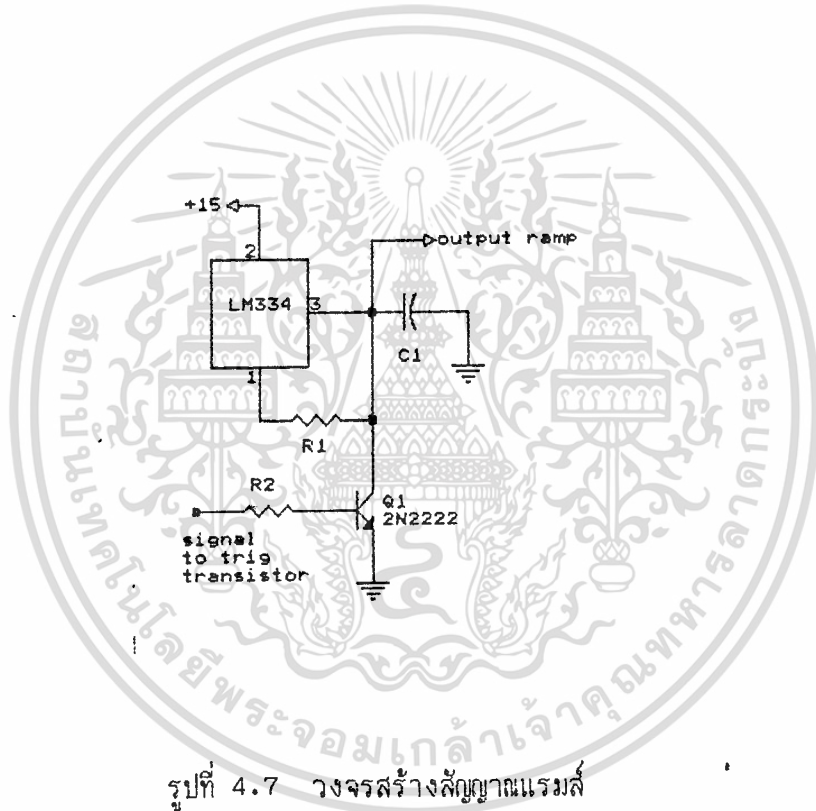
จากรูปที่ 4.6 ค่าความต้านทานที่ต่อจากไฟเลี้ยงของวงจรลงสู่กราวด์ของระบบมีค่าทั้งหมด 750K โอห์ม โดยเป็นความต้านทานที่คงตัวขนาด 250K โอห์ม และเป็นความต้านทานที่ปรับค่าได้ขนาด 500K โอห์ม ทำให้มีแรงดันไฟตรงตกคร่อมความต้านทานคงตัวอยู่ 5 โวลต์ และ แรงดันตกคร่อมความต้านทานที่ปรับค่าได้ 10 โวลต์ และ ขนาดของแรงดันไฟตรงที่ได้วงจรควบคุมไฟตรงถูกป้อนเข้าสู่วงจรในส่วนต่อไป โดยส่งไปยังส่วนสร้างสัญญาณเทริกของไทรสเตอร์ทั้งสามชุด เพื่อให้ไทรสเตอร์แต่ละเฟสถูกเทริกที่มุมเทริกเดียวกัน และ เพื่อลดขนาดของวงจรที่จะต้องสร้างลง

#### 4.2.2.2 สัญญาณแรมส์

สัญญาณแรมส์ถูกสร้างโดยใช้ไอซีเบอร์ LM334 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ตรวจสอบอุณหภูมิ หรือใช้สร้างแรงดันอ้างอิง วงจรในการสร้างสัญญาณแรมส์แสดงได้ดังรูปที่ 4.7

ในรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าวงจรสร้างแรมส์ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ คือ ส่วนของการสร้างแรมส์ และ ส่วนของสัญญาณเทริกทรานซิสเตอร์เพื่อให้เกิดสัญญาณแรมส์ ส่วนของการสร้างแรมส์ประกอบด้วย ลิเนียร์ไอซีเบอร์ LM334, ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222, ความต้านทาน R1 และ ตัวเก็บประจุ C1 โดยความต้านทาน R1 เป็นตัวตั้งความสูงของสัญญาณ

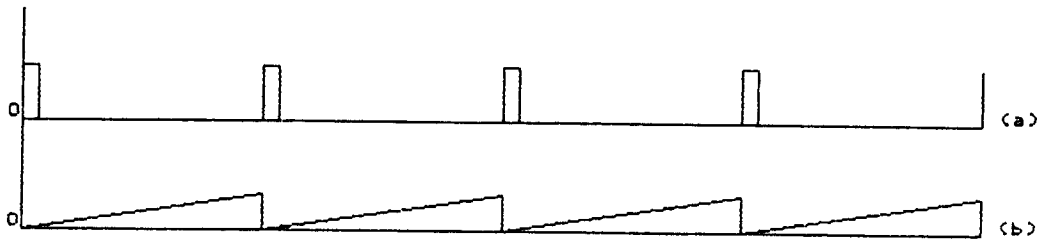
แรมส์ และ ยังเป็นโพลดิให้ตัวเก็บประจุ C1 เมื่อตัวเก็บประจุ C1 คายประจุออกมา ตัวเก็บประจุ C1 เป็นตัวเก็บแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่วงจรสร้างแรมส์ และ คายประจุเมื่อทรานซิสเตอร์เปิดการนำกระแส ตามสัญญาณทรานซิสเตอร์ที่เข้าสู่ส่วนสร้างแรมส์ โดยจะจ่ายประจุที่เก็บไว้ผ่านความต้านทาน R1 ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222 เป็นตัวที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนผ่านตัวเก็บประจุตกเป็นศูนย์ และ ทำให้ตัวเก็บประจุ C1 คายประจุผ่านความต้านทาน R1 ลิเนียร์ไอซีเบอร์ LM334 เป็นตัวสร้างระดับแรงดันอ้างอิงในการสร้างสัญญาณแรมส์ สัญญาณในส่วนต่างๆของวงจรสร้าง แสดงได้ดังรูปที่ 4.8



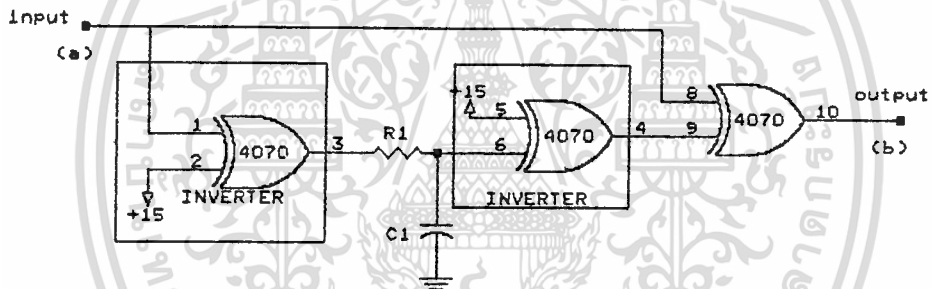
รูปที่ 4.7 วงจรสร้างสัญญาณแรมส์

ในส่วนของสัญญาณทรานซิสเตอร์ จะสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 100 Hz โดยใช้ ไอซีชิมอสเบอร์ 4070 มีรูปแบบของวงจรดังรูปที่ 4.8

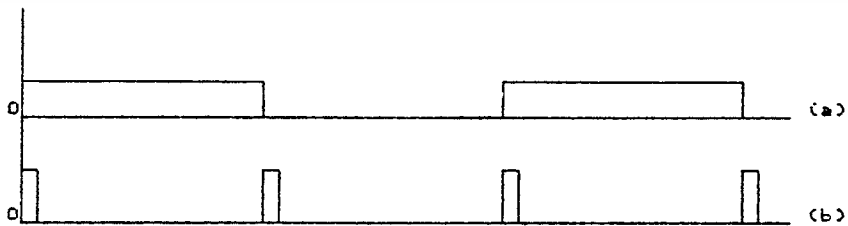
จากรูปที่ 4.9 สัญญาณขาเข้าของวงจรถูกป้อนสู่วงจรอินเวอร์เตอร์สองชุด และ รวมสัญญาณที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ กับ สัญญาณขาเข้าของวงจร โดยใช้วงจรเอ็คคูซิฟออร์ เป็นสัญญาณทรานซิสเตอร์ ความต้านทาน R และ ตัวเก็บประจุ C ในวงจร เป็นตัวช่วยหน่วงเวลาของสัญญาณที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ให้ช้าลง และ ทำให้สัญญาณทรานซิสเตอร์ที่เกิดขึ้นมีความแน่นอนและมีขนาดของสัญญาณคงที่ รูปคลื่นของสัญญาณต่างๆที่เกิดขึ้นในวงจร แสดงได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.8 a. สัญญาณเทริกทรานซิสเตอร์  
b. สัญญาณแรมส์ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.9 วงจรสร้างสัญญาณเทริกทรานซิสเตอร์

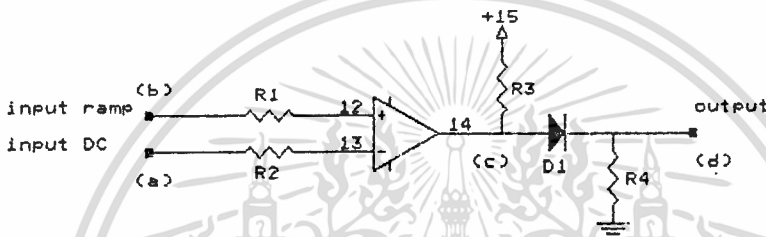


รูปที่ 4.10 a. สัญญาณขาเข้าของวงจรสร้างสัญญาณเทริกทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ สัญญาณขาออกของวงจรสร้างสัญญาณเทริกทรานซิสเตอร์ ระเบียบด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.2.3 สัญญาณพัลส์ที่สามารถปรับความกว้างพัลส์

สัญญาณพัลส์ถูกสร้างขึ้นโดยใช้วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ สัญญาณที่นำมาเปรียบเทียบ คือ สัญญาณควบคุมไฟตรง และ สัญญาณแรมส์ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ ออปแอมป์เป็นตัวเปรียบเทียบสัญญาณ โดยบ่อนสัญญาณควบคุมไฟตรง เป็นสัญญาณอ้างอิงเข้าที่ ขาลบของออปแอมป์ และมีสัญญาณแรมส์ เป็นสัญญาณที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับสัญญาณควบคุมไฟตรง ถูกบ่อนเข้าที่ขาคบวกของออปแอมป์ รูปแบบของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแสดงได้ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

จากรูปที่ 4.11 ความต้านทาน R1, R2 ที่ต่อเข้าไปในวงจร เป็นตัวช่วยกำจัดกระแสที่เข้าสู่ออปแอมป์ สัญญาณที่ได้จากออปแอมป์จะเป็นสัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยม ดังนั้นจึงต้องบ่อนสัญญาณผ่านไดโอด D1 เพื่อให้ไดโอดเรียงกระแสให้เหลือเพียง สัญญาณพัลส์ในช่วงบวก ความต้านทาน R3 ถูกต่อเข้าไป เพื่อช่วยออปแอมป์ให้สามารถจ่ายกระแสได้อย่างเพียงพอ และ ทำให้คลื่นของสัญญาณพัลส์ที่ได้มีเสถียรขึ้น ความต้านทาน R4 ต่อเข้าไปในวงจร เพื่อเป็นโหลดของวงจรสร้างสัญญาณนี้ รูปคลื่นของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแสดงได้ดังรูปที่ 4.12

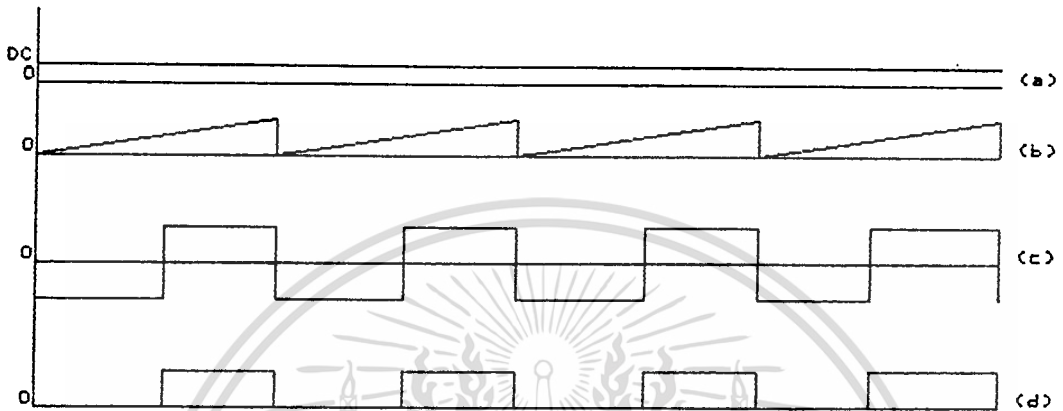
เมื่อนำเอาวงจรสร้างสัญญาณทั้งหมดมารวมกัน จะได้วงจรสร้างสัญญาณที่ใช้เปลี่ยนมุมในการทริกของไทรสเตอร์ ซึ่งมีรูปแบบของวงจрдังรูปที่ 4.13

### 4.2.3 สัญญาณพัลส์ความถี่ 25 Hzที่มีความกว้างพัลส์เป็น $\pi/6$ เรเดียน

สัญญาณพัลส์ถูกสร้างขึ้นโดยใช้วงจรโมโนสเตเบิล ซึ่งใช้ไอซีพวงไทม์เมอร์เป็นตัวสร้างสัญญาณ ไอซีไทม์เมอร์ที่ใช้สร้างสัญญาณ คือ เบอร์ LM555 ไอซีตัวนี้มิไทม์เมอร์อยู่สองชุด ซึ่งสามารถสร้างสัญญาณพัลส์ได้สองสัญญาณ สำหรับไทรสเตอร์หนึ่งตัวต่อหนึ่งสัญญาณ โดยสัญญาณ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

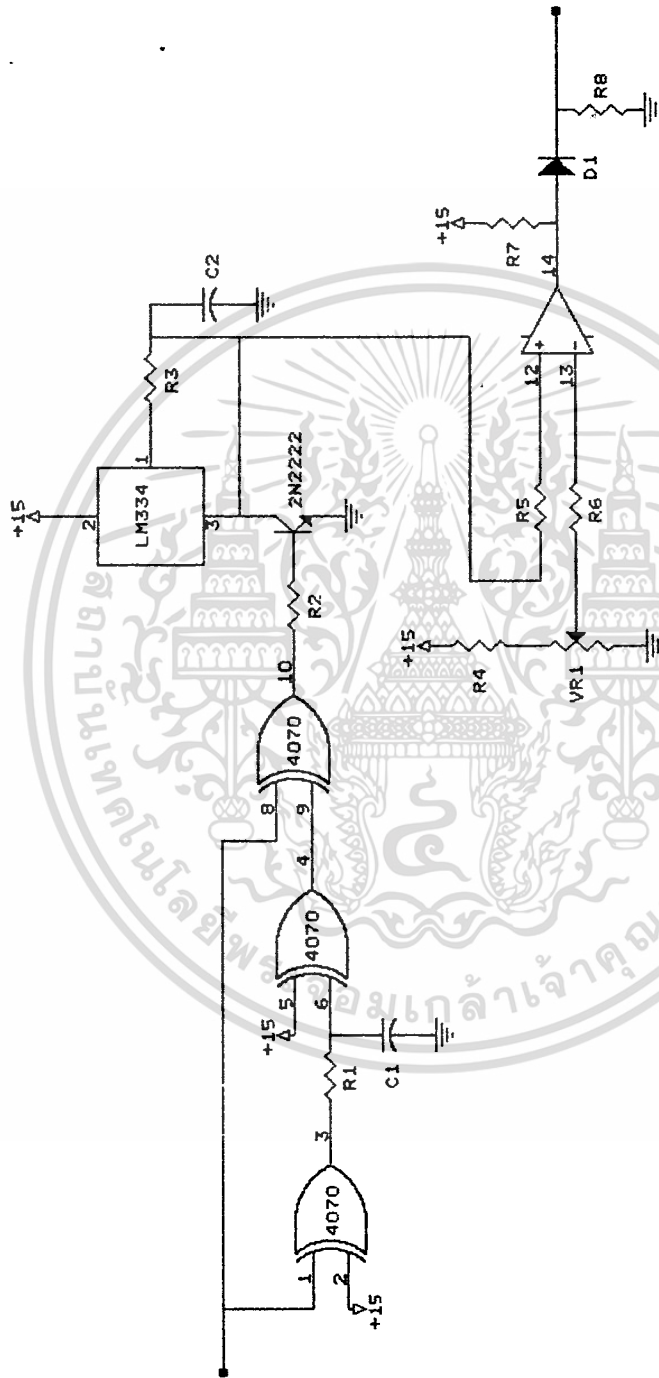
พัลส์ทั้งสองชุดมีความแตกต่างกันที่เฟส คือ เฟสต่างกันอยู่  $180^\circ$  วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณพัลส์ทั้งสองชุดแสดงได้ดังรูปที่ 4.14 และ สัญญาณที่ส่วนต่างๆของวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.12 a. สัญญาณอ้างอิง (สัญญาณควบคุมไฟตรง)  
 b. สัญญาณแรมส์ที่นำมาเปรียบเทียบ  
 c. สัญญาณที่ได้จากออปแอมป์  
 d. สัญญาณเมื่อผ่านไดโอดเพื่อเรียงกระแสแล้ว

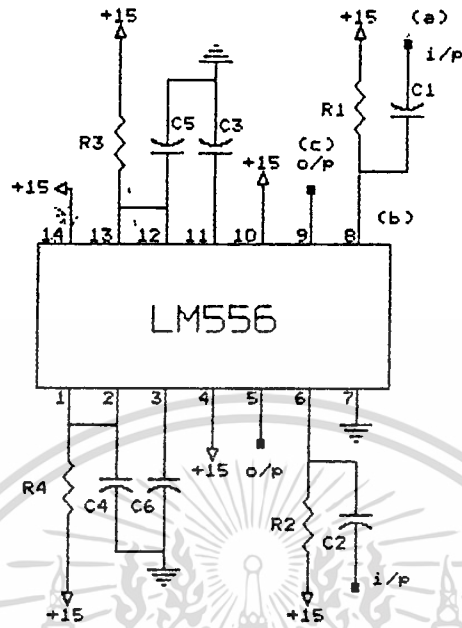
วงจรโมโนสเตเบิลในแต่ละชุดจะเริ่มทำงานโดย ตัวประจุ  $C1$  ค่ายประจุให้แก่ขาคายประจุของไอซี ซึ่งภายในไอซีที่ขานี้เป็นทรานซิสเตอร์ จากการคายประจุนี้ทำให้ทรานซิสเตอร์ภายในไอซีอยู่ในสภาวะพร้อมที่จะนำกระแส และ จะนำกระแสเมื่อมีสัญญาณเข้าที่ขาทริก โดยสัญญาณทริกนี้จะถูกบ่อนผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณภายในตัวไอซีและสัญญาณขาออกของวงจรเปรียบเทียบนี้ถูกนำไปเซทฟลิปฟลอปในตัวไอซี สัญญาณที่ได้จากฟลิปฟลอปถูกนำไปทริกทรานซิสเตอร์ให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเกิดเป็นสัญญาณพัลส์ขึ้นมา โดยสัญญาณที่สามารถทริกวงจรให้สร้างสัญญาณพัลส์ขึ้นมาต้องเป็นสัญญาณในช่วงลบเท่านั้น หรือถ้ามีสัญญาณในช่วงบวกเข้าสู่วงจรสัญญาณพัลส์ในด้านขาออกจะไม่เกิดขึ้น ส่วนความกว้างของพัลส์ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน  $R2$  และ ค่าตัวเก็บประจุ  $C1$  ซึ่งถูกเรียกว่าค่าคงตัวเวลา  $RC$  โดยความกว้างของสัญญาณพัลส์  $T$  มีขนาดเท่ากับ  $1.1 * RC$  ( $T = 1.1 * RC$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

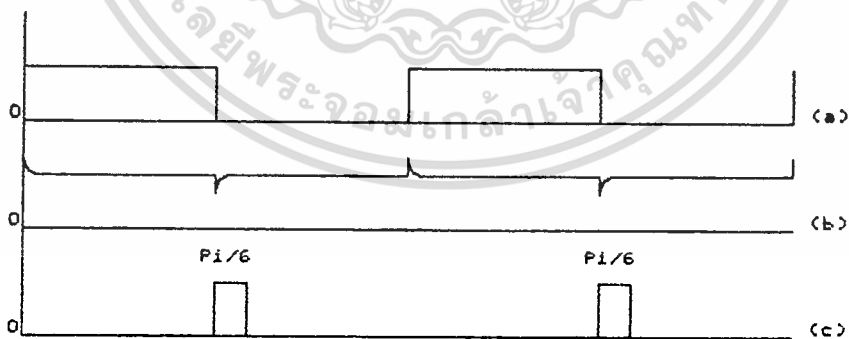


รูปที่ 4.13 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ที่ใช้ควบคุมมทริกของไทรสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 วงจรโมโนสเตเบิล ที่ใช้ไอซีไทม์เมอร์เป็นตัวสร้างสัญญาณ

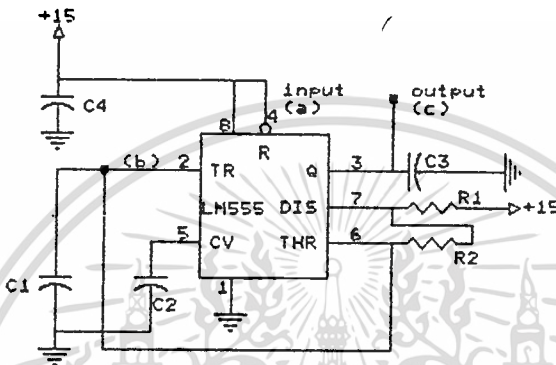


- รูปที่ 4.15
- สัญญาณขาเข้าของวงจรโมโนสเตเบิล
  - สัญญาณที่ขาทริกของไทม์เมอร์
  - สัญญาณขาออกของวงจรโมโนสเตเบิล

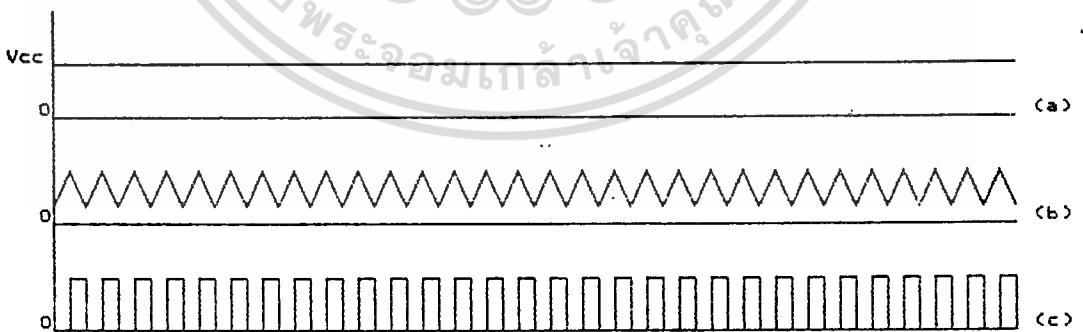
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 สัญญาณพัลส์เทรนความถี่ 15KHz

สัญญาณพัลส์เทรนสร้างขึ้นโดยใช้ไอซีพวงโทมเมอร์ ต่อเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ไอซีโทมเมอร์ที่ใช้ในวงจรนี้ใช้ไอซีเบอร์ LM555 ซึ่งมีรูปแบบของวงจร ดังรูปที่ 4.16 และ แสดงสัญญาณรูปคลื่นที่ส่วนต่างๆของวงจрдังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.16 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์



รูปที่ 4.17 a. สัญญาณขาเข้าของวงจรอะสเตเบิล  
b. สัญญาณที่ขาทรริกของไอซีโทมเมอร์

c. สัญญาณขาออกของวงจร์อะสเตเบิล  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก... ใช้สัญญาณที่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรอะเสเตเบิลมีลิตีไวเบรเตอร์ทำงานโดย ตัวเก็บประจุ C1 ถูกป้อนแรงดันให้เก็บประจุโดยผ่านความต้านทาน R1, R2 จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C1 มีค่าเป็น 2/3 ของแรงดันไฟเลี้ยงวงจร จากนั้นตัวเก็บประจุ C1 จะคายประจุผ่านความต้านทาน R2 จนแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม C1 มีค่าเหลือ 1/3 ของแรงดันไฟเลี้ยง และ จะเริ่มเก็บประจุและคายประจุไปเรื่อยๆ เกิดเป็นการออสซิลเลทขึ้น สัญญาณที่ได้จากตัวเก็บประจุ C1 ถูกนำไปทริกไอซีให้ทำการสร้างพัลส์ โดยสัญญาณพัลส์มีค่าเป็น " สูง " เมื่อสัญญาณทริกจากตัวเก็บประจุ C1 มีค่าแรงดันตกคร่อมเป็น 2/3 ของแรงดันไฟเลี้ยง และ สัญญาณพัลส์มีค่าเป็น " ต่ำ " เมื่อสัญญาณทริกจากตัวเก็บประจุ C1 มีค่าของแรงดันตกคร่อมเป็น 1/3 ของแรงดันไฟเลี้ยง ส่วนความถี่ของสัญญาณพัลส์ที่สร้างจากไอซีขึ้นอยู่กับคาบเวลาในการคายและการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ C1 ซึ่งคาบเวลาในการคายและการเก็บประจุจะไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เลี้ยงวงจร แต่ขึ้นอยู่กับ ค่าความต้านทาน R1, R2 และ ตัวเก็บประจุ C1 โดยมีช่วงเวลาในการเก็บประจุ  $t_1$  และ ช่วงเวลาในการคายประจุ  $t_2$  ดังนี้

$$t_1 = 0.693 * (R1 + R2) * C1 \quad \text{sec}$$

$$t_2 = 0.693 * R2 * C \quad \text{sec}$$

ส่วนคาบเวลาของสัญญาณพัลส์ T และ ความถี่ของสัญญาณพัลส์ f แสดงได้ดังสมการดังนี้

$$T = t_1 + t_2$$

$$= 0.693 * (R1 + (2 * R2)) * C1 \quad \text{sec}$$

$$f = 1/T \quad \text{KHz}$$

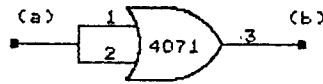
#### 4.2.5 การนำสัญญาณทั้งสี่แบบมารวมกันด้วยวงจรรอรัและวงจรแอนด์

วงจรรอรั และ วงจรแอนด์ ที่ใช้ในวงจรสร้างสัญญาณทริก จะใช้ไอซีสำเร็จรูปที่วงจรรภายในไอซีเป็นวงจรรอรั และ วงจรแอนด์ ซึ่งไอซีสำเร็จรูปที่ใช้ในวงจรสัญญาณทริกของโทริสเตอร์ ใช้ไอซีซีมอสเบอร์ 4071 และ 4081 โดยไอซีซีมอสเบอร์ 4071 มีวงจรรภายในเป็นวงจรรอรั ซึ่งมีจำนวนวงจรรภายในตัวไอซี 4 ชุด และเช่นเดียวกับไอซีซีมอสเบอร์ 4081 มีวงจรรภายในตัวเป็นวงจรแอนด์ และ มีจำนวนวงจรรภายในตัวไอซี 4 ชุด การใช้งานวงจรรอรั และ วงจรแอนด์ มีดังนี้

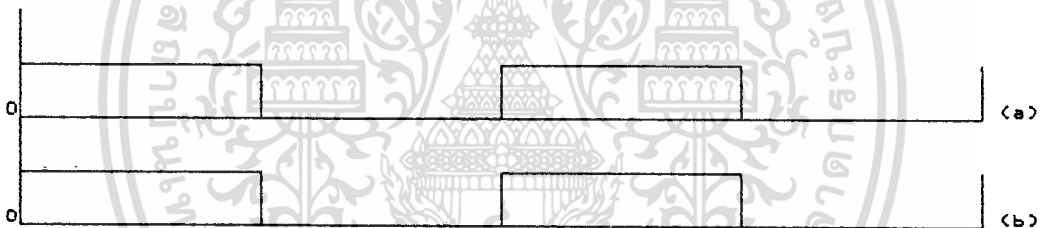
##### 4.2.5.1 วงจรรอรัที่ใช้เป็นบัฟเฟอร์ของสัญญาณ

วงจรรอรัที่ใช้เป็นบัฟเฟอร์ มีรูปวงจรดังรูปที่ 4.18 และ สัญญาณคลื่นที่จุดต่างๆของเอกวงจรรแสดงได้ ดังรูปที่ 4.19 บัฟเฟอร์ถูกใช้เป็นบัฟเฟอร์ของสัญญาณขาออกของวงจรรไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีโรโวลต์ เตลดีเทคเตอร์ และ สัญญาณที่ออกจากบัฟเฟอร์ถูกนำไปเป็นสัญญาณขาเข้าของวงจรสร้างพัลส์ความถี่ 25 Hz ที่มีความกว้างพัลส์ขนาด  $\pi/6$  เรเดียน และ เป็นสัญญาณเริ่มต้นในการแยกสัญญาณควบคุมมุมทริกของ ไทริสเตอร์ เป็นสองสัญญาณ เพื่อนำไปทริก ไทริสเตอร์แต่ละตัวในแต่ละเฟส



รูปที่ 4.18 วงจรอินเวอร์ตที่ต่อเป็นวงจบบัฟเฟอร์



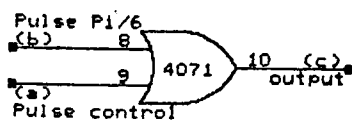
รูปที่ 4.19 a. สัญญาณขาเข้าบัฟเฟอร์ที่มาจากวงจรซีโรโวลต์ เตลดีเทคเตอร์  
b. สัญญาณขาออกเพื่อ เป็นสัญญาณเริ่มต้นในการสร้างสัญญาณอื่น

#### 4.2.5.2 วงจรอินเวอร์ตที่ใช้รวมสัญญาณควบคุมมุมทริกกับสัญญาณพัลส์ขนาด $\pi/6$ เรเดียน

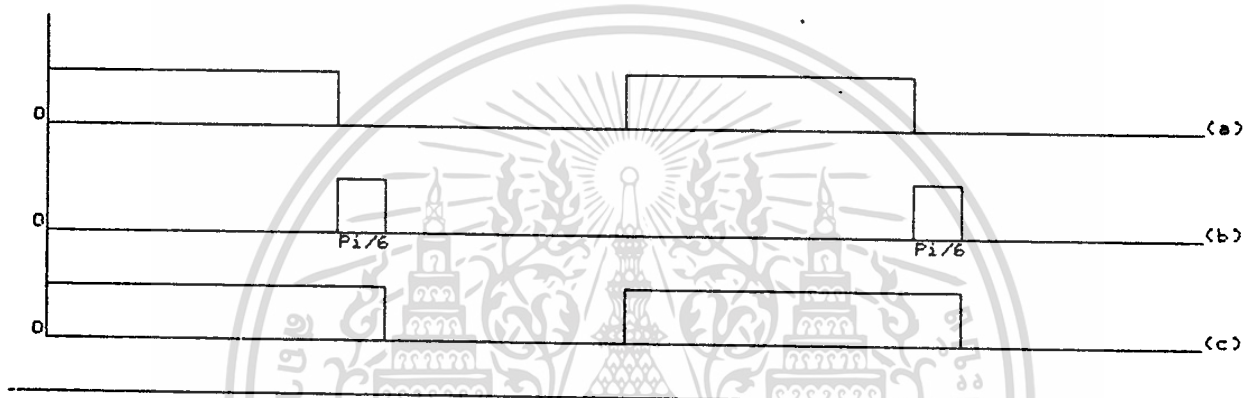
วงจรอินเวอร์ตที่ใช้ในการรวมสัญญาณมีรูปวงจรดังรูปที่ 4.20 และ สัญญาณรูปคลื่นที่จุดต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.21

#### 4.2.5.3 วงจรแอนดที่แยกสัญญาณควบคุมมุมทริกของ ไทริสเตอร์

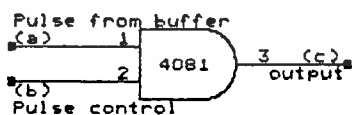
วงจรแอนดที่ใช้แยกสัญญาณทริกของ ไทริสเตอร์ เป็นสองสัญญาณ มีรูปแบบวงจร ดังรูปที่ 4.22 และ สัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร แสดงได้ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.20 วงจรรวมสัญญาณควบคุมมุมทริกกับสัญญาณพัลส์ขนาด  $\pi/6$  เรเดียน



รูปที่ 4.21 a. สัญญาณควบคุมมุมทริกของ ไทริสเตอร์แต่ละตัว  
 b. สัญญาณพัลส์ขนาด  $\pi/6$  เรเดียน  
 c. สัญญาณขาออกจากวงจรรอ



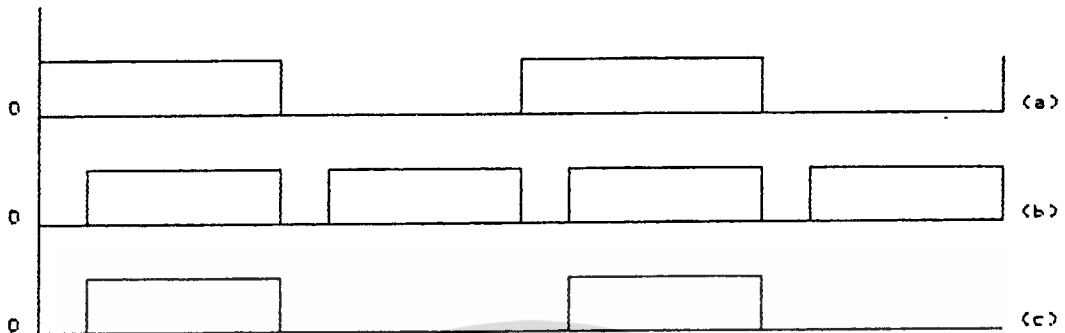
รูปที่ 4.22 วงจรแอนดที่แยกสัญญาณทริกของ ไทริสเตอร์

4.2.5.4 วงจรแอนดที่ใช้รวมสัญญาณควบคุมมุมทริกกับสัญญาณพัลส์เทรน

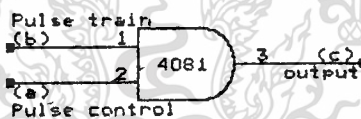
วงจรแอนดที่ใช้ในการรวมสัญญาณควบคุมมุมทริกกับสัญญาณพัลส์เทรน มีรูปวงจรถังรูปที่

4.24 และ สัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร แสดงได้ดังรูปที่ 4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 a. สัญญาณขาออกจากวงจรนับเฟอ์ของ ไทริสเตอร์แต่ละตัว  
 b. สัญญาณควบคุมมุมมทริกของ ไทริสเตอร์  
 c. สัญญาณควบคุมมุมมทริกที่ถูกแยกสัญญาณแล้ว



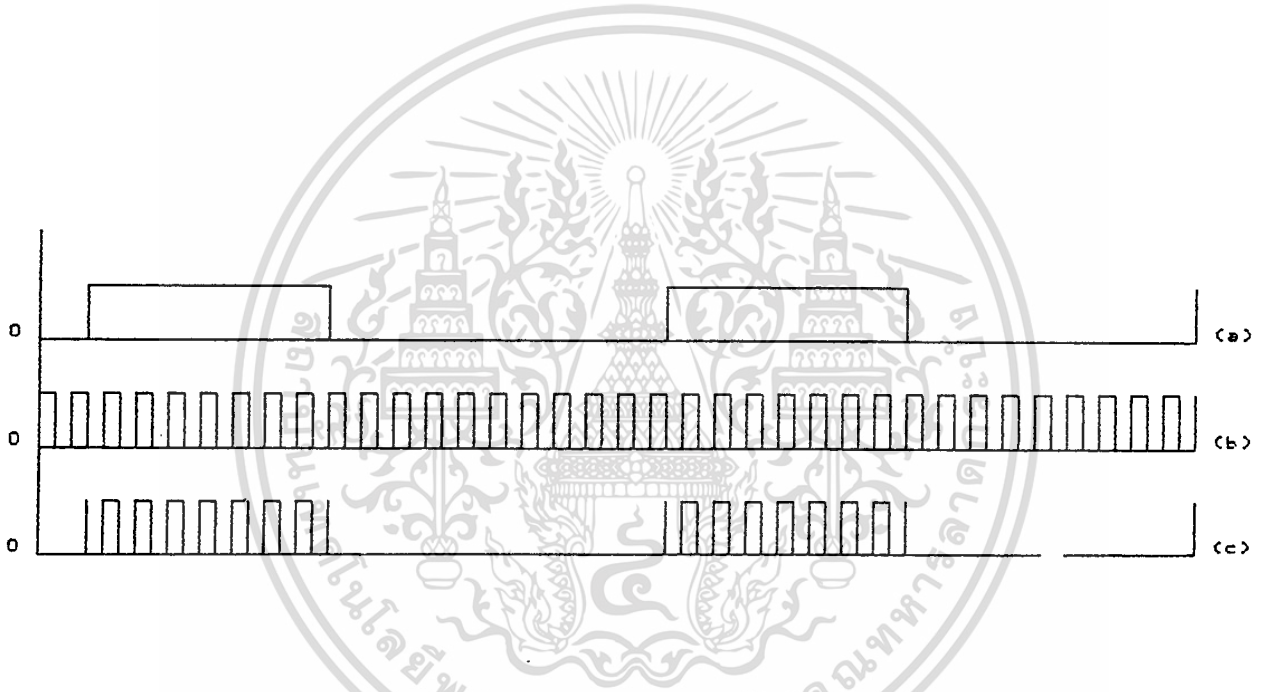
รูปที่ 4.24 วงจรแอนดที่ใช้ในการรวมสัญญาณควบคุมมุมมทริกกับสัญญาณพัลส์เทรน

เมื่อนำเอาวงจรสร้างสัญญาณเทริกในแต่ละส่วนมารวมกันทั้งหมด จะได้วงจรสร้างสัญญาณเทริกของ ไทริสเตอร์ ดังรูปที่ 4.26

### 4.3 สัญญาณขับเกทของ ไทริสเตอร์

สัญญาณขับเกทของ ไทริสเตอร์ในหนึ่งเฟสประกอบไปด้วยสัญญาณขับเกทสองชุด โดยแต่ละชุดมีเฟสต่างกันอยู่  $180^\circ$  และ สัญญาณแต่ละชุดใช้ขับเกทของ ไทริสเตอร์แต่ละตัว เพื่อให้ ไทริสเตอร์นำกระแสตามสัญญาณเทริกที่ส่งให้ ไทริสเตอร์ สัญญาณขับเกทของ ไทริสเตอร์สร้าง

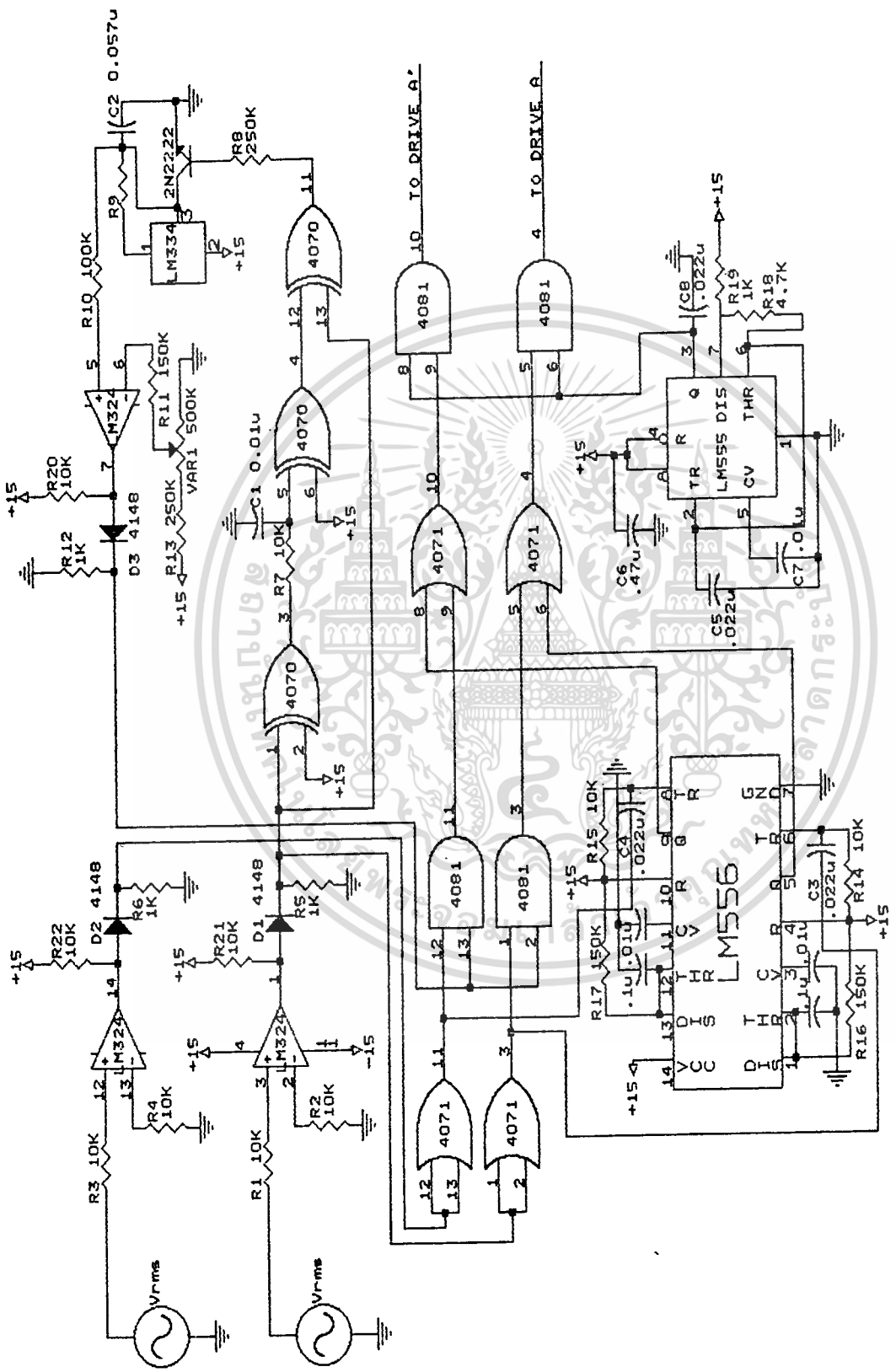
ขึ้นโดยใช้วงจรขับเคลื่อน ( Drive circuit ) โดยในหนึ่งเฟสต้องสร้างวงจรขับเคลื่อนสองชุด เพื่อใช้ขับเคลื่อนของไทรสเตอร์แต่ละตัวในเฟสนั้นๆ โดยวงจรขับเคลื่อนช่วยในการเพิ่มหรือลดค่าแรงดันไฟฟ้า และ กระแส ให้เหมาะสมแก่การจ่ายให้แก่ขาเกทของไทรสเตอร์ตามแต่ละชนิด และ ขนาดของไทรสเตอร์ นอกจากนี้ยังใช้ในการแบ่งแยกส่วนของการควบคุมโดยสัญญาณทริก (ส่วนอิเล็กทรอนิกส์) และ ส่วนของวงจรของไทรสเตอร์ (วงจรหลัก หรือ วงจรกำลัง) ออกจากกัน ( แยกกราวด์ของระบบออกจากกัน ) ซึ่งประโยชน์ในข้อนี้มีส่วนสำคัญในการป้องกันวงจรสร้างสัญญาณทริก ไม่ให้ถูกทำลายไป เนื่องจากการจ่ายกระแสให้แก่ขาเกทของไทรสเตอร์มากเกินไป หรือ เกิดจากการทำงานที่ผิดพลาดไปของวงจรกำลัง (การลัดวงจร)



รูปที่ 4.25 a. สัญญาณควบคุมมมทริกของไทรสเตอร์แต่ละตัว  
 b. สัญญาณพัลส์เทรนความถี่ 15 KHz  
 c. สัญญาณที่นำไปเข้าวงจรขับเคลื่อน

วงจรขับเคลื่อนมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ทรานซิสเตอร์ และ พัลส์ทรานฟอร์มเมอร์ โดยตัวพัลส์ทรานฟอร์มเมอร์ เป็นตัวสำคัญในการลดหรือเพิ่มค่าของกระแส และ แรงดันไฟฟ้า ที่จะจ่ายแก่ขาเกทของไทรสเตอร์ และ ยังเป็นตัวที่ใช้แยกส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และ ส่วนวงจรกำลังออกจากกัน รูปแบบของวงจรขับเคลื่อนแสดงได้ดังรูปที่ 4.27 และ สัญญาณที่จุดต่างๆ สามารถแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.28

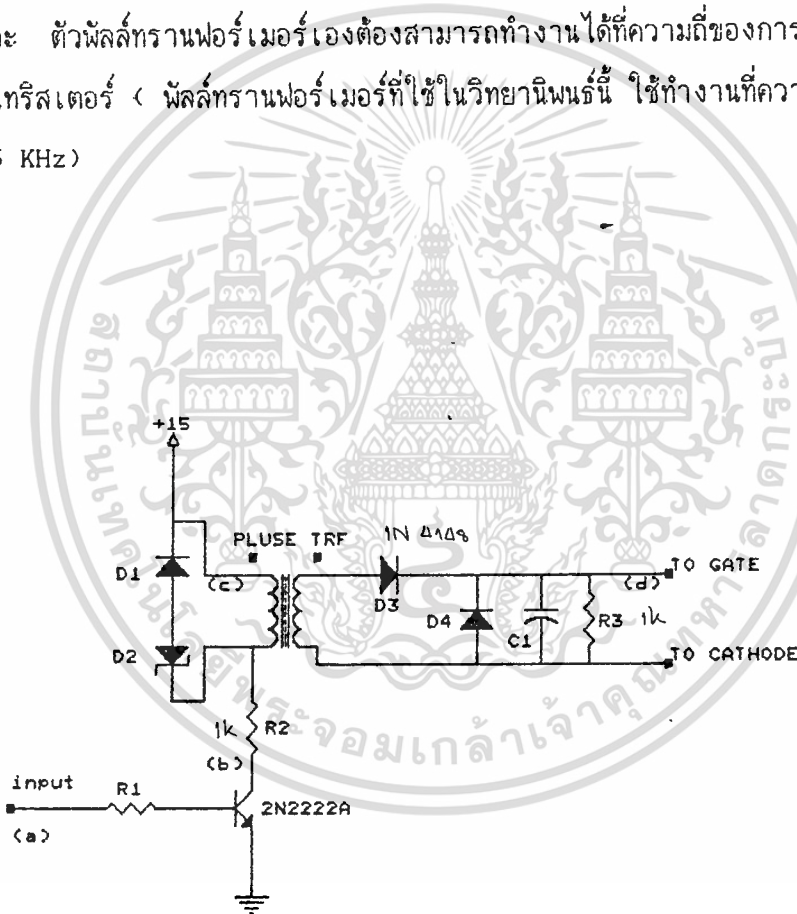
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



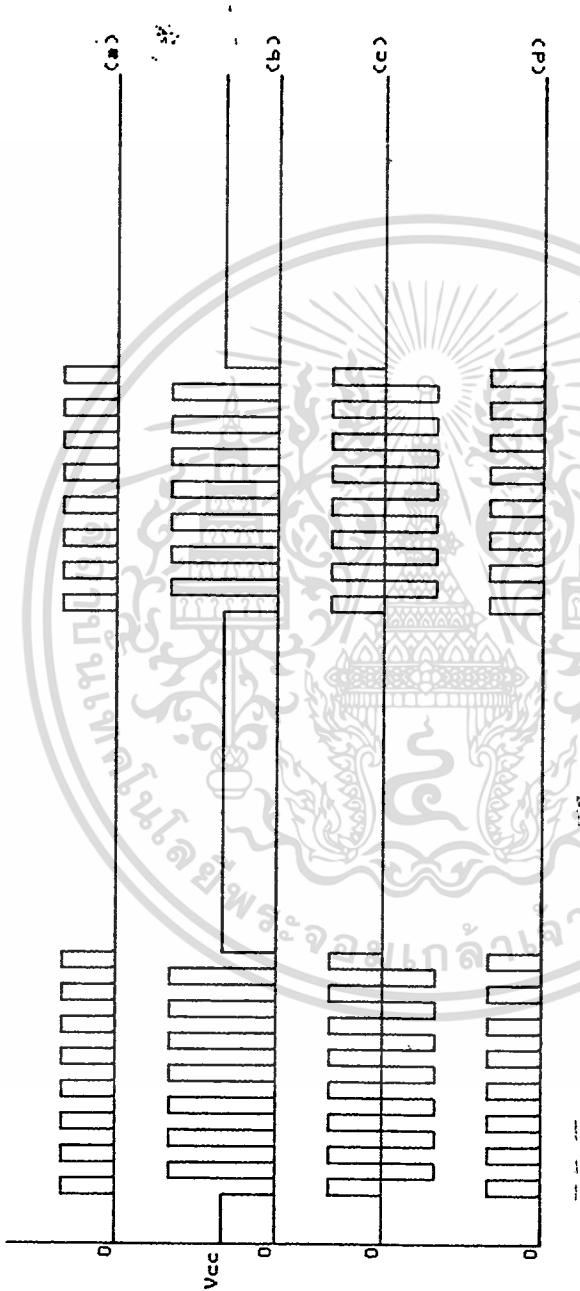
รูปที่ 4.26 วงจรสร้างสัญญาณทริกของไทรินสเตอร์ในแต่ละเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.27 และ รูปที่ 4.28 เห็นได้ว่ารูปคลื่นของสัญญาณด้านขาเข้าของวงจรขับ  
 เกทและรูปคลื่นของสัญญาณด้านขาออกของวงจรขับเกทมีรูปคลื่นเดียวกัน แต่มีขนาดของกระแส  
 และแรงดันไฟฟ้าต่างกัน ขนาดของสัญญาณด้านขาออกของวงจรขับเกทจะต้องมีขนาดที่เพียงพอ  
 แก่การนำไปทริกไทริสเตอร์ให้นำกระแสได้ (ไทริสเตอร์ที่ใช้ในวงจรกำลังของวิทยานิพนธ์นี้  
 ต้องการกระแสเกทอย่างต่ำสุด 40 มิลลิแอมป์ และ แรงดันเกทอย่างต่ำสุด 3 โวลท์) ดังนั้น  
 จึงต้องออกแบบวงจรขับเกทให้สามารถจ่ายกระแสได้อย่างเพียงพอ การที่วงจรขับเกทของ  
 ไทริสเตอร์สามารถจ่ายกระแสให้แก่ไทริสเตอร์ได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับการออกแบบพัลส์ทรานส์ฟอร์  
 เมอร์ที่ใช้ในวงจรขับเกท โดยขดลวดของพัลส์ทรานส์ฟอร์เมอร์ต้องสามารถทนต่อกระแสที่จะ  
 จ่ายได้ และ ตัวพัลส์ทรานส์ฟอร์เมอร์เองต้องสามารถทำงานได้ที่ความถี่ของการสวิตช์ซึ่งของ  
 สัญญาณทริกไทริสเตอร์ ( พัลส์ทรานส์ฟอร์เมอร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้ทำงานที่ความถี่ของการ  
 สวิตช์ซึ่งที่ 15 KHz)



รูปที่ 4.27 วงจรสร้างสัญญาณเพื่อใช้ในการขับเกทของไทริสเตอร์

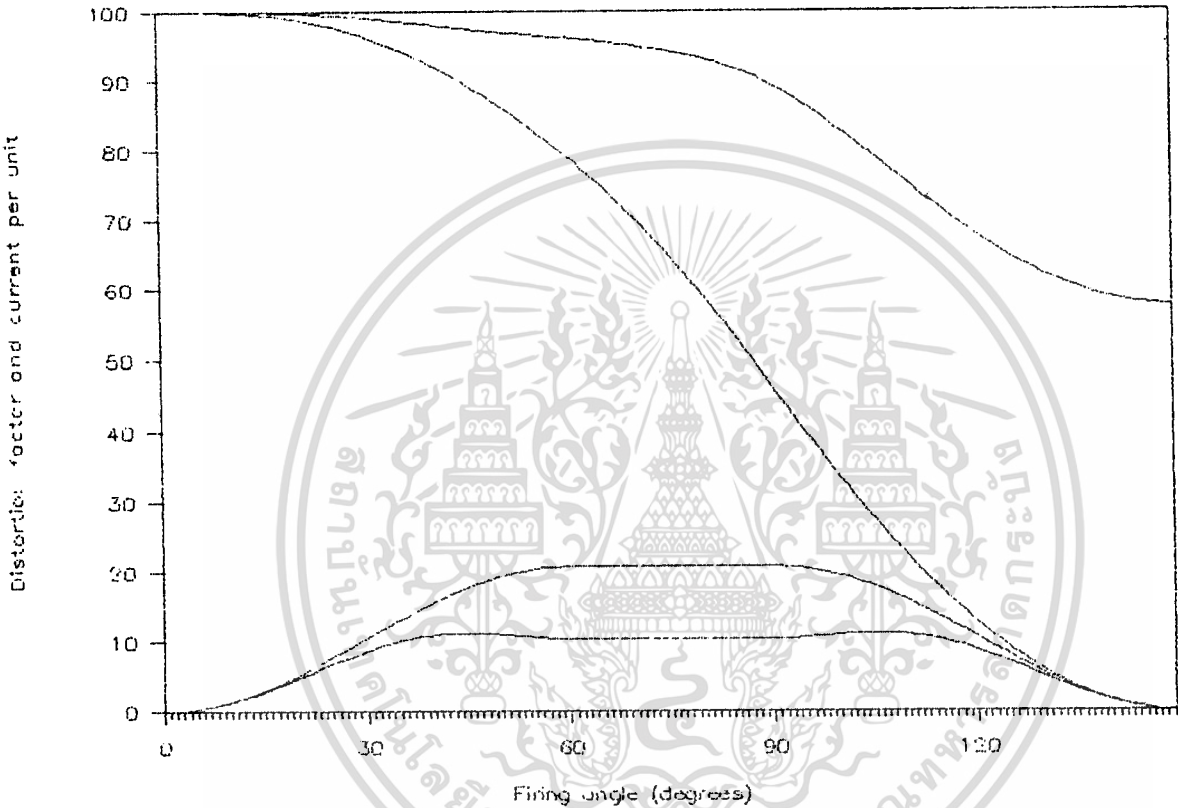


รูปที่ 4.28 a. สัญญาณเข้าของวงรีบเกท  
 b. สัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์  
 c. สัญญาณที่เข้าสู่ลัททราเนอร์ เมอร์  
 d. สัญญาณขาออกของวงรีบเกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LOAD HARMONIC DISTORTION

in line controlled star connection

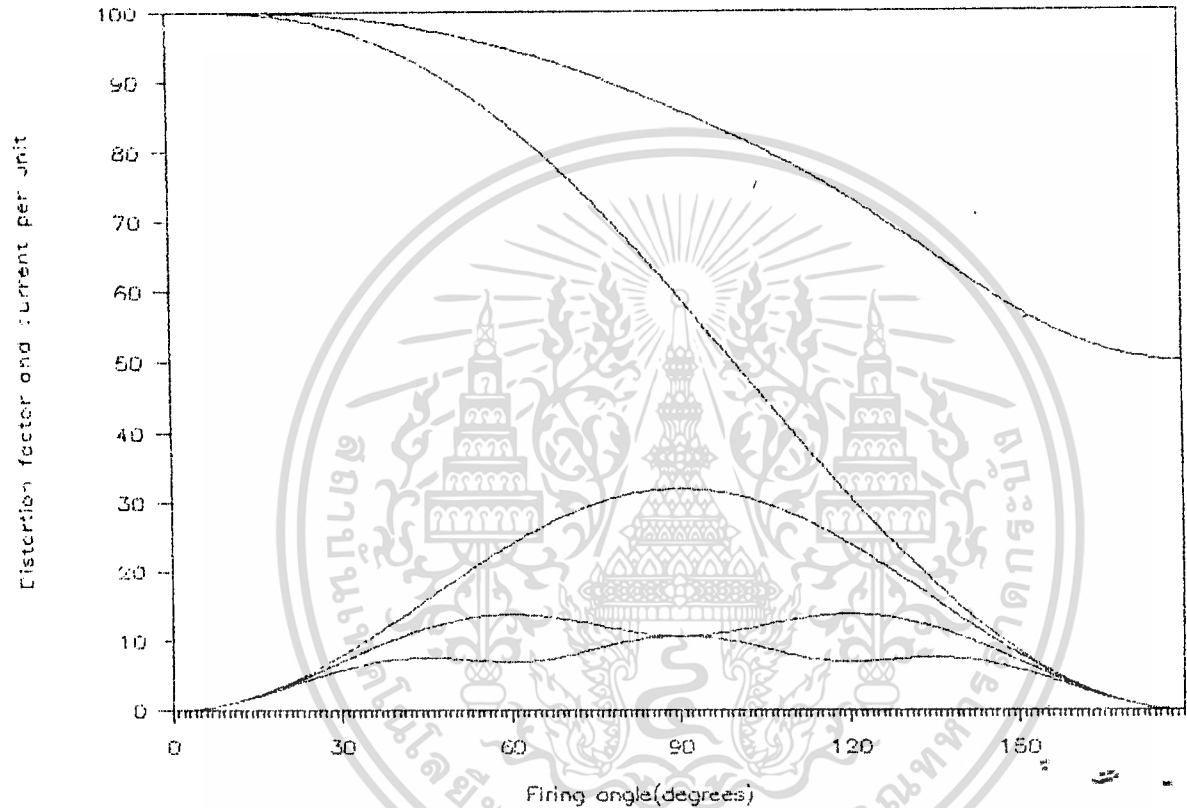


กราฟที่ 1 แสดงองค์ประกอบฮาร์โมนิกการควบคุมแบบไลต์  
ต่อเป็นแบบสตาร์มีภาระเป็นความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LOAD HARMONIC DISTORTION

in branch controlled star connection

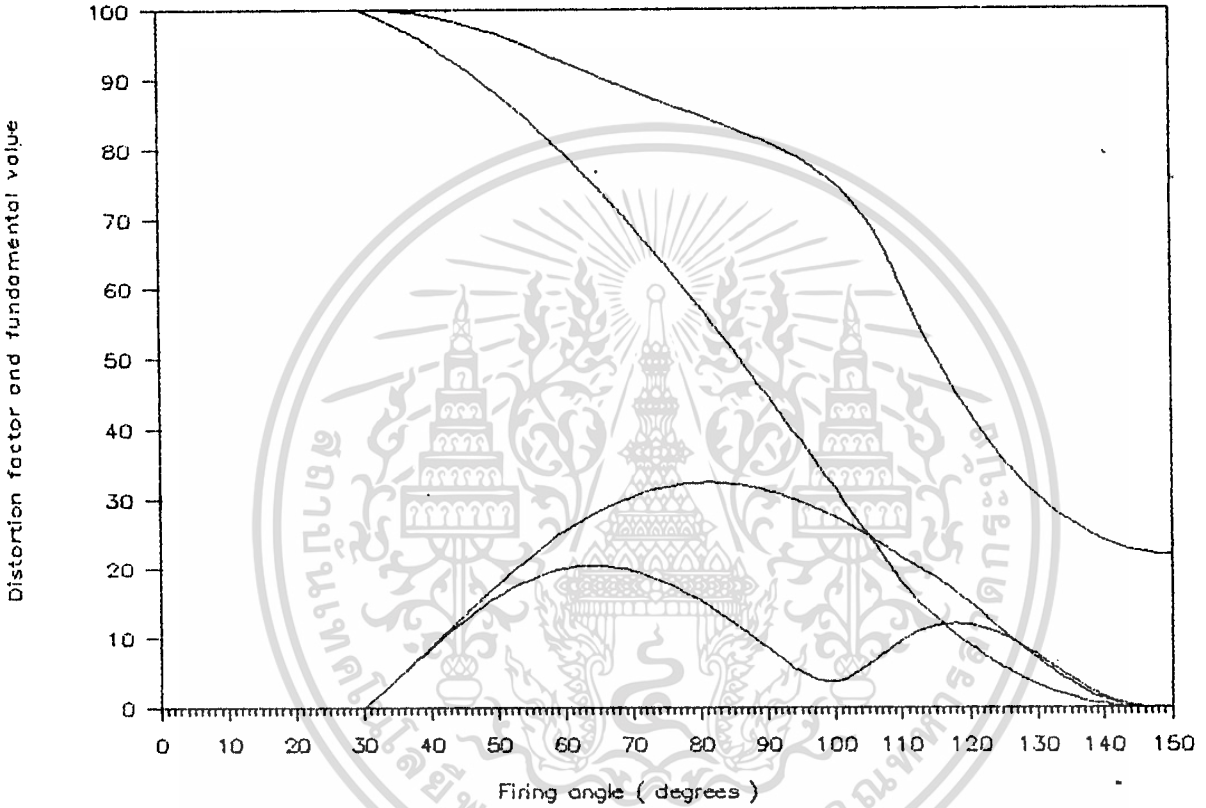


กราฟที่ 2 แสดงองค์ประกอบฮาร์โมนิกการควบคุมแบบบรานช์  
ต่อเป็นแบบสตาร์มีภาระเป็นความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LINE CONTROLLED 3-WIRE STAR CONNECTED

RL LOAD Angle of load 30 degree

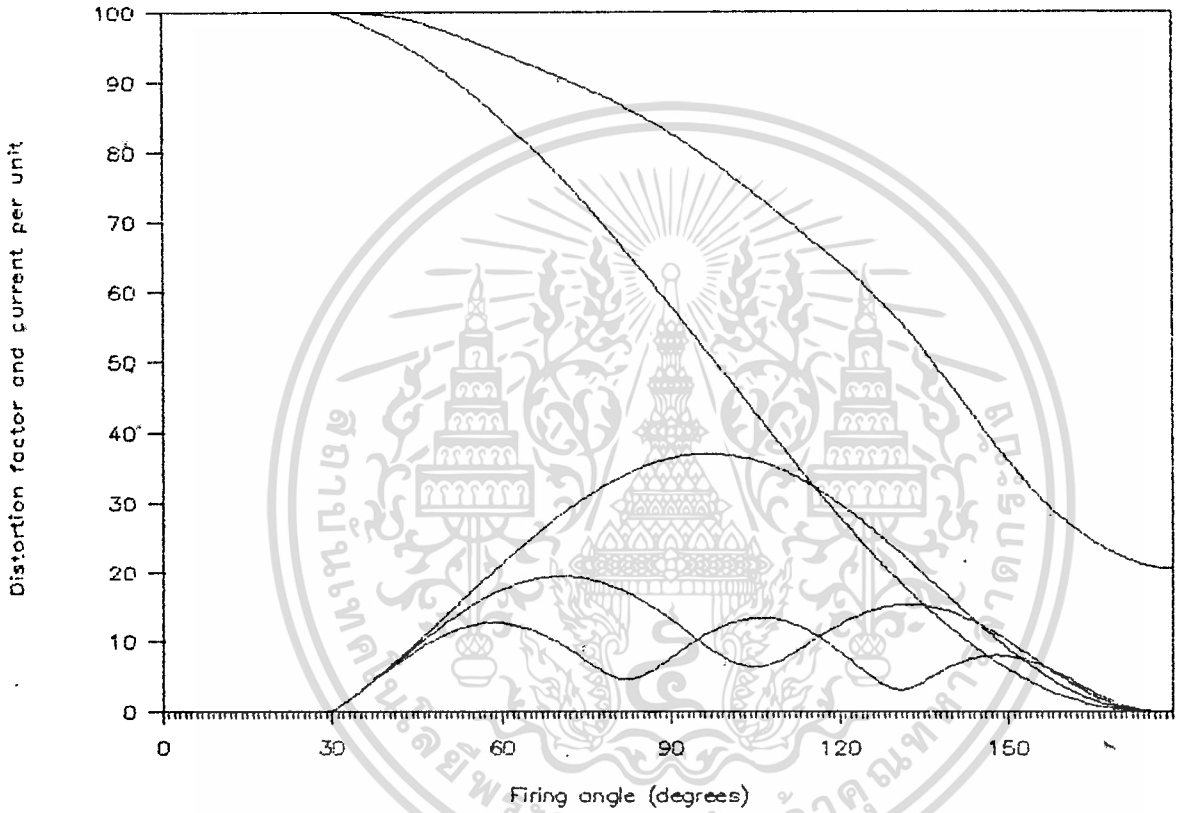


กราฟที่ 5 แสดงองค์ประกอบอาร์โมนิคการควบคุมแบบไลน์  
ต่อเป็นแบบสตาร์มีภาระเป็นความต้านทานและความเหนี่ยวนำ มุมของภาระ 30°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## HARMONIC DISTORTION FACTOR

in branch controlled star connection



กราฟที่ 6 แสดงองค์ประกอบฮาร์โมนิคการควบคุมแบบบรานซ์ ต่อ เป็นแบบสตาร์มีภาระ เป็นความต้านทานและความเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ ๕

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 5.1 การควบคุมแบบโลน

##### 5.1.1 กรณีต่อ โหลดไฟฟ้าเข้ากับระบบเป็นแบบสตาร์

###### 5.1.1.1 กรณีให้โหลดไฟฟ้าเป็นความต้านทาน

โหลดไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองใช้โหลดไฟขนาด 1๕๐ วัตต์ต่อเข้ากับระบบ โดยในหนึ่งเฟสมีโหลดไฟ 1๐ ดวง ระดับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายสามเฟสมีขนาด 220 โวลต์ต่อเฟส เมื่อปรับมุมทริกของสัญญาณควบคุมไทรสเตอร์ ให้ไทรสเตอร์ทำงานในโหมดต่างๆ จะได้รูปคลื่นด้านขาออกของระบบการควบคุมที่โหมดต่างๆดังรูปที่ 5.1

###### 5.1.1.2 กรณีให้โหลดไฟฟ้าเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ

โหลดที่ใช้ในการทดลองใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 1 แรงม้า ต่อเข้ากับระบบการควบคุมแบบนี้ แหล่งจ่ายไฟที่บ่อนสว่างจรหลักใช้ไฟสามเฟสขนาด ๒๒๐ โวลต์ไลต์ทูล์ โดยต่อสายนิวตรอนแยกจากแหล่งจ่ายไฟ เมื่อเริ่มเดินระบบการควบคุมโดยปรับมุมทริกของสัญญาณควบคุมไทรสเตอร์ให้ไทรสเตอร์ทำงานควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ จะได้รูปคลื่นด้านขาออกของแรงดันและกระแสของระบบการควบคุมที่มุมทริกต่างๆ ดังรูปที่ 5.2

##### 5.1.2 กรณีต่อ โหลดไฟฟ้าเข้ากับระบบเป็นแบบเดลต้า

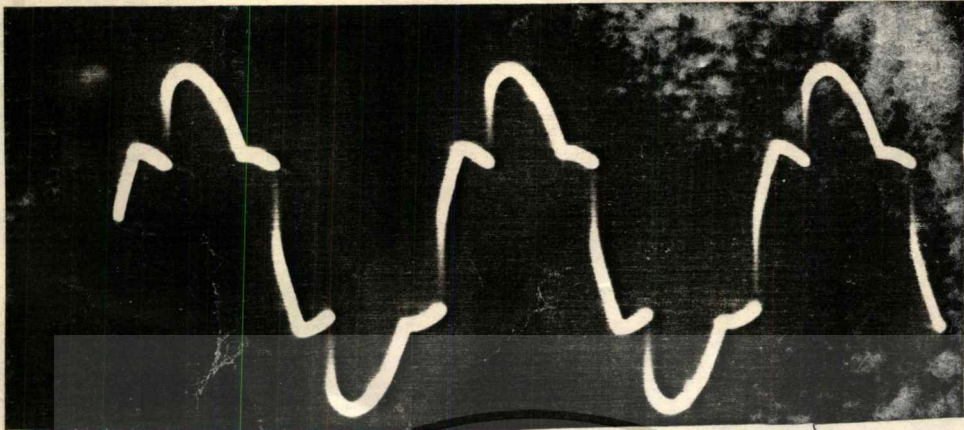
ต่อโหลดไฟฟ้าที่เป็นความต้านทานเข้ากับการควบคุมแบบโลน กรณีที่ต่อเข้าระบบเป็นเดลต้า ใช้โหลดไฟจำนวน 8 ดวงในแต่ละเฟส บ่อนระดับแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ระบบการควบคุมนี้ เมื่อปรับมุมทริกของสัญญาณควบคุมไทรสเตอร์ ให้ไทรสเตอร์ทำงานในโหมดต่างๆ จะได้รูปคลื่นด้านขาออกของระบบการควบคุมที่โหมดต่างๆดังรูปที่ 5.3

#### 5.2 การควบคุมแบบบรานซ์

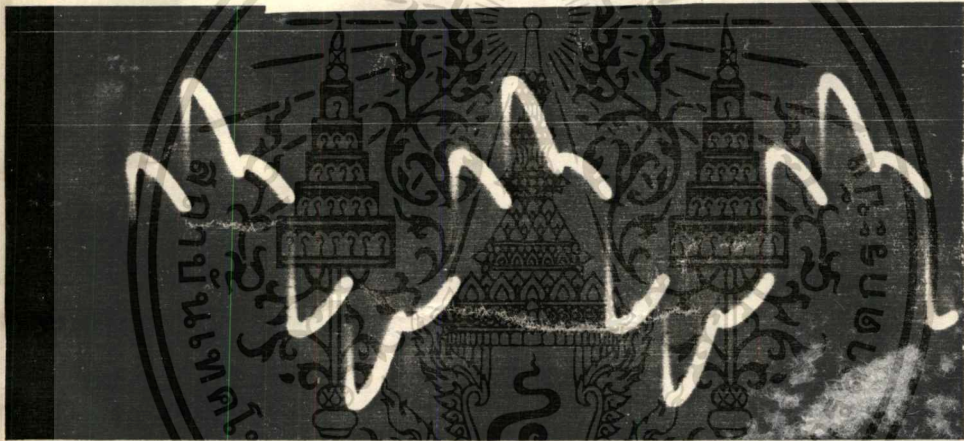
##### 5.2.1 กรณีต่อ โหลดไฟฟ้าเข้ากับระบบเป็นแบบสตาร์

###### 5.2.1.1 กรณีให้โหลดไฟฟ้าเป็นความต้านทาน

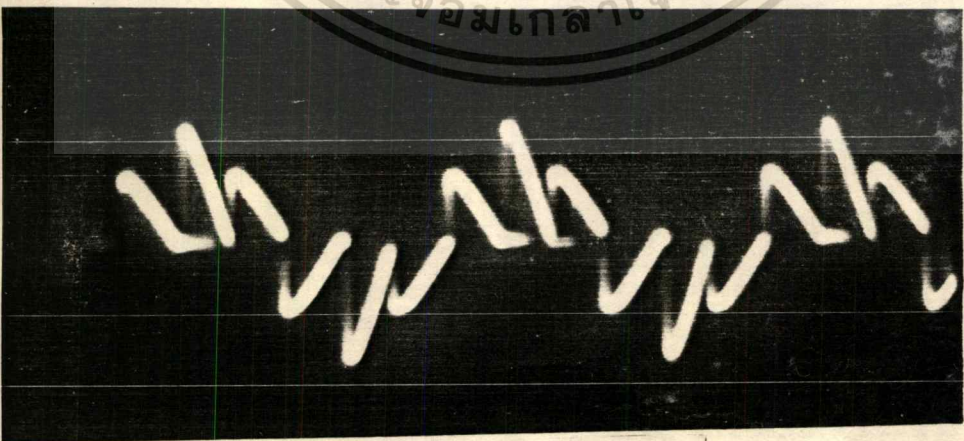
โหลดไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองใช้โหลดไฟขนาด 1๐๐ วัตต์ต่อเข้ากับระบบ โดยในหนึ่งเฟสมีโหลดไฟ 1๐ ดวง ระดับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายสามเฟสมีขนาด 220 โวลต์ต่อเฟส เมื่อปรับมุมทริกของสัญญาณควบคุมไทรสเตอร์ ให้ไทรสเตอร์ทำงานในโหมดต่างๆ จะได้รูปคลื่นด้านขาออกของระบบการควบคุมที่โหมดต่างๆดังรูปที่ 5.4



$$\alpha = \pi/6 \text{ (โหมด } 2/3)$$



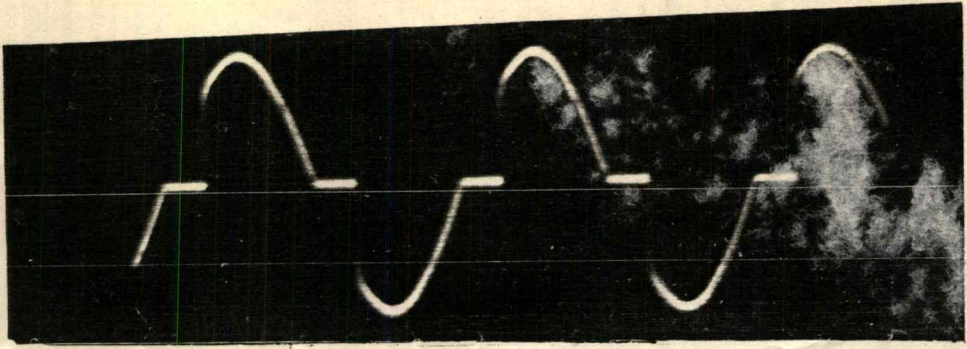
$$\alpha = \pi/3 \text{ (โหมด } 2/2)$$



$$= \pi/3 \text{ (โหมด } 0/2)$$

รูปที่ 5.3 เวนฟอร์มของโวลต์ที่เตจของการควบคุมแบบโลน

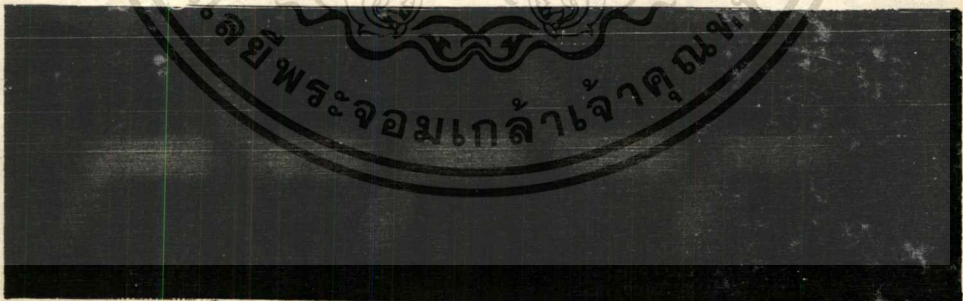
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้โดยบุคลากรในสถาบันเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$\alpha = \pi/6 \text{ (โหมด 2/3)}$$



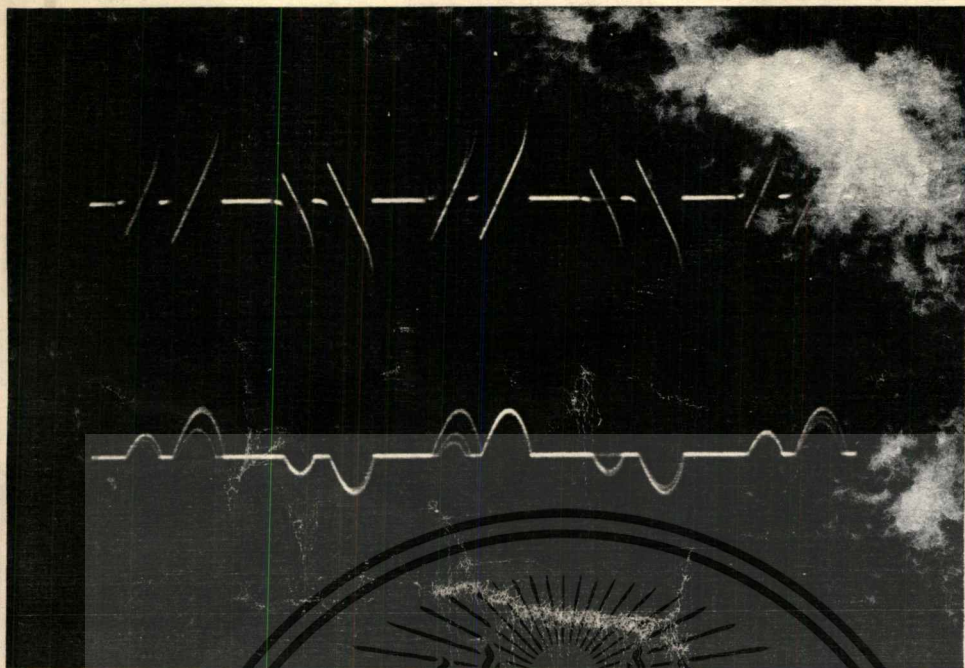
$$\alpha = \pi/3 \text{ (โหมด 2/2)}$$



$$\alpha = 2\pi/3 \text{ (โหมด ๓/2)}$$

รูปที่ ๖.4 แสดงรูปคลื่นของโวลต์เตจของการควบคุมแบบบรานซ์  
ต่อโหลดแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



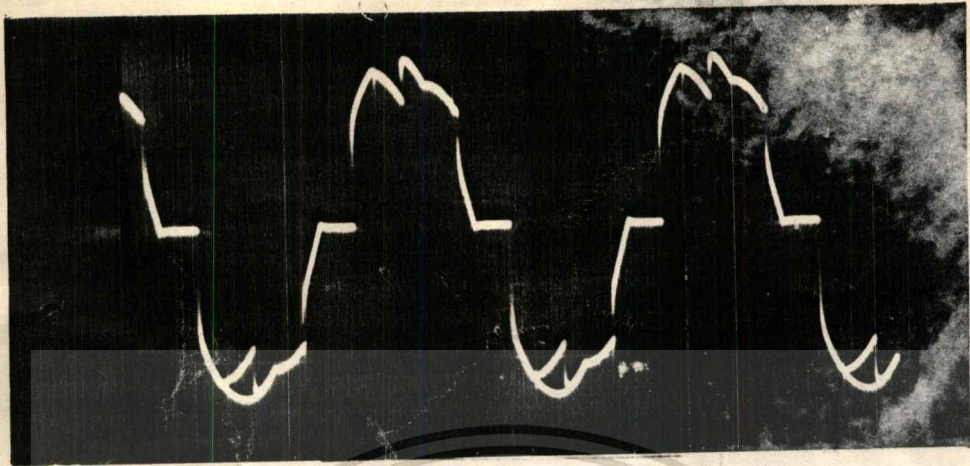
รูปคลื่นของการเริ่มสกรรจ์



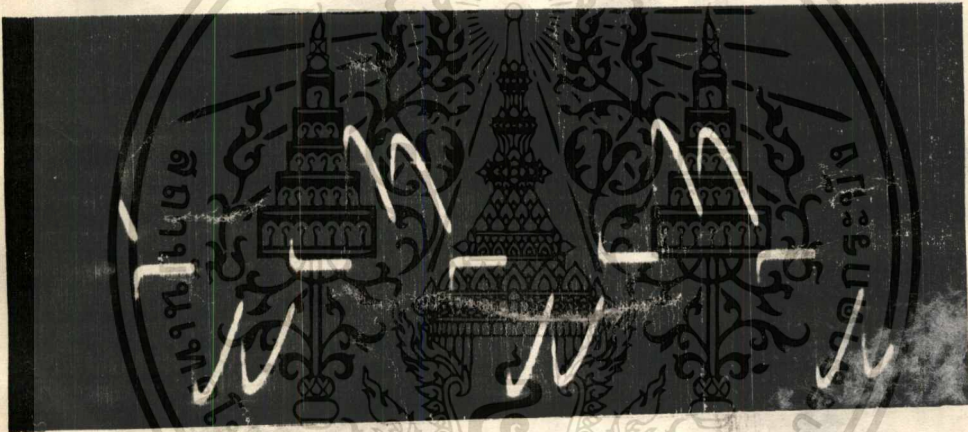
รูปคลื่นแอมพลิจูดไม่มีไหลด =  $2 \cdot \sqrt{3}$  ( โหมด  $0/2$  , = 25 )

รูปที่ 5.2 แสดงรูปคลื่นของโวลท์เตจและกระแสของการควบคุมแบบไลโน  
โดยต่อ โหลดมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$\alpha = \pi/3$  ( โหมด 2/3 )



$\alpha = \pi/3$  ( โหมด 2/2 )



$\alpha = \pi/3$  ( โหมด 0/2 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้เฉพาะที่เครื่องและกระแสของกำลังการควบคุมแบบไลน์ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 หน้าที่ 5.1 รูปคลื่นของโวลท์ที่ตรงและกระแสของกำลังการควบคุมแบบไลน์  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปลงพิมพ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### บทสรุป

ในปฏิญญาฉบับนี้แสดงให้เห็นถึงการต่อวงจรถหลัก การสร้างสัญญาณทริกของไทรซิสเตอร์ การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบฮาร์โมนิคของวงจรถหลักแบบต่างๆ ซึ่งเมื่อนำผลที่ได้จากการคำนวณ โดยทฤษฎี และ การทดลอง มาเปรียบเทียบกัน จะได้ผลของการควบคุมในแบบต่างๆของ โหมดการทำงานของไทรซิสเตอร์ที่เหมือนกัน แม้ว่าในการทดลองจะมีข้อแตกต่างกันบ้างก็ไม่มากนัก เพราะในการทดลองไม่สามารถวัดค่าที่แน่นอนของมุมทริกได้

การนำไปใช้งานของระบบนี้ คือ นำไปควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายแก่โหลดต่างๆ เช่น โหลดความต้านทานที่เป็นหลอดไฟ เพื่อปรับความสว่างของหลอดไฟ หรือ นำไปควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ ประเภทพัดลม ให้ได้ความเร็วของมอเตอร์ตามที่ต้องการ และ ยังอาจนำไปปรับปรุงเป็นขอลสตาร์ทมอเตอร์



## กิติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. วิริยะ พิเชฐจำเริญ อย่างสูงที่ให้คำปรึกษา ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ประกอบการทำโครงการนี้จนสำเร็จลงได้ด้วยดี

พร้อมกันนี้ขอขอบคุณ อาจารย์ วิจิตร กิณเรศ และ นิสุชาติ แซ่ตั้ง ที่ช่วยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำปริญญาโทฉบับนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

- 1.สุภรณ์ กิริติชาญวินัย และ เอกสิทธิ์ สมานชาติ ,ปริญญาโท " 3 เฟส เอ.ซี. โวลท์เตจ คอนโทรลเลอร์" ปีการศึกษา 2529
- 2.ปราโมทย์ อุณหไวทยะ "วิศวกรรมไฟฟ้าภาคปฏิบัติ" วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หน้า 5.21 - 5.23
- 3.W.Shepherd , " Thyristor Control of AC circuits " London ,Crosby Lockwood Staples, 1976
- 4.ฝ่ายวิศวกรรม บริษัทโพลีเทคโนโลยี จำกัด " SMC กับ การเริ่มหมุนมอเตอร์ " วารสารเทคนิค ฉบับที่ 53, หน้า 105 - 110 , กรกฎาคม-สิงหาคม 2532
- 5.N.H.Malik, S.M.E. Haque and Shepherd, " Analysis and Performance of Three-Phase Phase-Controlled Thyristor AC voltage Controller", IEEE Trans. Ind. Elec. Vol IE-32,pp.192-199 August 1985
- 6.Derek A.Paice " Induction Motor Speed Control by Stator Voltage Control " , IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-87, pp.585-590, Feb. 1968