ปีการศึกษา 2531

พัลส์วิดธ์มอดดูเลชั่นอินเวอเตอร์สำหรับควบคุมความเร็วรอบของอินดัคชั่นมอเตอร์ 3 เฟส

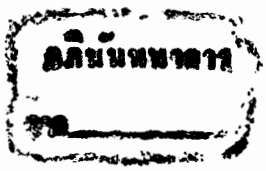
โดย

นาย สุชาติ พันธ์พรหม

นาย สมเดช ชูหีบ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023207 -9 ส.ค. 2532

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

เรื่อง พัลส์วิดธ์มอดดูเลชั่นอินเวอเตอร์สำหรับควบคุมความเร็วรอบของอินดัคชั่นมอเตอร์ 3 เฟส

ผู้จัดทำ

1. นาย สุชาติ พันธ์พรหม 286815
2. นาย สมเดช ชูทีบ 286719

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023207

พัลส์วิดธ์มอดดูเลชั่นอินเวอเตอร์สำหรับควบคุมความเร็วรอบของอินดัคชั่นมอเตอร์ 3 เฟส

1. นาย สุชาติ พันธ์พรหม
2. นาย สมเดช ชูหีบ
อ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมในประเทศเรา กำลังเจริญรุดหน้าไปด้วยดี การค้นคิดและประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการสร้าง PWM INVERTER สำหรับการควบคุมความเร็วรอบของอินดัคชั่นมอเตอร์ 3 เฟส โดยใช้ PERSONAL COMPUTER เป็นตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PULSE-WIDTH MODULATION INVERTER
FOR CONTROLL SPEED OF 3-PHASE INDUCTION MOTOR

SUCHAT PUNPROHM

SOMDECH CHOOHEEB

PRAPAS AUKKAKIMARPUN ADVISOR

1988

ABSTRACT

IN MY COUNTRY THE INDUSTRIAL IS DEVELOPING. RESEARCH AND CONSTRUCT A EQUIPMENT FOR INDUSTRY ITS MOST NESCESSARY.

THIS PROJECT IS TO BUILD PWM INVERTER FOR CONTROLL SPEED OF 3-PHASE INDUCTION MOTOR WITH PERSONAL COMPUTER CONTROLLER.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเบื้องต้น.....1-2

1.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ.....2-3

บทที่ 2

หลักการควบคุมมอเตอร์เอซี

2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ.....4-13

บทที่ 3

การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นฐานเพื่อสร้าง พีดับบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ด้วยโมดิฟายเรกกูล่าร์เทคนิค

3.1 วิธีการสร้าง พีดับบลิวเอ็ม แพทเทิร์น.....14-16

3.2 โมดิฟาย อะซิมเมตริก เรกกูล่าร์แซมเปิ้ล พีดับบลิวเอ็ม.....17-18

3.3 การเปลี่ยนการทำงานจาก พีดับบลิวเอ็ม เป็น 6-สเต็ป.....18-19

3.4 วิธีการของการเติมพัลส์ เพื่อความเป็นเชิงเส้น.....20-23

3.5 ข้อดีของวิธีการโมดิฟายเรกกูล่าร์แซมปลิ้ง เมื่อเทียบกับคอนเวนชั่นนอลเรกกูล่าร์แซมปลิ้งทางด้านความเป็นเชิงเส้น.....23-24

บทที่ 4

เทคนิคสำหรับเพิ่มความถี่สวิทช์ของทรานซิสเตอร์กำลัง

4.1 บทนำ.....25

4.2 การทำงานแบบอิ่มตัวและกึ่งอิ่มตัว.....26-30

บทที่ 5

วงจรและการทำงาน

5.0 วงจร POWER CONTROL.....31-33

5.1 วงจร DECODER INTERFACE.....34

5.2 ตำแหน่งสัญญาณที่ CONNECTOR.....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 KEYBOARD.....35
5.4 วงจร TIMER COUNTER.....36
5.5 วงจร LOCK OUT.....37-38
5.6 วงจร แลทช์ ออฟ ฟอลท์.....39
5.7 วงจร CURRENT READING.....40
5.8 วงจร 12 BIT ANALOGE TO DIGITAL.....40
5.9 ตำแหน่งของ PORT I/O.....41
5.10 วงจร HEAT SENSER.....41
5.11 วงจร POWER.....42
5.12 วงจร SNUBBER.....43
5.13 วงจร INVERTER.....43
5.14 วงจรขับเบส.....44-45
5.15 วงจร OVERLOAD DELAY.....46
5.16 วงจร VOLTAGE DETECTOR.....47
5.17 วงจร CURRENT DETECTOR.....47-48
5.18 วงจร POWER SUPPLY.....49
5.19 TRANSFORMER.....50

บทที่ 6

การทดสอบ
6.1 อุปกรณ์.....51
6.2 การต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบ.....51
6.3 ผลการทดสอบ.....52-54
หนังสืออ้างอิง.....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเบื้องต้น

ในการใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ความต้องการโดยทั่วไป คือ วิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ที่ประหยัด สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ต่อเนื่อง แม่นยำ เปลี่ยนความเร็วได้รวดเร็ว มีพิสัยความเร็วตามต้องการและมีเสถียรภาพที่ดีอยู่เป็นเวลานาน

ปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรมมักจะใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรงสำหรับงานที่ต้องการปรับความเร็ว และใช้มอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำกับงานที่ใช้ ความเร็วคงที่เนื่องจากมอเตอร์กระแสตรงมีคุณสมบัติที่เราต้องการทุกอย่าง แต่มีสิ่งหนึ่งที่เป็นข้อเสีย คือ คอมมิวเตเตอร์ (COMMUTATOR) กล่าวคือ คอมมิวเตเตอร์ประดิษฐ์ขึ้นจากชิ้นทองแดงหลายชิ้นคั่นด้วยแผ่นไมก้าทำให้การสร้างเต็มไปด้วยความยากลำบากและมีราคาสูง เนื่องจากต้องมีแปรงถ่าน (BRUSHES) ขัดสีอยู่กับคอมมิวเตเตอร์อยู่เสมอ และประกายไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างแปรงถ่านกับคอมมิวเตเตอร์ทำให้ มีการสึกหรอมากยิ่งขึ้น จึงต้องการซ่อมบำรุงอยู่เสมอทำให้เกิดความยุ่งยากในอุตสาหกรรมที่ใช้มอเตอร์แบบนี้และมีกระบวนการผลิตที่ไม่สามารถหยุดได้ นอกจากนี้ถ้าติดตั้งมอเตอร์ไว้ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ลำบากก็จะทำความยุ่งยากให้กับการซ่อมบำรุง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง

เนื่องจากได้มีการพัฒนาอินเวอร์เตอร์ (INVERTER) โดยใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น ทรานซิสเตอร์ ไธริสเตอร์ ขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ในการขับนำมอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำให้สามารถปรับความเร็วได้ จึงทำให้การใช้มอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำเป็นต้นกำลังในงานที่ต้องการปรับความเร็วเป็นที่น่าสนใจยิ่งขึ้น เนื่องจากมอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำมีข้อดีหลายประการ เช่น ลักษณะโครงสร้างแข็งแรงทนทานและมีลักษณะมิดชิด ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วน คือ ส่วนอยู่นิ่ง (STATOR) ซึ่งเป็นตัวสร้างฟลักซ์แม่เหล็กหมุน (ROTATING MAGNETIC FLUX) และส่วนหมุน (ROTOR) ซึ่งอยู่ภายในจะเป็นตัวให้ แรงบิด (TORQUE) ออกมา จากโครงสร้างที่ง่ายนี้ ทำให้มอเตอร์รกระแสสลับแบบเหนี่ยวนำมีราคาถูก และมีขนาดเล็กกว่ามอเตอร์กระแสตรง เมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วและกำลังม้าเท่ากัน สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลายาวนานโดยไม่ต้องการซ่อมบำรุง การบำรุงรักษาง่ายทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และสามารถนำไปใช้งานในบริเวณที่ มีฝุ่นละอองมาก บริเวณที่มีความชื้นสูง หรือบริเวณที่อาจมีการระเบิดเนื่องจากประกายไฟได้ ซึ่งข้อดีเหล่านี้ประกอบกับการที่มอเตอร์ชนิดนี้ มีขนาดและมาตรฐานซึ่งหาซื้อได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ ในโรงงานุตสาหกรรมมากกว่ามอเตอร์กระแสตรง

1.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ

มอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำที่นิยมใช้กันมากคือ มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก (SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTOR) การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำนี้ สามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น

1.การควบคุมความเร็วโดยการปรับแรงดัน ไฟฟ้าที่จ่ายให้ กับมอเตอร์โดยที่ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟยังคงเดิม

การปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์นี้จะทำได้ในช่วงแคบเท่านั้นเนื่องจากแรงบิดของมอเตอร์ จะแปรผันไปตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ยกกำลังสอง เมื่อลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ขณะที่มอเตอร์รับภาระอยู่ที่โหลดใด ๆ ก็ตามจะทำให้ความเร็วของมอเตอร์ลดลง ในขณะเดียวกันการลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์เพียงเล็กน้อย อาจทำให้แรงบิดน้อยลงมากจนใช้งานไม่ได้ และถ้าเพิ่มแรงดันมากไปจะทำให้มอเตอร์เสียหายได้

2.การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์

ความเร็วของมอเตอร์ กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำจะแปรตามความถี่ของแหล่งจ่ายไฟและแปรผกผันกับจำนวนขั้วของมอเตอร์ โดยการออกแบบให้ขดลวดของส่วนอยู่นิ่ง (STATOR) สามารถเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กได้ เช่น เปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กจาก 2 เป็น 4 หรือ จาก 4 เป็น 8 เป็นต้น ซึ่งแต่ละแบบของการต่อขดลวดจะให้ความเร็วได้ สองความเร็ว อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ จะได้ความเร็วคงที่ เป็นช่วงซึ่งไม่เหมาะกับลักษณะงานบางอย่างที่ต้องการปรับความเร็วได้ ในช่วงกว้างและอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การควบคุมความเร็วโดยการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์

การควบคุมความเร็ววิธีนี้ จะต้องเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่ค่าคงที่ จากแหล่งจ่ายไฟที่มีอยู่ให้เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและความถีที่ปรับค่าได้และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีในการควบคุมความเร็วจะต้องให้อัตราส่วนของแรงดันต่อ ความถี่ (V/F RATIO) ที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีค่าคงที่ หรือ ปรับแต่งเล็กน้อยตามความเหมาะสม จะทำให้มอเตอร์ขับโหลดได้ เต็มที่ และค่าแรงบิดที่ได้จะคงที่ตลอดช่วงความเร็วที่ปรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการควบคุมมอเตอร์เอซี

แนะนำให้รู้

มอเตอร์ที่ได้รับความนิยมใช้มากในงานอุตสาหกรรม จะเป็นมอเตอร์เอซีชนิดเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก (SQUIRREL - CAGE INDUCTION MOTOR) และมอเตอร์ที่ได้รับความนิยมรองลงไปคือมอเตอร์ชนิดรีลัคแต่นซ์ (RELUCTANCE MOTOR) มอเตอร์ทั้งสองมีคุณสมบัติร่วมกันอย่างหนึ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนอัตราเร็วได้ด้วยการเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซี ซึ่งเมื่อเรากล่าวถึงมอเตอร์เอซีเราจะหมายความถึงมอเตอร์สองชนิดนี้

2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ มอเตอร์เหนี่ยวนำมีส่วนอยู่นิ่ง (STATOR) และส่วนหมุน (ROTOR) คล้ายมอเตอร์ทั่ว ๆ ไป โดยส่วนอยู่นิ่งมีขดลวดพันไว้และจัดให้เป็นแบบสองเฟสหรือสามเฟสตามแต่จะออกแบบไว้ ซึ่งไม่ต้องการวงแหวนสลิป (SLIP - RING) หรือคอมมิวเตเตอร์ (COMMUTATOR) จึงสามารถสร้างได้ง่าย มีโครงสร้างแข็งแรงทนทานบึกบึนต่อการใช้งานและมีราคาถูก ส่วนหมุนทำหน้าที่รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีผ่านส่วนอยู่นิ่งโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำ ซึ่งขดลวดของส่วนอยู่นิ่งทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กที่มีค่าคงที่ขึ้นในช่องอากาศ (AIR - GAP) ระหว่างส่วนอยู่นิ่งกับส่วนหมุน และหมุนด้วยอัตราเร็วซิงโครนัส (SYNCHRONOUS)

$$\omega_s = \frac{120f}{P} \quad \text{รอบต่อนาที}$$

$$= \frac{4\pi f}{P} \quad \text{เรเดียนต่อวินาที} \qquad .....(2.1)$$

เมื่อ ω_s เป็นอัตราเร็วซิงโครนัสของสนามแม่เหล็ก

f เป็นค่าความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซี

P เป็นจำนวนโปลที่เกิดขึ้นจากการพันขดลวดบนส่วนอยู่นิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการพิจารณาสมการที่ (2.1) เราสามารถเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์เอซีได้ด้วยการเปลี่ยนค่าความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีและการเปลี่ยนจำนวนโปล

ในการควบคุมอัตราเร็วของมอเตอร์เอซีด้วยการเปลี่ยนค่าความถี่จะเป็นผลทำให้สนามแม่เหล็กหรือฟลักซ์ (FLUX) แม่เหล็กเปลี่ยนค่าไปตามสมการ

$$V = k\phi f \qquad \text{.....(2.2)}$$

เมื่อ V เป็นค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสป้อนเข้าที่ขั้วของมอเตอร์

k เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับตัวประกอบรูปแบบ (FORM FACTOR) ตัวประกอบขดลวด (WINDINGFACTOR)และจำนวนรอบของขดลวดที่พันไว้ในมอเตอร์

ϕ เป็นค่าฟลักซ์สูงสุดต่อหนึ่งโปลของมอเตอร์

ตามปกติมอเตอร์จะถูกออกแบบให้ฟลักซ์มีค่าอยู่ตรงส่วนเข้าโค้งของเส้นโค้งลักษณะสมบัติของการทำให้เป็นแม่เหล็ก (MAGNETIZATION CURVE) ซึ่งถ้าเราลดความถี่ลง ฟลักซ์จะมีค่าสูงขึ้นและเข้าไปอยู่ในอาณาบริเวณอิ่มตัวทำให้มีกำลังสูญในเหล็ก (IRON LOSSES) มีค่ามากขึ้น ทำให้มอเตอร์กินกระแสเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีกำลังสูญในทองแดง (COPPER LOSSES) เพิ่มค่ามากขึ้น เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดต่ำลง ดังนั้นเราต้องลดค่าแรงดันให้เป็นสัดส่วนกับความถี่ที่ลดลง เพื่อให้ฟลักซ์ยังคงมีค่าอยู่ตรงส่วนเข้าโค้งของเส้นโค้งของการทำให้เป็นแม่เหล็ก กลับกันกับข้อความที่กล่าวข้างบน ถ้าเราเพิ่มความถี่ให้สูงขึ้น เพื่อให้ฟลักซ์และแรงหมุนมีค่าคงเดิม ซึ่งข้อความนี้เท่ากับมีความหมายว่า เพื่อรักษาให้ฟลักซ์มีค่าคงที่เราต้องปรับค่าแรงดันให้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ หรือรักษาอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ให้คงที่วิธีการแบบนี้เรียกว่า "วิธีปฏิบัติการแรงดันต่อ HZ คงที่" หรือ "วิธีโวลต์ต่อเฮิรตซ์คงที่"

โดยการอินทิเกรตกฎของ FARADAY

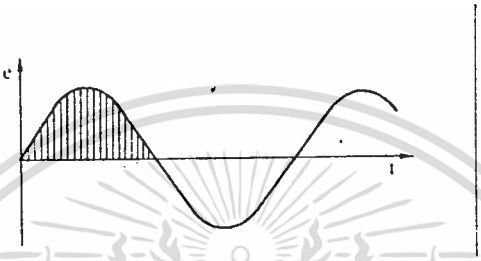
$$e = -\frac{d\phi}{dt} \qquad \text{.....(2.3)}$$

เราจะได้

$$|\phi| = \int e\,dt \qquad \text{.....(2.4)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการนี้แสดงว่า พื้นที่ใต้เส้นโค้งรูปคลื่นแรงดันที่ได้เขียนเส้นแรเงาไว้ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เป็นค่าฟลักซ์แม่เหล็กรวม ทำให้เราสรุปได้ว่า "ไม่ว่าความถี่จะมีค่าเท่าไรขอให้เพียงแต่พื้นที่ใต้เส้นโค้งแรงดันไฟฟ้ามีค่าคงที่อยู่เสมอแล้วมอเตอร์เหนี่ยวนำจะสามารถทำงานที่แรงหมุนสูงเหมาะสมที่สุด" ซึ่งเท่ากับมีความหมายว่า "โวลต์ต่อเฮิรตซ์มีค่าคงที่"



รูปที่ 2.1 แรงดันเลี้ยงวงจรรูปคลื่นซายน์

ในกรณีที่ความต้านทานของขดลวดของมอเตอร์มีค่าน้อยมากสามารถทิ้งได้ ศักย์ตกคร่อมความต้านทานของขดลวดจะมีค่าเท่ากับศูนย์โดยประมาณ แรงดันเอซีที่ป้อนเข้ามอเตอร์จะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในมอเตอร์โดยการเหนี่ยวนำ แต่ในกรณีที่ความต้านทานของขดลวดมีค่าใหญ่ก็จะมีศักย์ตกคร่อมขดลวดมีค่าใหญ่กว่าศูนย์ และถ้าความถี่มีค่าลดต่ำลงด้วย ศักย์ตกคร่อมขดลวดจะมีขนาดใหญ่ขึ้นมากสามารถเปรียบเทียบกับขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุไปทำให้ฟลักซ์ในช่องอากาศมีค่าลดลงและเป็นผลทำให้มอเตอร์มีแรงหมุนลดลงด้วย ดังนั้นในทางปฏิบัติสำหรับความถี่ที่ต่ำกว่า 20 HZ โดยประมาณแล้ว เราต้องรักษาแรงหมุนที่อัตราเร็วต่ำไว้ให้ดีด้วยการเพิ่มค่า "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" ให้มีค่าสูงกว่าปกติ

ขณะมอเตอร์หมุนด้วยอัตราเร็ว ตามปกติ มอเตอร์จะหมุนเร็วช้ากว่าอัตราเร็วซิงโครนัสเพียงเล็กน้อยเป็นผลให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นส่วนหมุนของมอเตอร์มีความถี่เท่ากับ

$$f_2 = sf \qquad \text{.....(2.5)}$$

เมื่อ f_2 เป็นความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในส่วนหมุนของมอเตอร์

f เป็นความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงวงจร (ซึ่งมีค่า $= \omega_s/2\pi$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S เป็นค่าสลิป (SLIP) ซึ่งมีค่าตามสูตร

$$S = \frac{f_2}{f} = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s} \qquad \text{.....(2.6)}$$

เมื่อมอเตอร์หมุน กระแสในส่วนหมุน I จะมีเฟสตามหลังแรงเคลื่อนไฟฟ้าในส่วนหมุนด้วยมุมเฟส ซึ่งมอเตอร์นี้มีแรงหมุนเป็นสัดส่วนกับกระแสองค์ประกอบของส่วนที่มีเฟสทับกันในส่วนหมุน คือ และแรงหมุนนี้ยังมีค่าเป็นสัดส่วนกับฟลักซ์ในช่องอากาศ ดังนั้นโดยทั่ว ๆ ไป เราจะเขียนสมการของแรงหมุนได้ว่า

$$T = K\phi I_2 \cos\theta_2 \qquad \text{.....(2.7)}$$

เมื่อ K เป็นตัวสัดส่วนคงที่

เมื่อสมมติว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำมีแรงดันและกระแสเป็นรูปคลื่นซายน์และความต้านทานของส่วนหมุนมีค่าคงที่กำลังไฟฟ้าที่ส่งข้ามช่องอากาศจากส่วนอยู่นิ่งเข้าไปสู่ส่วนหมุนมีค่า

$$P_{ag} = m_1 I_2^2 \frac{r_2}{S} \qquad \text{.....(2.8)}$$

เมื่อ P_{ag} เป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ส่งข้ามช่องอากาศจากส่วนอยู่นิ่งเข้าไปสู่ส่วนหมุน

m_1 เป็นจำนวนเฟสของส่วนอยู่นิ่ง

I เป็นกระแสในส่วนหมุน

r_2 เป็นค่าความต้านทานในส่วนหมุน

กำลังสูญในทองแดงของส่วนหมุนมีค่า

$$P_2 = m_1 I_2^2 r_2 = sP_{ag} = sT\omega_s \qquad \text{.....(2.9)}$$

เมื่อ P เป็นกำลังสูญในทองแดงของส่วนหมุนหรือกำลังสลิป (SLIP POWER)

T เป็นแรงหมุนที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้น กำลังเอาต์พุตเชิงกลที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีค่า

$$P_{mech} = P_{ag} - P_2 = m_1 I_2^2 \frac{r_2}{S} - m_1 I_2^2 r_2 = m_1 I_2^2 r_2 \frac{1-S}{S} \quad \ldots\ldots(2.10)$$

$$= (1-S) P_{ag} = (1-S) T \omega_s \quad \ldots\ldots(2.11)$$

เมื่อ P_{mech} เป็นกำลังเอาต์พุทเชิงกลที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

เราจะเห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ส่งเข้าสู่ส่วนหมุนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีค่า $(1-S)$ จะเปลี่ยนรูปเป็นกำลังเชิงกล ส่วนที่สองมีค่า S จะเป็นกำลังสูญในทองแดง ดังนั้น ถ้าเราเพิ่มค่าความต้านทานของส่วนหมุนให้ใหญ่ขึ้นจะทำให้มอเตอร์มีกำลังสูญมากขึ้นและมีสลิปมากขึ้น (คือมีอัตราเร็วต่ำลง) เป็นผลให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพเลวลง เพราะฉะนั้น การปรับอัตราเร็วโดยวิธีปรับค่าความต้านทานของส่วนหมุนจึงเป็นการไม่ประหยัด (ยกเว้นกรณีที่อัตราเร็วอยู่ในพิสัยต่ำกว่าอัตราเร็วซิงโครนัสเล็กน้อย) เราอาจปรับปรุงให้มอเตอร์กลับมีประสิทธิภาพดีขึ้นได้โดยการนำเอากำลังสลิป SP_{ag} ส่งกลับคืนไปสู่วงจรของไฟฟ้าเอซีเลี้ยงวงจร หรือนำไปใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ช่วยซึ่งคัพปลิง (COUPLING) ต่อติดกับเพลาของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยตรง เราเรียกวิธีการนี้ว่า "วิธีการเข้าต่อเรียง" (CASCADE CONNECTION)

รูปที่ 2.2 (ก) แสดงวงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่รวมผลของความต้านทานส่วนหมุนเข้ากับผลของภาระบนเพลากลายเป็นความต้านทาน $r_2(1-S)/S$ สะท้อนเข้าสู่ส่วนหมุน รูปที่ 2.2 (ข) แสดงวงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำอีกแบบหนึ่งซึ่งเน้นหนักถึงกำลังงานเชิงกล โดยที่

r_1 เป็นความต้านทานของขดลวดในส่วนอยู่นิ่ง

r_2 เป็นความต้านทานของขดลวดในส่วนหมุนสะท้อนเข้าสู่ส่วนอยู่นิ่ง

X_1 เป็นค่ารีแอ็คแตนซ์รั่วของขดลวดในส่วนอยู่นิ่ง

X_2 เป็นค่ารีแอ็คแตนซ์รั่วของขดลวดในส่วนหมุนที่ความถี่ของไฟฟ้าเลี้ยงวงจรและสะท้อนเข้าสู่ส่วนหมุน

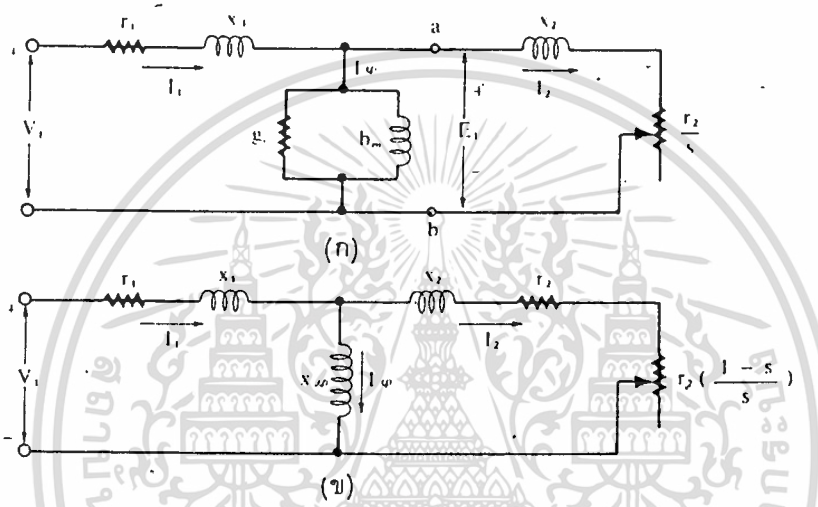
g_c เป็นค่าความนำสมมูลกับกำลังสูญในแกนเหล็ก (CORE-LOSS CONDUCTANCE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b_m เป็นค่าซัสเซ็พแตนซ์ของการทำให้เป็นแม่เหล็ก (MAGNETIZING SUSCEPTANCE)

X_φ เป็นค่ารีแอ็คแตนซ์ของการทำให้เป็นแม่เหล็ก (MAGNETIZING REACTANCE)

S เป็นค่าสลิป



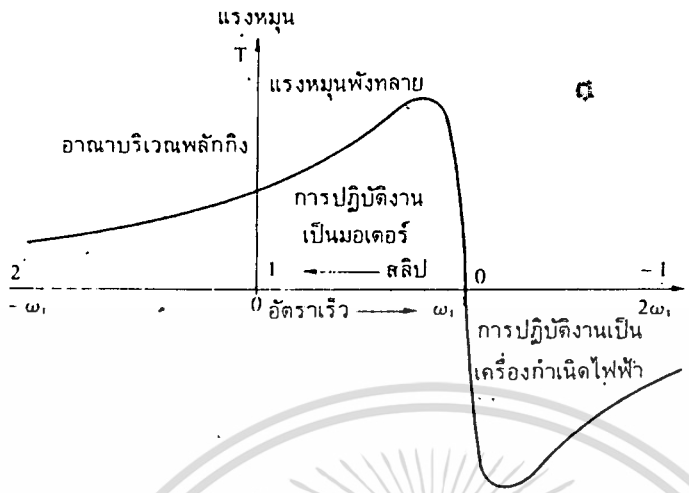
รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

(ก) แบบรวมผลของความต้านทานส่วนหมุนเข้ากับผลของภาระบนเพลากลายเป็นความต้านทาน r_2/S

(ข) แบบเน้นหนักถึงกำลังงานเชิงกล $r_2(1-S)/S$

รูปที่ 2.3 แสดงเส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงหมุนกับอัตราเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำขณะกำลังทำงานด้วยแรงดันคงที่จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีที่มีความถี่คงที่ ตรงจุดที่ให้แรงหมุนมีค่าสูงสุดเรียกว่า "แรงหมุนพังพลาย" (BREAKDOWN TORQUE) และมีค่าความถี่ของส่วนหมุนตรงจุดพังทลาย เรียกว่า "ความถี่พังทลายของส่วนหมุน" ถ้าแรงหมุนภาระมีค่าใหญ่เกินกว่าค่าแรงหมุนสูงสุดจะทำให้มอเตอร์มีอัตราลดค่าต่ำลงจนกระทั่งหยุดนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
023207



รูปที่ 2.3 เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงหมุนกับอัตราเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ถ้ามอเตอร์หมุนกลับในทิศที่สวนทางกับการหมุนในทิศฟอร์เวิร์ดของสนามแม่เหล็ก สลิปจะมีค่าใหญ่เกินกว่า 1 และแรงหมุนโต้กลับจะเกิดขึ้นต่อต้านกับการหมุนของมอเตอร์ ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อเรากลับเฟสอันดับ (PHASE SEQUENCE) ของสายไฟฟ้าเอซีสามเฟส เป็นเหตุให้สนามแม่เหล็กในช่องอากาศหมุนกลับทาง เป็นผลให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว (และถ้ายังคงปล่อยสายไฟฟ้าไว้ในสภาวะเช่นนี้ ในไม่ช้ามอเตอร์จะเริ่มหมุนกลับทางต่อไปด้วยอัตราเร็วเพิ่มสูงขึ้น) วิธีการนี้เป็น วิธีเบรกหรือวิธีหมุนมอเตอร์กลับทางอย่างรวดเร็ว ซึ่งเรียกว่า "พลักกิง" (PLUGGING) และบริเวณที่เส้นโค้งลักษณะสมบัติมีคุณสมบัตินี้เรียกว่า "อาณาบริเวณพลักกิง"

ขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนในทิศฟอร์เวิร์ดตามปกติ ถ้าเราใช้วิธีทางกลเข้าช่วยขับเคลื่อนให้ส่วนหมุนของมอเตอร์หมุนเร็วขึ้นกว่าอัตราเร็วปกติ เข้าสู่อัตราเร็วซูเปอร์ซิงโครนัส (SUPER-SYNCHRONOUS SPEED) สลิปมีค่าเป็นลบแล้วมอเตอร์นี้จะเปลี่ยนหน้าที่กลับเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเปลี่ยนพลังงานป้อนเข้าที่เพลาให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีหรือวงจรป่ายงานเอซี (AC NETWORK) ดังนั้น เราอาจต่อเส้นโค้งออกไปในทิศทางที่มีอัตราเร็วสูงกว่าอัตราเร็วซิงโครนัสเข้าสู่อาณาบริเวณแห่งการปฏิบัติการเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าหากสามารถเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้ เราอาจปรับมอเตอร์ให้เข้าสู่อาณาบริเวณแห่งการปฏิบัติการเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีก วิธีหนึ่งด้วยการลดความถี่ลงอย่างรวดเร็ว โดยมอเตอร์จะถูกฉุดให้หมุนต่อไปด้วยความเฉื่อย พลังงานจลน์ของมวลที่อยู่ส่วนหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

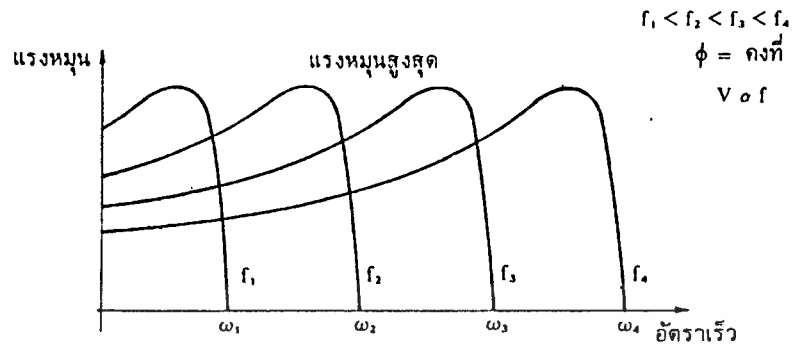
(รวมภาระด้วย) จะเปลี่ยนกลับเป็นพลังงานไฟฟ้าป้อนกลับเข้าแหล่งจ่ายไฟฟ้า ทำให้เกิดเป็นแรงหมุนโต้กลับขึ้นในมอเตอร์แล้ว มอเตอร์จะหมุนช้าลงหรือหยุด ซึ่งเป็นการหยุดแบบรีเจเนอเรตีฟเบรกกิง แต่ถ้ามอเตอร์ใช้คอนเวอร์เตอร์เปลี่ยนความถี่แบบสถิตหรือแบบอิเล็กทรอนิกส์ พลังงานรีเจเนอเรตีฟที่ป้อนกลับจะต้องถูกส่งผ่านคอนเวอร์เตอร์กลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟฟ้าเดิมให้ได้

ถ้าเราป้อนกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกขณะอยู่นิ่ง โดยทั่ว ๆ ไป จะมีกระแสไหลเข้ามอเตอร์ประมาณ 5 หรือ 6 เท่าของอัตรากระแสปกติ แต่แรงหมุนตอนเริ่มสตาร์ตมีค่าน้อยเนื่องจากส่วนหมุนมีตัวประกอบกำลัง (POWER FACTOR) มีค่าต่ำที่ความถี่ของส่วนหมุนมีค่าสูงด้วยเหตุนี้ในระบบที่สามารถเปลี่ยนความถี่ได้ขณะสตาร์ตต่อแอมแปร์ให้สูงขึ้นโดยการปรับค่าฟลักซ์ให้สูงขึ้นด้วยวิธีการ "โวลต์ต่อเฮิรตซ์คงที่" หลักการเช่นนี้ทำให้เราสามารถปรับค่าแรงหมุนขณะมอเตอร์อยู่นิ่งให้มีค่าใหญ่กว่าอัตราแรงหมุนปกติหลายเท่า และสามารถควบคุมมอเตอร์ให้หมุนเร็วขึ้นได้อย่างรวดเร็วด้วยการเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยวิธีการแบบนี้เราสามารถหลีกเลี่ยงอันตรายที่เกิดขึ้นในมอเตอร์จากการสตาร์ตมอเตอร์ด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีความถี่คงที่ค่าต่ำซึ่งมอเตอร์จะหมุนขึ้นอย่างช้า ๆ และกินกระแสไฟฟ้ามาก

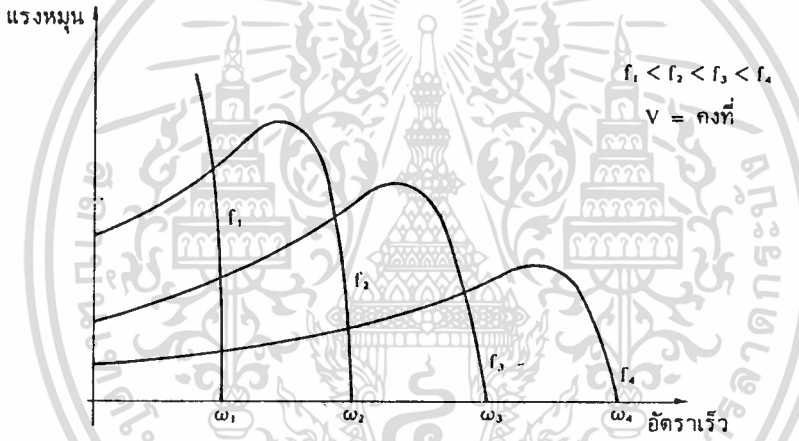
รูปที่ 2.4 (ก) แสดงลักษณะสมบัติของแรงหมุนของมอเตอร์ที่ความถี่ต่าง ๆ โดยรักษาแรงหมุนพังทลายให้คงที่ด้วยการปรับค่า "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" ให้คงที่ ลักษณะสมบัติเช่นนี้ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำเหมาะสมกับงานขับเคลื่อนภาระที่มีแรงหมุนคงที่ให้มีอัตราเร็วต่าง ๆ

ถ้าเรารักษาแรงดันในส่วนหมุนให้มีค่าคงที่ขณะที่มีการแปรเปลี่ยนค่าความถี่ ฟลักซ์ในช่องอากาศและแรงหมุนพังทลายจะลดค่าลงเมื่อเราเพิ่มความถี่ให้สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4(ข) ลักษณะสมบัติเช่นนี้ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำเหมาะสมกับการใช้งานฉุดลาก ซึ่งงานนี้ต้องการแรงหมุนสูงขณะสตาร์ตหรือขณะอัตราเร็วต่ำและต้องการแรงหมุนค่าน้อยที่อัตราเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.4

เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่าง แรงหมุน กับ อัตราเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่ความถี่ต่าง ๆ ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า

(ก) เมื่อฟลักซ์ในช่องอากาศมีค่าคงที่

(ข) เมื่อแรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์มีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอให้เราสังเกตว่า จากรูปที่ 2.4 ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ เราควรใช้ความถี่ต่ำในตอนสตาร์ตเพื่อให้มอเตอร์มีแรงหมุนค่าสูงและกินกระแสต่ำ ต่อไปจึงค่อย ๆ เพิ่มความถี่ขึ้นทีละน้อยเพื่อให้มอเตอร์เพิ่มอัตราเร็วสูงขึ้นและเมื่อมอเตอร์ได้หมุนเข้าสู่อัตราเร็วปกติแล้วก็ให้เรารักษาความถี่ไว้ให้คงที่ นอกจากนี้แรงหมุนตอนสตาร์ตมีค่าขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของส่วนหมุน แต่ค่าความต้านทานค่าใหญ่ของส่วนหมุนจะทำให้มีกำลังสูญใหญ่มากขึ้นเป็นเหตุให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพต่ำขณะทำงานตามปกติ ถ้าความต้านทานของส่วนหมุนมีค่าต่ำจะทำให้แรงหมุนตอนสตาร์ตต่ำแต่อาจทำให้สูงขึ้นได้ด้วยการใช้ความถี่ต่ำลง ซึ่งในขณะทำงานตามปกติมอเตอร์จะมีประสิทธิภาพดีขึ้นและช่วยลดกำลังสูญที่ฮาร์โมนิคต่าง ๆ ให้น้อยลง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีรูปคลื่นแรงดันไม่ใช่คลื่นซายน์

โดยทั่ว ๆ ไปถ้าให้มอเตอร์เหนี่ยวนำทำงานโดยมีความถี่สูงในส่วนหมุนที่ไม่เกินความถี่พังทลาย มอเตอร์เหนี่ยวนำจะทำงานด้วยประสิทธิภาพสูง แต่ถ้าให้มอเตอร์ทำงานพ้นเกินจากจุดพังทลาย มอเตอร์จะกินกระแสสูงตัวประกอบกำลังมีค่าต่ำ และแรงหมุนต่อแอมแปร์มีค่าต่ำ เป็นผลให้ประสิทธิภาพมีค่าต่ำมาก ซึ่งเราอาจแก้ไขได้ด้วยการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำทำงานด้วยระบบป้อนกลับวงปิด (CLOSED-LOOP FEEDBACK SYSTEM) โดยวิธีการนี้เราสามารถควบคุมความถี่ของส่วนหมุนให้มีค่าต่ำกว่าความถี่พังทลายอยู่เสมอได้ เป็นผลให้มอเตอร์เหนี่ยวนำที่ทำงานแบบนี้มีลักษณะสมบัติของการควบคุมอัตราเร็วและผลตอบสนองชั่วครู่มีคุณสมบัติดีกว่าลักษณะสมบัติของมอเตอร์ดีซีที่ทำงานแบบระบบของ WARD-LEONARD หรือที่ป้อนด้วยแรงดันจากคอนเวอร์เตอร์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นฐานเพื่อสร้าง พีดับบลิวเอ็ม อินเวอเตอร์ ด้วย โมดิฟาย เรกกูล่าร์ แซมปลิ้ง เทคนิค

MICROPROCESSOR-BASE PWM INVERTER USING MODIFY REGULAR SAMPLING TECHNIQUES

3.1 วิธีการสร้าง พีดับบลิวเอ็มแพ็ทเทิร์น (PWM PATTERN)

ใช้วิธีการที่เรียกว่า " โมดิฟาย อะซิมเมทตริก เรกกูล่าร์ แซมเปิ้ล (MODIFIED - ASYMMETRIC REGULAR SAMPLED PWM STRATEGY) " ซึ่งมีข้อดีกว่าวิธีการทั่ว ๆ ไป คือ

1.ในย่านความถี่ต่ำจะลดฮาร์มอนิกส์ (HARMONIC) ที่อันดับต่ำลงได้มากกว่า

2.การเปลี่ยนแปลงของแรงดันขาออก (OUTPUTVOLTAGE) เป็นแบบเชิงเส้น (LINEAR) ด้วยหน้าที่ของ พั้ลส์ดรอปปิ้งโหมด (PULSE DROPPING MODE)

3. ฮาร์มอนิกส์คู่ ถูกตัดออกไปโดยใช้ควอเตอร์เวฟซิมเมทตรี้ (QUARTER WAVE - SYMMETRY)

ความต้องการทั่วๆไปเพื่อความง่ายทางวิธีการก็โดยใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์ (MICROPROCESSOR) ที่ความถี่นาฬิกา (CLOCK) ต่ำ ๆ ซึ่งทำให้การควบคุมพารามิเตอร์ (PARAMETER) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการแบบ เรกกูล่าร์แซมปลิ้ง (REGULAR SAMPLING) ทำได้โดยการสุ่มที่ยอดบวกและลบแต่ละคู่ไป โดยวิธีการทางซอฟแวร์ (SOFTWARE) รูปแบบของพีดับบลิวเอ็ม (PWM) จะถูกคำนวณเพียง 1/4 ไซเกิ้ล (CYCLE) และนำค่านี้ไปประกอบเป็น 1ไซเกิ้ล ผลของการกระทำแบบนี้จะตัด ฮาร์มอนิกส์คู่ ออกไป และ ฮาร์มอนิกส์ที่ย่านต่ำ ก็จะถูกลดลงด้วยเมื่อเทียบกับ คอนเวนชั่นนอล เรกกูล่าร์ พีดับบลิวเอ็ม เทคนิค (CONVENTIONAL REGULAR PWM TECHNIQUE)

ความขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากการจำกัดการเพิ่ม ความลึกของการมอด (DEPTH OF MODU - -LATION) ที่ค่าสูงสุด ซึ่งเป็นผลให้แรงดันขาออก ถูกจำกัดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการที่จะขยายย่านของแรงดันขาออกเราจะใช้วิธีการของ พัลส์ดรอปปลิ้ง และ วงจร ทีมิน แคลมป์ (TMIN CLAMP CCT) ถูกใช้จำกัดความกว้างน้อยสุด (TMIN) ของ พัลส์ ใน พีดับบลิวเอ็มแพ็ทเทิร์น (PWM PATTERN) ด้วยเหตุนี้เอง จะทำให้เกิดความไม่เป็นเชิงเส้น ทางด้าน แรงดันขาออก ด้วยการเพิ่มความลึกของการมอด และ การเปลี่ยนแปลงแบบขั้น (STEP -CHANGE) ที่แรงดันขาออกจะเกิดขึ้น ผลเสียที่เกิดขึ้นมาจากการใช้ วงจร ทีมินแคลมป์ ซึ่งทำให้ฮาร์มอนิกส์เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ระบบไม่เสถียร เกิดทอกร์กระตุก (TORQUE PULSATION) และ ความสูญเสียทางฮาร์มอนิกส์ เพิ่มขึ้น

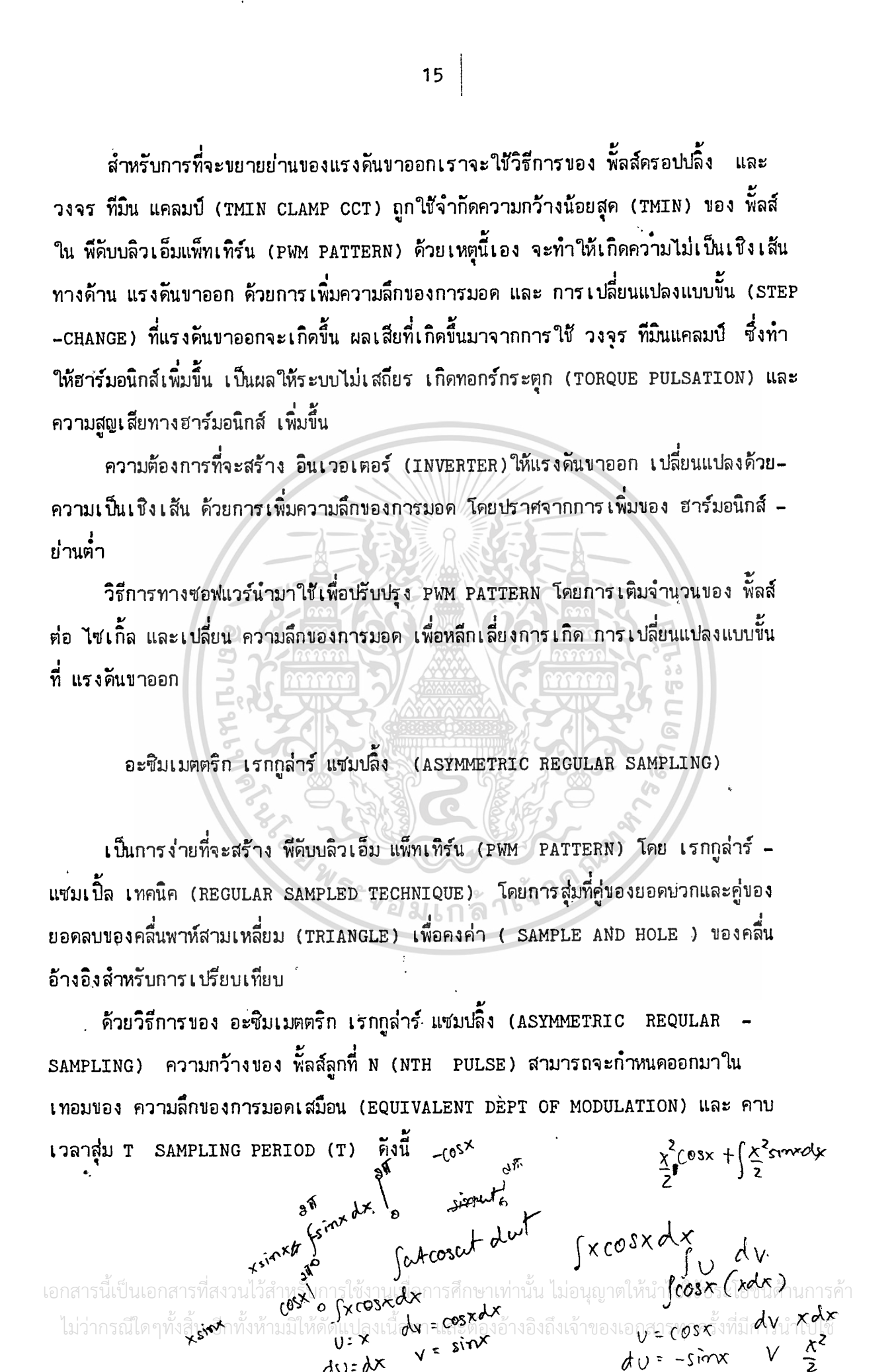
ความต้องการที่จะสร้าง อินเวอเตอร์ (INVERTER) ให้แรงดันขาออก เปลี่ยนแปลงด้วย-ความเป็นเชิงเส้น ด้วยการเพิ่มความลึกของการมอด โดยปราศจากการเพิ่มของ ฮาร์มอนิกส์ - ย่านต่ำ

วิธีการทางซอฟแวร์นำมาใช้เพื่อปรับปรุง PWM PATTERN โดยการเติมจำนวนของ พัลส์ ต่อ ไซเกิ้ล และเปลี่ยน ความลึกของการมอด เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด การเปลี่ยนแปลงแบบขั้น ที่ แรงดันขาออก

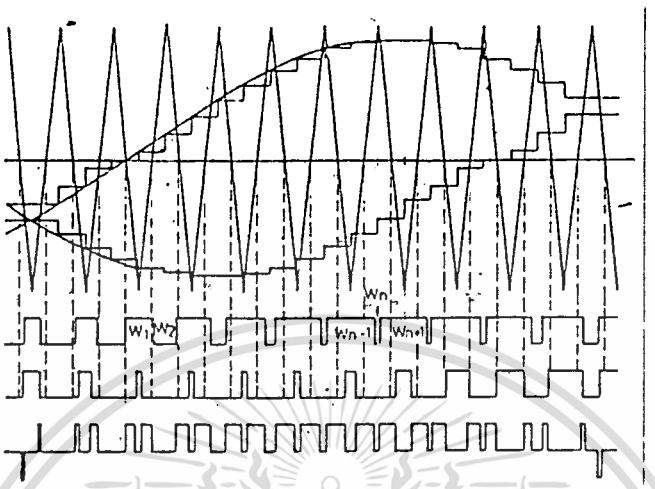
อะซิมเมตตริก เรกกูล่าร์ แซมปลิ้ง (ASYMMETRIC REGULAR SAMPLING)

เป็นการง่ายที่จะสร้าง พีดับบลิวเอ็ม แพ็ทเทิร์น (PWM PATTERN) โดย เรกกูล่าร์ - แซมเปิ้ล เทคนิค (REGULAR SAMPLED TECHNIQUE) โดยการสุ่มที่คู่ของยอดบวกและคู่ของ ยอดลบของคลื่นพาห์สามเหลี่ยม (TRIANGLE) เพื่อคงค่า (SAMPLE AND HOLE) ของคลื่น อ้างอิงสำหรับการเปรียบเทียบ

ด้วยวิธีการของ อะซิมเมตตริก เรกกูล่าร์ แซมปลิ้ง (ASYMMETRIC REQULAR - SAMPLING) ความกว้างของ พัลส์ลูกที่ N (NTH PULSE) สามารถจะกำหนดออกมาในเทอมของ ความลึกของการมอดเสมือน (EQUIVALENT DEPT OF MODULATION) และ คาบเวลาสุ่ม T SAMPLING PERIOD (T) ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 วิธีการของอะซิมเมตริกเรกกูล่าร์แซมเปิ้ล

$$W_n = 2T+DM.K.(-1)^{n+1} \quad .....(1)$$

$$K = (c|_n + ct_n) \quad .....(2)$$

$c|_n$ และ ct_n คือขอบขาขึ้นและขอบขาลงของ ความกว้างพัลส์ลูกที่ เอ็น (nth-PULSE WIDTH) และ

W_n = ความกว้างของ พัลส์ลูกที่ ในหน่วย องศา (DEGREE)

T = 360/4P คาบเวลา ในหน่วย องศา

P = อัตราส่วนของ ความถี่คลื่นพาห์ (CARRIER FREQUENCY) กับ ความถี่อ้างอิง (REFEREUCE FREQUENCY) ซึ่งเป็น ทวีคูณเลขคี่ของ 3

DM = ความลึกของมอด(เป็นอัตราส่วนทางส่วนสูง(AMPLITUDE) ของ คลื่นไซน์ และ คลื่นสามเหลี่ยม

$$c|_n = T.SIN\ (2n-3)T \quad .....(3)$$

$$ct_n = T.SIN\ (2n-1)T \quad .....(4)$$

$c|_1$ ปกติเท่ากับศูนย์ ; n เปลี่ยนแปลงจาก 1 ถึง $(P-1)/2$ และ ความกว้างของพัลส์ลูกที่ $(n+1)$ หาโดย ;

$$W(n+1) = T\left[1+(-1)^n DM.SIN(2n-1)T\right] \quad .....(5)$$

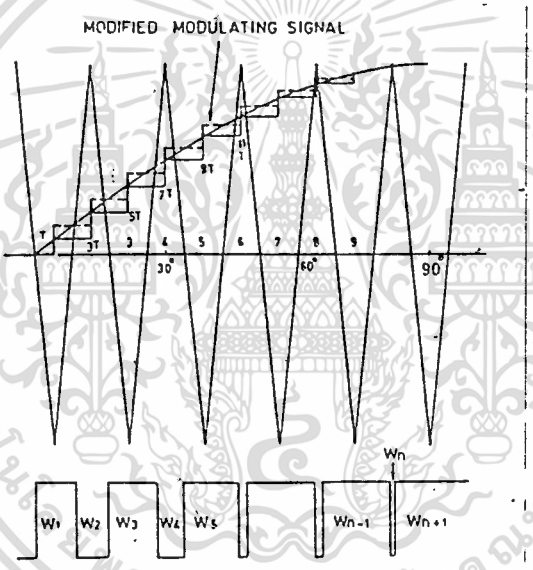
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โมดิฟาย อะซิมเมตริก เรกกูล่าร์แซมเปิ้ล พีดับบลิวเอ็ม

(MODIFIED ASYMMETRIC REQULAR SAMPLED PWM STRATEGY)

ด้วยความต้องการที่จะลดฮาร์มอนิกส์ลง ด้วยอัตราการสุ่ม (SAMPLING) ที่สูงกว่า สามารถทำได้ โดยใช้ค่าระหว่างสองวิธีการที่แล้วมาแล้วนำมาเฉลี่ยกัน

ในส่วนของการควบคุมส่วนสูงของคลื่นไซน์ ซึ่งเป็น มอดดูเลติ้ง ไซน์เวฟ (MODULATING SINE WAVE) ค่าทั้งสองจะถูกเฉลี่ยและกำเนิดสัญญาณ (SIGNAL) ใหม่ดังรูป



รูปที่ 3.2 วิธีการของโมดิฟายเรกกูล่าร์แซมปลิ้ง

ความกว้างของ พีดับบลิวเอ็มพัลส์

$$W_n = 2T+(-1)^{n+1} DM.K' \quad \text{.....(6)}$$

$$K' = c|_n + c t_n \quad \text{.....(7)}$$

$$c t_n = 0.5\ T\{ SIN(2n-1)T+SIN\ T\ (2n+1) \quad \text{.....(8)}$$

$$c|_n = c t_{(n-1)} \quad \text{.....(9)}$$

$c|_1$ ขอบนำของ PULSE แรกเป็นศูนย์

เปลี่ยนแปลงจาก 1 ถึง $(p-1)/2$ และความกว้างของ พัลส์ ลูกสุดท้ายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W(n+1) = T\left(1+(-1)^{n} \quad DM.SIN\ (2n-1)T\right) \qquad .....(10)$$

วิธีการหนึ่งก็คือ P ถูกคงค่าไว้เปลี่ยนแปลงเพียง DM เท่านั้นและ พารามิเตอร์ (PARAMETER) อื่น ๆ คงที่ เราก็สามารถคำนวณค่าได้และนำค่านี้เก็บเพียง 90 องศา เท่านั้น โดยใส่ไว้ใน หน่วยความจำ และ จัดแบบ เปิดตาราง (LOOKUP TABLE) เมื่อจะ-ใช้งาน เราก็นำมาประกอบกันเป็น 360 องศาได้ และ วิธีการนี้ก็เป็นการกำจัด ฮาร์มอนิกส์คู่ อีกด้วย

3.3 การเปลี่ยนการทำงานจาก พีดับบลิวเอ็ม เป็น 6-สเต็ป (CHANGEOVER FROM PWM TO SIX-STEP MODE).

ข้อดีอย่างหนึ่งของ พีดับบลิวเอ็ม อินเวอเตอร์ ก็คือ แรงดันขาออก และ ความถี่ขาออก (OUTPUT FREQUENCY) สามารถปรับได้ด้วยอินเวอเตอร์เอง เมื่อ เนเจอร์ร่อลลี่ พีดับบลิวเอ็ม เทคนิค (NATURALLY SAMPLED PWM TECHNIQUE) ถูกนำมาใช้ ค่าสูงสุดของ แรงดัน สาย-สาย (LINE-TO-LINE VOLTAGE) ที่ได้เป็น

$$\frac{Edc}{2\sqrt{2}}.\sqrt{3} = 0.612\ E\,dc$$

ในขณะที่ 6-สเต็ปอินเวอเตอร์ (SIX-STEP INVERTER) ให้ค่า แรงดันขาออก สูงสุดถึง 0.78 E . การเปลี่ยนจากการทำงานแบบ พีดับบลิวเอ็ม (PWM MODE)ไปเป็น แบบ 6-สเต็ป (SIX-STEP MODE) ทำโดยเติม พัลส์ เข้าไปที่ คลื่น พีดับบลิวเอ็ม (PWN WAVE FORM) จนกระทั่งกลายเป็น คลื่นสี่เหลี่ยม (SQUARE WAVE) ดังวิธีการต่อไปนี้

1) เติม พัลส์ ที่มีความกว้างน้อย รอบ ๆ จุด 90 องศา

วิธีการนี้จะทำให้เกิดการกระโดดใหญ่มากในแรงดันหลักขาออก (FUNDAMENTAL - OUTPUT) ของ อินเวอเตอร์ การกระโดดนี้จะทำให้เกิดทรานเซี้ยน (TRANSIENTS) มากมาย ที่ MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เลื่อน PULSE ที่มีความกว้างน้อยจากจุด 90 องศา ไปเกิดใกล้ๆ กับ จุดตัดศูนย์ (ZERO-CROSSINGS)

การกระโดดจะไม่เกิดขึ้นแต่ฮาร์มอนิกส์จะมีมากมาย ยิ่งไปกว่านั้นโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) ของวิธีนี้จะยุ่งยาก และ จะทำให้แรงดันขาออก ไม่เป็นเชิงเส้น

3) เก็บค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการคำนวณไว้ แล้วเรียกใช้เมื่อต้องการ

วิธีการนี้ หน่วยความจำ ต้องมีขนาดใหญ่มาก

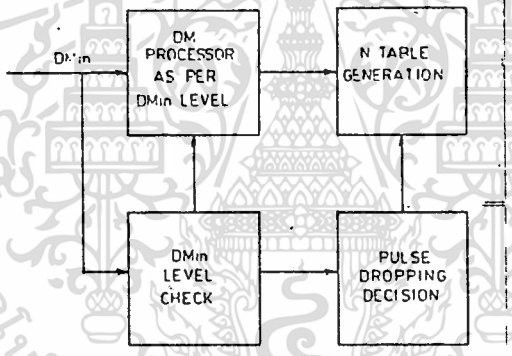
จากความต้องการที่จะทำให้ได้ แรงดัน และ ความถี่ ที่สูงจากอินเวอเตอร์ โดยเลือกเติมพัลส์ ด้วยวิธีการ โอเวอร์มอดูเลชั่น (OVERMODULATION) และความไม่เป็นเชิงเส้นของ - แรงดันขาออกของ อินเวอเตอร์ ก็เป็นผลมาจาก ความลึกของการมอด ซึ่งจะทำให้ ฮาร์มอนิกส์ย่านต่ำ มีมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามด้วยการทำงานของ ไมโครโปรเซสเซอร์ และ ซอฟ-แวร์ มันเป็นไปได้ที่จะทำให้แรงดันขาออกเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้น ด้วย ความลึกของการมอดจากศูนย์ถึงหนึ่ง

วิธีการที่ควรทำอีกอย่างก็คือให้ สัญญาณเข้าของการมอด (INPUT MODULATION) ที่เข้ามาครั้งแรกเปรียบเทียบกับความแตกต่างทางระดับกับ สัญญาณมอด ครั้งต่อมา แล้วนำความลึกของการมอด ที่ได้ไปผ่าน กระบวนการ DM (DM PROCESSOR) (ทำการทวีคูณ) เพื่อสร้างความลึกของการมอดใหม่ แล้วจึงนำ ความลึกของการมอดใหม่นี้ ไปคำนวณสร้าง พีดับบลิวเอ็มแพ็ทเทิร์นใหม่ ด้วยวิธีการนี้จะทำให้ได้การเพิ่มของ แรงดันหลัก อย่างเป็นเชิงเส้น และ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบขั้น ในแรงดันขาออก นอกจากนี้ ฮาร์มอนิกส์ ยังถูกจำกัดให้เหลือน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการของการเติม พัลส์ เพื่อความเป็นเชิงเส้น (PROPOSED METHOD OF PULSE DROPPING WITH ASSOCIATED TECHNIQUE OF LINEARIZATION)

แสดงดังรูป 3.3 พีดับบลิวเอ็มแพ็ทเทิร์น ถูกสร้างโดยวิธีการ อะซิมเมตริก โมดิฟาย - เรกกูล่าร์ แซมปลิ้ง (ASYMMETRIC MODIFIED REQULAR SAMPLING) จำนวนของสมการขึ้น-อยู่กับ ดัชนีย์ความถี่ (FREQUENCY INDEX ( )) เช่น = 21 จำนวนของสมการจาก 0-90 องศา เป็น (+1) = (-1)/2 +1 = 10+1 = 11 . จากสมการ (6)-(10) เราก็สามารถคำนวณหาค่าความกว้างของแต่ละพัลส์ ได้แล้วนำไปเก็บใน RAM



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของวิธีการพัลส์ดรอปปิ้ง

โปรแกรมเมเบิ้ลไทม์เมอร์(PROGRAMMABLE TIMER)ถูกใช้เป็นตัวกำเนิด พัลส์พีดับบลิว เอ็มทั้งสามเฟส (THREE-PHASE PWM PULSE) สำหรับ ภาคกำลังของอินเวอเตอร์ (POWER INVERTER) รีจิสเตอร์ (REGISTER) 3 ตัว จะถูกใช้เป็นตัวชี้สำหรับ ไทม์เมอร์ 3 ตัว และรักษาความต่างเฟส (PHASE) 120 องศา ไว้ โดยการบวก อ็อฟเซ็ท (OFFSET) ให้กับ รีจิสเตอร์เหล่านี้ พ้อยน์เตอร์ (POINTERS) ทั้ง 3 นี้จะเป็นตัว โหลด (LOAD) ช่วง-เวลาของ พีดับบลิวเอ็ม จาก ตารางความจำ (LOOKUP TABLE) ในช่วงของการทำงานนี้ สัญญาณเข้า DM (INPUT DM) เป็นผลจากการป้อนกลับ, ฯลฯ, DM ถูกประมวลผลโดย กระบวนการ DM ด้วย วิธีการทาง ซอฟแวร์ ตามสมการ

$$DM = (K1 \cdot DM_{in} - K2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ K1 และ K2 ขึ้นอยู่กับย่านของค่า DM ภายใต้ความต้องการ ดังอธิบายต่อไปนี้

ย่านของค่า DM_{in} จาก 0 ถึง 0.7, K1 = 1.256 และ K2 = 0 สมการจะเป็น

$$DM = 1.256\ DM_{in} \qquad \text{.....(11)}$$

สมการ (11) และค่า DM จากตารางที่ 1 จะให้ แรงดันขาออก ของ อินเวอเตอร์ที่เป็นเชิงเส้นด้วย DM_{in}

MODE II

เป็นที่ทราบกันว่า ความกว้างพั้ลส์ ของ พีดับบลิวเอ็มแพ็ทเทิร์น Pไม่สามารถลดความกว้างลงได้น้อยตามต้องการ เพราะต้องคำนึงถึง เวลาสวิทช์ (SWITCHING TIME) ของอุปกรณ์กำลัง ดังนั้น ความกว้างของพั้ลส์เล็กสุดจะถูกจำกัดที่ค่าหนึ่ง ในระบบซึ่งใช้ ไมโครโปรเซส-เซอร์ วิธีการทาง ซอฟแวร์ จะสามารถกำหนด ความกว้างพั้ลส์ ที่แคบที่สุดตามจำกัดได้ ที่ระดับ DM และ ความถี่ พั้ลส์ ซึ่งถูกเติมเข้าไป โดยการเพิ่มเวลาให้แก่ พั้ลส์เดิม หรือเพิ่ม พั้ลส์ลูกใหม่เข้าไป โดยต้องคำนึงถึงลำดับและ ส่วนสูง ของ ฮาร์มอนิกส์ย่านต่ำ ที่จะยอมให้เกิด - ได้ใน แรงดันขาออก เมื่อ $P = 21$ และ DM_{in} เป็น 0.71 จะมีการเติม พั้ลส์ 4 ลูก เข้าไปในครึ่งไซเกิ้ล DM_{in} ถูกประมวลผลโดย (12) ดังนั้นจะทำให้ได้แถบ ฮาร์มอนิกส์ ย่านต่ำที่ดีที่สุดสำหรับ มอเตอร์ (MOTOR) โดยปราศจากการกระโดดของ แรงดันขาออก ของ อิน - เวอเตอร์ ในที่นี้ K1 = 1.9841 และ K2 = 0.6 ใช้กับย่านของ DM_{in} จาก 0.71-0.8

สมการ DM_{in} ใหม่จะเป็น

$$DM = 1.9841\ DM_{in} - 0.6 \qquad \text{.....(12)}$$

สมการ (12) จะเปลี่ยนแปลง แรงดันขาออก ด้วย DM ทอดี่ร้าเคยวิภบ MODE I.

MODE นี้จะกำเนิด พีดับบลิวเอ็ม แพ็ทเทิร์น โดยสมการ (6)-(10) และใช้ค่า DM จาก (12) เมื่อเติม พั้ลส์ เข้าไป ค่าของ n จะกลายเป็น

$$n = \frac{P-(1+A)}{2}$$

เมื่อ A เป็นจำนวนของ พั้ลส์ ที่เติมเข้าไปต่อครึ่ง ไซเกิ้ล ค่าของ นี้ใช้กำเนิด พี-ดับบลิวเอ็ม แพ็ทเทิร์นใหม่ โดยสมการ (6)-(9) ความกว้างของ พั้ลส์ ลูกสุดท้ายซึ่งอยู่รอบ 90 องศา ถูกคำนวณโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_{(n+1)} = 2T\left(1+A+(-1)^n \text{ DM} \cdot c t_n\right) \quad \text{.....(13)}$$

ช่วงของ DM $_{in}$ ขึ้นอยู่กับ t_{min} และแถบของ ฮาร์มอนิกส์ ย่านต่ำ การวิเคราะห์ ฮาร์มอนิกส์ สำหรับ โหมด (MODE) นี้ ถูกคำนวณก่อนเลือกย่านของ DM $_{in}$

ดังนั้นช่วงที่ดีที่สุดจะถูกเลือกใช้เพื่อ แรงดันขาออก ที่ดีเช่นเดียวกับ แถบความถี่ย่านต่ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของ P นี้เป็นการตั้งระดับ ขีดจำกัดด้านสูง (UPPER LIMIT) และ ขีดจำกัด ด้านต่ำ (LOWER LIMIT) ของ DM $_{in}$ สำหรับ โหมด นี้ ผลของการทำเช่นนี้ช่วยให้ลด ฮาร์มอนิกส์ ลงได้ถึง ฮาร์มอนิกส์ ที่ 13 เมื่อ DM $_{in}$ มาถึง ขีดจำกัดด้านสูง (0.8) เราก็จะ เข้าสู่ MODE III

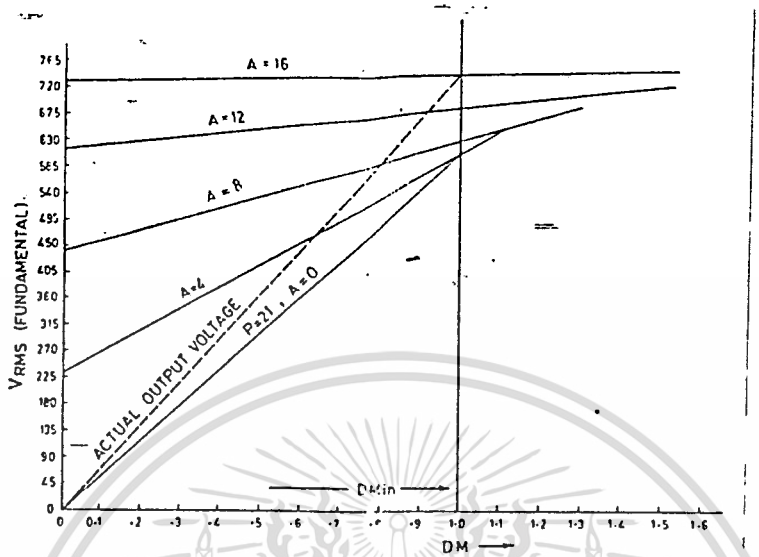
ที่ทุกๆ โหมด จะมีการเติม พัลส์ เข้าไป 2 ลูกต่อ 1/4 ไซเกิ้ล และ DM จะ ถูกเขียนใหม่ตามทางเดินของ ฮาร์มอนิกส์ ที่น้อยที่สุดที่ เส้นโค้ง DM ผลรวมของ โหมด เริ่มจาก MODE II แสดงที่ TABLE I สำหรับ P = 21

ผลของ แรงดันหลักปรากฏ (VRMS FUNDAMENTAL) จะเป็นไปตาม ฟังชั่น (FUNCTION) ของ DM $_{in}$/DM หลังจากรวม DM ซึ่งถูกปรับปรุงแล้วดังเส้นประ รูป 3.4 ซึ่งแสดงโค้ง (CURVE) สำหรับจำนวน พัลส์ ที่แตกต่างกัน ต่อ 1/4 ไซเกิ้ล โดยอิสระของแต่ละ MODE

TABLE 1

Mode Number	DM Expression	Actual Number of Pulses after Dropping (per Half-Cycle)
II	1.9841 DM_{in} – 0.6	17
III	3.9487 DM_{in} – 2.31	13
IV	9.8484 DM_{in} – 7.89	9
V	54.375 DM_{in} – 52.74	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.4 แสดงผลแรงดันขาออกด้วยการทำงานช่อง DM ที่ค่าต่างกัน

M	Fundamental		Fifth		Seventh		Eleventh		Thirteenth		Seventeenth		Nineteenth		Twenty-Third	
	M	*C*	*M*	*C*	*M*	*C*	*M*	*C*	*M*	*C*	*M*	*C*	*M*	*C*	*M*	*C*
1	0.0597	0.05817	0.00036	0.00092	0.00041	0.00089	0.00023	0.00044	0.00019	0.00029	0.00001	0.00024	0.00343	0.00207	0.00121	0.00267
25	0.149	0.145	0.00084	0.00232	0.00108	0.00222	0.00048	0.00112	0.00047	0.00079	0.00013	0.00103	0.0163	0.01314	0.01249	0.01623
5	0.298	0.290	0.00152	0.00469	0.00232	0.00442	0.00062	0.00224	0.00099	0.00181	0.00051	0.00318	0.05655	0.05137	0.05137	0.06180
8	0.477	0.465	0.00208	0.00764	0.00398	0.00705	0.00026	0.00358	0.00172	0.00334	0.00011	0.00571	0.12919	0.12383	0.13327	0.14400
1	0.597	0.581	0.00230	0.00969	0.00517	0.00878	0.00029	0.00447	0.00229	0.00451	0.00232	0.00610	0.18638	0.18263	0.19491	0.20613

l the voltages are in rms of E_{dc}. *M* is the modified asymmetric regular sampling, *C* is the conventional asymmetric regular sampling, and DM is the Depth of modulation.

TABLE II

3.5 ข้อดีของ วิธีการ โมดิฟาย เรกกูล่าร์ แซมปลิ้ง เมื่อเทียบกับ คอนเวนชั่นนอล เรกกูล่าร์-แซมปลิ้งทางด้านความเป็นเชิงเส้น (ADVANTAGES OF THE MODIFIED REGULAR - SAMPLING METHOD WITH LINEARIZER OVER CONVENTIONAL REGULAR SAMPLING) ด้วยวิธีการคำนวณแบบ โมดิฟาย แซมปลิ้ง (MODIFIED SAMPLING METHOD) จะแสดงข้อดีจาก TABLE II ในขณะที่ CONVENTIONAL TECHINQUE ก็แสดงไว้ด้วย ผลคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แรงดันหลัก เพิ่มขึ้น 2-2.5% ขึ้นอยู่กับ ความลึกของการมอด

2) ฮาร์มอนิกส์ ทั้งหมดจนถึง (P-2) ถูกลดลง 20-30 % ยิ่งไปกว่านั้น เทคนิค - การทำให้เป็นเชิงเส้นกว่า (LINEARIZER TECHNIQUE) ยังแสดงให้เห็นว่า การเติมพัลส์ - เข้าไป 2 ลูกที่ทุกๆ 90 องศา ของแต่ละย่าน DM ช่วยให้แรงดันหลักสูงขึ้นและฮาร์มอนิกส์ ย่านต่ำก็ลดลงด้วย จนถึงอันดับที่ 13

ผลดีของวิธีการนี้

1) ไม่เกิดการกระโดดของแรงดันที่ OUTPUT ของ INVERTER เมื่อเทียบกับแบบ - คอนเวนชั่นนอล ดังรูป 3.4

2) แรงดันขาออก เพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นด้วยผลของ ความลึกของการมอด จะทำให้ ได้ แรงดันขาออก จาก 0-0.75 E (RMS) ซึ่งใกล้เคียงกับแบบ 6-สเต็ป มาก (0.78 E (RMS)) และ ฮาร์มอนิกส์ ถูกลดลงต่ำกว่าแบบ 6-สเต็ป

3) แพ็ทเทิร์น ซึ่งใช้วิธีการคำนวณและสร้างแบบ ถึงกันตลอด (ON-LINE) ดังนั้นจึงเป็น การประหยัด หน่วยความจำได้มากกว่าแบบ สะสมแพ็ทเทิร์นไว้ (STORING PATTERN)

4) การคำนวณเพื่อ LOOK UP TABLE ไม่ต้องทำตลอดย่านความถี่

5) ฮาร์มอนิกส์ ย่านต่ำ (5, 11 และ 13) ถูกลดลงด้วยวิธีการนี้ ดังนั้นจึงสามารถขับ มอเตอร์ (MOTOR) ได้ที่ย่านความถี่สูงๆ เช่น เมื่อ = 21, ฮาร์มอนิกส์ ที่ 5 และ 7 ถูก-จำกัดให้สูงสุดที่ 6% ที่แรงดันขาออกสูงสุด จะต่ำกว่า 3% ; ฮาร์มอนิกส์ที่ 11 และ 13 ถูกจำ-กัดไว้สูงสุดได้ 5% และที่แรงดันขาออก สูงสุดเป็น 3% สำหรับความถี่ที่ต่ำกว่าจนถึงความเร็วปกติ

6) โอเวอร์มอดูเลชั่น (OVERMODULATION) ไม่ถูกนำมาใช้ ดังนั้นการปรับแต่งเกี่ยวกับ-การป้อนกลับจึงทำได้ง่ายขึ้น

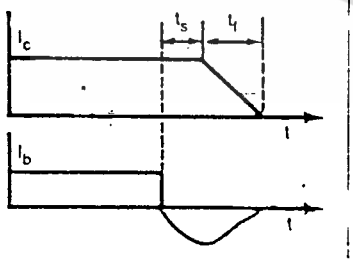
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
เทคนิคสำหรับเพิ่มความถี่สวิทช์ของทรานซิสเตอร์กำลัง

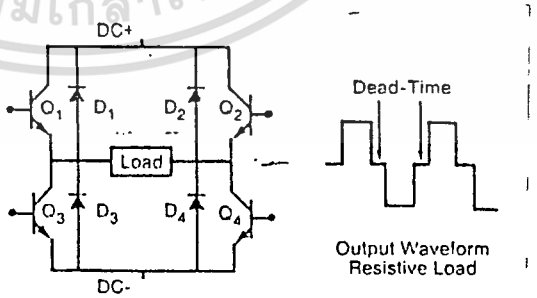
4.1 บทนำ

การทำงานที่ความถี่สูง เวลาสะสม (STORAGE TIME (TS)) ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่จำกัดการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (PTR) เวลาสะสม (STORAGE TIME) เป็นการหน่วงเวลา ระหว่าง การถ่ายเทประจุของกระแสเบสบวก และ การลดลง ของกระแสคอลเลคเตอร์ (ดังรูปที่ 4.1) เวลาสะสมไม่ถือเป็น การสูญเสียแบบสวิทช์ (SWITCHING LOSS) หรือความเครียด (STRESS) ที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ แต่มันจะมีผลอย่างมากที่ ขีดจำกัดด้านสูง (UPPER LIMIT) ของการทำงานที่ความถี่สูง

EX ถ้า ทรานซิสเตอร์ มี เวลาขาขึ้น (RISE TIME(TR)) และ เวลาขาลง (FALL TIME (TF)) = 1 ไมโครวินาที มีค่าเวลาสะสม = 8 ไมโครวินาที ฉนั้น พัลส์แคบที่สุดที่จะ - สวิทช์ (SWITCH) ได้จะเป็น 10 ไมโครวินาที ที่ครึ่ง PERIOD = 10 ไมโครวินาที นั่นคือ F = 50 กิโลเฮิร์ท (KHZ) แต่ในทางปฏิบัติ ถ้า TS = 8 ไมโครเซค การทำงานจะได้ < 30 KHZ



รูปที่ 4.1 STORAGE TIME



รูปที่ 4.2 TYPICAL SINGLE-PHASE INVERTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

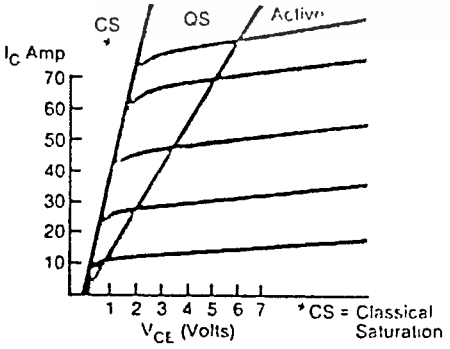
4.2 การทำงานแบบอิ่มตัว และ กึ่งอิ่มตัว

4.2.1 เวลาสะสม มักจะเป็นปัญหาใน อินเวอร์เตอร์ชนิด บริดจ์ ขณะเมื่อ ทรานซิสเตอร์ - ตัวบนยังนำกระแส (CONDUCT) อยู่ใน TS ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ตัวล่าง ถูกขับให้ ออน (ON) จึงเป็นสาเหตุให้ ทรานซิสเตอร์ทั้งสอง ลัดวงจร (SHORT) ถึงกัน และ ถูกทำลายลงทั้งคู่ ปกติจะป้องกันโดยใส่ "เดดไทม์ (DEAD TIME)" ไว้ที่ วงจรขับเบส ซึ่ง เดดไทม์ ก็จะเป็นผลบวกของ TS + TF + เขตปลอดภัย (SAFETY MARGIN)

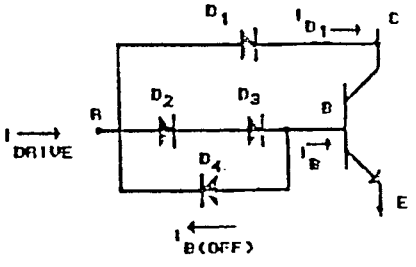
บางขอบเขตปลอดภัย (SAFETY MARGIN) ถูกเพื่อไว้สำหรับผลของอุณหภูมิ (TS เพิ่มขึ้นได้ด้วยอุณหภูมิ) การเปลี่ยนแปลงของโหลด (สำหรับการคงค่าเบสไดรฟ์ TS เพิ่มขึ้นทำให้ IC ลดลง) และคุณสมบัติหลายๆอย่าง ของทรานซิสเตอร์ เดดไทม์ไม่ถูกพิจารณา เพราะว่ามันเป็นสาเหตุให้เกิดรอยบาก หรือว่าช่องว่าง ในรูปคลื่น เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์ มันเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องจดจำไว้ว่า เดดไทม์ ต้องถูกคำนวนหาเพื่อให้เหมาะสมกับ TS ที่ไม่ดี ซึ่งปรกติเกิดขึ้นเมื่ออินเวอร์เตอร์มี โหลด น้อย

4.2.2 สภาวะกึ่งอิ่มตัว (QUASI-SATURATION)

เราทราบมาแล้วว่า TS มีสาเหตุมาจากการอิ่มตัวเต็มที่ ของทรานซิสเตอร์ ฉนั้นการเข้าถึงวิธีการขับเบส จึงช่วยลด VCE(SAT) ของทรานซิสเตอร์ ลงได้ เวลาสะสมสามารถลดลงได้ด้วยการทำงาน ภายในบริเวณ อาณาเขตกึ่งอิ่มตัว (QUASI - SATURATION REGION) โดยการควบคุม สัญญาณเบส (BASE SIGNAL) ให้พ้นจาก สภาวะอิ่มตัวเต็มที่ (HARD - SATURATION) การเพิ่มประจุไม่เกิดขึ้นก็จะช่วยให้ เวลาสะสม ลดลง



รูปที่ 4.3 OPERATING MODES



รูปที่ 4.4 QUASI-SATURATION CCT.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 วงจรกึ่งอิ่มตัว (QUASI - SATURATION CCT)

เพื่อบรรลุผลการทำงานแบบกึ่งอิ่มตัว วงจรจำกัดการขับเบส (บางทีเรียกว่า เครือข่ายต่อต้านการอิ่มตัว (ANTISATURATION NETWORK) หรือ " BAKER CLAMP"). สามารถยอมรับได้ เมื่อทรานซิสเตอร์ ON แรงเคลื่อนตกคร่อมในส่วนของ A-C-E ต้องเท่ากับ A-B-E ฉนั้น

VBE + VF(D2) + VF(D3) = VCE + VF(D1)

การทำแบบนี้จะทำให้ D1 ได้รับไบอัสตรง (FOWORD BIAS) ยาวนาน สำหรับ TR 50A ซึ่ง VBE = 1.2 V. ที่ กระแสเบส 6 A.

VCE = VBE + VF(D2) + VF(D3) - VF(D1)

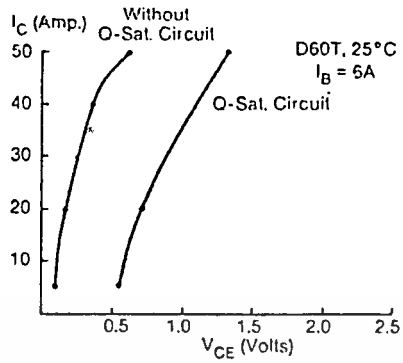
แรงดันตกคร่อมไดโอดเป็น 0.6 - 0.8 V.ดังนั้น VCE ต้องเป็นประมาณ 1.9 V. ผลของ D1 จะต่อต้านกระแสที่ไหลมาจากวงจรขับเบสไม่ให้เข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์มากเกินไป ถ้ากระแสคอลเลคเตอร์ลดลงเนื่องจากภาระ (LOAD) จะทำให้ VCE เพิ่มขึ้น (สำหรับการขับเบสที่คงที่) VCE ที่ค่าต่ำ ๆ จะเป็นการอิ่มตัวเต็มที่และเวลาสะสมจะยาวนาน วงจรกึ่งอิ่มตัว (QUASI-SATURATION CCT.) สามารถป้องกันเหตุการณ์นี้ได้โดยทำการยึดค่า VCE ไว้-ให้เท่ากับ VBE พวกกับแรงดันตกคร่อมไดโอด 1 ตัว มีหลาย ๆ วงจรที่ใช้ไดโอด (D2) เพียงตัวเดียว ต่ออนุกรมกับขาเบส หรือใช้ถึง 3 ตัว หรือมากกว่า ต่อที่เส้นทางนี้ สำหรับแบบที่ใช้ไดโอดตัวเดียวแล้ว VCE จะคงค่าเท่ากับ VBE

ตัวอย่าง การทำงานด้วยไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์

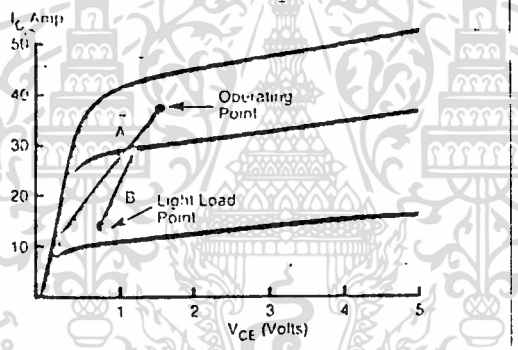
รูป 4.5 แสดงทรานซิสเตอร์กำลังพร้อมด้วยวงจรขับเบส ซึ่งออกแบบให้การทำงานที่ 40A และ 1.8 V. VCE(SAT) ถ้าภาระภายนอกนำกระแสถึง 10 A. VCE จะลดลงต่ำกว่า 0.2 V. และทรานซิสเตอร์จะอิ่มตัวเต็มที่ ด้วยเวลาสะสมประมาณ 3 ไมโครวินาที ถ้าใช้วงจรกึ่งอิ่มตัว VCE จะลดลงเหลือเพียงประมาณ 0.8 V. และเวลาสะสมจะเป็นประมาณ 0.6 ไมโครวินาที

รูป 4.6 และ 4.7 แสดงให้เห็นผลสำหรับทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกัน ซึ่งใช้ไดโอด 2 ตัว ต่ออนุกรมกับขาเบส จากกราฟแสดงข้อมูลที่ 25 C เวลาสะสมจะยาวขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่านี้

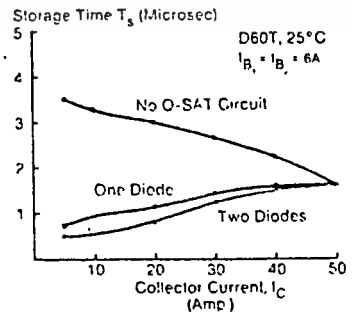
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 QUASI-SATURATION OPERATION

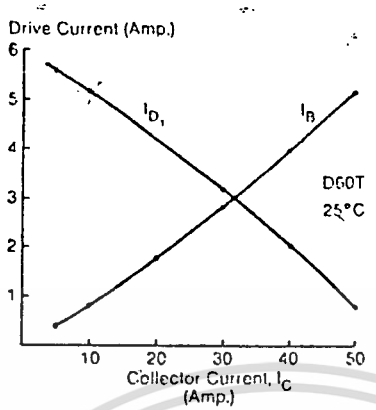


รูปที่ 4.6 SATURATION CHARACTERISTICS OF BIPOLAR TRANSISTOR



รูปที่ 4.7 STORAGE TIME VERSUS LOAD CURRENT FOR BIPOLAR TRANSISTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 DISTRIBUTION OF DRIVE CURRENT

คุณลักษณะอุปกรณ์ที่ใช้

ไดโอดสำหรับใช้ประกอบเป็นวงจรกึ่งอิ่มตัวที่ใช้ร่วมกับทรานซิสเตอร์สวิทช์จะเป็นดังนี้

- D1 (จากจุดสัญญาณเข้าไปไปยังขาคอลเลคเตอร์) ต้องมีอัตราทนแรงดันต่ำสุดเท่ากับ VCEO ของทรานซิสเตอร์ หรือ เท่ากับอัตราของ VCER ขณะที่ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส D1 ต้องทำหน้าที่กั้นแรงดันของแหล่งจ่ายที่เข้ามา

- D1 ต้องเป็นไดโอดแบบคืนตัวเร็ว (FAST RECOVERY DIODE) 200NS หรือ ต่ำกว่านี้ ระหว่างที่ D1 อยู่ในช่วงคืนตัว (TRR) กระแสสามารถที่จะไหลจาก คอลเลคเตอร์ไปยังเบสได้ เป็นเหตุให้ทรานซิสเตอร์ถูกขับให้นำกระแส กระแสคืนตัวนี้ สามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่ อุปกรณ์ของวงจรขับเบสได้

- D1 จะถูกกำหนดให้นำกระแสตลอดเวลาที่กระแสขับเบสไหลอยู่ (ถ้าภาระของ ทรานซิสเตอร์น้อยมาก) ฉนั้น D1 ต้องมีอัตราทนกระแสเพียงพอเพื่อป้องกันการล้มเหลว (FAILURE) ขณะทำงานที่อุณหภูมิเกิน ดูรูปที่ 4.8

- D2 และ D3 (ไดโอดอนุกรม) ต้องการกั้นเพียงแรงดันจากวงจรขับเบส (ปกติเป็น 5 หรือ 10 V.) ดังนั้นจึงสามารถใช้อุปกรณ์แรงดันต่ำได้ แต่จะต้องผ่านกระแสของวงจรขับเบสได้เต็มกำลัง

- D2 และ D3 ไม่ต้องเป็นไดโอดชนิดคืนตัวเร็ว เพราะกระแสคืนตัวใช้เพื่อช่วยให้ ทรานซิสเตอร์ หยุดทำงานเท่านั้น อัตราการสูญเสียจากการสวิชท์ (SWITCHING LOSSES) ใน D2 และ D3 จะมีเพียงเล็กน้อย เพราะแหล่งจ่ายของวงจรขับเบสมีแรงดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- D4 (ANTIPARALLEL DIODE) ถูกใช้ในกรณีที่หยุดการขับเบส (IB(OFF)) D4 เป็นทางเดิน สำหรับกระแสเบสกลับทาง (REVERSE BASE CURRENT) แถมยังช่วยลดเวลาสะสมของทรานซิสเตอร์ลงได้อีก ถ้าไม่ใช้ D4 (ไม่มี IB (OFF)) ตามปกติแล้วจะใช้ตัวต้านทานค่าต่ำ ๆ (1 - 25 โอมห์) ต่อตรง ๆ จากขาเบสไปยังขาอีมิตเตอร์ และเรียกตัวต้านทานนี้ว่า "ตัวต้านทานปิด" (RESISTER TURN OFF) ตัวต้านทานนี้จะทำหน้าที่ เป็นเส้นทางของการ - คายประจุ สำหรับประจุที่ถูกสะสมอยู่ในทรานซิสเตอร์

- D4 สามารถมีอัตราทนกระแสได้ต่ำกว่า D2 และ D3 เพราะมันจะนำกระแสเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ ระหว่าเวลาสะสมของทรานซิสเตอร์เท่านั้น ในทางปฏิบัติแล้วโดยมากต้องจัดวงจรให้ TS สั้นกว่าความกว้างลูกคลื่น (PLUSE WIDTH) ของกระแสเบสตรง

- อุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาจะต้องสร้างให้กระทัดรัดที่สุด และติดตั้งให้ใกล้ทรานซิสเตอร์มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดค่าเหนี่ยวนำของสาย (WIRING INDUCTANCE)

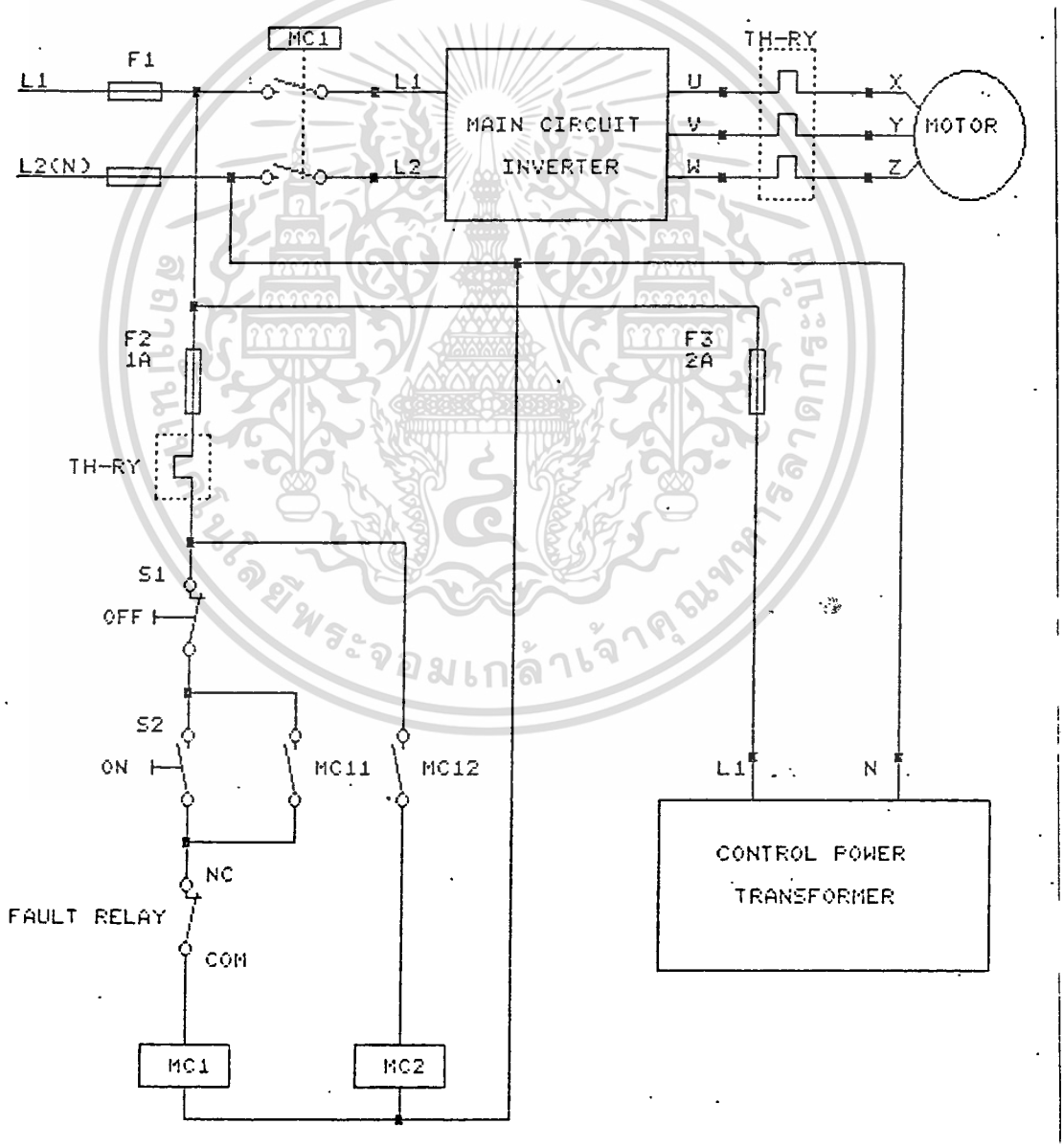
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วงจรและการทำงาน

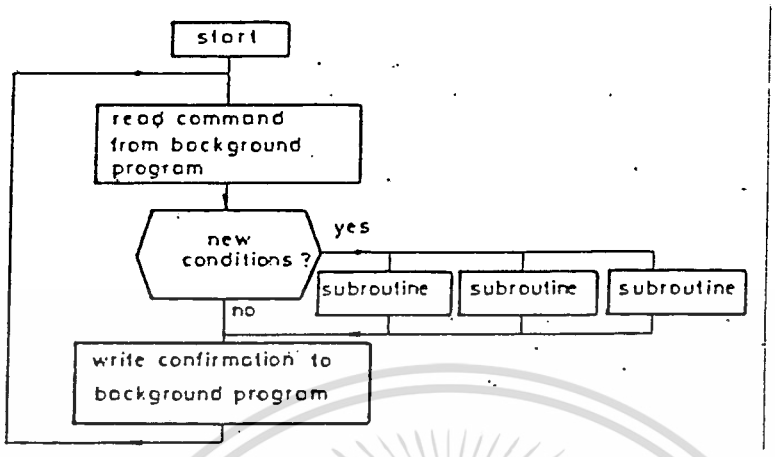
เมื่อป้อนไฟเอซีเข้าเครื่อง ภาคคอนโทรลจะเริ่มทำงานทันทีโดยการเช็ค FAULT ต่างๆ ถ้าพบก็จะ ON รีเลย์ FAULT ไว้และไม่สามารถจ่าย LINE VOLTAGE เข้าสู่ภาค MAIN CIRCUIT INVERTER ได้

ถ้าไม่มี FAULT ก็สามารถ ON เพื่อจ่ายไฟเข้า MAIN CIRCUIT ได้ และพร้อมที่จะรับสัญญาณ PWM จากไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อ RUN ตามสัญญาณนั้นๆได้



ภาพที่ 5.0 แสดงวงจร POWER CONTROL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

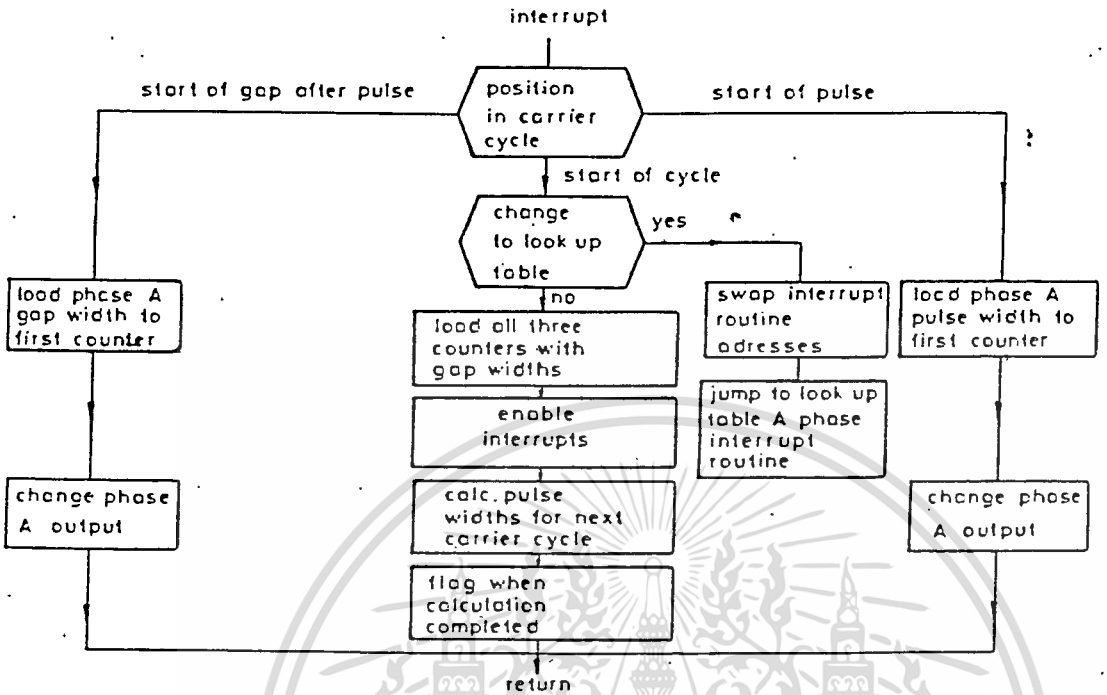


MAIN PROGRAM

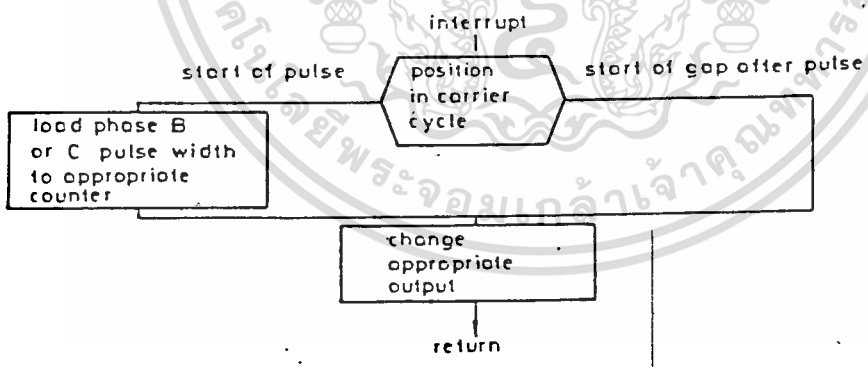
เมื่อมีการเปลี่ยนค่า SPEED COMMAND ข้อมูลที่ BACKGROUND ซึ่งขณะนี้ใช้ RUN มอเตอร์อยู่จะนำไปเปรียบเทียบกับ SPEED COMMAND เพื่อตัดสินใจว่าจะเพิ่มหรือลด SPEED และการเพิ่มหรือลดนี้สเต็ปแรกจะไปทำใน SUBROUTINE แล้ว OUT ค่านี้ออกไปขณะเดียวกันก็นำค่านี้ไปเขียนลงใน BACKGROUND จากนี้ก็กลับไปเริ่มขั้นตอนแรกอีก

การทำงานของ MAIN PROGRAM จะวนเวียนอยู่เช่นนี้ตลอดไปขณะเดียวกันก็จะทำงานร่วมกับHARDWARE ดังแสดงต่อจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

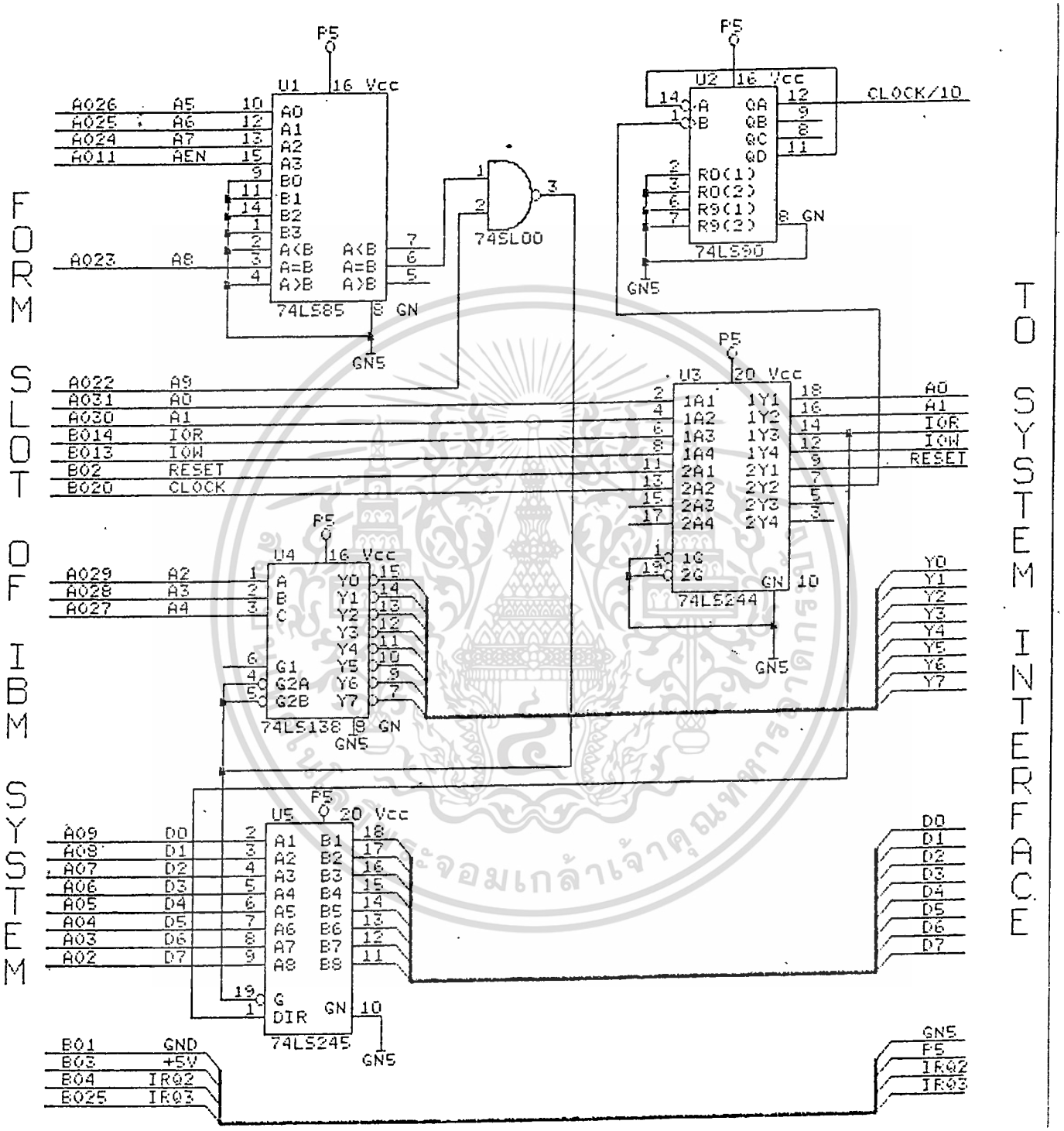


PHASE A INTERUPT SERVICE ROUTINE



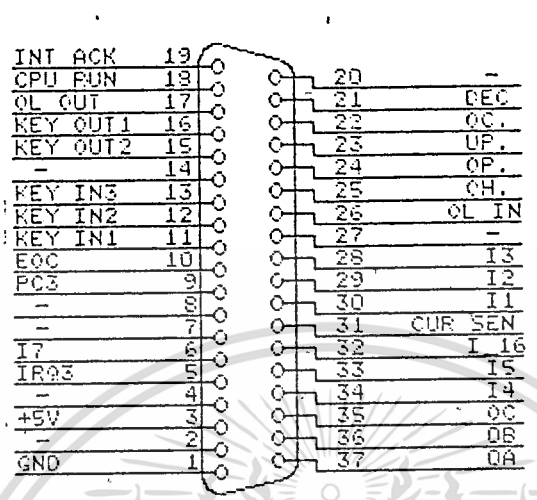
PHASE B AND C INTERUPT SERVICE ROUTINE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

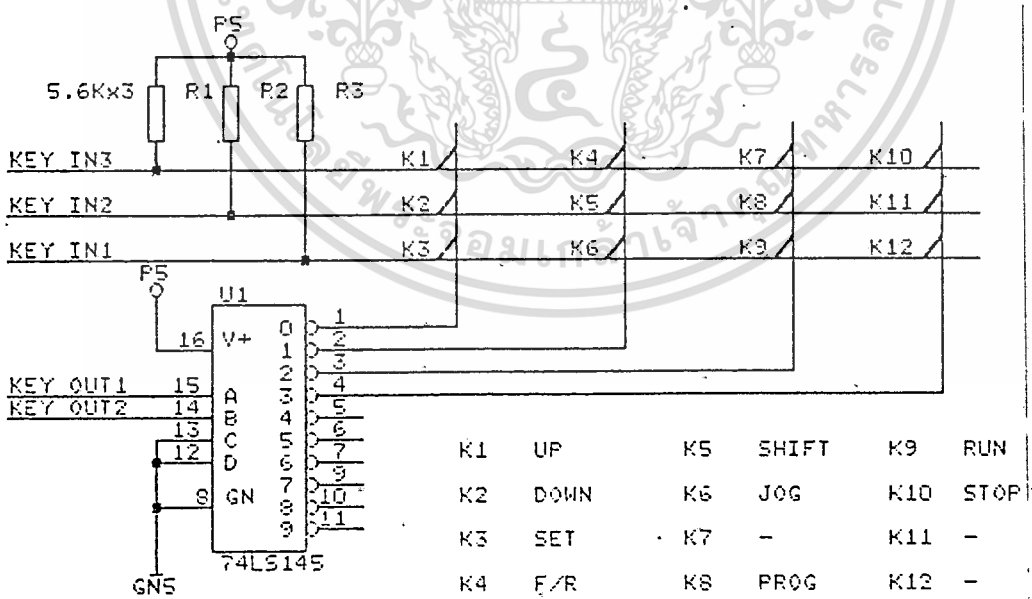


ภาพที่ 5.1 แสดงวงจร DECODER INTERFACE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

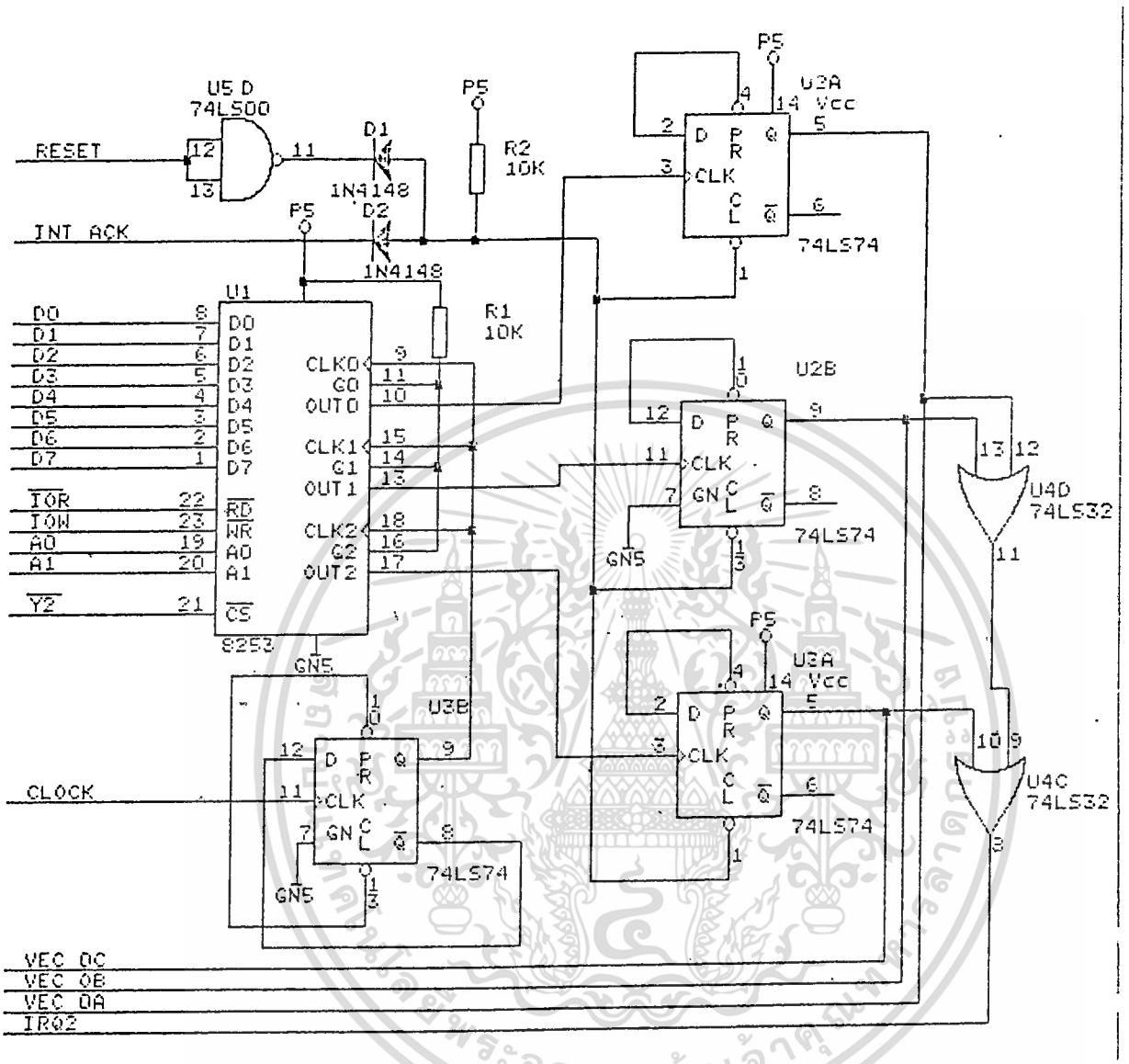


ภาพที่ 5.2 แสดงตำแหน่งสัญญาณที่ CONNECTOR



ภาพที่ 5.3 KEYBOARD

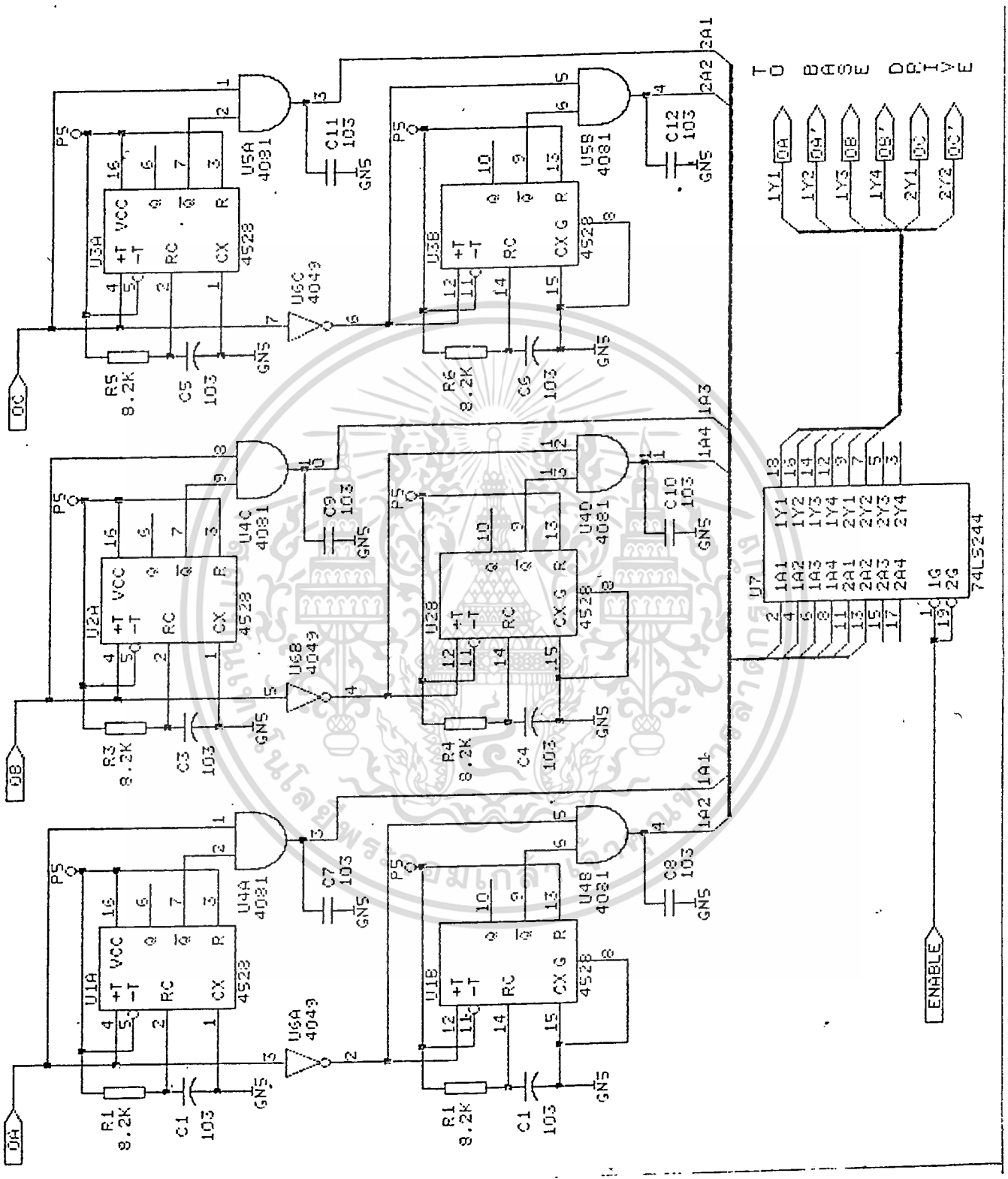
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.4 แสดงวงจร TIMER COUNTER

ทำหน้าที่รับคาบเวลาของพัลส์วิดท์มาเพื่อจ่ายออก หลังจากสิ้นสุดความยาวของแต่ละพัลส์ แล้วก็จะอินเทอร์รัฟท์ ซีพียู ทางขา IRQ2 เพื่อบอกให้ ซีพียูส่งพัลส์ลูกใหม่เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

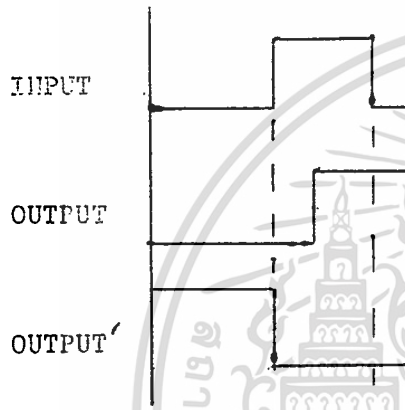


ภาพที่ 5.5 แสดงวงจร LOCK OUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายวงจรล็อค เอ้าท์

เนื่องจากการออน จะเร็วกว่าการออฟ เราจึงต้องหน่วงเวลาเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ของแต่ละเฟส คือตัวบนและตัวล่าง ไม่ให้เกิดการออนพร้อมกัน



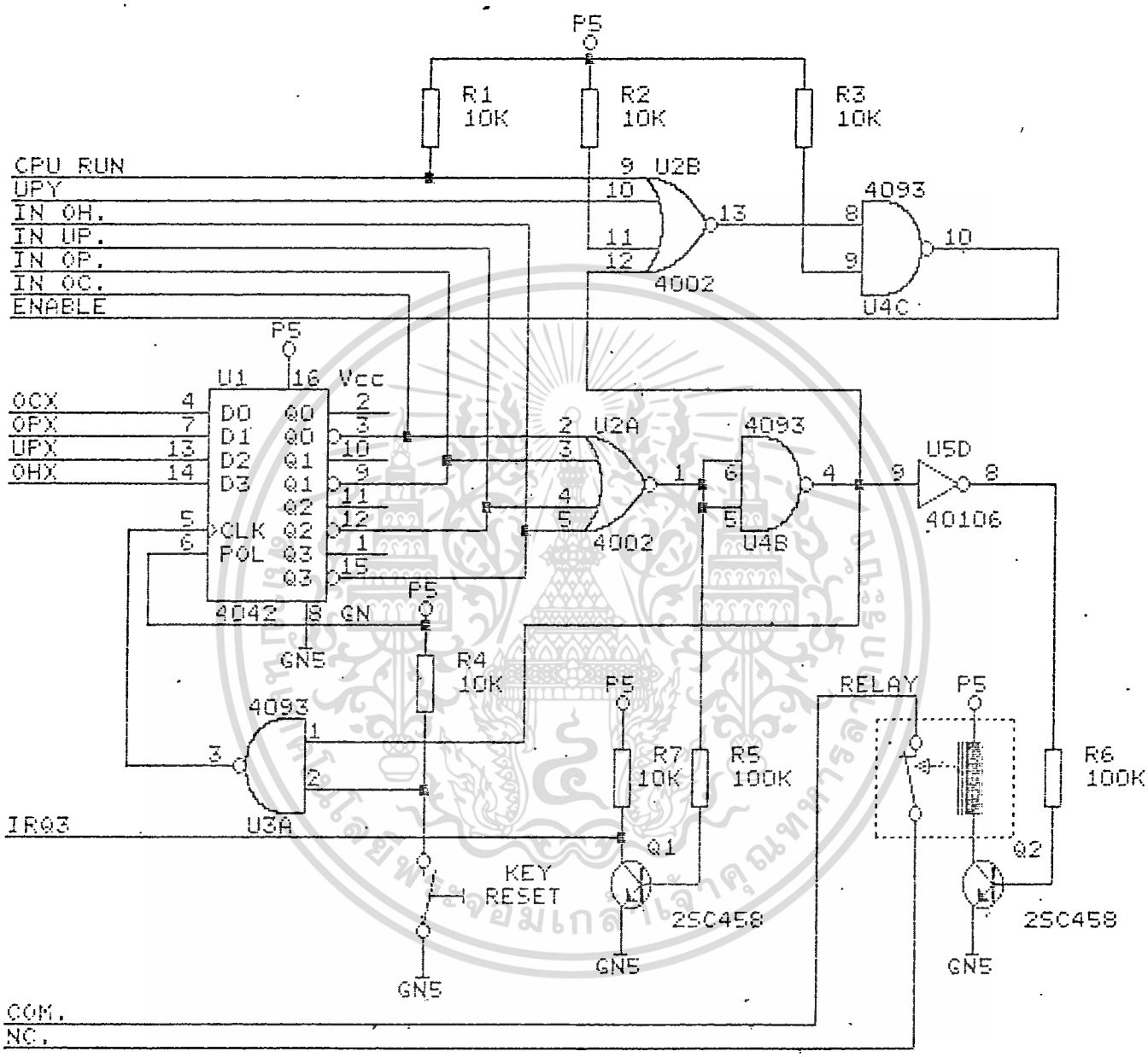
ถ้าอินพุทเปลี่ยนสภาวะจากออนไปเป็นออฟ แล้วการเปลี่ยนแปลงทางเอาท์พุทจะเป็นดังตาราง

อินพุท	OFF	ON		OFF		
เอาท์พุท	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF
เอาท์พุท	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON

หลักสำคัญก็คือ ก่อนการเปลี่ยนสภาวะเอาท์พุททุกครั้ง ต้องทำการออฟทรานซิสเตอร์ทั้งคู่ก่อน

การหน่วงเวลานี้เรียกว่า "DEAD TIME CONTROL"

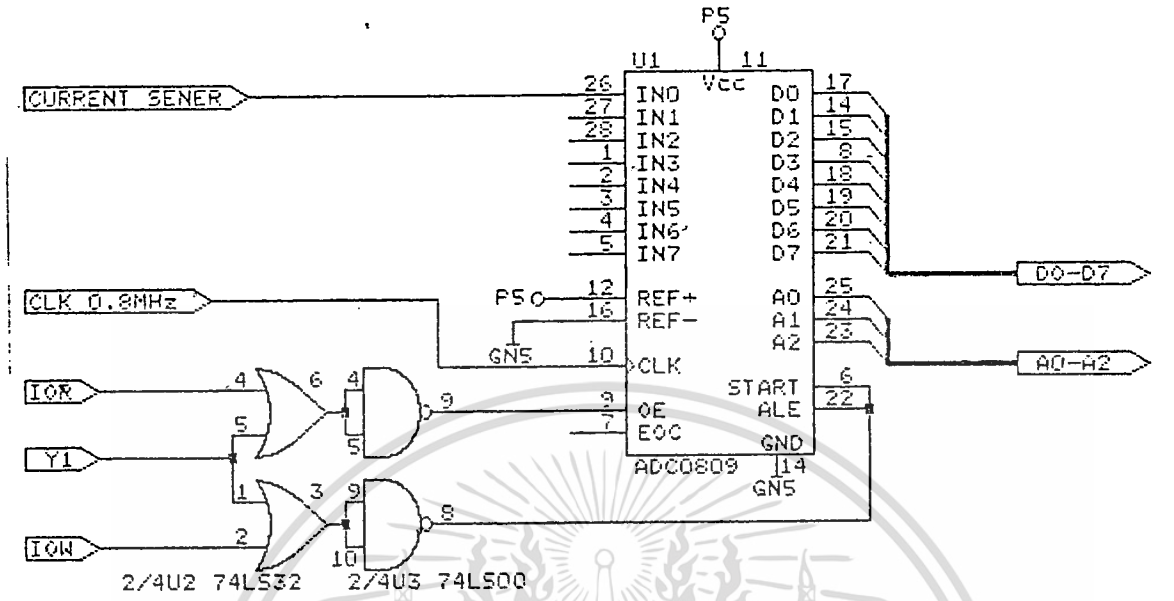
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.6 แสดงวงจร แลทช์ ออฟ ฟอลท์

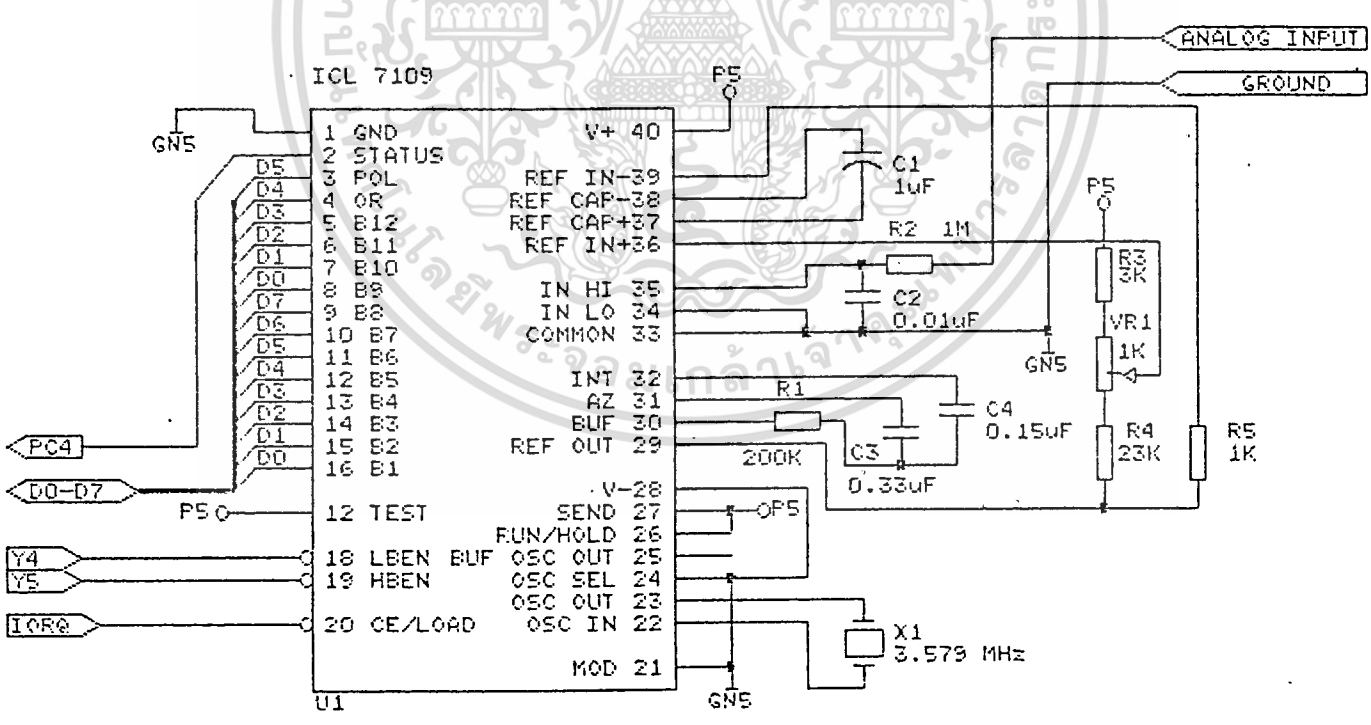
ฟอลท์ทั้ง 4 แบบ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นแบบใดแบบหนึ่งหรือหลาย ๆ แบบพร้อมกัน วงจรนี้จะทำหน้าที่คงสภาวะการฟอลท์นั้นไว้ แล้วทำการอินเทอร์รัพท์ให้ ซีพียู มาอ่านเพื่อไปแสดงผลตำแหน่งฟอลท์ และยังทำการตัดภาคจ่ายไฟต่ำออกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.7 แสดงวงจร CURRENT READING

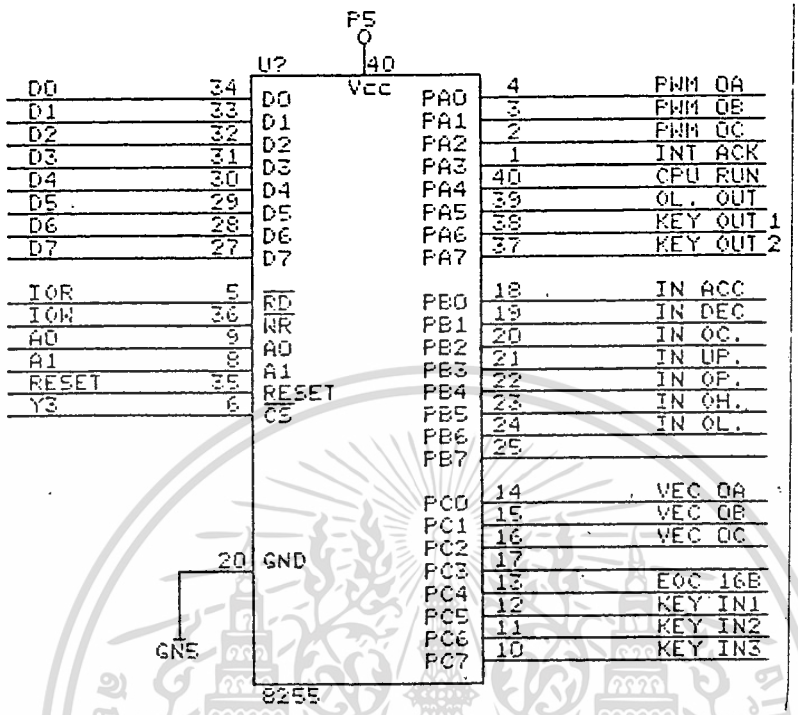
ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล เพื่อเข้าไปประมวลผลที่ ซีพียู.



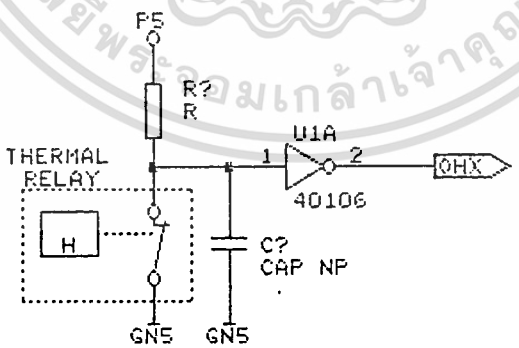
ภาพที่ 5.8 แสดงวงจร 12 BIT ANALOGE TO DIGITAL

เราใช้อนาล็อกทูดิจิตอลถึง 12 บิท เพราะการทำงานจาก 5-50 HZ. จะได้ความละเอียดถึง 0.01 HZ. และ 0.37 RPM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

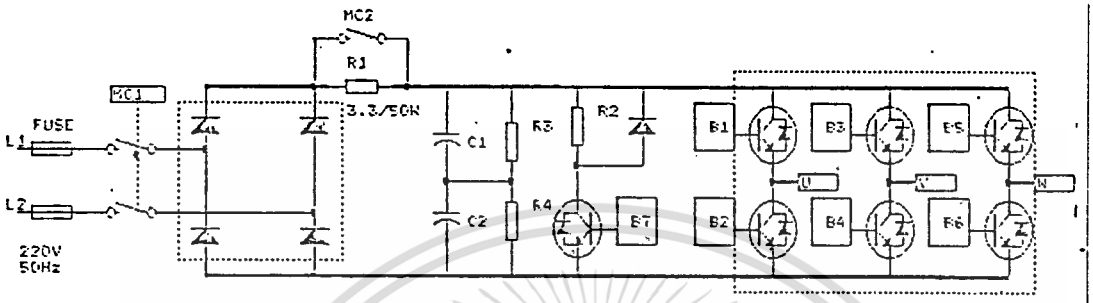


ภาพที่ 5.9 แสดงตำแหน่งของ PORT I/O



ภาพที่ 5.10 แสดงวงจร HEAT SENSER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.11 แสดงวงจร POWER

MC1 จะต่อไฟเอซี.และถูกเรียงกระแสแบบบริดจ์ โดยไดโอดทั้ง 4 ตัว R1 ทำหน้าที่ขณะสตาร์ท ไม่ให้กระแสผ่านประจุคอนเด็นเซอร์สูงเกินไป เมื่อแรงดันที่บัสสูงเพียงพอแล้ว เราก็ต่อโดยตรงได้ด้วย MC2.

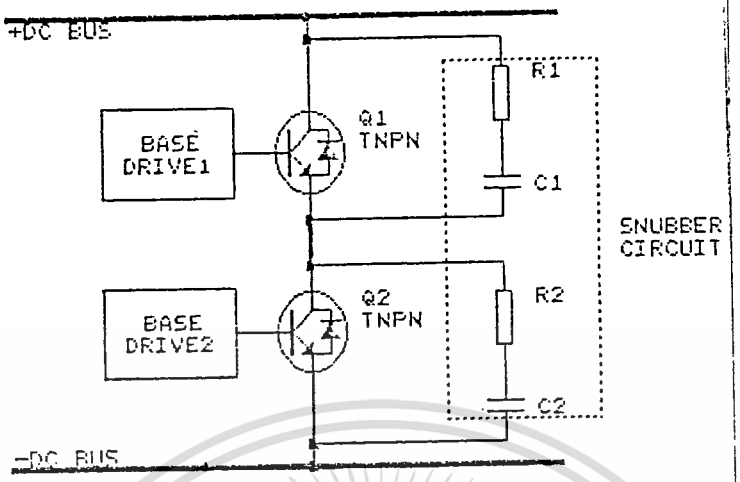
R3 และ R4 ทำหน้าที่บาลานซ์แรงดันให้ C1 และ C2

R2 เป็นตัวต้านทานดิสชาร์จ ทำงานร่วมกับ B7

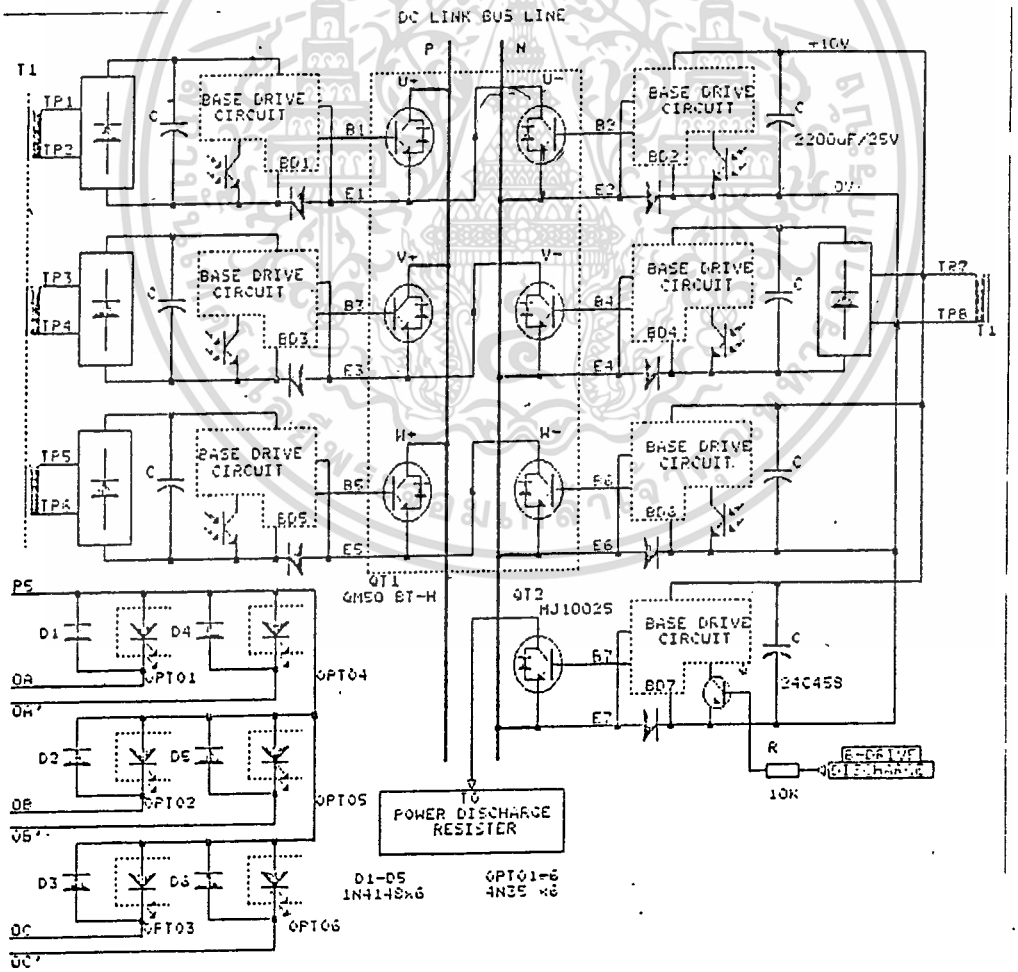
B7 เป็นทรานซิสเตอร์ดิสชาร์จ

B1-B6 ต่อแบบกึ่งบริดจ์ เพื่อขับมอเตอร์ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

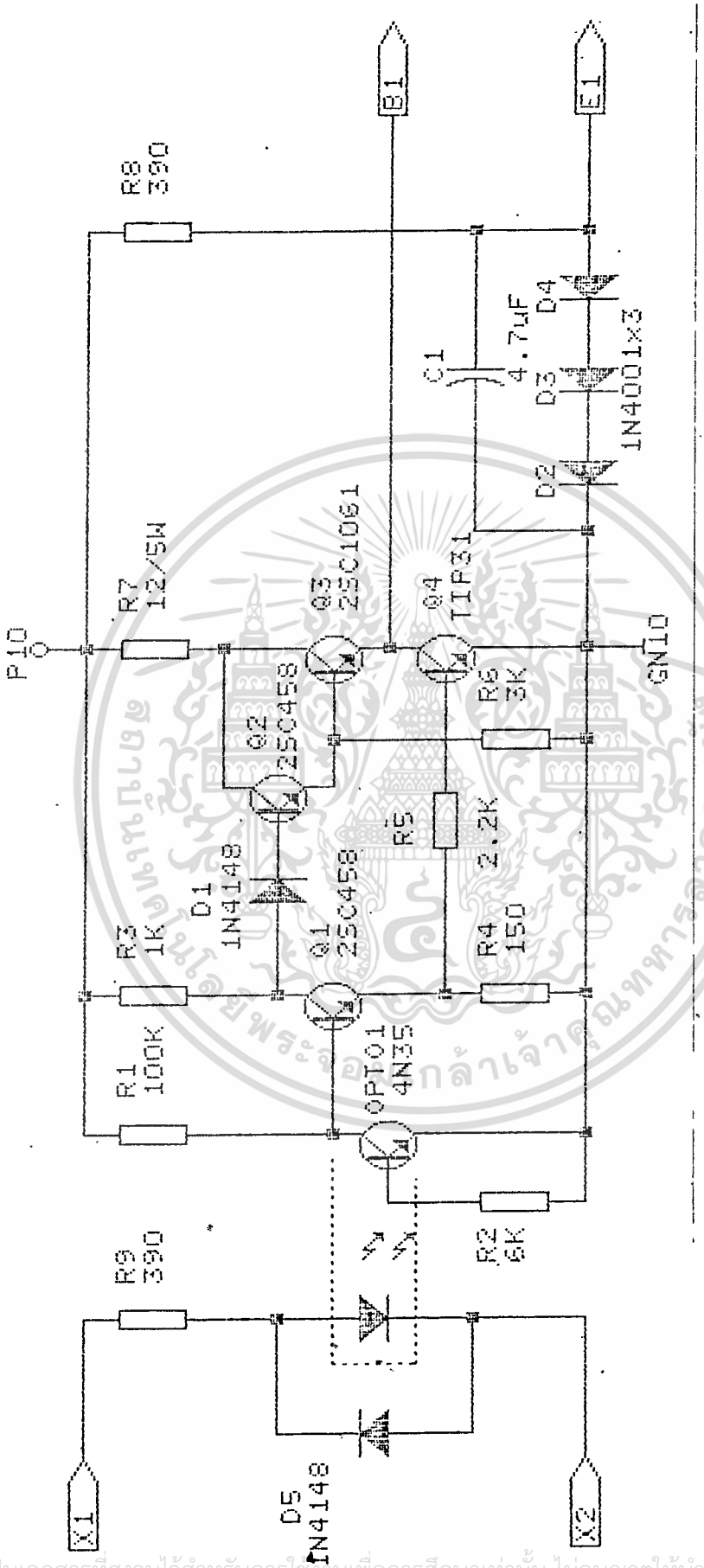


ภาพที่ 5.12 แสดงวงจร SNUBBER



ภาพที่ 5.13 แสดงวงจร INVERTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



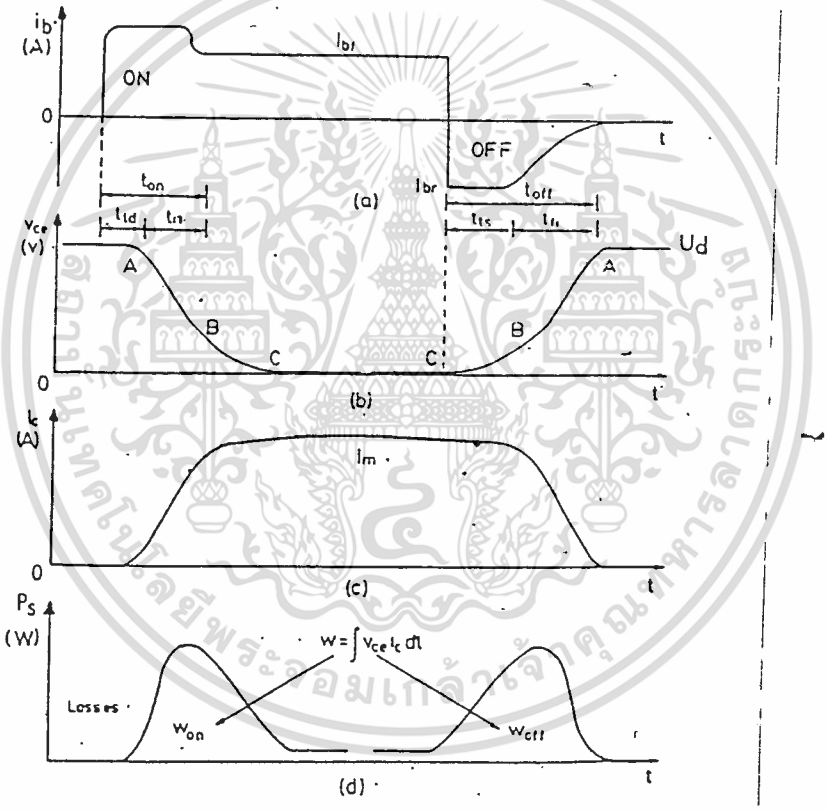
ภาพที่ 5.14 แสดงวงจร ขับเบส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายวงจรขับเบส

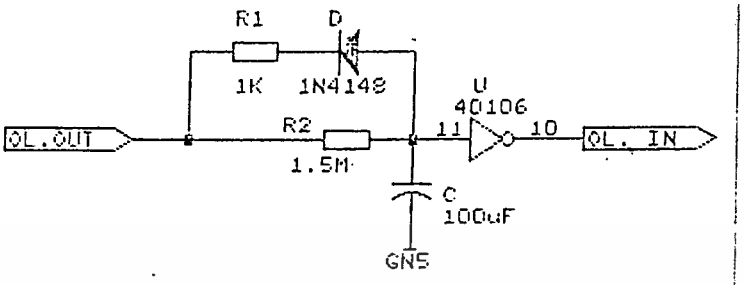
วงจรขับเบส (BASE DRIVE CIRCUIT) มีหน้าที่สำหรับ เทิร์นออน (TURN ON) และเทิร์นออฟ (TURN OFF) เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ถ้า กระแสเบส มีค่าเป็นบวก จะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เทิร์นออน และ เทิร์นออฟ เมื่อ กระแสเบส มีค่าเป็นศูนย์

ลักษณะของ กระแสเบส และ การสูญเสียแบบสวิทช์ของทรานซิสเตอร์ แสดงดังรูป



ขณะเทิร์นออน กระแสเบสมีค่าสูงกว่าปกติ 1.5 ถึง 3 เท่า เพื่อช่วยลดดีเลไทม์ (DELAY TIME) TD ซึ่งทำให้การสูญเสียแบบสวิทช์ขณะเทิร์นออนน้อยลง และทำให้กระแสเบสมีค่าเป็นลบขณะเทิร์นออฟ ซึ่งทำให้ ทรานซิสเตอร์เทิร์นออฟ ได้เร็วขึ้น และเป็นการลดการสูญเสียแบบสวิทช์ขณะเทิร์นออฟ ได้ด้วย

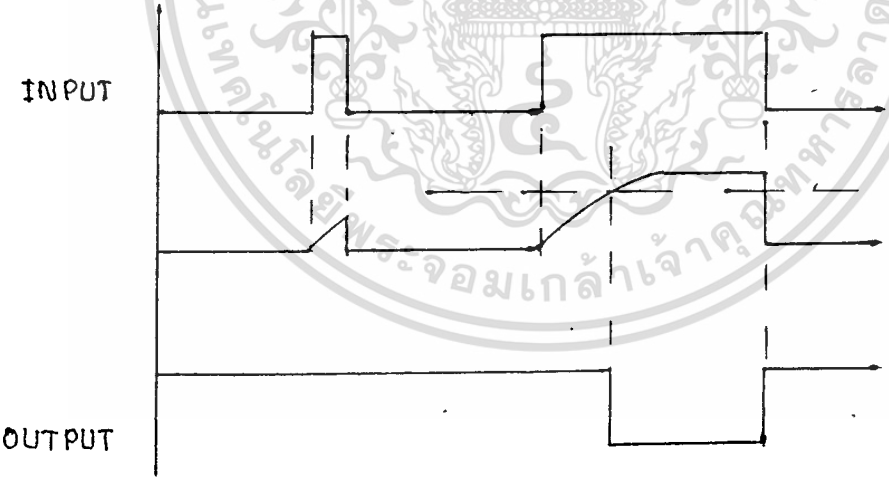
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



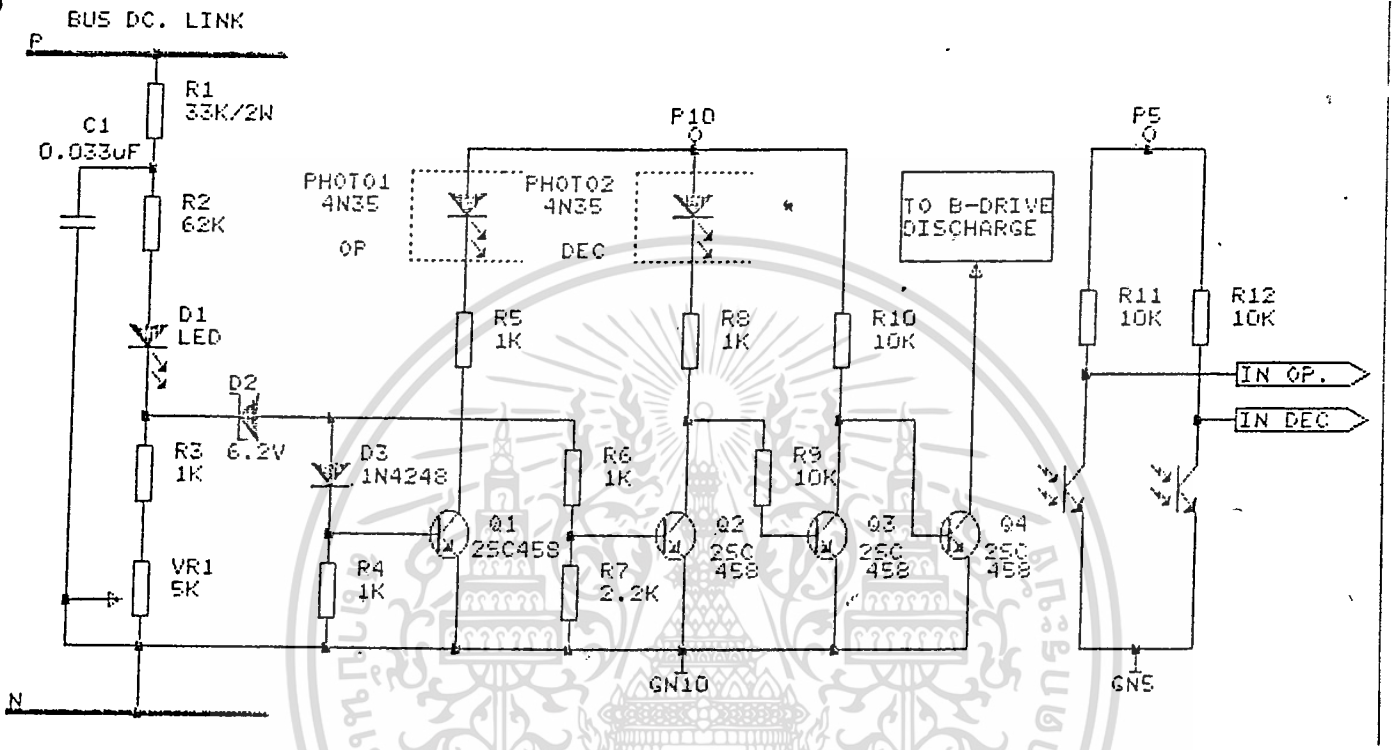
ภาพที่ 5.15 แสดงวงจร OVERLOAD DELAY

ผลจากการทำงานแบบวิธีนี้ ตอนเริ่มออนจะมีกระแสเกินช่วงสั้น ๆ ถ้าไม่มีการหน่วงเวลาไว้แล้วจะเกิดโอเวอร์โหลดได้

การทำงานของวงจรเป็นดังรูป

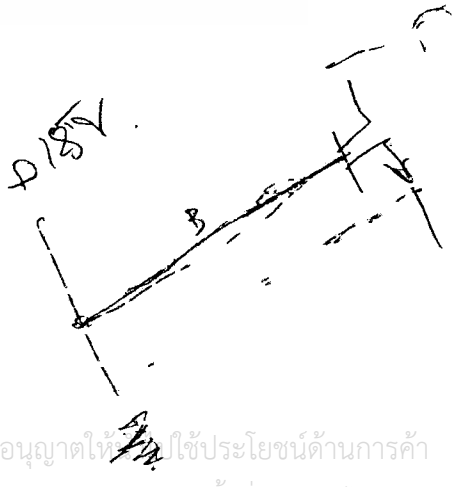


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

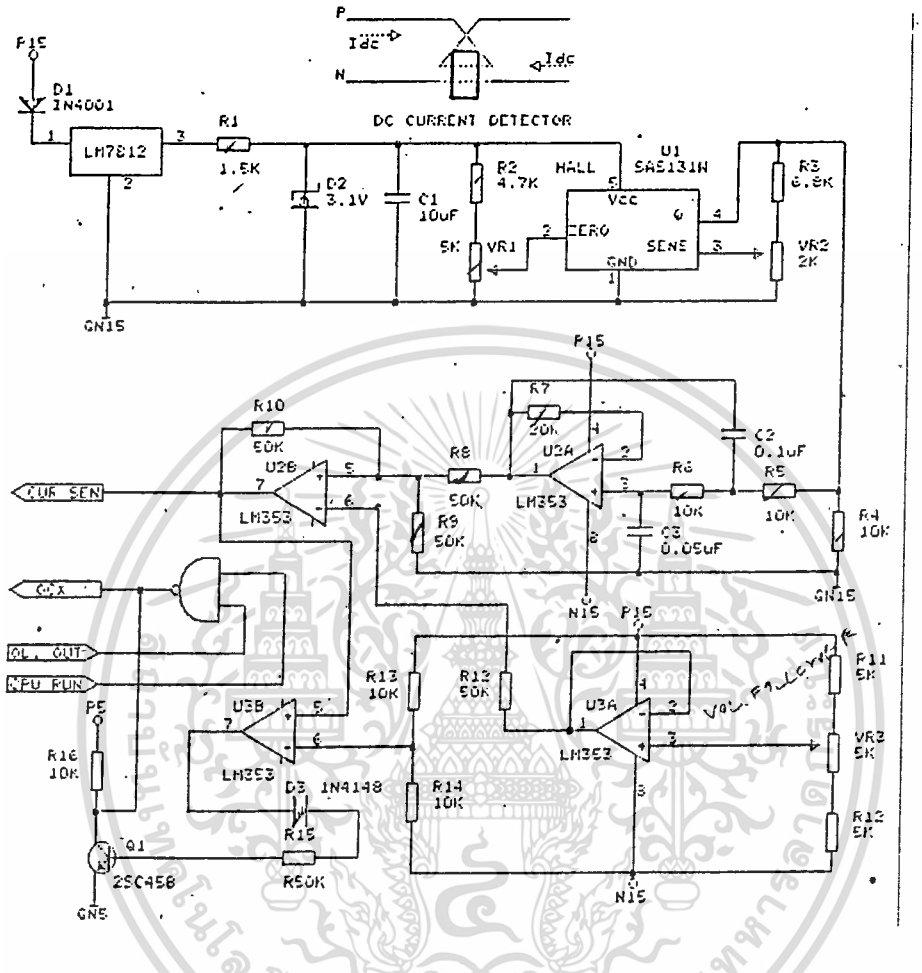


ภาพที่ 5.16 แสดงวงจร VOLTAGE DETECTOR

จะทำการดีเทค แรงดันที่ DC BUS เมื่อแรงดันเกินก็จะรายงานโดย โปโต้คัปเปลอร์ 1 ไปยัง CPU และขณะรีเจนเนอเรตีฟ แรงดันที่ DC BUS จะมากกว่าปกติด้วย จากความต้องการให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ ลดลงสู่ค่าที่ต้องการอย่างรวดเร็ว เราจึงทำการดิสชาร์จ แรงดันส่วนนี้ออกไป



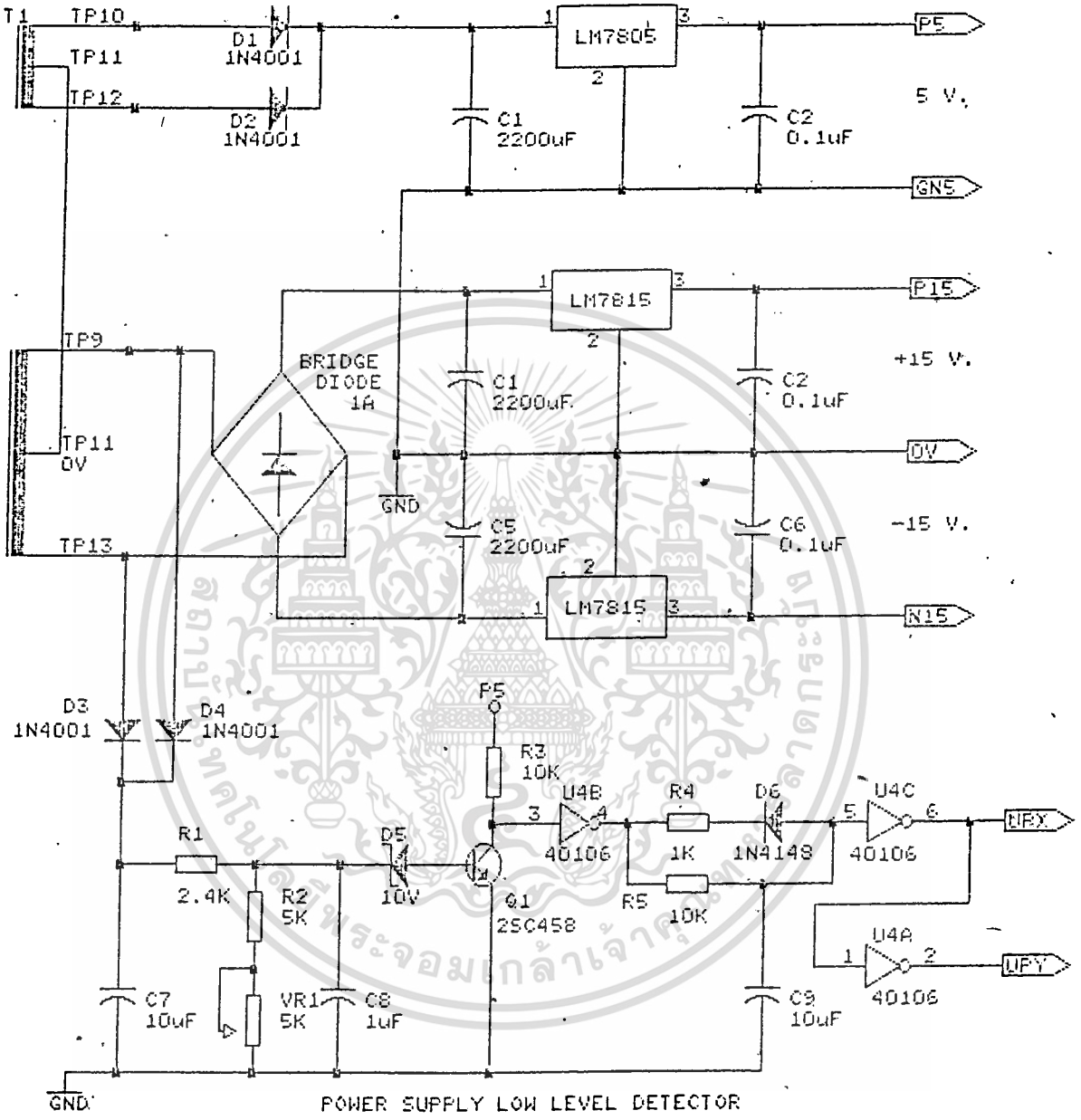
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.17 แสดงวงจร CURRENT DETECTOR

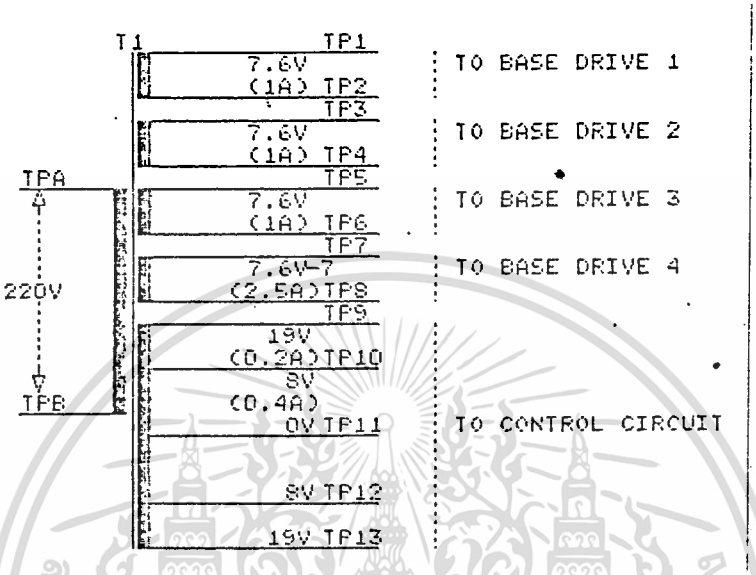
รีเลย์อ๊อฟเซ็ต จะทำการตรวจจับกระแสของแหล่งจ่ายเพาเวอร์อินเวอเตอร์ แล้วนำการเปลี่ยนเป็นแรงดัน และยังประกอบด้วยวงจรตรวจจับกระแสเกินอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.18 แสดงวงจร POWER SUPPLY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.19 TRANSFORMER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดสอบ

6.1 อุปกรณ์

1.ไมโครคอมพิวเตอร์ PC-XT

2.ออสซิลโลสโคป 2 บีม

3.ตัวต้านทาน 0.3 โอห์ม 5 วัตต์

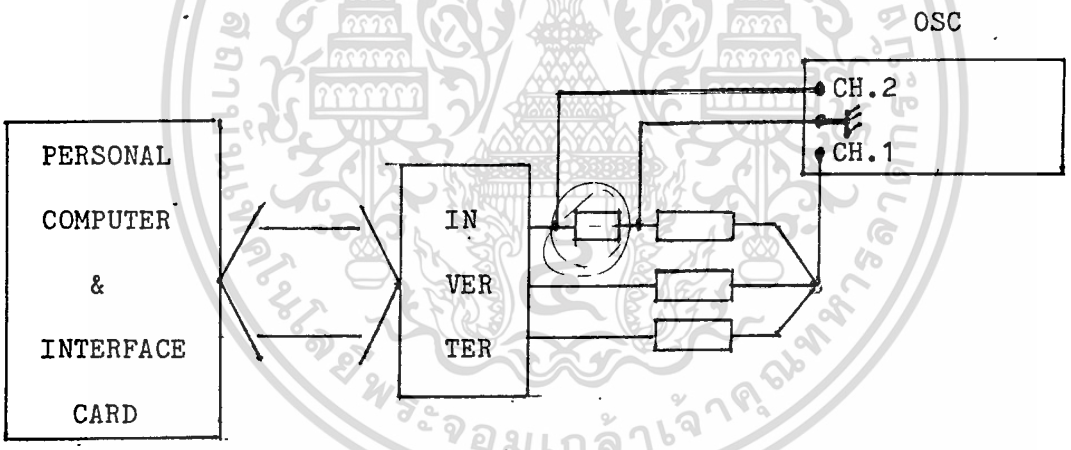
4.แผ่นข้อมูลโปรแกรมคอนโทรล

5.ตัวปรับแรงดันเอซี (VARIAC)

6.เครื่องอินเวอเตอร์ที่สร้างขึ้น

7.อินดัคชั่นมอเตอร์ 3-เฟส 1 แรงม้า 4 ขั้ว 220 โวลต์ 3.6 A 1410 RPM

6.2 การต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบ



PERSONAL COMPUTER (16BIT) จะทำการสร้าง PWM PATTERN และรับสัญญาณจาก CONTROL PANAL เพื่อควบคุมการทำงานของ INVERTER โดยการเชื่อมถึงกันด้วยสาย

INVERTER ทำการจ่าย PWM PATTERN ให้แก่ MOTOR

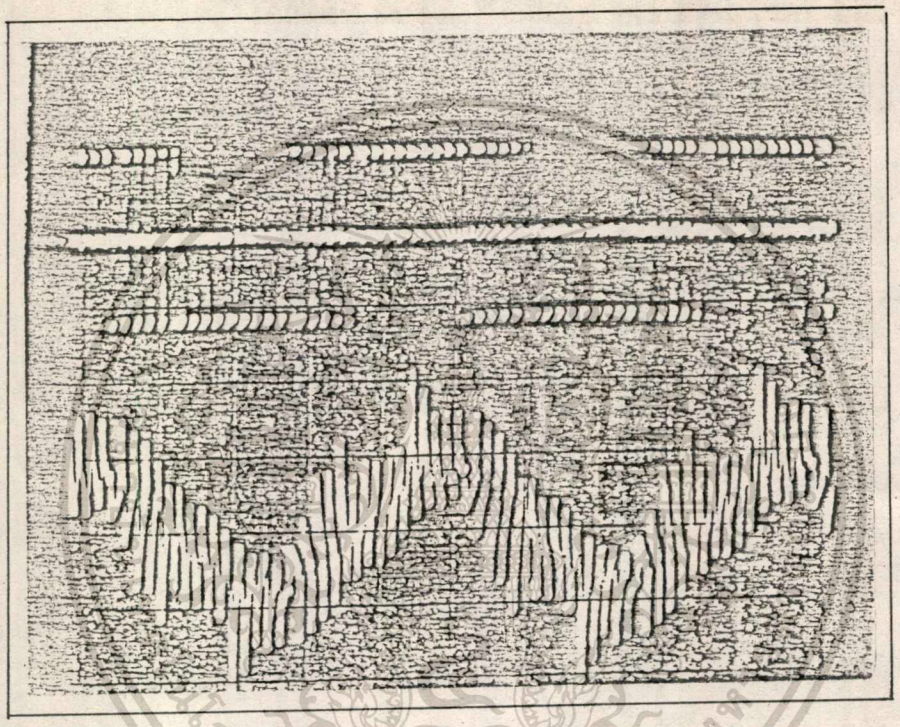
OSCILLOSCOPE

CH.1 แรงดันขาออก

CH.2 กระแสขาออก

ผลการทดสอบเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

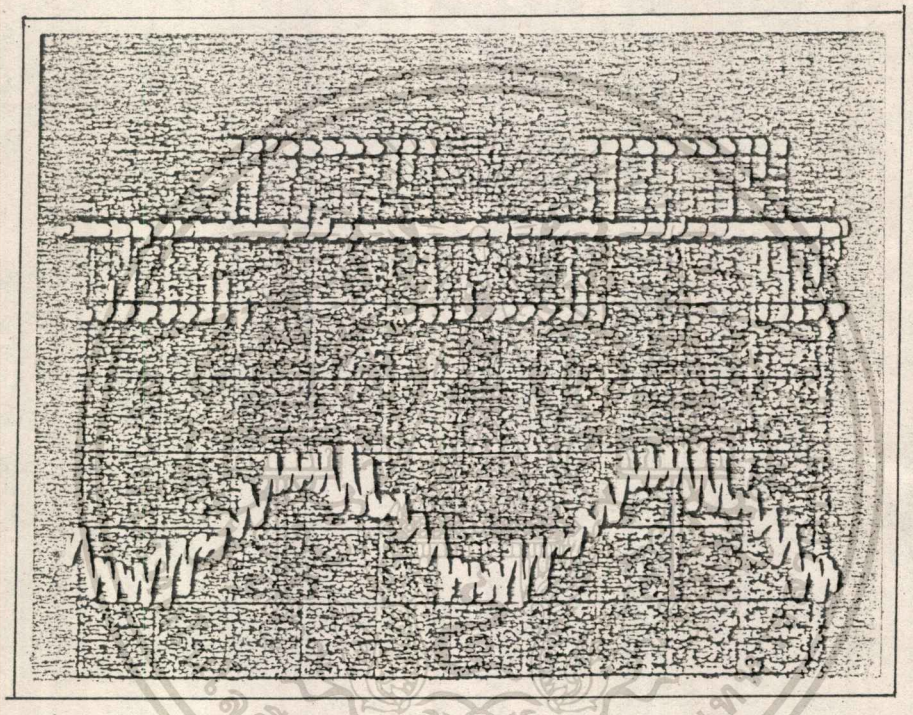


แสดงรูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ 10 เฮิร์ต

แรงดัน 300 โวลท์ / ช่อง

กระแส 0.67 แอมป์ / ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

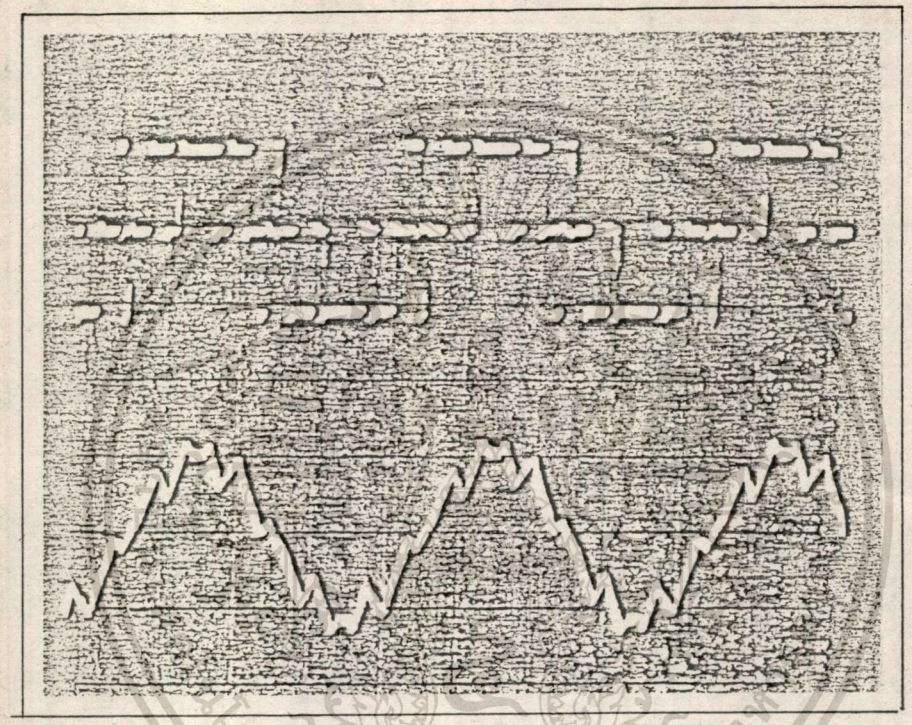


แสดงรูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ 25 เฮิร์ต

แรงดัน 300 โวลท์ / ช่อง

กระแส 0.67 แอมป์ / ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงรูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ 50 เฮิร์ต

แรงดัน 300 โวลท์ / ช่อง

กระแส 0.67 แอมป์ / ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก อาจารย์ ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ของการทำวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด และในโอกาสนี้ใคร่ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ทุกท่านที่มีส่วนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์นิมิตร อมฤทธิ์วาจา อาจารย์แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและแนะนำในการใช้อุปกรณ์และการทดสอบเครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นจนสำเร็จเรียบร้อย อีกทั้งคุณเกษม หลังสัน ที่ได้ช่วยพิมพ์ต้นฉบับ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย.

คณะผู้จัดทำ

17 มีนาคม 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1.G.N.ACHARYA, S.S.SHAKHAWAT, WILLIAM SHEPHERD, MICROPROCESSSOR-BASED PWM INVERTER USING MODIFIED REGULAR SAMPLING TECHNIQUES. IEEE TRANS. IND. APPL, VOL 1A-22, NO.2, MARCH/APRIL 1986, PP286-291.

2.RICHARD L.BONKOWSKI, A TECHNIQUE FOR INCREASING POWER TRANSISTOR SWITCHING FREQUENCY, IEEE TRANS. IND. APPL, VOL 1A-22, NO.2, MARCH/APRIAL 1986, PP240-243.

3 LEWIS C.EGGEBRECHT,INTERFACING TO THE IBM PERSONAL COMPUTER. 1983.

4.B.K.BOSE,POWER ELECTRONICS AND AC DRIVE, GENERAL ELECTRIC COMPANY.CORPORATE RESEARCH AND DEVELOPMENT SHENECTADY, NEW YORK.1987.

5.THOMSON-CSF,THE POWER TRANSISTOR IN ITS ENVIRONMENT, THOMSON -CSF SEMICONDUCTOR DIVISION.1978.

6.MITSUBISHI ELECTRIC, POWER TRANSISTOR MODULES 1985.

7.IBM "TECHNICAL REFERENCE MANUAL FOR IBM PC-XT".1983.

8.S.C.BOWES,PH.D.,C.ENG.,M.I.MECH.E.,F.I.E.E.,AND T.DAVIES,PH.D. IEE PROCEEDINGS.VOL.132,PT.B,NO.1,JANUARY 1985.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้