



ปีการศึกษา 2532

สามเฟสเอซีมอเตอร์คอนโทรล

THREE PHASE AC MOTOR CONTROL

โดย

1. พัฒนา	สกุลประเสริฐ	29,1129
2. กุชงค์	ยุวมิตร	29,1154
3. วสันต์	กฤษณชู	29,1173
4. อรัญ	จิตตาศิรินวัตร	29,1299

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิริยะ นิเชษฐจำเริญ

๒๒.๕.๕๖

027002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไปว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง สามเฟสเอชเอ็มเตอร์คอนโทรล

ผู้จัดทำ

- | | | |
|-----------|---------------|----------|
| 1. พันธ์ | สกุลประเสริฐ | 29, 1129 |
| 2. กุชงค์ | ยุวมิตร | 29, 1154 |
| 3. วสันต์ | กฤษบุญชู | 29, 1173 |
| 4. อรัญ | จิตตาศิริวัตร | 29, 1299 |

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร.วิริยะ พิเศษฐจำเริญ)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
บทที่.1 บทนำ	1-1
บทที่.2 การวิเคราะห์และออกแบบวงจร อินเวอร์ตเตอร์	2-1
บทที่.3 ทฤษฎีและการออกแบบรูปแบบของ สัญญาณกระตุ้น	3-1
บทที่.4 การทดลองและผลการทดลอง	4-1
บทที่.5 สรุปและวิจารณ์ กิจกรรมประกาศ เอกสารอ้างอิง	5-1



สามเฟสเอซีมอเตอร์คอนโทรล

1. พัฒน์	สกุลประเสริฐ	29, 1129
2. กุชงค์	ยุวมิตร	29, 1154
3. วสันต์	กฤษณนุช	29, 1173
4. อรัญ	จิตตาศิริวัตร	29, 1299

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วิริยะ พิเศษฐจำเริญ

บทคัดย่อ : โครงการงานการควบคุมมอเตอร์กระแสสลับสามเฟสนี้มุ่งให้ความสนใจกับส่วนอินเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดสำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยเป็นการทดลองตามรายงานการค้นคว้าวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสาร IEEE

โครงการนี้สามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนของรูปแบบการสวิตซ์ซึ่งแบบวิธีควบคุมความกว้างของพัลส์ (Pulse Width Modulation ; PWM) ที่แตกต่างจากรูปแบบการสวิตซ์ซึ่งโดยทั่วไป รูปแบบการสวิตซ์ซึ่งที่ใช้จะมีมุมในการสวิตซ์ซึ่งที่คงที่ใน 1 คาบโดยมีจุดประสงค์เพื่อลดอาร์โมนิคของเอาต์พุท ควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ และส่วนของวงจรหลักหรือวงจรสวิตซ์ซึ่ง ในโครงการนี้ใช้ SCR เป็นอุปกรณ์ในการสวิตซ์ซึ่งโดยวิธี CCIC (Complementary Current Impuls Commutate) ในการปิดกั้นการนำกระแส วิธีนี้สามารถคืนพลังงานบางส่วนกลับสู่ระบบได้ด้วยซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับการวิจัยมาว่า เป็นวิธีที่ประหยัดอุปกรณ์และมีประสิทธิภาพดี และ เหมาะสมในการนำไปใช้กับรูปแบบการสวิตซ์ซึ่งแบบควบคุมความกว้างของพัลส์ (PWM)

ABSTRACT

THIS 3-PHASE AC MOTOR CONTROL, Project intended primarily to the inverter which is the most important part for speed motor control and it's only the experiment from the research report that published in IEEE journal.

This project can divided in two parts. First, the switching pattern part by using the pulse width modulation technique. That differs from other switching pattern. From this technique we use a constant switching angle in one cycle for harmonic at the output controlled by microprocessor. Second, the main part or the switching part; SCRs are the switching device in this part by using the CCIC (COMPLEMENTARY CURRENT IMPULSE COMMUTATE) to commutate the SCR from current conduction. This method can feed the energy back to system which get high efficiency and economics.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในการใช้งานมอเตอร์ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจำเป็นต้องเลือกใช้เครื่องจักรให้ถูกกับลักษณะงาน เช่นงานที่ต้องการความเร็วคงที่มากก็ต้องเลือกใช้เครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดซิงโครนัส หรืองานที่ต้องการปรับความเร็วก็ควรจะใช้เครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรงเพราะสามารถควบคุมความเร็วได้ง่าย แต่การเลือกใช้เครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรงยังมีข้อจำกัดอยู่มากเพราะค่าใช้จ่ายต่างๆรวมทั้งราคาของตัวเครื่องจักรเองก็มีราคาสูงเมื่อเทียบกับเครื่องจักรไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ ดังนั้นเราจึงได้พยายามที่จะควบคุมเครื่องจักรเหนี่ยวนำเพื่อนำมาใช้ทดแทนเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรงเพราะจะทำให้ค่าใช้จ่ายต่างๆลดลงได้มาก

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งก็มีข้อจำกัดในการนำไปใช้แตกต่างกันไปคือ การควบคุมสลิบ จะใช้กับงานที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วไม่มากนักและมีการล้าช้าไม่มากนักเพราะการควบคุมสลิบจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรไฟฟ้าลดลงเมื่อความเร็วของเครื่องจักรไฟฟ้าลดลงจากค่าความเร็วซิงโครนัสและถ้าใช้กับเครื่องจักรไฟฟ้าขนาดใหญ่จะยิ่งทำให้ความสูญเสียมีค่าสูงมาก

การควบคุมความถี่ เป็นวิธีการที่ดีมีประสิทธิภาพในการนำไปควบคุมเครื่องจักรไฟฟ้าเพราะมีช่วงของการควบคุมกว้างและไม่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรไฟฟ้าลดลง

การปรับจำนวนขั้ว เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายแต่การควบคุมไม่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง จะมีการเปลี่ยนความเร็วเป็นช่วงๆ

วิธีที่ดีที่สุดในการควบคุมเครื่องจักรไฟฟ้าคือการเข้าไปควบคุมตัวแปรที่มีผลทุกอย่างของเครื่องจักรไฟฟ้าเช่น ระดับตักดา กระแส สนามแม่เหล็ก ฯลฯ ซึ่งเป็นการควบคุมในอุดมคติ เราจะสามารถควบคุมให้เครื่องจักรไฟฟ้าหมุนด้วยอัตราเร็วที่เราต้องการได้อย่างคงที่ทุกสภาวะของโหลดซึ่งรวมทั้งทอร์คด้วย การควบคุมแบบนี้ทำได้ยากแต่เราสามารถควบคุมในลักษณะที่ใกล้เคียงกันได้คือ เราสามารถควบคุมระดับแรงดัน กระแส และความถี่ได้ เราก็สามารถควบคุมสนามแม่เหล็กได้ด้วยการควบคุมอัตราส่วนระหว่างระดับแรงดันกับความถี่ให้คงที่ ผลก็คือปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กจะคงที่ทำให้ทอร์คคงที่ด้วย อุปกรณ์หลักในการควบคุมนี้คือ อินเวอร์ตเตอร์

การควบคุมโดยการปรับความถี่จะมีความสูญเสียจาก 2 แหล่งด้วยกันคือ ที่อินเวอร์ตเตอร์ และที่เครื่องจักรไฟฟ้า

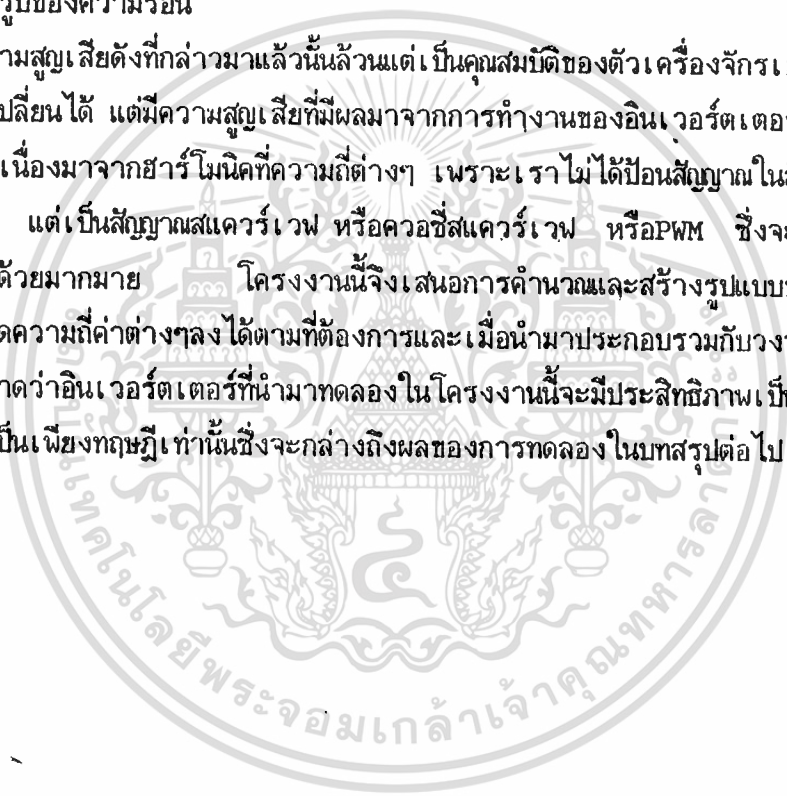
ความสูญเสียที่อินเวอร์ตเตอร์ เกิดจากความสูญเสียจากการสวิตช์ซึ่ง ความสูญเสียในการหยุดนำกระแส ความสูญเสียในตัวอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้เมื่อรวมๆกันแล้วก็จะมีค่ามากเป็นผลให้อินเวอร์ตเตอร์มีประสิทธิภาพต่ำลง โดยเฉพาะถ้าใช้งานที่ความถี่สูง เช่นนำไปใช้กับรูปแบบการควบคุมความกว้างของพัลส์ซึ่งจะมีการสวิตช์ซึ่งมากครั้ง ความสูญเสียก็จะมาก

ชั้นด้วย ในโครงงานนี้จึงเสนออินเวอร์ตเตอร์แบบ CCIC (Complementary Current Impulse Commutate) ซึ่งได้รับการวิจัยมาว่าสามารถลดความสูญเสียลงได้ และยังประหยัดจำนวนอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งลงอีกด้วย

ความสูญเสียในเครื่องจักรไฟฟ้าสามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ สาเหตุหลักคือ ความสูญเสียทางกล ความสูญเสียทางแม่เหล็ก ความสูญเสียทางไฟฟ้า ความสูญเสียทางกลเกิดจากแรงเสียดทาน แรงต้านของลม แรงเฉื่อย ฯลฯ เป็นต้น ความสูญเสียทางแม่เหล็กเกิดจากการรั่วไหลของฟลักส์ การอิ่มตัวของสนามแม่เหล็ก ฯลฯ เป็นต้น

ความสูญเสียทางไฟฟ้าเกิดจาก ค่าความต้านทาน ค่าความเหนี่ยวนำต่างๆจะทำให้เกิดความสูญเสียในรูปของความร้อน

ความสูญเสียดังที่กล่าวมาแล้วนั้นล้วนแต่เป็นคุณสมบัติของตัวเครื่องจักรเองซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนได้ แต่มีความสูญเสียที่มีผลมาจากการทำงานของอินเวอร์ตเตอร์คือ ความสูญเสียอันเนื่องมาจากฮาร์โมนิกที่ความถี่ต่างๆ เพราะเราไม่ได้ป้อนสัญญาณในลักษณะที่เป็นไซน์เวฟ แต่เป็นสัญญาณสแควร์เวฟ หรือควอซีสแควร์เวฟ หรือPWM ซึ่งจะมีฮาร์โมนิกต่างๆรวมด้วยมากมาย โครงงานนี้จึงเสนอการคำนวณและสร้างรูปแบบของสัญญาณที่สามารถลดความถี่ค่าต่างๆลงได้ตามที่ต้องการและเมื่อนำมาประกอบรวมกับวงจรอินเวอร์ตเตอร์จึงคาดว่าอินเวอร์ตเตอร์ที่นำมาทดลองในโครงงานนี้จะมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ แต่ทั้งนี้ก็เป็นเพียงทฤษฎีเท่านั้นซึ่งจะกล่าวถึงผลของการทดลองในบทสรุปต่อไป





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis and Optimization of

a Complementary Current Impulse Commutated inverter

วงจร inverter โดยทั่วไปสามารถที่จะแยกการคอมมิวเตชันออกเป็น 2 แบบ คือ

1. Complementary หรือ Voltage Commutate เช่นวงจรของ Mc-murray Bedford ดังแสดงในรูป
2. Auxiliary หรือ Current Commutate เช่น วงจรของ Mc-murray แสดงในรูปที่

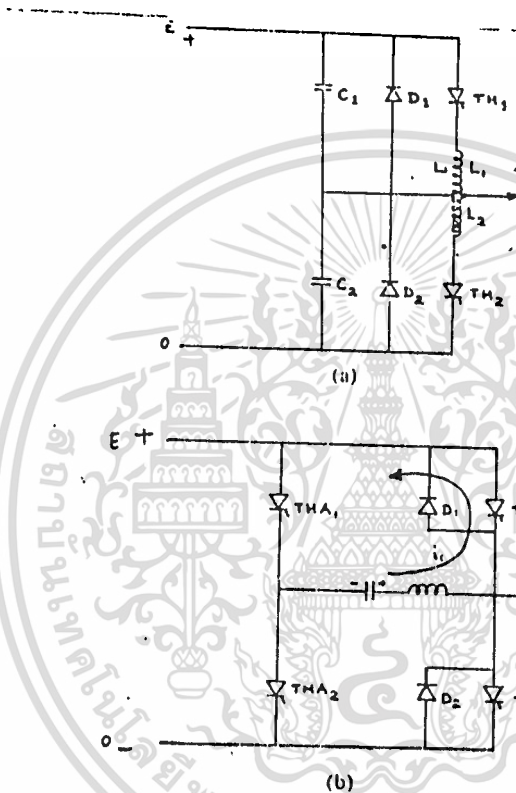


Fig. 1. Commutation circuit configurations. (a) Complementary or voltage commutation (McMurray-Bedford circuit). (b) Auxiliary or current commutation (McMurray circuit).

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีการคอมมิวเตชันแตกต่างกันก็จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน เช่น จำนวนอุปกรณ์สวิตช์ซึ่ง, trapped energy ในส่วนของวงจรคอมมิวเตชัน, ยานความถี่ใช้งาน ฯลฯ โดยเฉพาะถ้าใช้กับ PWM ซึ่งจะมีจำนวนครั้งในการสวิตช์ซึ่งมาก trapped energy และ energy loss จะมีค่าสูงทำให้ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ลดลง

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ วงจรของ Mc-murray Bedford และวงจรของ Mc-murray ข้อดีของวงจร Mc-murray Bedford คือ ใช้อุปกรณ์สวิตช์ซึ่งน้อยแต่มี trapped energy มาก ในขณะที่วงจรของ Mc-murray ใช้อุปกรณ์สวิตช์ซึ่งมากกว่าแต่มี trapped energy น้อย การมีอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งน้อยจะทำให้การควบคุมง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Complementary Current Impulse Commutated Inverter

ในที่นี้จะเสนองจรอินเวอร์เตอร์แบบใหม่ซึ่งใช้อุปกรณ์น้อยและมี trapped energy น้อย ลักษณะของวงจรคล้ายกับวงจรของ Mc-murray Bedford แตกต่างกันตรงการเชื่อมต่อไดโอด D_1 และ D_2 ไดโอดนี้จะทำงานในช่วงของการคอมมิวเตชันและจะนำกระแส reactive load ด้วย (aL คือ leakage ในการคัปปลิงระหว่างอินดักเตอร์สองตัวในวงจร)

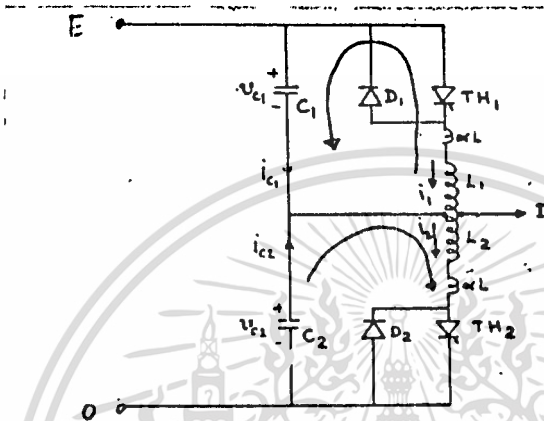
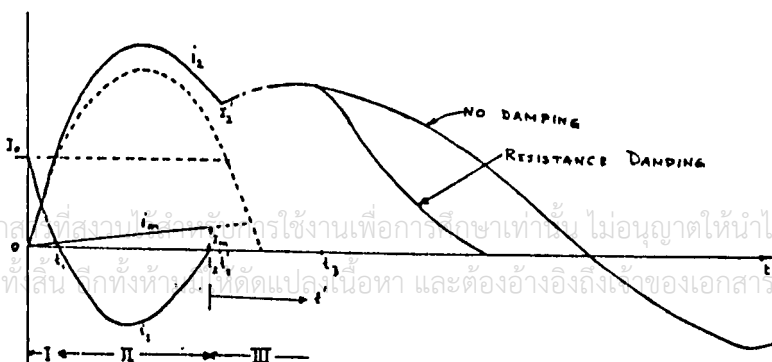


Fig. 2. Complementary current impulse commutation (CCIC).

การทำงานของวงจรนี้สามารถอธิบายได้ด้วยรูปคลื่นของกระแสดังในรูป จากรูปถ้าให้ไทรสเตอร์ 1 เปิดนำกระแส I_o คาปาซิเตอร์ C_2 จะถูกชาร์จด้วยแหล่งจ่ายไฟ E โดยมีแผ่นบนเป็นขั้วบวกและโวลต์ที่แตกที่คร่อม C_1 เป็นศูนย์ เมื่อจะทำการปิดไทรสเตอร์ 1 จะต้องให้ไทรสเตอร์ 2 เปิดนำกระแส ดังนั้น C_2 ขณะนี้จะต่อคร่อม L_2 และเนื่องจากการอินดิวซ์จะทำให้ขั้วบนของ L_1 มีศักย์สูงกว่าแหล่งจ่ายไฟซึ่งจะสามารถป้องกันได้โดยไดโอด D_1 ผลของอินดักเตอร์จะทำงานคล้ายกับเป็นโหลดของหม้อแปลง โดยมีขดปฐมภูมิเป็นขด L_2 มีโวลต์ที่แตกที่คร่อม C_2 เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน และมีขดทุติยภูมิจ่ายโหลด C_1 ดังนั้นกระแสออสซิลเลชันใน L_2 เกิดจากการดีสชาร์จของ C_2 และจะอินดิวซ์เข้าไปใน L_1 ในทิศทางตรงข้ามกับที่ไหลในไทรสเตอร์ 1 ทำให้กระแสรวมตกลงซึ่งกำหนดได้ตามสัญญาณ sinusoidal impulse คาบเวลาของสัญญาณขึ้นกับค่าของ C_1, C_2 และ aL กระแสที่ไหลในไทรสเตอร์ 1 จะเป็นศูนย์เมื่อเกิดการออสซิลเลชันเท่ากับกระแสไหล ซึ่งแสดงได้ที่เวลา t_1 ในรูปที่



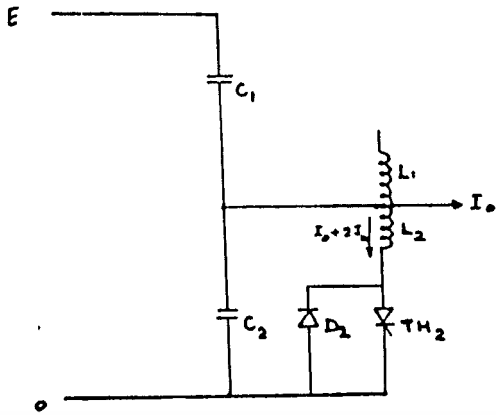


Fig. 4. Trapped energy at end of commutation.

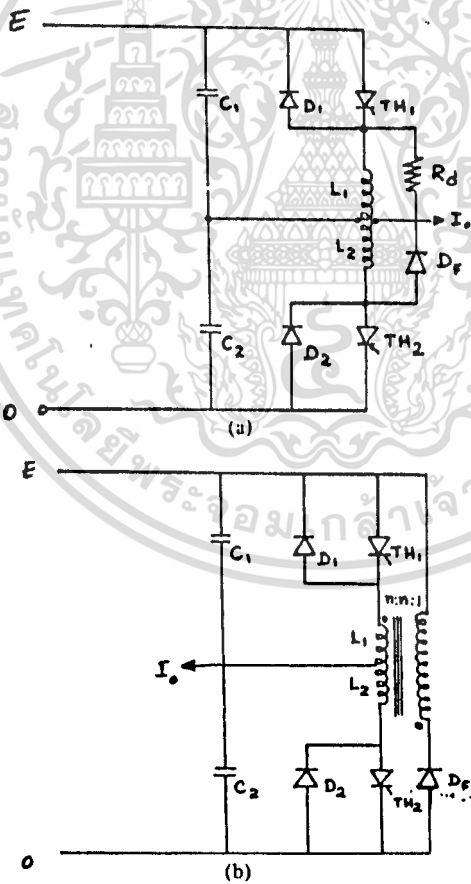


Fig. 5. Removal of trapped energy. (a) Resistance damping. (b) Energy recovery.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปคลื่นกระแส กระแสอิมพัลซ์จะเพิ่มขึ้นเข้าสู่ค่าสูงสุดแล้วลดลง กระแสอิมพัลซ์ที่เกินมานี้จะไหลผ่านไดโอด D_1 ทำให้ทรานซิสเตอร์ 1 ถูกรีเวิร์สไบอัสและช่วงเวลานำกระแสของไดโอดนี้จะเป็น turn-off time ของวงจร ซึ่งจะต้องออกแบบเพื่อไว้สำหรับกรณีที่แย่ที่สุด turn-off time จะสิ้นสุดเมื่อกระแสที่ไหลผ่าน D_1 เป็นศูนย์ แต่เมื่อเริ่มการคอมมิวเตตจะมีกระแส magnetizing (i_m) เนื่องจากทรานซิสเตอร์ 1, 2 และไดโอด D_1 นำกระแสซึ่งจะทำให้ turn-off time สั้นลง

ในระหว่างการคอมมิวเตต กระแสใน L_2 จะได้มาจากผลรวมของกระแสอิมพัลซ์และกระแส i_m กระแสใน L_1 ขึ้นอยู่กับกระแสอิมพัลซ์ กระแสไหลต และกระแส magnetizing ที่เวลา t'_2 กระแสออสซิลเลตจะกลับมาเท่ากับกระแสไหลต ดังนั้นเวลา $t'_2 - t_1$ จะแทน ideal turn-off time แต่ t'_2 แทนเวลาที่ i_1 เท่ากับศูนย์ หรือเมื่อ D_1 หยุดนำกระแสเวลา $t_2 - t_1$ จึงเป็นเวลา turn-off ของวงจรจริง

สำหรับการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็นช่วงๆดังในรูป ซึ่งต้องพิจารณาวงจรสมมูลและเงื่อนไขเริ่มต้นของแต่ละช่วง โดยจะกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ 1 เปิดนำกระแส ช่วงที่ 1 จะเริ่มขึ้นเมื่อทรานซิสเตอร์ 2 เปิดนำกระแส

ช่วงที่ 1

เงื่อนไขเริ่มต้นของช่วงนี้คือ $i_1(0) = I_o$, $i_2(0) = 0$, $V_{C2} = E$, $V_{C1} = 0$ ที่เวลา $t=0$ ทรานซิสเตอร์ 2 เปิดนำกระแส วงจรสมมูลจะแสดงได้ดังในรูปที่ 6 จากรูป L มีการดับลงอย่างสมบูรณ์ ใช้ทฤษฎีของเทเวนินลดรูปวงจรได้ดังรูปที่ 6

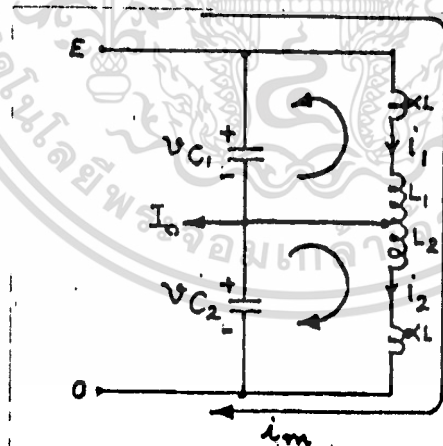


Fig. 6. Equivalent circuit during Intervals I and II.

จากวงจรสมมูลจะได้

$$\frac{1}{2C} \int i_1(t) dt + 2L \frac{d}{dt} i_1(t) = \frac{E}{2} \quad (1)$$

ทำการแปลงลาปลาซ

$$\frac{1}{2} i_1(s) + 2sL i_1(s) = \frac{E}{2s} \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_1(s) = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2Cs} + 2\alpha Ls \right] \frac{E}{2s} \quad (3)$$

$$i_1(s) = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{1 + 4\alpha LCs^2}{2Cs} \right] \frac{E}{2s} \quad (4)$$

$$i_1(s) = \frac{EC}{2} \frac{1}{s^2 + 4\alpha LCs} \quad (5)$$

ให้

$$\frac{1}{s^2 + 4\alpha LCs} = \frac{E}{2} \left[\frac{1}{s} + \frac{1}{s + 2\alpha LC} \right] \quad (6)$$

$$\frac{1}{s^2 + 4\alpha LCs} = \frac{E}{2} \left[\frac{1}{s} + \frac{1}{s + 2\alpha LC} \right] \quad (7)$$

$$i_2(t) = \frac{1}{2} \left[\frac{C}{\alpha L} \sin[\omega_0 t] \right] \quad (8)$$

รวมกับกระแส magnetizing ของรีลคอมนิวเตจ

$$i_2(t) = \frac{E}{2} \left[\frac{C}{\alpha L} \sin[\omega_0 t] + i_m \right] \quad (9)$$

โดย $i_m = \frac{Et}{4L + 2\alpha L}$

เนื่องจาก L มีการคัปปลิงอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นกระแส $i_1(t)$ จะได้

$$i_1(t) = I_0 - \frac{E}{2} \left[\frac{C}{\alpha L} \sin[\omega_0 t] + i_m \right] \quad (10)$$

ช่วงที่ 1 จะสิ้นสุดลงเมื่อ $i_1(t)$ เท่ากับศูนย์ และกระแสเริ่มมีค่าเป็นลบ กระแสที่ผ่านไทรสเตอร์ 1 ลดลงเป็นศูนย์และ D_1 เริ่มนำกระแส ช่วงที่ 2 จะเริ่มวัดจาก เวลา t_1 ดังในรูป] เวลา t_1 สามารถหาได้จากสมการที่ 10 โดยสามารถตัดค่า i_m ที่ได้จากเปรียบเทียบกับ I_0

$$t_1 = \frac{1}{\omega} \sin^{-1} \frac{I_0}{E \frac{C}{2\alpha L}} \quad (11)$$

โดย x คือ commutation parameter

$$x = \frac{E \frac{C}{2\alpha L}}{I_0} \quad (12)$$

ช่วงที่ 2

รูปร่างจvในช่วงที่ 2 เหมือนจvในช่วงที่ 1 ดังนั้นสมการต่างๆที่ผ่านมาก็สามารถนำมาใช้กับช่วงนี้ได้เช่นกัน ช่วงที่ 2 จะดำเนินไปจนกระแสอิมพัลส์ผ่านค่าสูงสุดและลดลงถึงค่าที่ทำให้ i_1 เป็นศูนย์อีกครั้งจากค่าลบ เมื่อสิ้นสุดช่วงที่ 2 ไทรสเตอร์ 1 และ D_1 จะหยุดนำกระแสที่เวลา t_2 เมื่อ $i_1 = 0$ ดังนั้น

$$I_0 + \frac{E \frac{C}{2\alpha L}}{4L + 2\alpha L} \times \sin\left[\omega \frac{t_2}{2}\right] = 0 \quad (13)$$

นอกจากนี้สามารถหา t_2 ได้จากความจริงที่ว่า ที่เวลา t_2 กระแสใน D_1 เป็นศูนย์ D_1 หยุดนำกระแส และจะไม่มีรีเวิร์สไบอัสต่อมไทรสเตอร์ 1 เวลาการหยุดนำกระแส

$$t_q = t_2 - t_1 \quad (14)$$

จากสมการที่ 9, 10, 13

$$\frac{i_1(t_2)}{2} = \frac{\alpha I_0 \sin\left[\omega \frac{t_2}{2}\right] + i_m(t_2)}{I_0 + 2I_m} \quad (15)$$

$$\text{โดยที่ } I_m = \frac{1}{m} \left[\frac{Et}{4b + 2\omega L} \right]$$

และจะได้ว่า โวลต์เตจที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์

$$V_{c1}(t_2) = \frac{E}{2} + \frac{E}{2} \cos \left[\omega \cdot \frac{t}{2} \right] \quad (16)$$

$$V_{c2}(t_2) = \frac{E}{2} - \frac{E}{2} \cos \left[\omega \cdot \frac{t}{2} \right] \quad (17)$$

เมื่อ ไทริสเตอร์ 1 และ D_1 หยุดนำกระแสที่เวลา t_2 วงจรสมมูลจะเปลี่ยนเข้าสู่

ช่วงที่ 3

ช่วงที่ 3

วงจรสมมูลในช่วงที่ 3 แสดงได้ดังรูปที่ 7 ซึ่งช่วงนี้จะมีเงื่อนไขเริ่มต้นคือ

$$i_2(0) = \quad (18)$$

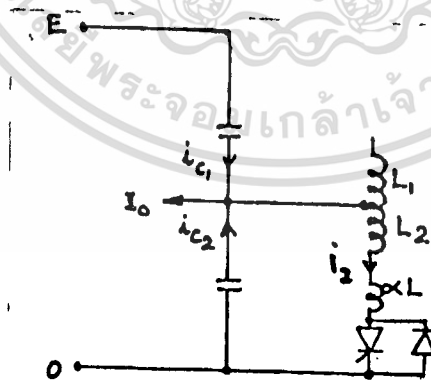


Fig. 7. Equivalent circuit during Interval III.

$$V_{c2}(0) = \quad (19)$$

ซึ่ง E'_1 และ E'_2 แสดงได้ดังสมการที่ 16 และ 17 ตามลำดับ กำหนดให้เวลาเริ่มต้นของช่วงนี้เป็น t_2 และเวลาในช่วงนี้คิดเป็น t' ดังนั้น

$$t' = t - t'_2$$

จากวงจรสมมูลจะได้อ

$$\frac{1}{2C} \int_{t_2}^t \frac{i'(t')}{2} dt' + (\alpha L + L) \frac{d}{dt'} \frac{i'(t')}{2} = E'_2 \quad (20)$$

ทำการแปลงลาปลาซสมการที่ 20 จะได้

$$\frac{1}{2Cs} \frac{i'(s)}{2} + (\alpha L + L) s \frac{i'(s)}{2} - I'_2 \frac{(L + \alpha L)}{2} = \frac{E'_2}{s} \quad (21)$$

$$\frac{i'(s)}{2} \left[\frac{1}{2Cs} + (\alpha L + L)s \right] - I'_2 \frac{(L + \alpha L)}{2} = \frac{E'_2}{s} \quad (22)$$

$$\frac{i'(s)}{2} \left[\frac{1 + 2(\alpha L + L)Cs}{2Cs} \right] - \frac{I'_2 (L + \alpha L)}{2} = \frac{E'_2}{s} \quad (23)$$

$$\frac{i'(s)}{2} \left[\frac{2CE'}{2} \right] + \left[\frac{2I'_2 Cs(L + \alpha L)}{2} \right] = \frac{E'_2}{1 + 2(\alpha L + L)Cs} \quad (24)$$

โดย $\frac{2I'_2 Cs(L + \alpha L)}{2} = \frac{I'_2 (L + \alpha L) 2C}{2}$

สามารถเขียนสมการได้ว่า

$$(25)$$

-(26)

$$i_2(t') = \frac{E'_2}{\omega_r(\alpha L + L)} \sin[\omega_r t'] + I'_2 \cos[\omega_r t'] \quad -(27)$$

ศักดาที่ตกคร่อม L_2 คือ

$$V_{L_2} = L \frac{d}{dt'} i_2(t') = \frac{L}{2\alpha L + L} \omega_r \cos[\omega_r t'] - I'_2 \omega_r L \sin[\omega_r t'] \quad -(28)$$

ถ้า $\alpha L \ll L$ แล้ว จะได้

$$V_{L_2} = \frac{E'_2}{2} \cos[\omega_r t'] - I'_2 \omega_r L \sin[\omega_r t'] \quad -(29)$$

เวลาในช่วงที่ 3 จะกำหนดได้โดยเลือกวิธีที่จะกำจัด trapped energy ใน L_2 รูปกราฟของ i_2 แสดงได้ดังสมการที่ 27

trapped energy

จากรูปคลื่นของกระแสในรูปที่ 3 ที่เวลา t_2 กระแสใน L_1 เท่ากับศูนย์ th_1 และ D_1 หดน้ำหนักกระแส ดังนั้นวงจรคอมมิวเตเตอร์จะประกอบไปด้วยวงจร LC วงจรสมมูลย์แสดงได้ดังรูปที่ 1 เงื่อนไขเริ่มต้นของวงจรขณะนั้นขึ้นอยู่กับแรงดันที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์และกระแสในอินดักเตอร์ ซึ่งกระแสใน L_2 จะเท่ากับ $I_0 + 2I_m$ ดังนั้น

trapped energy ใน $L_2 =$

และพลังงานนี้จะทำให้เกิดการออสซิลเลชันผ่าน C_1, C_2 และ L_2 จนกระทั่งพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สูญเสียไปในรูปของความร้อน เราสามารถปรับให้เวลานี้เร็วขึ้นโดยการใช้ damping resistor (R_d) และ diode (D_f) วิธีการนี้เหมาะสำหรับวงจรที่มีกำลังต่ำๆ วิธีการกำจัดพลังงานนี้อีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถจะเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรนี้โดยการนำเอาพลังงานที่สะสมป้อนกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟผ่านขดลวดของหม้อแปลงอีกขดหนึ่ง ดังแสดงในรูป] ในวิธี resistance damping เมื่อการคอมมิวเตชันสิ้นสุดลงแล้วแรงดันที่ตกคร่อม L_1, L_2 จะกลับทิศทำให้ไดโอด D_f ได้รับ forward bias ทำให้กระแสไหลผ่าน R_d ได้ ส่วนวิธีการป้อนพลังงานกลับ ไดโอด D_f จะได้รับ forward bias ก็ต่อเมื่อแรงดันที่ตกคร่อม L_2 เท่ากับ nE กระแสใน L_2 ก็จะถูกส่งไปยังขด feedback ทำให้ magneto motive force เกิดการสมดุลย์ เราจะกำหนดค่าของ mmf ในอินดักเตอร์ที่เป็นลิเนียร์ให้เท่ากับศูนย์โดยกำหนดค่าของ n, E และ L_1 ($=L_2=L$)

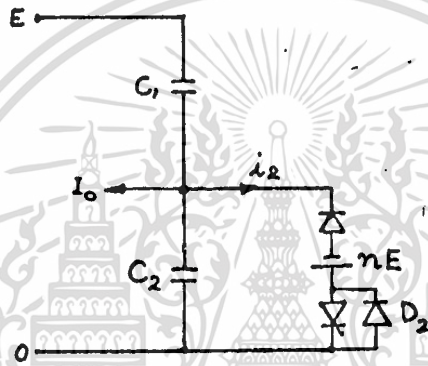


Fig. 8. Equivalent circuit during Interval IV (feedback).

ช่วงที่ 4

ช่วงนี้เป็นช่วงที่เราจะเลือกใช้วิธีการกำจัดพลังงานที่สะสมไว้ใน L_2 ซึ่งแบ่งออกได้เป็น

4.1 RESISTANCE DAMPING

วิธีนี้แสดงได้ดังรูปที่ 1 เมื่อแรงดันที่ตกคร่อม L_2 (สมการที่ 29) มีค่าเป็นลบ ไดโอด D_f จะถูก forward bias ที่เวลา t_3 ดังนั้นวงจรจะมี R_d ต่อคร่อมกับ commutate choke วงจรสมดุลย์จะมีการ damp แบบ RLC พลังงานที่เก็บไว้ใน L จะกระจายไปใน R_d ถ้าเราเลือกให้การ damp เป็นแบบ critical damp แล้ว เวลาที่ใช้จะน้อยที่สุด สำหรับพลังงานที่กระจายไปใน R_d สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P_D =$$

โดยที่ f_{sw} เป็นความถี่ของการคอมมิวเตชัน

4.2 ENERGY FEEDBACK

027002

การต่อวงจรโดยมีการป้อนพลังงานกลับแสดงได้ดังรูปที่ ๖ ช่วงนี้วงจรจะดำเนินต่อจากช่วงที่ 3 จนกระทั่ง $V_{L2} = -nE$

เงื่อนไขเริ่มต้นของช่วงที่ ๖ แสดงในรูปที่ ๖ และ ๗ ดังสมการที่ 27 และ 29 กำหนดให้ I''_2 เป็นค่าของ i_2 ที่เวลา $t=t_3$, aL เป็น leakage inductance ระหว่าง L_1 และ L_2 และระหว่างขดป้อนกลับ จะสมมติให้มีการคัปปลิงกันอย่างสมบูรณ์ ดังนั้น

$$V_{L2} = V_{C2} = -nE$$

วงจรสมบูรณ์ของช่วงนี้แสดงได้ดังรูปที่ ๖ เมื่อเกิดการป้อนกลับ กระแสคาปาซิเตอร์จะกลายเป็นศูนย์ เงื่อนไขของกระแสเริ่มต้น I''_2 จะมีผลต่อ mmf ซึ่งจะ transfer ไปยังขด secondary ตามอัตรา turn ratio กระแสไหลจะจ่ายผ่าน D_2 ไปยัง L_2 ขณะมีการป้อนกลับแรงดันที่ตกคร่อม L_2 จะเป็น $-nE$ เมื่อคิดค่า leakage inductance วงจรสมบูรณ์แสดงได้ดังรูปที่ ๖ แต่เมื่อ a มีค่าน้อยแล้วก็จะไม่มีผลกระทบมากดังนั้นที่เวลา t_3 ช่วงที่ 4 จะกำหนดให้ใช้เวลาใหม่เป็น t'' (เริ่มต้นที่เวลา t_3)

$$t'' = t - t_3$$

จากวงจรสมมูลดังรูปที่ 12 จะได้

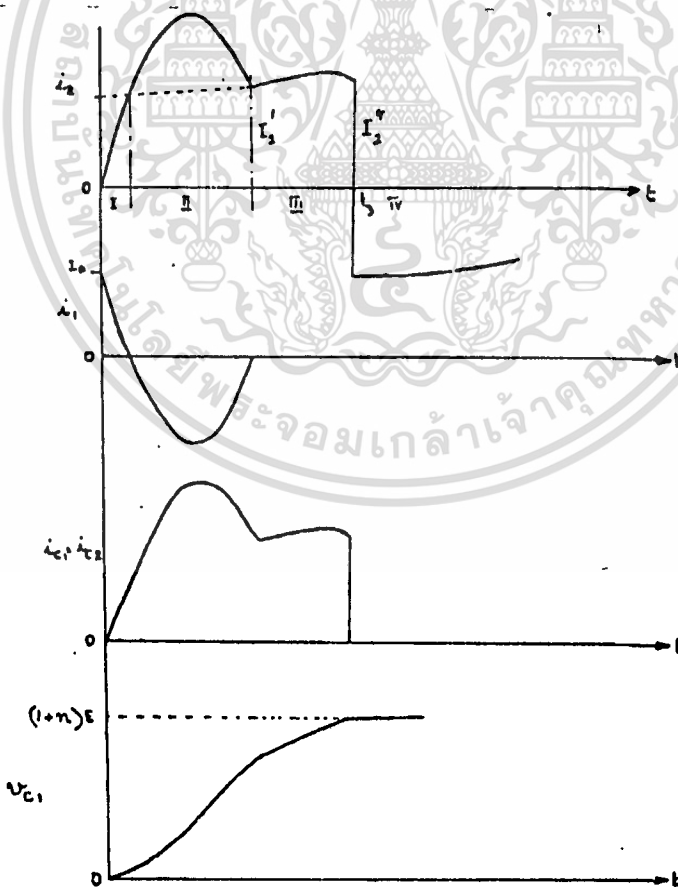


Fig. 9. Waveforms with feedback winding tightly coupled.

$$\frac{1}{2C} \int i_2(t'') dt'' + \alpha L \frac{d}{dt''} i_2(t'') = \frac{V}{c^2} \left[\frac{t}{3} \right] + nE \quad (30)$$

$$\frac{1}{2C\omega} i_2(s) + \alpha L s i_2(s) - \alpha L i_2'(s) = \frac{V}{c^2} \left[\frac{t}{3} \right] + nE \quad (31)$$

(32)



(33)

ให้ $\omega = \frac{1}{2CL}$

$$\frac{i_2(s)}{2} = \frac{V}{c^2} \left[\frac{s}{3} \right] + nE \frac{\omega}{s} \frac{1}{\alpha L \omega^2 + s^2} + I_2' \frac{s}{\omega^2 + s^2} \quad (34)$$

$$\frac{i_2(t)}{2} = \frac{V}{c^2} \left[\frac{t}{3} \right] + nE \frac{1}{\omega \alpha L} \sin\left[\frac{\omega}{\alpha L} t\right] + I_2' \cos\left[\frac{\omega}{\alpha L} t\right] \quad (35)$$

$$\omega = \sqrt{2} \cdot \omega \quad (36)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_2(t) = \frac{V_c \left[\frac{t}{3} \right] + nE}{\sqrt{2} \omega_0 aL} \sin \left[\sqrt{2} \omega_0 t \right] + \frac{1}{2} \cos \left[\sqrt{2} \omega_0 t \right] \quad (37)$$

กระแส i_2 จะออสซิลเลชันจนกระทั่งมีค่าเป็น $-I_0$ ซึ่งในระหว่างนี้กระแสไหลบางส่วนจะถูกจ่ายโดย C_1 และ C_2 เมื่อสิ้นสุดการออสซิลเลชัน กระแส i_2 จะมีค่าเป็น $-I_0$ กระแสในขดป้อนกลับมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่เกิดจาก core flux และกระแสที่แทนได้โดยกระแสไหล ผลของ aL จะทำให้โวลต์เตจของคาปาซิเตอร์เกิน $E(1+n)$ โดยที่พลังงานที่สะสมใน aL ไม่สามารถที่จะป้อนกลับไปได้ ซึ่งจะเป็นการสูญเสียในระหว่างการคอมมิวเตชันของวงจรถูก

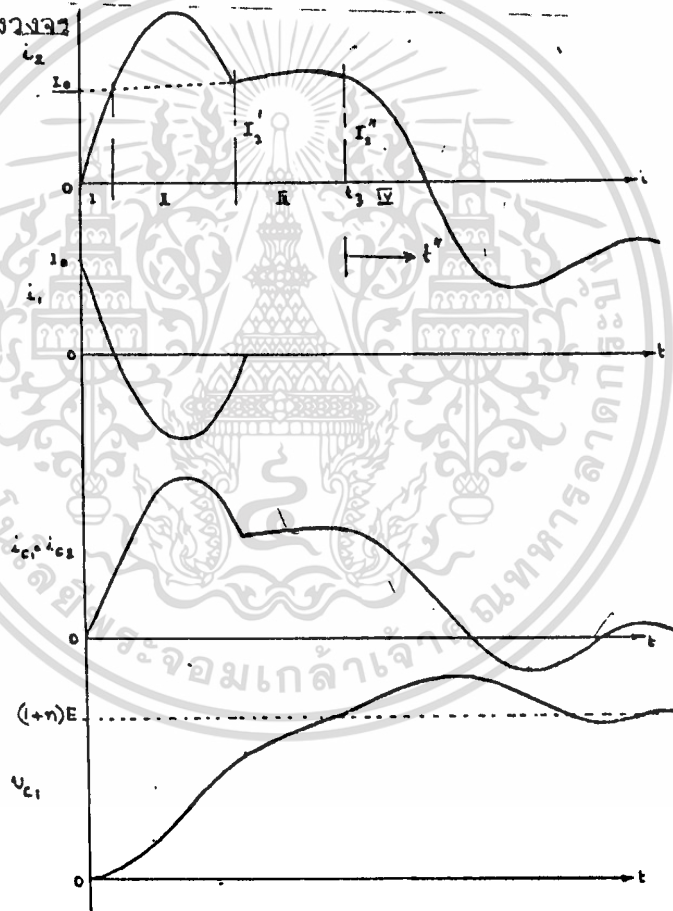


Fig. 11. Waveforms with lumped inductor in commutation circuit.

OPTIMIZATION

การออกแบบวงจรคอมมิวเตชันจะต้องคำนึงถึงขนาดของกระแสไหล turn-off time การออกแบบนี้จะเกี่ยวข้องกับ trapped energy ในอินดักเตอร์และคาปาซิเตอร์ ซึ่งต้องการให้มีค่าน้อยที่สุดและสามารถคอมมิวเตชันได้

n. trapped energy in inductor

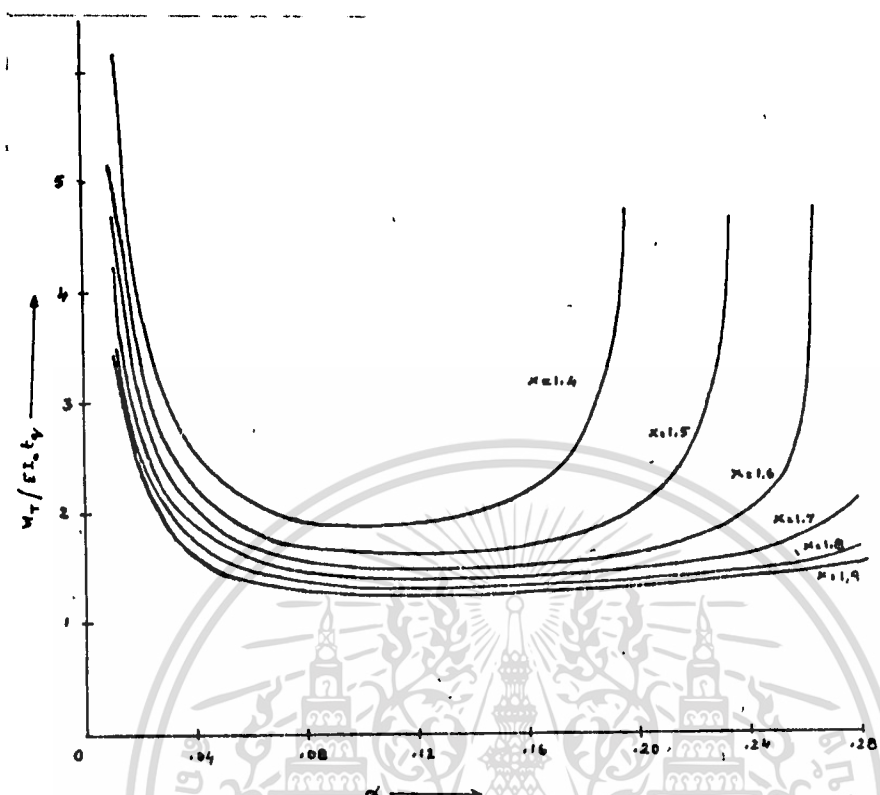


Fig. 12. Trapped energy functions versus commutation parameters α and x .

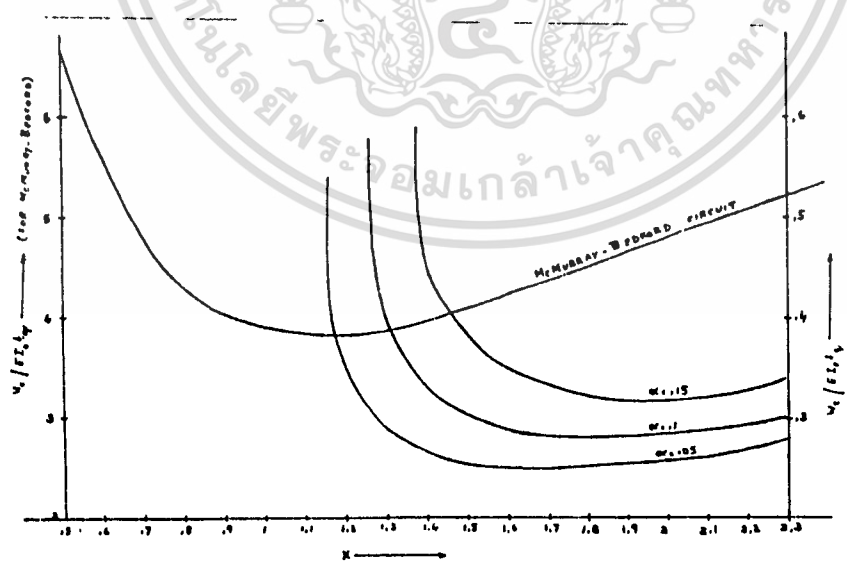


Fig. 13. Commutation capacitor energy versus commutation parameters x and α .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงสุดท้ายของการคอมมิวเตจ กระแสใน $L_2 = I_o + I_m$ จากรูปที่ 3

$$I_m = \frac{Et}{4L + 2\alpha L} \quad (39)$$

$$t_2 = t_1 + t_a \quad \text{หรือ}$$

$$t_2 = \frac{1}{\omega} \sin^{-1} \frac{1}{x} + t_a \quad (40)$$

เราจะหา t_a ได้โดยการแทนค่ากระแส magnetizing (i_m) ด้วยค่าคงที่ ซึ่งเมื่อแทนค่า i_m ที่ JJ แล้ว ค่าผิดพลาดจะมีขนาดน้อยมาก

$$i_m = \frac{n}{2} \frac{E}{\omega L} \frac{\sin \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right]}{2 \sqrt{4L + 2\alpha L}} \quad (41)$$

จากสมการ

$$I_o \sin \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right] = \frac{i_m}{2} \left[t_2 \right] + I_o \quad (42)$$

พิจารณา

$$\sin \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right] = \cos \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right] \quad (43)$$

$$\cos \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right] = \frac{i_m(t)}{I_o} + 1 \quad (44)$$

ถ้าแทนค่า $i_m (\omega/2)$ แล้วจะหาเวลา t_u ได้ดังนี้

$$\cos \left[\omega \frac{t}{2} \right] = \frac{\sqrt{\alpha LC}}{(4L + 2\alpha L) \times I} + \frac{i}{x} \quad (45)$$

$$2 \cos \left[\omega \frac{t}{2} \right] = \frac{\sqrt{\alpha LC}}{(4L + 2\alpha L) \times I} + \frac{i}{x} \quad (46)$$

$$\cos \left[\omega \frac{t}{2} \right] = \frac{2\alpha L}{4L + 2\alpha L} + \frac{i}{x} \quad (47)$$

$$2 \cos \left[\omega \frac{t}{2} \right] = \frac{1 + \frac{\pi \alpha}{2 + \alpha}}{x} \quad (48)$$

จากสมการที่ 40 จะได้

$$t_2 = \frac{1}{\omega} \left[\sin^{-1} \left[\frac{1}{x} \right] + 2 \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi \alpha}{2 + \alpha}}{x} \right] \right] \quad (49)$$

และจากสมการที่ 39 จะได้

$$I_m = E \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{\alpha L C}}{4L + 2\alpha L} \left[\sin^{-1} \left[\frac{1}{x} \right] + 2 \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi \alpha x}{2 + \alpha}}{x} \right] \right] \quad (50)$$

$$2\alpha I = \frac{\alpha}{\alpha + 2} \left[\sin^{-1} \left[\frac{1}{x} \right] + 2 \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi \alpha x}{2 + \alpha}}{x} \right] \right] \quad (51)$$

trapped energy ใน L_2

$$\frac{1}{2} L \left[\frac{1}{2} \right]^2 - \frac{1}{2} L \left[\frac{1}{\alpha + 2} \right]^2 \quad (52)$$

เทียบพลังงานที่สะสมและจะสูญเสียใน L กับพลังงานที่จ่ายให้กับโหลด $E_t \cdot I$

$$\frac{L}{2} \left[\frac{4\alpha I}{\alpha + 2 + \alpha} \left[\sin^{-1} \left[\frac{1}{x} \right] + 2 \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi \alpha x}{2 + \alpha}}{x} \right] \right] \right]^2 - \frac{E_t \cdot I}{\alpha} \quad (53)$$

$$\frac{L}{2} \left[\frac{4\alpha I}{\alpha + 2 + \alpha} \left[\sin^{-1} \left[\frac{1}{x} \right] + 2 \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi \alpha x}{2 + \alpha}}{x} \right] \right] \right]^2 - E I \cdot 4 \cdot \frac{\sqrt{\alpha L C} \cdot \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi \alpha x}{2 + \alpha}}{x} \right]}{\alpha} \quad (54)$$

เมื่อ α มีค่าน้อย

$$E(x, \alpha) = \left[1 + \frac{4\alpha}{2 + \alpha} \left(\sin^{-1} \frac{1}{x} + 2 \cos^{-1} \left(\frac{1 + \frac{\pi \alpha x}{2 + \alpha}}{x} \right) \right) \right] \quad (54)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น (1 + $\frac{\pi \alpha x}{2 + \alpha}$)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{E}{2I} \sqrt{\frac{C}{\alpha L}}$$

$$\frac{E}{2I} \omega \sqrt{4\alpha L C} \sqrt{\frac{C}{\alpha L}}$$

$$\frac{EC\omega}{I}$$

$$\frac{2}{\omega} \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi x \alpha}{2 + \alpha}}{x} \right]$$

$$\frac{2}{\omega t} \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi x \alpha}{2 + \alpha}}{x} \right]$$

$$\frac{I t x}{C} \left[\frac{1 + \frac{\pi x \alpha}{2 + \alpha}}{x} \right]$$

$$\frac{E}{I} \cdot 2 \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi x \alpha}{2 + \alpha}}{x} \right]$$

กำหนดเดี่ยวกันก็จะได้

$$\frac{E}{I} \cdot \omega \cdot 4\alpha L \cdot \frac{Et}{q}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 2x \cdot 4\alpha \cos^{-1} \left[\frac{1 + \frac{\pi x \alpha}{2 + \alpha}}{x} \right]$$

$$0.992Et \cdot \frac{1}{q}$$

$$1.147I \cdot \frac{C}{E}$$

turn ratio

อัตราส่วนของจำนวนรอบระหว่างชุดปฐมภูมิและทุติยภูมิจะมีผลต่อ

overshoot ของแรงดันคร่อมคาร์ปาซีเตอร์ด้วย ขณะเดี่ยวกันก็มีผลต่อค่า mmf ในคอมมิวเตตด้วย คือค่าอัตราส่วน (n) มากจะทำให้ overshoot ของโวลท์เทจคาร์ปาซีเตอร์สูงขึ้นแต่จะลด mmf reset time ดังนั้นค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมควรจะอยู่ในช่วง 0.1 < n < 0.2

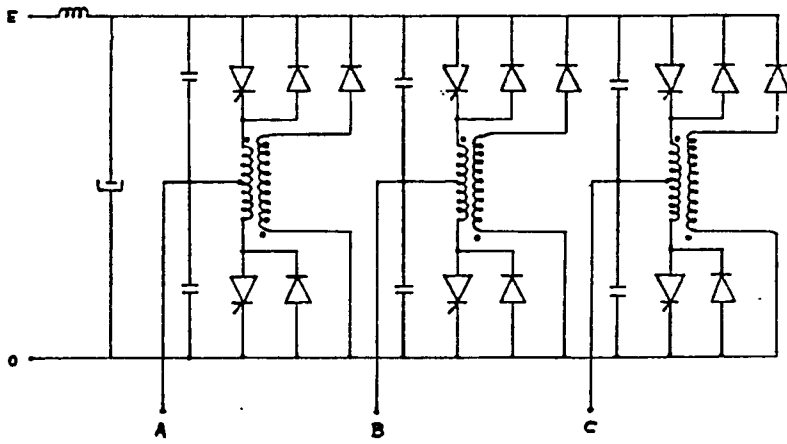


Fig. 14. Three-phase PWM inverter circuit.

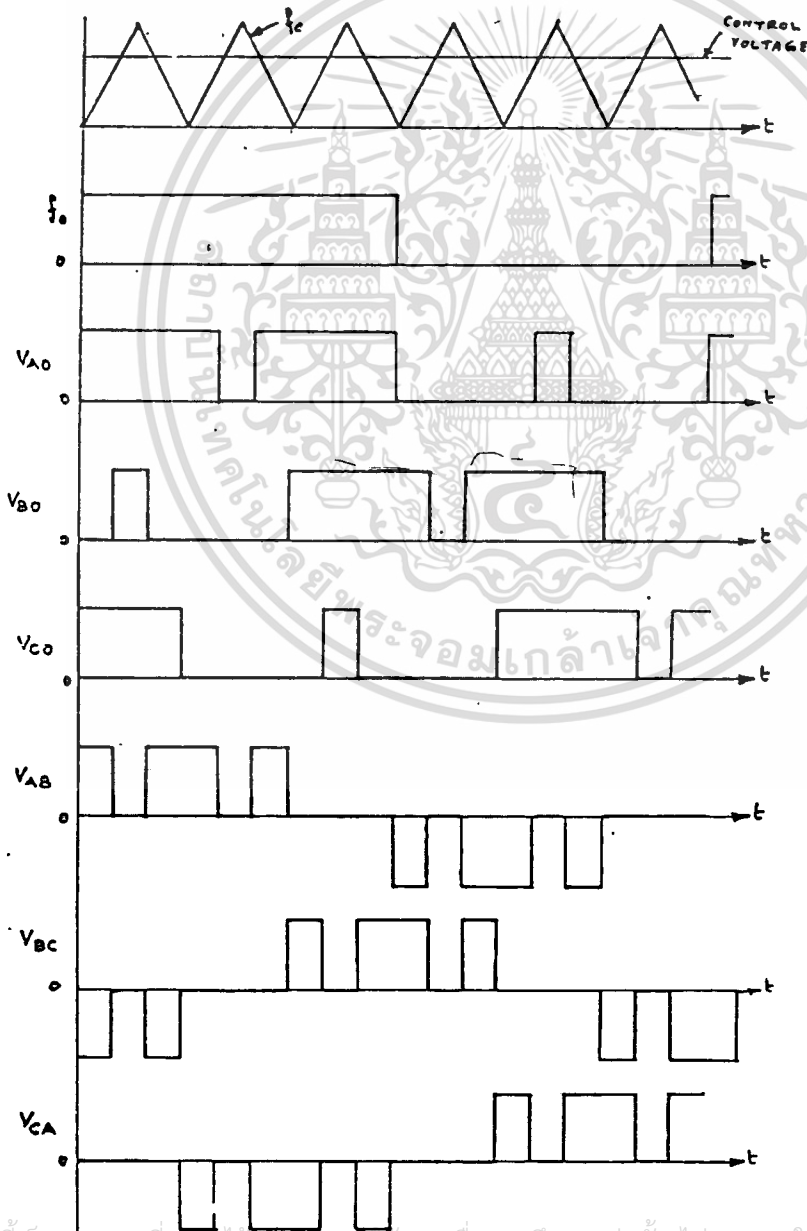


Fig. 15. Pulsewidth-modulation strategy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกๆ

การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์

ในโครงงานนี้ เลือกใช้ SCR เป็นอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งโดยเลือกใช้เบอร์ 178RLE60 ซึ่งเป็น SCR ที่ใช้เวลาในการหยุดนำกระแสให้น้อยมากเหมาะสำหรับนำมาใช้กับวงจรที่มีความถี่ในการสวิตช์ที่สูงเช่น วงจรที่ใช้รูปแบบการสวิตช์ซึ่งแบบควบคุมความกว้างของพัลส์ เป็นต้น

คุณสมบัติต่างๆทางไฟฟ้าของ SCR เบอร์ 178RLE60 มีดังนี้

	V _{RRM}	V _{DSM}	V _{RSM}	I _{T(RMS)}	I _O	I _{ISM}	I _F	I _{DM}	V _{TM}	d _v /d _t	d _i /d _t	I _{GT}	V _{GT}	I _n	T _{jw}	R _{th}	Weight	Torque	Out.	Heat
10	100	200	200	270	175	3,500	61,200	20	1.90	200	100	150	3	15	-40	0.15	200	340	39	RM-151
20	200	300	300						(I _{TM} =550A)						+			(270)		(see P.45)
30	300	400	400																	
40	400	500	500																	
60	600	700	700						2.20		200									
80	800	900	900						(I _{TM} =550A)											

เหตุผลสำคัญที่เลือกใช้ SCR เป็นอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งก็เพราะ SCR เป็นอุปกรณ์ที่สามารถทนกระแสได้สูงเหมาะสำหรับวงจรที่มีกำลังสูง แต่เนื่องจากโครงงานนี้ทำเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวงจรแบบนี้ไปใช้งานจริงในอนาคต ดังนั้นจึงจัดทำกำลังต่ำๆโดยได้ออกแบบที่ กำลัง 5.5 กิโลวัตต์ สำหรับวงจรที่ใช้วิธีการหยุดนำกระแสแบบบังคับ สิ่งที่สำคัญก็คือค่ากระแสสูงสุดที่สามารถบังคับให้อุปกรณ์สวิตช์ซึ่งหยุดนำกระแสได้ ในโครงงานนี้ทำการออกแบบไว้ที่ 25 แอมป์

จากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ SCR ที่ใช้เวลาในการหยุดนำกระแสเพียง 15 ไมโครวินาที แต่ในการใช้งานจริงเราจะต้องออกแบบที่ประมาณ 3 เท่าของเวลาที่ใช้คือประมาณ 45 ไมโครวินาที เมื่อนำค่าต่างๆที่กล่าวมาแล้วมาคำนวณโดยใช้สูตรที่ได้มาจากการวิเคราะห์เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดที่วงจรสามารถทำงานได้

$$E = 318 \text{ โวลต์ (ได้มาจากการนำไฟฟ้า 220 โวลต์มา เรคติไฟน์ได้เป็นกระแสตรง 318 โวลต์)}$$

$$t_d = 45 \text{ ไมโครวินาที}$$

$$I_o = 25 \text{ แอมป์}$$

$$C = 1.147 I_o t_d / E = 4 \text{ ไมโครฟารัด}$$

$$L = 0.992 E t_d / I_o = 0.5678 \text{ มิลลิเฮนรี่}$$

แต่ค่าที่ได้นี้จะต้องปรับปรุงเพื่อให้เข้ากับค่าของอุปกรณ์ที่มีขาย ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่า C = 6 ไมโครฟารัด และ L = 0.5 มิลลิเฮนรี่

นำค่าที่ได้ใหม่นี้มาหาค่า เวลาในการหยุดนำกระแส และกระแสสูงสุดที่สามารถบังคับหยุดได้

$$t_d = \sqrt{CL / 1.147 \times 0.992}$$

$$I_o = E \sqrt{(0.992 C) / (1.147 L)}$$

ค่าที่ได้คือ เวลาในการหยุดนำกระแส = 51 ไมโครวินาที

กระแสสูงสุดที่สามารถบังคับหยุดได้ = 32 แอมป์

ค่าที่ได้นี้จะเป็นการเพิ่มเพื่อความปลอดภัยด้วย

การออกแบบตัวเหนี่ยวนำ

INDUCTOR DESIGN

ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในโปรเจกต์นี้จะเป็นตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนเหล็ก โดยมีช่องว่างอากาศ (air gap) สำหรับปรับค่าความเหนี่ยวนำ ในการออกแบบจะออกแบบให้มีค่าช่องว่างอากาศค่อนข้างมากเพราะ ช่องว่างอากาศจะช่วยทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมีการเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น (linearity) มากขึ้น โดยปกติแล้ว ตัวเหนี่ยวนำแบบที่มีแกนเหล็กจะมีความเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับกระแสที่ผ่าน ช่องว่างอากาศจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยลง ข้อดีของตัวเหนี่ยวนำแบบนี้ก็คือลดจำนวนรอบของขดลวดลงเมื่อเทียบกับแบบแกนอากาศ ลดความสูญเสียทางวงจรแม่เหล็ก แต่ในขณะเดียวกัน น้ำหนักจะเพิ่มขึ้น การระบายความร้อน linearity จะแย่งด้วย

การออกแบบจะคำนึงถึง

1. ชนิด ลักษณะ โครงสร้าง และขนาดของแกนแม่เหล็ก
2. ชนิด รูปร่าง ขนาด และจำนวนรอบของขดลวดตัวนำ
3. ชนิด และลักษณะของฉนวน
4. ลักษณะ โครงสร้างของ case ตลอดจนการระบายความร้อน
5. คุณสมบัติทางไฟฟ้าและเชิงกลอื่นๆ

ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ค่าความเหนี่ยวนำ
2. ขนาดและรูปร่าง รวมทั้งความถี่ของกระแสและแรงดัน
3. กำลังสูญเสีย หรือประสิทธิภาพ หรือ temperature rise (T_{rise})
4. คุณสมบัติทางไฟฟ้าและเชิงกลอื่นๆ

การออกแบบจะอยู่ภายใต้ขีดจำกัดของ

1. สนามแม่เหล็กอิ่มตัวของแกนแม่เหล็ก
2. กำลังสูญเสียในลวดทองแดงหรือในแกนแม่เหล็ก
3. คุณสมบัติอื่นๆ เช่น

สมการที่ใช้ในการออกแบบ

จากขีดจำกัดของแกนแม่เหล็ก (saturation or core loss)

$$B_{max} = \frac{\Phi_{max}}{S} = \frac{\lambda_{max}}{SN} = \frac{L I_{peak}}{SN}$$

$$\Phi_{max} = \frac{L}{N} \times I_{peak} \quad \text{สนามแม่เหล็กแปรตามกระแสโดยตรง}$$

$$k_w = NA_w \quad \text{ขีดจำกัดของหน้าตัด}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

จากขีดจำกัดของลวดทองแดง (copper loss)

$$P_{cu} = I_{rms}^2 R$$

$$R = \rho \frac{l}{A_w}$$

$$J = \frac{I_{rms}}{A_w}$$

จากคุณสมบัติของวงจรมแม่เหล็กและตัวเหนี่ยวนำ

$$L = N^2 P_e = N^2 R_e$$

$$R_e = R_m + R_g \approx R_g = \frac{l_g}{\mu_0 \mu_r}$$

$$L = N^2 \frac{\mu_0 \mu_r}{l_g}$$

$$l_g = N^2 \frac{\mu_0 \mu_r}{L}$$

เราสามารถหาตัวแปรที่กำหนดขนาดของแกนแม่เหล็กได้ 2 วิธี คือ

1. Area Product (Ap)
2. Core geometry (Kg)

I. Design via area product Ap approach

โดยกำหนดให้ T_{rms} อยู่ในรูปของ J มีค่าอยู่ในช่วง 100 - 1,000 A/cm²

$$N = \frac{L I_{peak}}{B_{max} S}$$

$$k_w = \frac{N I_{rms}}{J}$$

แทนค่า $\frac{J}{N T_{rms}^2}$ $k_w = \frac{L I_{peak}}{B_{max} \cdot S} \cdot \frac{I_{rms}}{J}$

$$A_p = w \cdot S = \frac{L I_{peak} I_{rms}}{k B_{max} J}$$

ถ้า $I_{peak} = I_{rms}$

$$A_p = w \cdot S = \frac{L E_{peak}}{k B_{max} J}$$

เมื่อ $E_{peak} = \frac{1}{2} L I_{peak}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการออกแบบโดยวิธี Ap approach

1. จากข้อกำหนดและขีดจำกัดต่างๆ คำนวณค่า Ap
2. เลือกขนาดของแกนให้ Ap มากกว่าที่คำนวณได้
3. คำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดตัวนำ (N)
4. คำนวณหาขนาดของลวดตัวนำ (Aw)
5. เลือกเบอร์ของลวดทองแดงให้ค่า Aw มากกว่าที่คำนวณได้
6. คำนวณหา $P_{cu} = I_{rms}^2 * R$
7. ปรับค่า J เริ่มคำนวณใหม่จนได้ค่า P_{cu} ที่เหมาะสม
8. คำนวณหาขนาดของ air gap หรือค่า permeability ของแกน
9. คำนวณหาค่า fringing flux correction factor (F)

$$F = [1 + (lg/\sqrt{lm}) \{ \ln(2G/lg) \}]$$

10. ปรับระยะ air gap จนได้ค่า L ตามต้องการ



II. Design via core geometry Kg approach

กำหนด T_{rise} ในรูปของ P_{cu}

$$N = \frac{L I_{peak}}{B_{max} S}$$

$$A_w = \frac{k_w}{N}$$

$$l = N t$$

$$R_w = \frac{\rho l}{A_w} = \rho \frac{N^2 t}{k_w}$$

$$P_{cu} = I_{rms}^2 R_w$$

แทนค่าตัวแปรต่อ²

$$P_{cu} = I_{rms}^2 \rho \left(\frac{L \cdot I_{peak}}{B_{max} S} \right)^2 \frac{t}{k_w}$$

$$P_{cu} = 4\rho \frac{(\frac{1}{2} L I_{rms}^2) (\frac{1}{2} L I_{peak}^2) \cdot t}{k B_{max}^2 S^2}$$

ตัดค่าในตัวแปรต่อ²

$$k_g = \frac{W S^2}{t} = 4\rho \frac{(\frac{1}{2} L I_{rms}^2) (\frac{1}{2} L I_{peak}^2)}{k B_{max}^2 P_{cu}}$$

ถ้า $I_{peak} = I_{rms}$

$$k_g = \frac{W S^2}{t} = 4\rho \frac{(E_{peak})^2}{k B_{max}^2 P_{cu}}$$

เมื่อ $E_{peak} = \frac{1}{2} L I_{peak}^2$

ขั้นตอนในการออกแบบโดยวิธี Kg approach

1. จากข้อกำหนดและขีดจำกัด คำนวณหา Kg
2. เลือกขนาดของแกนให้ค่า Kg มากกว่าที่คำนวณได้
3. คำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดตัวนำ (N)
4. คำนวณหาขนาดของขดลวดตัวนำ (Aw)
5. เลือกเบอร์ของลวดทองแดงให้ Aw มากกว่าที่คำนวณได้
6. คำนวณหาขนาดของ air gap l_g หรือค่า permeability ของแกน
7. คำนวณหา fringing flux correction factor (F)
8. ปรับ l_g จนได้ค่า L ตามต้องการ





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

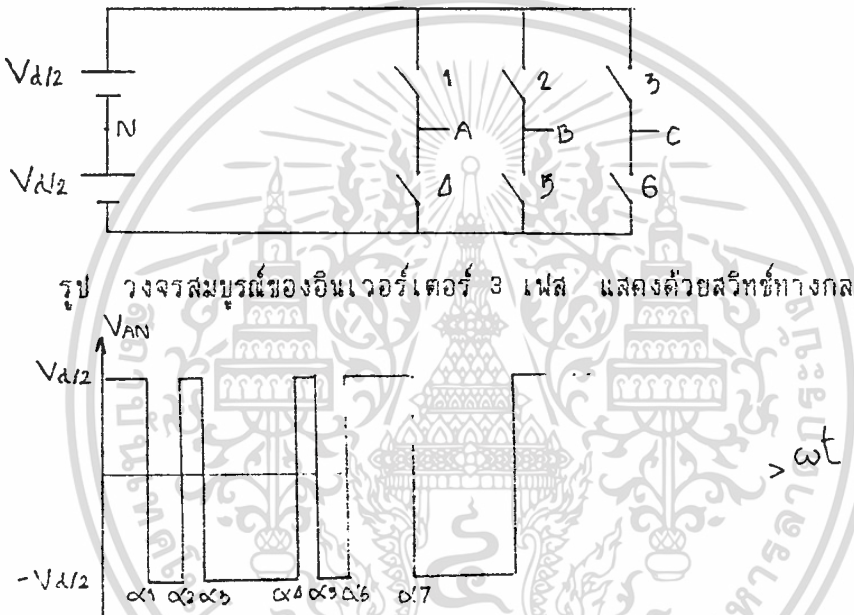
บทที่ 3

การกำจัดฮาร์โมนิกโดยวิธีการกำหนดมุม switching

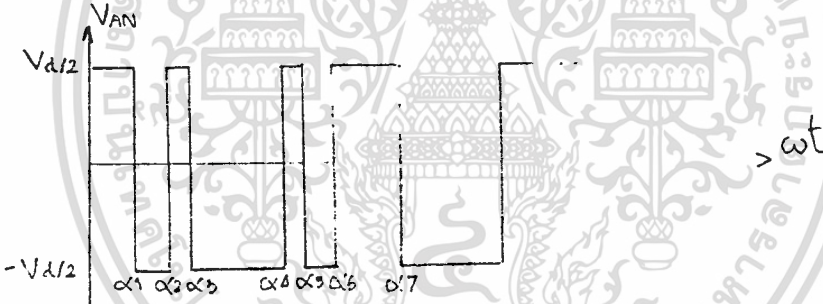
แนวทฤษฎีของการคอมมิวเตชัน ของอินเวอร์เตอร์ชนิด PWM ภายใต้การกำจัด ฮาร์โมนิก และควบคุมขนาดของคลื่นฟันคามาเมนทอลให้มีค่ามาก ๆ สามารถหาได้โดยวิธีการกำหนดควบคุมขนาดฮาร์โมนิก ของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ไมโครคอมพิวเตอรืชนิด 80386 สามารถที่จะควบคุมอุปกรณ์ 3 เฟสชุดนี้ให้ เป็นไปตามต้องการ โดยการออกแบบสำหรับเอาท์พุทโวลต์เตจตั้งแต่ความถี่ 7-60 Hz โดยมีการกำจัด ฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 และ 7 ให้น้อยลง และมีการควบคุมขนาดของคลื่นฟันคามาเมนทอล ให้สอดคล้อง กับความถี่เอาท์พุท ในลักษณะ V/f คงที่

การกำจัดฮาร์โมนิก

เป็นที่ทราบกันแล้วว่าการปรับปรุงการทำงานของมอเตอร์ที่ซึ่งควบคุมฮาร์โมนิกที่ปรากฏที่เทอร์มินอลของอินเวอร์เตอร์



รูป วงจรสมบรูณ์ของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แสดงด้วยสวิตซ์ทางกล



รูป คลื่นเอาท์พุทโวลต์เตจของอินเวอร์เตอร์ทั่วไป

โดยจะแทนลักษณะทางรูปคลื่นที่ต้องการคือ

- 1 เป็นคาบ
- 2 เป็นรูปคลื่นที่สมมาตรเมื่อเทียบกับแกน 90 เมื่อคิดครึ่งคาบแรก ส่วนครึ่งคาบหลังจะเหมือนกับครึ่งคาบแรกเพียงแต่มีแต่มีเฟสตรงกันข้าม
- 3 เมื่อกระจายฟังก์ชันออกเป็นอนุกรมของฟูเรียร์จะได้เป็นรูปคลื่นฮาร์โมนิกคือ เนื่องจากมีพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครึ่งไซเคิลลบซึ่งลักษณะเหล่านี้จะแทนลักษณะของรูปคลื่นเอาท์พุทโวลต์ที่เจดของอินเวอร์เตอร์
 เมื่ออินเวอร์เตอร์มีการคอมมิวเตจ M ครั้งภายใน 1/4 ของคาบและเราสามารถหาขนาดขององค์ประกอบอาร์โมนิกได้โดยสมการ

$$V_{max_n} = R(-1)^7 \cdot 2vd/n \cdot \sum (-1)^{i+1} \cdot \cos(\alpha n i)$$

$$n = 2k-1 \quad (k=1,2,3) \text{ แสดงลำดับของ harmonic}$$

$$r = +1 \quad \forall AN(wt) = Vd/2 \quad \alpha M < wt < \pi/2$$

$$r = -1 \quad \forall AN(wt) = Vd/2 \quad \alpha M < wt < \pi/2$$

เมื่อ i คือมุมคอมมิวเตจ (i=1,...,M) เช่นเดียวกับ $0 < 1 < 2 < \dots < m < \pi/2$
 จำนวนมุมคอมมิวเตจ M มุมภายใน 1/4 คาบ สามารถที่จะควบคุมขนาดขององค์ประกอบของอาร์โมนิกที่เป็นไปได้คือกำจัดอาร์โมนิกจำนวน M-1 ลำดับและสามารถที่จะควบคุมขนาดคลื่นพื้นดาเมนทอลให้มีค่าอยู่ระหว่าง

$$0 < V_1 < 4/\pi \cdot Vd$$

การหามุมคอมมิวเตจของโวลต์ที่เจดอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสชนิด PWM

ในการหามุม M มุมใน 1/4 คาบเพื่อที่จะกำจัดอาร์โมนิกจำนวน M-1 ลำดับ จากสมการคือสมการ 2 ซึ่งสามารถที่จะแก้สมการได้ดังนี้

$$V_1 = \text{ค่าคงที่}$$

$$V_5 = V_7 = V_{11} = \dots = V_m = 0$$

เมื่อ $m = 6k-1, k=1,2,3$ เมื่อโวลต์เป็น 3 เฟส อาร์โมนิก v

(k=1,2,3...) คืออาร์โมนิกที่มีลำดับเป็นค่าพหุคูณของ 3 จะไม่สร้างกระแสอาร์โมนิกขึ้น จึงไม่จำเป็นต้องกำจัด 3, 9, 15, 18

ในการออกแบบอินเวอร์เตอร์นั้นจะออกแบบเพื่อให้สามารถกำจัดอาร์โมนิกลำดับต่ำๆได้ ในโครงการนี้เลือกกำจัดอาร์โมนิกที่ 5 และ 7 ซึ่งจะมีมุมคอมมิวเตจ 3 มุมใน 1/4 คาบ เราสามารถที่จะออกแบบให้กำจัดอาร์โมนิกที่ 5, 7, 11, 13 แต่จะมีผลเสียคือ บัพมมสวิตซึ่งมีมากขึ้นจะทำให้อินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพต่ำลง เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานในการคอมมิวเตจ ในการปฏิบัติเพื่อเลือกจำนวนมุมคอมมิวเตจ (จำนวนอาร์โมนิกที่ต้องการกำจัด) จึงขึ้นอยู่กับพิจารณาที่ว่า "การที่มีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการคอมมิวเตจของอินเวอร์เตอร์ จะเป็นผลให้มีกำลังสูญเสียลดลงในมอเตอร์เอชซี เนื่องจากการมีอาร์โมนิกลดลงในแรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์อย่างน้อยเพียงใด แต่ถ้าความถี่ต่ำสุดของคลื่นอาร์โมนิกที่มีอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นฮาร์โมนิกที่มีอยู่ในคลื่น PWM นี้มีค่าสูงกว่าความถี่ของคลื่นฟันดาเมทอลมาก ๆ แล้ว ก็จะสามารถทำการกรองคลื่นฮาร์โมนิกเหล่านี้ทิ้งด้วยค่าอินดักแตนซ์ ของมอเตอร์เอง

แสดงการสร้างสมการ เพื่อการแก้สมการออกมาเพื่อหาค่ามมคอมมิวเตท

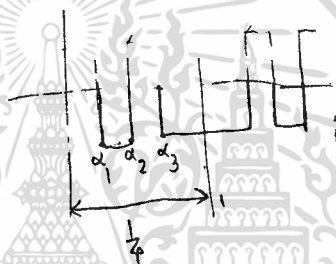
1 ต้องการกำจัดฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 และ 7

2 กำหนดการใช้ขนาดของคลื่นเป็นดาเมทอล = ค่าคงที่ มีค่าตั้งนี้ $0 < V_1 < 4 \times V_d$ และมีมมคอมมิวเตท 3 มุม คือ 1, 2, 3,

3 $V_d = 1$

$$\begin{cases} V_1 = \text{ค่าคงที่} = 2V_d/\pi = (1 - 2 \cos(\alpha_1) + 2 \cos(\alpha_2) - 2 \cos(\alpha_3)) \\ V_5 = 0 = 1 - 2 \cos(5\alpha_1) + 2 \cos(5\alpha_2) - 2 \cos(5\alpha_3) \\ V_7 = 0 = 1 - 2 \cos(7\alpha_1) + 2 \cos(7\alpha_2) - 2 \cos(7\alpha_3) \end{cases}$$

จากสมการ ใช้วิธีการทางนิวเมอริคอลแก้สมการออกมาโดยใช้คอมพิวเตอร์จะได้ค่ามุม 1, 2, 3 ดังตาราง เมื่อเปลี่ยนขนาดของฟันดาเมทอลตั้งแต่ค่าต่ำสุดจนถึงสูงสุดตามสมการ



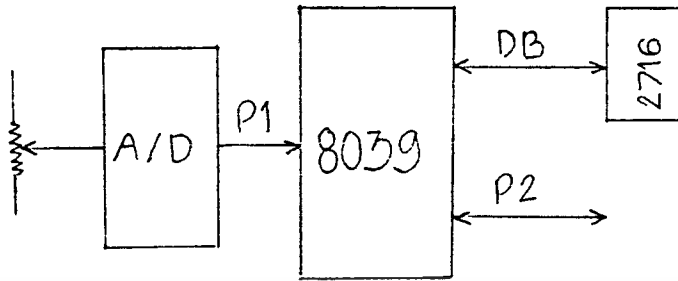
Handwritten notes and calculations:

- 10 - 20 Hz
- 20 - 50 Hz
- 30 - 50 Hz
- 5, 7 3 มุม
- Handwritten numbers: 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91, 93, 95, 97, 99

ฮาร์โมนิกลำดับที่	% ของฮาร์โมนิก
1	100
3	0
5	0.851
7	0.654
9	0
11	70.583
13	25.583
15	0
17	4.336

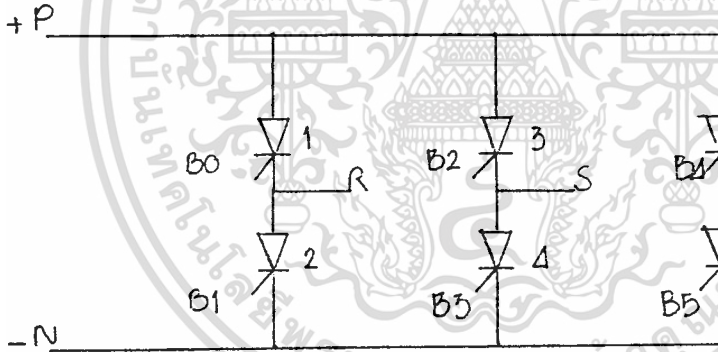
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างแพทเทอร์น PWM

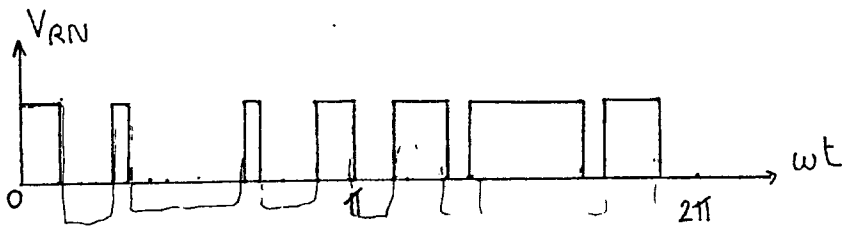


บล็อกไดอะแกรมด้านฮาร์ดแวร์ของการสร้าง
แพทเทอร์นแบบ นีตัมบลิวเอ็ม

จากข้อการกำจัดการโมดิกโดยการกำหนดมุมสวิทซึ่งเราจะได้ลักษณะรูปร่าง
ของสัญญาณของแรงดันแต่ละเฟส เมื่อวัดเทียบกับจุด N ดังรูป ทำให้เราสามารถ
สร้างสัญญาณทริกให้แก่ไทรสเตอร์ แต่ละตัวได้ เราทราบแล้วว่าไทรสเตอร์ที่อยู่ในเฟส
เดียวกันจะสลับกันน้ำกระแส



รูป วงจรกำลังและแรงดันเมื่อวัดจุด R เทียบกับจุด N



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบแพทเทอรันแบบพีคดับลิวเอ็ม

1) บิท 0 กับบิท 1, บิท 2 กับบิท 3, บิท 4 กับบิท 5 จะต้องเอาที่ออฟเฟส (out of phase) กัน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้คู่ไทรสเตอร์ทำงานพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้ไทรสเตอร์เสียหายได้

2) เนื่องจากเฟส S ล้าหลังเฟส R อยู่ 120 องศา ดังนั้นบิท 2 จะต้องล้าหลังบิท 1 อยู่ 120 องศา เนื่องจากเฟส T ล้าหลังเฟส S อยู่ 120 องศา ดังนั้นบิท 4 จะต้องล้าหลังบิท 2 อยู่ 120 องศา บิททั้ง 6 คือ บิท 0-บิท 5 คือเอาที่พจนอร์ทของ 8039 โดยที่พอร์ท 1 เป็นอินพุทพอร์ท และพอร์ท 2 คือเอาที่พจนอร์ท จะได้ว่า

1. B2 มีเฟสล้าหลัง B0 อยู่ 120 องศา
2. B4 มีเฟสล้าหลัง B2 อยู่ 120 องศา
3. B1 ต่างเฟสกับ B0 ไป 180 องศา ในทำนองเดียวกันกับ B3 กับ B2 และ B5 กับ B4
4. ผลต่างของ B0 กับ B2 คือ R-S ในทำนองเดียวกัน B4 กับ B2 คือ S-T และ B4 กับ B0 คือ T-R

หลักในการสร้างข้อมูล

จากรูป เป็นแพทเทอรันของคลื่นพีคดับลิวเอ็ม ชนิดที่มุมสวิทชิงคงที่ซึ่งในโครงงานนี้กำหนดที่ 16° , 32° และ 46° เราจะแบ่งแพทเทอรัน 1 คาบนั้นออกเป็น 180 ช่วง ดังนั้น 1 ช่วงมีค่าเท่ากับ 2 องศา B0, B1, B2, B3, B4, และ B5 แทนสถานะสวิทชิงของสัญญาณ พีคดับลิวเอ็ม แต่ละช่วงตัวอย่างเช่น

ช่วงที่ 1	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
สถานะสวิทชิง	1	0	1	0	0	1	0	1	= A5H
ช่วงที่ 2	0	0	1	0	0	1	0	1	= 25H

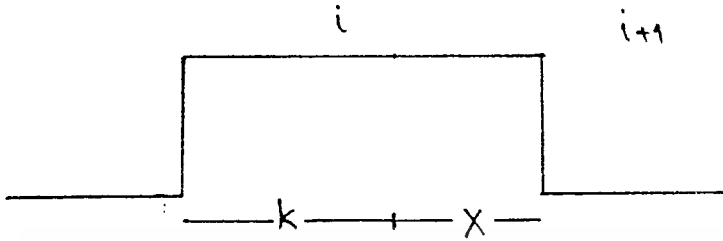
B7 จะเป็นลอจิก 1 และ 0 สลับกันทุก 2 องศา จะได้ว่าบิทนี้เป็นคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความถี่เป็น 90 เท่าของความถี่เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์ .

B6 ในสถานะ รั้นโปรแกรมปกติจะเป็นลอจิก "0" ตลอด แต่เมื่อ ซีพียู ได้รับสัญญาณอินเทอร์รัพท์ เราจะกำหนดโดยซอฟต์แวร์ ให้บิทนี้เอาท์พุทค่าลอจิก "1" ออกมา และดับสัญญาณ B0-B5 และ B7 ให้เป็นลอจิก "0"

อาจนำ ไปใช้ในกรณีเกิดฟอลท์ที่วงจรเมน

จะเห็นได้ว่าแพทเทอรัน 1 ช่วง (2 องศา) มีการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วย

ความจำโปรแกรม 1 ไบท์ ดังนั้น 1 คาบจะใช้หน่วยความจำ 180 ไบท์ โดยข้อมูลทั้ง 180 ไบท์ นี้จะถูกอ่านโดย ซีพียู แล้วถูกหน่วงเวลาโดยซอฟต์แวร์แล้ว เอาที่พุดออกไปทางพอร์ต 2 เรียงตามลำดับที่ละไบท์ โดยในช่วงการหน่วงเวลา จะมีคำสั่งอ่านค่าข้อมูลเพื่อเลือกความถี่ที่ต้องการผ่านอินพุทพอร์ต (พอร์ต 1)



รูป การกำหนดความถี่ของแพทเทอรัน

ใน 1 ช่วง (2 องศา) ของรูปการหน่วงเวลาจะแบ่งเป็น 2 ช่วงย่อย

คือ ช่วง k และช่วง x

ช่วง k นี้จะเป็นตัวกำหนดค่าความถี่สูงสุด (ค่า k เป็นค่าคงที่ที่เรากำหนดขึ้น) ช่วง k นี้จะมีค่าเท่ากันทุกความถี่

ช่วง x ช่วง x นี้จะขึ้นกับค่าข้อมูล (n) ที่อ่านเข้ามาจากอินพุทพอร์ตโดย n มีค่าตั้งแต่ 0-225 นทอ 00-FF ในกรณีเป็นเลขฐาน 16

เมื่อ $n = 0$ ช่วง x จะมีค่าน้อย เพราะฉะนั้นความถี่ของแพทเทอรันจึงสูง

เมื่อ $n = 225$ ช่วง x จะมีค่ามาก เพราะฉะนั้นความถี่ของแพทเทอรันจึงต่ำ

จากรูปแสดงแพทเทอรัน สรุปลงได้ดังนี้

1) แพทเทอรัน 1 ครบ (360องศา) แบ่งออกเป็นช่วงเท่าๆกัน จะได้ว่า 1

ช่วง แทน 2 องศา

2) 1 ช่วงจะหน่วยความจำ 1 ไบท์ ในการเก็บข้อมูลของสภาวะสวิตช์

3) ที่หน่วยความจำโปรแกรมแอดเดส 301-3B4 เป็นที่เก็บข้อมูลจำนวน 180 ไบท์ โดยเก็บในลักษณะที่เป็นร. เรียงข้อมูล โดยกำหนดให้รีจิสเตอร์ (Register) ทำหน้าที่ชี้ตำแหน่งข้อมูลให้แก่โปรแกรม

รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเอ็กซีคิวท์ (Execute) โปรแกรม

A เป็นแอดคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายข้อมูล

RO เป็นรีจิสเตอร์ ที่ทำหน้าที่ชี้ตำแหน่งข้อมูล

R1 เป็นรีจิสเตอร์ ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่อ่านเข้ามาทางพอร์ต 1 ชั่วคราว,
เป็น ตัวนับ

R2 เป็นรีจิสเตอร์ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวนับ



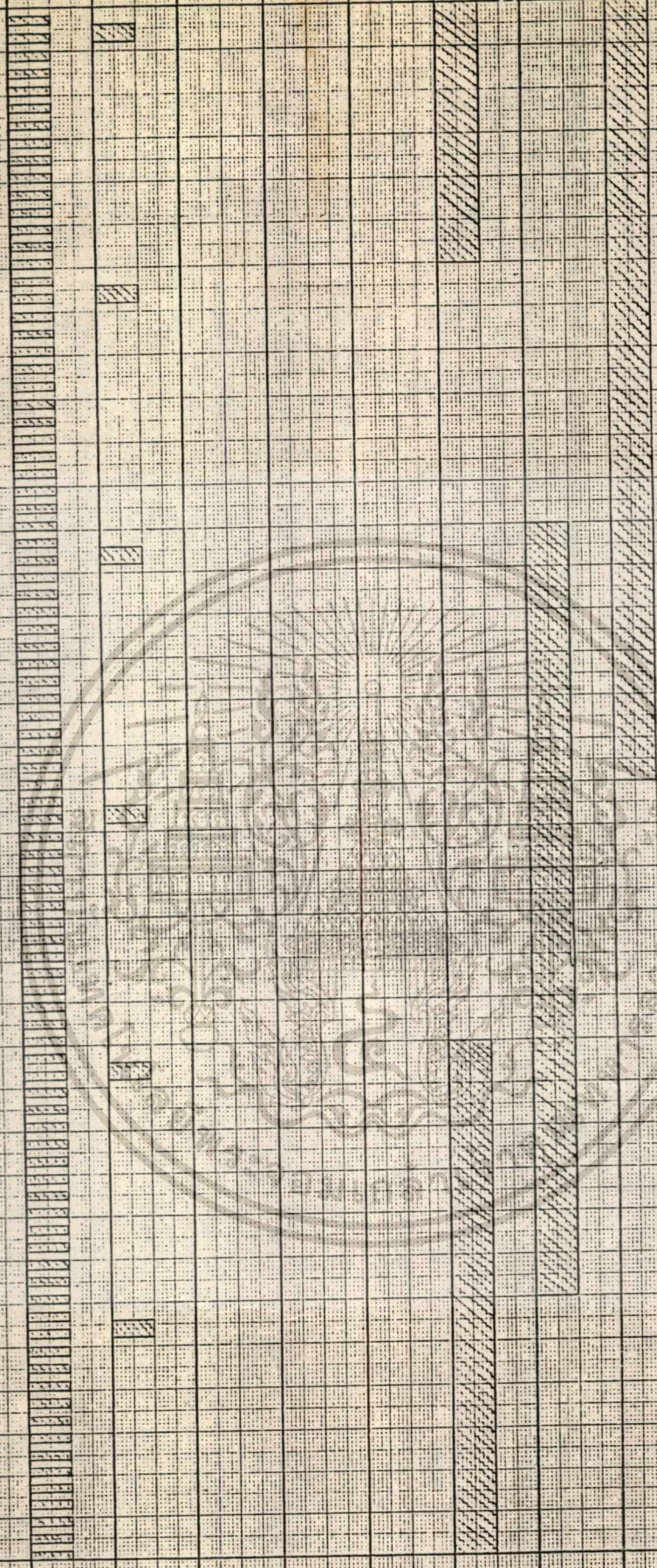
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๘๖

๘๗

๘๘

๘๙

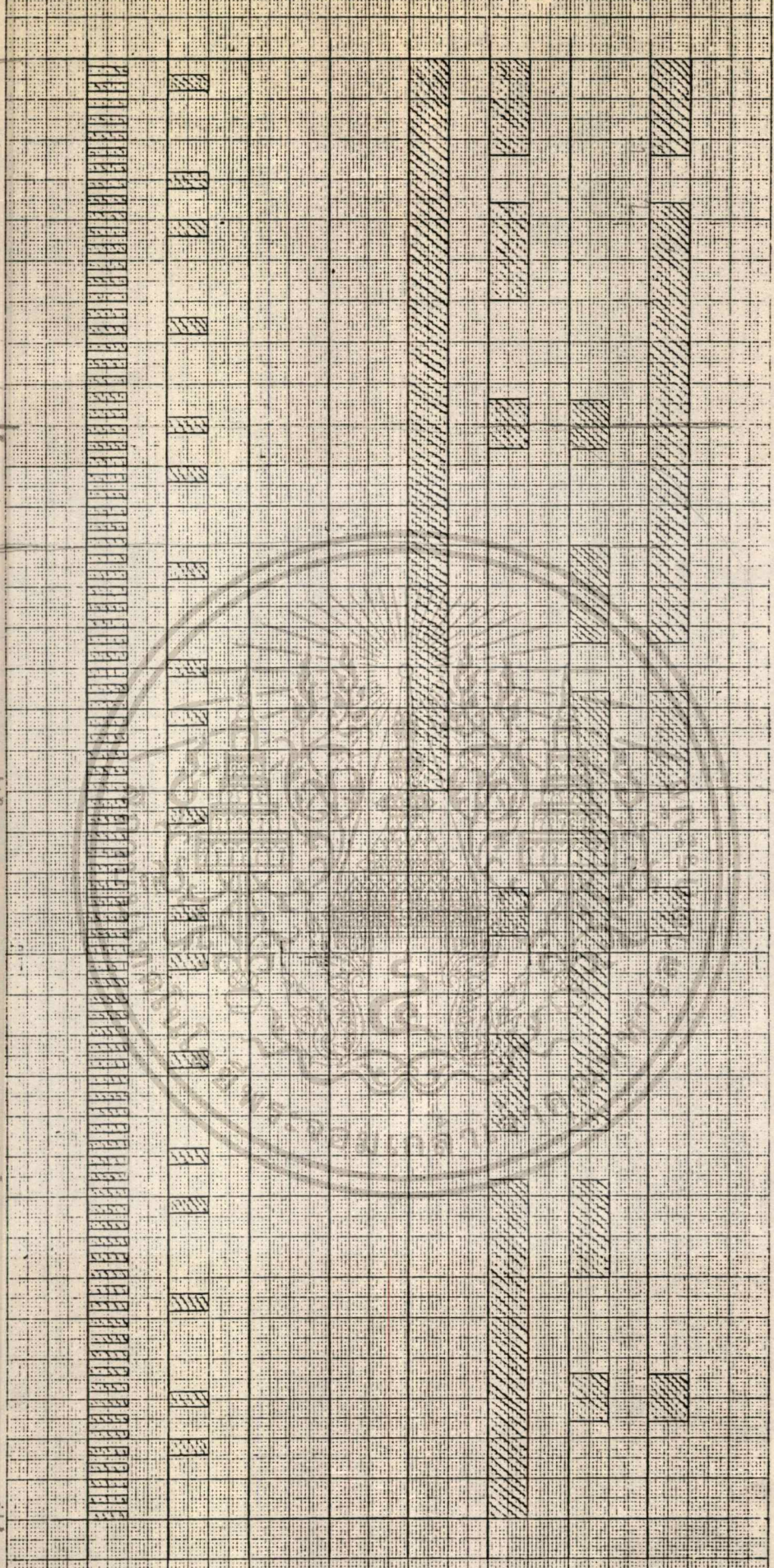


๑. ๑๐๒๒๒๒๒๒
 ๒. ๑๐๒๒๒๒๒๒
 ๓. ๑๐๒๒๒๒๒๒

เอกสารนี้เป็น
 ไม่ควรกรอ

ยชนด้านการค้า
 มีการนำไปใช้

0° 120° 180° 240° 300°



2021 คร. 2 - 3 - 1
 DRAWING 5 - 5WHT
 DIMENSIONAL
 $d_1 = \dots$
 $d_2 = \dots$
 DT 9.1 / 2.1
 DT 2 - 01221
 5177 - 50121

เอกสารนี้
 ไม่ควรกร

ยชน์ด้านการค้า
 การนำไปใช้

๑๖

๑๔

๑๙

๑๘

๑๕

๑๖

๑๖

๑๘

๑๘

๑๘

๑๘

เอกสารนี้
ไม่วาง

NO. 1 1/2

CH. 1 1/2

1 1/2

1 1/2

1 1/2

1 1/2

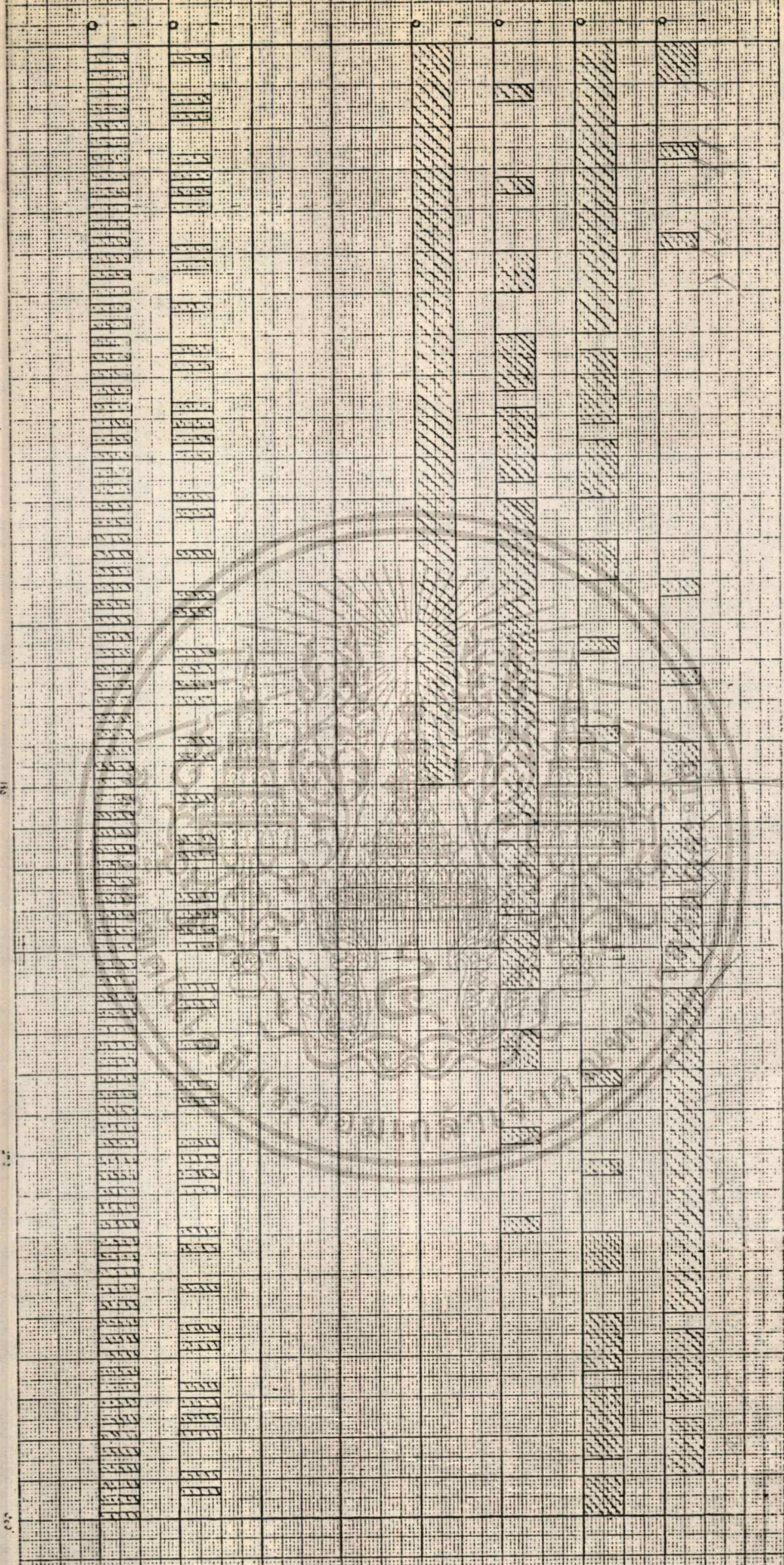
1 1/2

1 1/2

1 1/2

1 1/2

ยชน์ด้านการค้า
มีการนำไปใช้



๖๘
๖๘
๖๘

เอกสารนี้เป็น
ไม่ว่ากรณี

ชนด้านการค้า
การนำไปใช้

โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของ 8039 ในส่วนรีเซ็ตและอินเทอร์พท์

แอดเดรส	ภาษาเครื่อง	ลาเบล	ออปโค้ด	โอเปอร์เรนด์	คอมเมนต์
001	0409	RESET:	JMP	MAIN	; กระโดดไปที่ MAIN
001	00		NOP		
003	2340	ISR:	MOV	A, #H40	; เอาค่า 40H (ฐาน 16) ไว้ที่ A
005	3A		OUTL	P2, A	; เอาที่พุกค่าที่ A ออก ไปทางพอร์ท 2
006	0403		JMP	ISR	; กระโดดไปที่ตำแหน่ง ISR
008	93		RETR		
009	05	MAIN:	EN	I	; อีนาเบิ้ลอินเทอร์พท์
00A	75		ENTO	CLK	; เอาสัญญาณนาฬิกา ที่ขา TO
00B	2400		JMP	PWM	; กระโดดไปที่ตำแหน่ง PWM
100	BB B4	PWM:	MOV	RO, #HB4	; กำหนดตำแหน่งเริ่มต้น ตารางข้อมูลโดย RO=B4
102	FB	OUT:	MOV	A, RO	; ย้ายค่าที่เก็บใน RO ไป ไว้ที่ A
103	E3		MOV P3	A, @A	; นำค่าข้อมูลที่ชี้ตำแหน่ง โดยแอสแอส A (ที่ เลข 3) เก็บไว้ที่ A
104	3A		OUTL	P2, A	; เอาที่พุกค่าที่ A (สภา วะสวิทชิง) ออกไปที่ พอร์ท 2
105	23 FF		MOV	A, #HFF	; ย้ายค่า FF (ฐาน 16) เก็บไว้ที่ A
107	39		OUTL	P1, A	; เอาที่พุกค่าที่ A ออก ไปที่พอร์ท 1 นั่นคือ การเซตบิตของพอร์ท 1 ให้เป็นลอจิก "1" ทุกบิต
108	09		IN	A, P1	; ย้ายค่าข้อมูลที่พอร์ท 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาเก็บไว้ที่ A ซึ่งการ
รับอินพุทของ 8039
จะใช้วิธีการทำให้บิตที่
พอร์ท 1 ดึงลอจิคอลเป็น
" 0 " ในกรณีที่ค่าอินพุท
เป็น "0" ถ้าเป็น "1"
ก็ค่าเท่าเดิม

109	A9	MOV	R1,A	;ย้ายค่าที่ A เก็บไว้ที่รี จิสเตอร์ R1 ชั่วคราว
10A	BA	MOV	R2	;ย้ายค่าข้อมูล (ฐาน16) เก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ R2 ชั่วคราว
10C	EA OC	LOOP1: DJNZ	R2,LOOP1	;ลดค่าที่เก็บใน R2 ลง ไปเรื่อยๆจนเท่ากับศูนย์
10E	E9 OE	LOOP2: DJNZ	R1,LOOP2	;ลดค่าที่เก็บใน R1 ลง ไปเรื่อยๆจนเท่ากับศูนย์
110	C8	DEC	RO	;ลดค่าที่เก็บในรีจิสเตอร์ RO ลง 1
111	F8	MOV	A,RO	;ย้ายค่าจาก RO ไปที่ A
112	C6 00	JZ	PWM	;ถ้าค่าที่ A = 0 กระ โดดไปที่ตำแหน่ง PWM
114	24 02	JMP	OUT	;กระโดดไปที่ตำแหน่งOUT

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K , ค่าที่รับเข้ามาทางพอร์ท 1 กับความถี่

- X = ค่าที่เก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ R2
- n = ค่าที่รับเข้ามาทางพอร์ท 1 เก็บไว้ที่ R1 จะเป็นค่ากำหนดความถี่ของ
แพทเทอรัน
- f = ความถี่ของแพทเทอรัน
- f_c = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาของระบบ

เราจะทำการศึกษาค่าความถี่ของแพทเทอรันสัมพันธ์กับค่าคงที่ K , ค่า N
อย่างไร เราจำเป็นต้องศึกษาถึงจำนวนแมชชีน ไซเคิล (machine cycle) ที่ใช้ในการ
เอ็กซีคิวต์ (Execute) แต่ละคำสั่ง และคำสั่งของ 8039 นี้ ในการเอ็กซีคิวต์ 1 แมชชีนไซ
เคิล จะใช้สัญญาณนาฬิกา 5 ลูก (จำนวนแมชชีน ไซเคิลของแต่ละคำสั่งใช้ตามคำสั่งของ
8039)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 การคำนวณเวลา

การวนลูป	ลาเบล	คำสั่ง	จำนวนเมม ทักซ์ไซเคิล	การคำนวณเวลา
ลูป OUT ใน 1	PWM	MOV R0, #HB4	2	2
คาบ จะวนลูป 180 ครั้ง	OUT	MOV A, R0	1	
		MOV P3 A, @A	2	
		OUTL P2, A	2	14*180 = 2520
		MOV A, #HFF	2	
ลูป 1 ใน 1 ลูปจะมีการวน K ครั้ง ลูป 2 ใน 1 ลูปจะมี การวน n ครั้ง		OUTL P1, A	2	
		IN A, P1	2	
		MOV R1, A	1	
		MOV R2, _	2	
		LOOP1 DJNZ R2, LOOP1	2	2K*180 = 360K
		LOOP2 DJNZ R1, LOOP2	2	2n*180 = 360n
		DEC R0	1	
MOV A, R0	1	4*180 = 720		
JZ PWM	2			
JMP OUT	2	2*179 = 358		
				360n+360K+3600

ใน 1 คาบของสัญญาณ พัดบลิว เอ็ม จะใช้คำสั่ง จำนวนเมมทักซ์ไซเคิลดังนี้
 แมชชีนไซเคิล = $360n + 360K + 3600$

สัญญาณนาฬิกา = $5(360n + 360K + 3600)$

$$T = 1800n + 1800K + 18,000 \text{ ลูป}$$

คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาคือ $1/f_c$

เวลาที่ใช้ในการสร้างแพทเทิร์นแบบ พัดบลิว เอ็ม 1 ลูปคือ

$$T = (1,800 + 1,800K + 18,000) / f_c$$

$$\Rightarrow f = (f_c) / (1800n + 1800K + 18,000) \Rightarrow \therefore f_c / f = 1800n + 1800K + 18000 = T$$

ค่า n นั้นรับเข้าจากพอร์ท 1 มีค่าน้อยที่สุดคือ 1 มากที่สุดคือ 255 และสัญญาณนาฬิกาของระบบที่ใช้คือ 3.67 MHz (เมื่อใช้คริสตอล 11 MHz) ในการออกแบบนั้นค่า K จะมีผลต่อความถี่สูงสุดมากกว่าความถี่ต่ำสุด

ในการกำหนดความถี่สูงสุด $n = 1, f_c = 3.67 \text{ MHz}$

ต้องการความถี่สูงสุดประมาณ 60 Hz

$$60 = (3.67 * 10^6) / ((1,800 * 1) + 1,800K + 18,000)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $K = 22.9$

เมื่อใช้ K ประมาณ 23 เราจะได้ว่าความถี่สูงสุด ($n = 1$)

$$f = (3.67 \times 10^8) / 1,800n + (1,800 \times 23) + 18,000$$

$$f = 59.9 \text{ Hz}$$

ความถี่ต่ำสุด ($n = 255$)

$$f = (3.67 \times 10^8) / (1,800 \times 255) + 59,400$$

ในส่วนโปรแกรมเราจะต้องใช้ค่า $K = 23$ (17 Hz) เราจะได้ว่าความถี่ของแพทเทิร์นสูงสุดประมาณ 60 Hz และต่ำสุด 7 Hz ถ้าเราต้องการความถี่สูงหรือต่ำกว่านี้ก็สามารถทำได้โดยการลดหรือเพิ่มค่า K ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

.ORG 00H
NOP
RESET:  JMP  MAIN
NOP
ISR:    MOV  A,#20H
OUT:    OUTL P2,A
        JMP  ISR
        RETR
MAIN:   EN  I
        JT1  PROG2
        JTO  PROG1
        JMP  PAT.1
PROG1:  JMP  PAT.2
PROG2:  JTO  PROG3
        JMP  PAT.3
PROG3:  JMP  PAT.4

:  PATTERN 1.  :
.ORG 100H
PAT.1:  MOV  R0,#300H
        MOV  R1,#0B4H
OUT.1:  MOV  A,R0
        MOVPS A,@A
        OUTL P2,A
INPUT:  MOV  A,#0FFH
        OUTL P1,A
        IN   A,P1
        MOV  R2,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV    R3,#10H
LOOP1: DJNZ  R3,LOOP1
LOOP2: DJNZ  R2,LOOP2
INC    R0
DEC    R1
MOV    A,R1
JZ     PAT.1
JMP    OUT.1

```

```

:          PATTERN 1          :
:                               :
:          SQUARE WAVE PATTERN :

```

```
.ORG 300H
```

```

:LINE 01: \.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 45H\.BYTE 0C5H\.BYTE 05H\.BYTE 85
:LINE 02: \.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H
:LINE 03: \.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H
:LINE 04: \.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H
:LINE 05: \.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H
:LINE 06: \.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 41H\.BYTE 0C1H\.BYTE 01H\.BYTE 81
:LINE 07: \.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H
:LINE 08: \.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H
:LINE 09: \.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H
:LINE 10: \.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H
:LINE 11: \.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 43H\.BYTE 0C3H\.BYTE 03H\.BYTE 83
:LINE 12: \.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H
:LINE 13: \.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H
:LINE 14: \.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H
:LINE 15: \.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H
:LINE 16: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 42H\.BYTE 0C2H\.BYTE 02H\.BYTE 82

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

:LINE 17: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H
:LINE 18: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H
:LINE 19: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H
:LINE 20: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H
:LINE 21: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 46H\.BYTE 0C6H\.BYTE 06H\.BYTE 86
:LINE 22: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H
:LINE 23: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H
:LINE 24: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H
:LINE 25: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H
:LINE 26: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 44H\.BYTE 0C4H\.BYTE 04H\.BYTE 84
:LINE 27: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H
:LINE 28: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H
:LINE 29: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H
:LINE 30: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: PATTERN. 2 :

```
.ORG 4COH
PAT.2:  MOV    R0,#400H
        MOV    R1,#0B4H
OUT.2:  MOV    A,R0
        MOVP  A,@A
        OUTL  P2,A
INPUT2: MOV    A,#0FFH
        OUTL  P1,A
        IN   A,P1
        MOV   R2,A
        MOV   R3,#10H
LOOP3:  DJNZ  R3,LOOP3
LOOP4:  DJNZ  R2,LOOP4
        INC   RO
        DEC   R1
        MOV   A,R1
        JZ   PAT.2
        JMP  OUT.2
:
:
:  ELIMINATED HAR. - 5
:
:  SWITCHING ANGLE.- 24,36
:
```

.ORG 400H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

:LINE 01: \.BYTE 0DH\.BYTE 8DH\.BYTE 4DH\.BYTE OCDH\.BYTE 0DH\.BYTE 8D
:LINE 02: \.BYTE 0DH\.BYTE 8DH\.BYTE 0DH\.BYTE 8DH\.BYTE 0DH\.BYTE 8DH
:LINE 03: \.BYTE 08H\.BYTE 88H\.BYTE 48H\.BYTE OC8H\.BYTE 08H\.BYTE 88
:LINE 04: \.BYTE 0DH\.BYTE 8DH\.BYTE 4DH\.BYTE OCDH\.BYTE 0DH\.BYTE 8D
:LINE 05: \.BYTE 0DH\.BYTE 8DH\.BYTE 0DH\.BYTE 8DH\.BYTE 0DH\.BYTE 8DH
:LINE 06: \.BYTE 09H\.BYTE 89H\.BYTE 49H\.BYTE OC9H\.BYTE 09H\.BYTE 89
:LINE 07: \.BYTE 09H\.BYTE 89H\.BYTE 09H\.BYTE 89H\.BYTE 09H\.BYTE 89H
:LINE 08: \.BYTE 0FH\.BYTE 8FH\.BYTE 4FH\.BYTE OCFH\.BYTE 0FH\.BYTE 8F
:LINE 09: \.BYTE 09H\.BYTE 89H\.BYTE 49H\.BYTE OC9H\.BYTE 09H\.BYTE 89
:LINE 10: \.BYTE 09H\.BYTE 89H\.BYTE 09H\.BYTE 89H\.BYTE 09H\.BYTE 89H
:LINE 11: \.BYTE 0BH\.BYTE 8BH\.BYTE 4BH\.BYTE OCBH\.BYTE 0BH\.BYTE 8B
:LINE 12: \.BYTE 0BH\.BYTE 8BH\.BYTE 0BH\.BYTE 8BH\.BYTE 0BH\.BYTE 8BH
:LINE 13: \.BYTE 08H\.BYTE 88H\.BYTE 48H\.BYTE OC8H\.BYTE 08H\.BYTE 88
:LINE 14: \.BYTE 0BH\.BYTE 8BH\.BYTE 4BH\.BYTE OCBH\.BYTE 0BH\.BYTE 8B
:LINE 15: \.BYTE 0BH\.BYTE 8BH\.BYTE 0BH\.BYTE 8BH\.BYTE 0BH\.BYTE 8BH
:LINE 16: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 42H\.BYTE OC2H\.BYTE 02H\.BYTE 82
:LINE 17: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H
:LINE 18: \.BYTE 07H\.BYTE 87H\.BYTE 47H\.BYTE OC7H\.BYTE 07H\.BYTE 87
:LINE 19: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 42H\.BYTE OC2H\.BYTE 02H\.BYTE 82
:LINE 20: \.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H
:LINE 21: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 46H\.BYTE OC6H\.BYTE 06H\.BYTE 86
:LINE 22: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H
:LINE 23: \.BYTE 00H\.BYTE 80H\.BYTE 40H\.BYTE OCOH\.BYTE 00H\.BYTE 80
:LINE 24: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 46H\.BYTE OC6H\.BYTE 06H\.BYTE 86
:LINE 25: \.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H\.BYTE 06H\.BYTE 86H
:LINE 26: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 44H\.BYTE OC4H\.BYTE 04H\.BYTE 84
:LINE 27: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H
:LINE 28: \.BYTE 07H\.BYTE 87H\.BYTE 47H\.BYTE OC7H\.BYTE 07H\.BYTE 87
:LINE 29: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 44H\.BYTE OC4H\.BYTE 04H\.BYTE 84
:LINE 30: \.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: PATTERN. 3 :

```
.ORG 500H  
PAT.3:  MOV    R0,#500H  
        MOV    R1,#0B4H  
OUT.3:  MOV    A,R0  
        MOVP   A,@A  
        OUTL   P2,A  
INPUT3: MOV    A,#0FFH  
        OUTL   P1,A  
        IN     A,P1  
        MOV    R2,A  
        MOV    R3,#10H  
LOOP5:  DJNZ   R3,LOOP5  
LOOP6:  DJNZ   R2,LOOP6  
        INC    RO  
        DEC    R1  
        MOV    A,R1  
        JZ     PAT.3  
        JMP    OUT.3
```

```
:          PATTERN 3          :  
:          :                  :  
:  ELIMINATED HAR. - 5,7    :  
:          :                  :  
:  SWITCHING ANGLE.- 14,38,44 :
```

.ORG 500H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

:LINE 01: \.BYTE 0BH\.BYTE 0CBH\.BYTE 0BH\.BYTE 8BH\.BYTE 0BH\.BYTE 8B
 :LINE 02: \.BYTE 0BH\.BYTE 8AH\.BYTE 0EH\.BYTE 0CEH\.BYTE 4EH\.BYTE 8A
 :LINE 03: \.BYTE 4AH\.BYTE 8AH\.BYTE 0AH\.BYTE 8AH\.BYTE 0AH\.BYTE 8AH
 :LINE 04: \.BYTE 0AH\.BYTE 8BH\.BYTE 4BH\.BYTE 8BH\.BYTE 0AH\.BYTE 8EH
 :LINE 05: \.BYTE 4EH\.BYTE 0CEH\.BYTE 0EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0EH\.BYTE 8E
 :LINE 06: \.BYTE 0AH\.BYTE 0CAH\.BYTE 0AH\.BYTE 8AH\.BYTE 0AH\.BYTE 8A
 :LINE 07: \.BYTE 0AH\.BYTE 8EH\.BYTE 0CH\.BYTE 0CCH\.BYTE 4CH\.BYTE 8E
 :LINE 08: \.BYTE 4EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0EH\.BYTE 8EH
 :LINE 09: \.BYTE 0EH\.BYTE 8AH\.BYTE 4AH\.BYTE 8AH\.BYTE 8EH\.BYTE 8CH
 :LINE 10: \.BYTE 4CH\.BYTE 0CCH\.BYTE 0CH\.BYTE 8CH\.BYTE 0CH\.BYTE 8C
 :LINE 11: \.BYTE 0EH\.BYTE 0CEH\.BYTE 0EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0EH\.BYTE 8E
 :LINE 12: \.BYTE 0EH\.BYTE 8CH\.BYTE 0DH\.BYTE 0CDH\.BYTE 0DH\.BYTE 8C
 :LINE 13: \.BYTE 4CH\.BYTE 8CH\.BYTE 0CH\.BYTE 8CH\.BYTE 0CH\.BYTE 8CH
 :LINE 14: \.BYTE 0CH\.BYTE 8EH\.BYTE 4EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0CH\.BYTE 8DH
 :LINE 15: \.BYTE 4DH\.BYTE 0CDH\.BYTE 0DH\.BYTE 8DH\.BYTE 0DH\.BYTE 8D
 :LINE 16: \.BYTE 04H\.BYTE 0C4H\.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 84
 :LINE 17: \.BYTE 04H\.BYTE 85H\.BYTE 01H\.BYTE 0C1H\.BYTE 41H\.BYTE 85
 :LINE 18: \.BYTE 45H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H
 :LINE 19: \.BYTE 05H\.BYTE 84H\.BYTE 44H\.BYTE 84H\.BYTE 05H\.BYTE 81H
 :LINE 20: \.BYTE 41H\.BYTE 0C1H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81
 :LINE 21: \.BYTE 05H\.BYTE 0C5H\.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85
 :LINE 22: \.BYTE 05H\.BYTE 81H\.BYTE 03H\.BYTE 0C3H\.BYTE 43H\.BYTE 81
 :LINE 23: \.BYTE 41H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H
 :LINE 24: \.BYTE 01H\.BYTE 85H\.BYTE 45H\.BYTE 85H\.BYTE 01H\.BYTE 83H
 :LINE 25: \.BYTE 43H\.BYTE 0C3H\.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83
 :LINE 26: \.BYTE 01H\.BYTE 0C1H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81
 :LINE 27: \.BYTE 01H\.BYTE 83H\.BYTE 02H\.BYTE 0C2H\.BYTE 42H\.BYTE 83
 :LINE 28: \.BYTE 43H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H
 :LINE 29: \.BYTE 03H\.BYTE 81H\.BYTE 41H\.BYTE 81H\.BYTE 03H\.BYTE 82H
 :LINE 30: \.BYTE 42H\.BYTE 0C2H\.BYTE 02H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

:LINE 03: \.BYTE 0BH\.BYTE 0CBH\.BYTE 0AH\.BYTE 0CAH\.BYTE 0EH\.BYTE 0
:LINE 04: \.BYTE 0AH\.BYTE 0CAH\.BYTE 0AH\.BYTE 8AH\.BYTE 0AH\.BYTE 8B
:LINE 05: \.BYTE 4BH\.BYTE 8EH\.BYTE 4EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0EH\.BYTE 8EH
:LINE 06: \.BYTE 0AH\.BYTE 0CAH\.BYTE 0AH\.BYTE 8AH\.BYTE 0AH\.BYTE 8C
:LINE 07: \.BYTE 4CH\.BYTE 8EH\.BYTE 4EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0EH\.BYTE 8EH
:LINE 08: \.BYTE 0AH\.BYTE 0CAH\.BYTE 0EH\.BYTE 0CEH\.BYTE 0CH\.BYTE 0
:LINE 09: \.BYTE 0EH\.BYTE 0CEH\.BYTE 0EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0EH\.BYTE 8A
:LINE 10: \.BYTE 4AH\.BYTE 8CH\.BYTE 4CH\.BYTE 8CH\.BYTE 0CH\.BYTE 8CH
:LINE 11: \.BYTE 0EH\.BYTE 0CEH\.BYTE 0EH\.BYTE 8EH\.BYTE 0EH\.BYTE 8D
:LINE 12: \.BYTE 4DH\.BYTE 8CH\.BYTE 4CH\.BYTE 8CH\.BYTE 0CH\.BYTE 8CH
:LINE 13: \.BYTE 0EH\.BYTE 0CEH\.BYTE 0CH\.BYTE 0CCH\.BYTE 0DH\.BYTE 0
:LINE 14: \.BYTE 0CH\.BYTE 0CCH\.BYTE 0CH\.BYTE 8CH\.BYTE 0CH\.BYTE 8E
:LINE 15: \.BYTE 4EH\.BYTE 8DH\.BYTE 4DH\.BYTE 8DH\.BYTE 0DH\.BYTE 8DH
:LINE 16: \.BYTE 04H\.BYTE 0C4H\.BYTE 04H\.BYTE 84H\.BYTE 04H\.BYTE 81
:LINE 17: \.BYTE 41H\.BYTE 85H\.BYTE 45H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 85H
:LINE 18: \.BYTE 04H\.BYTE 0C4H\.BYTE 05H\.BYTE 0C5H\.BYTE 01H\.BYTE 0
:LINE 19: \.BYTE 05H\.BYTE 0C5H\.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 84
:LINE 20: \.BYTE 44H\.BYTE 81H\.BYTE 41H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H
:LINE 21: \.BYTE 05H\.BYTE 0C5H\.BYTE 05H\.BYTE 85H\.BYTE 05H\.BYTE 83
:LINE 22: \.BYTE 43H\.BYTE 81H\.BYTE 41H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 81H
:LINE 23: \.BYTE 05H\.BYTE 0C5H\.BYTE 01H\.BYTE 0C1H\.BYTE 03H\.BYTE 0
:LINE 24: \.BYTE 01H\.BYTE 0C1H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 85
:LINE 25: \.BYTE 45H\.BYTE 83H\.BYTE 43H\.BYTE 82H\.BYTE 03H\.BYTE 83H
:LINE 26: \.BYTE 01H\.BYTE 0C1H\.BYTE 01H\.BYTE 81H\.BYTE 01H\.BYTE 82
:LINE 27: \.BYTE 42H\.BYTE 83H\.BYTE 43H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 83H
:LINE 28: \.BYTE 01H\.BYTE 0C1H\.BYTE 03H\.BYTE 0C3H\.BYTE 02H\.BYTE 0
:LINE 29: \.BYTE 03H\.BYTE 0C3H\.BYTE 03H\.BYTE 83H\.BYTE 03H\.BYTE 81
:LINE 30: \.BYTE 41H\.BYTE 82H\.BYTE 42H\.BYTE 82H\.BYTE 02H\.BYTE 82H
.
END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

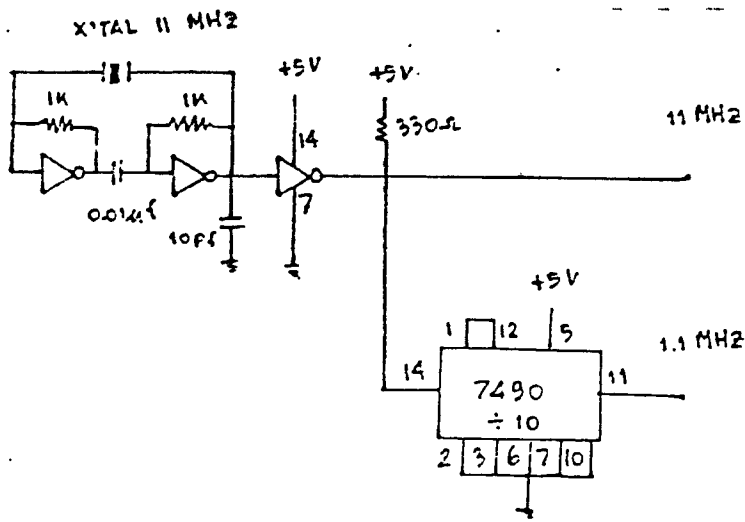
การออกแบบวงจรสร้างสัญญาณทริก

วงจรสร้างสัญญาณทริก จะเป็นตัวสร้างสัญญาณไปกระตุ้นทรานซิสเตอร์ ให้ทำงานเป็นไปตามลำดับที่ต้องการ และวงจรทริกนี้จะแยกออกจากวงจรถ่ายส่งโดยผ่านพัลส์ทรานส์ฟอร์มเมอร์ ก่อนเข้าขาเกตของทรานซิสเตอร์ เพื่อป้องกันการเป็นอันตรายของวงจรทริก

ในกรณีที่อินเวอร์เตอร์ต่อโหลดเป็นอินดักทีฟ กระแสจะไม่สามารถกลับเปลี่ยนไปไหลผ่านทรานซิสเตอร์ตัวใหม่ได้ทันที ภายหลังจากที่ทรานซิสเตอร์ตัวเก่าได้ถูกบังคับให้หยุดนำกระแสไปแล้วก็ตาม กระแสไหลตจะยังคงไหลต่อไปอีกชั่วขณะหนึ่งโดยผ่านพีคแคปซิโอด ดังนั้นทรานซิสเตอร์ตัวใหม่ที่ต้องการให้นำกระแสก็จะต้องได้รับสัญญาณทริกอีกครั้ง ในขณะที่กระแสกำลังกลับทิศทางการไหล การสร้างสัญญาณทริกขึ้นใหม่จากวงจรควบคุมในจังหวัดที่ถูกต้องพอดีนั้นทำได้ยาก และวงจรควบคุมจะมีลักษณะที่ยากซับซ้อนมากขึ้นไปอีกสำหรับกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่าโหลดในบางครั้ง การแก้ไขปัญหานี้จะใช้สัญญาณเกตที่มีลักษณะของพัลส์ยาวเท่ากับช่วงที่ต้องการให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส และวิธีการนี้จะมีปัญหาในช่วงความถี่ต่ำ ๆ เนื่องจากพัลส์มีเนื้อที่กว้างมากจะทำให้หม้อแปลงที่ใช้ในการส่งผ่านพัลส์มีขนาดใหญ่มาก การแก้ไขจะใช้สัญญาณแคเรียลักษณะสี่เหลี่ยมความถี่ 10-20 KHz มอดูเลชันกับสัญญาณทริกที่ต้องการโดยใช้ AND เกตจากนั้นนำสัญญาณที่มอดูเลชันแล้วนี้ ป้อนผ่านหม้อแปลงขนาดเล็ก จากนั้นสัญญาณที่มอดูเลชันทางด้านทุติยภูมิ ของหม้อแปลงจะถูกเร็กตีฟายและฟิลเตอร์ แล้วจึงนำสัญญาณนี้ไปใช้ทริกขาเกตของทรานซิสเตอร์

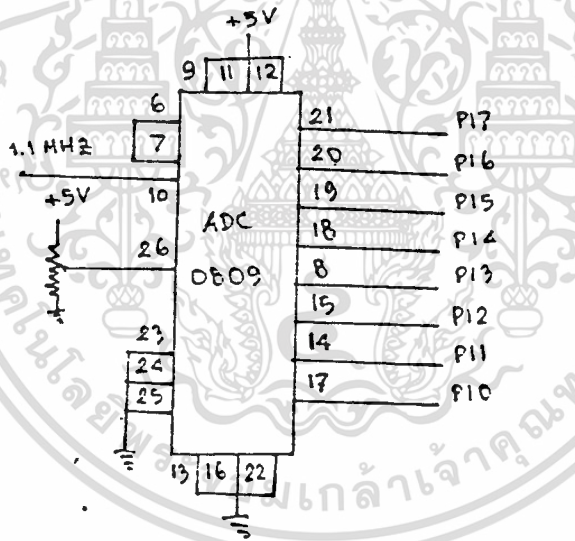
ลักษณะของวงจรควบคุมจะใช้ 8039 เป็นตัวสร้างสัญญาณ โดยเมื่อเริ่มจ่ายไฟแก่วงจรระบบจะถูกรีเซต และเริ่มเอาท์พุทสัญญาณออกมาทางพอร์ท 2 เมื่อต้องการดันสัญญาณทริกทุกตัวก็กดสวิทช์ SW2 จะทำให้ระบบถูกอินเทอร์รัพท์ และเอาท์พุทลอจิก "0" ออกมาแบบบิตที่กำหนดให้เป็นสัญญาณทริก

- 1 สัญญาณนาฬิกา เป็นวงจรที่ใช้คริสตอลขนาด 11 MHz เป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาให้ 8039 แล้วนำสัญญาณนี้มาหาร 10 เหลือ 1.1 MHz เพื่อเป็นสัญญาณนาฬิกาให้แก่ ADC 0809 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล



รูปแสดงวงจรสัญญาณนาฬิกา

2 วงจร A/D ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันประมาณ 5V ผ่านวงจร divider แล้วแปลงเป็นข้อมูลทางดิจิตอลขนาด 8 บิตเพื่อทำหน้าที่กำหนดความถี่ให้แก่แพทเทอร์น

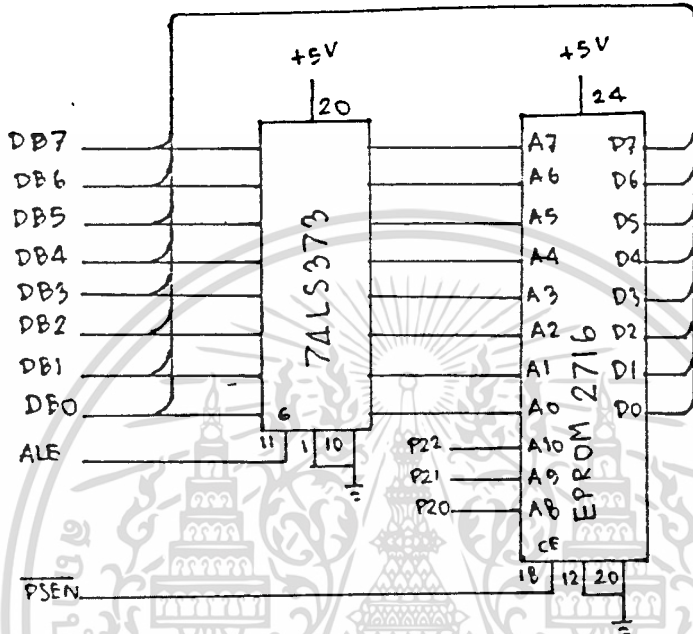


รูป วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

3 DISPLAY ทำหน้าที่แสดงข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต โดยใช้ LED ติดจะแทนลอจิก "1" เมื่อ LED ดับจะแทนลอจิก "0" เมื่อเราปรับค่าสัญญาณอนาล็อก โดยผ่านวงจร A/D จะทำให้ LED ทั้ง 8 ดวงนี้เปลี่ยนแปลงตามค่าข้อมูลที่จะป้อนเข้าพอร์ท 2 ซึ่งกำหนดให้เป็นพอร์ทอินพุท

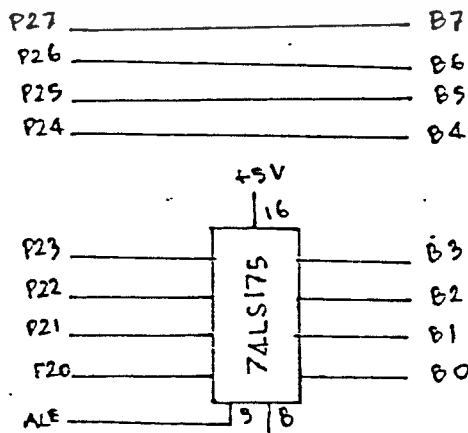
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ใช้ EPROM 2716 อ้างอิงหน่วยความจำได้ 2 K ไบท์ จึงมีขา แอคเตอเรส 11 ขา โดย A0-A7 มีสติเพล็กจากขา DB0-DB7 ของ 8039 ส่วน A8-A10 กำหนดโดยขา P20-P22 ของ 8039 สัญญาณ PSEN จะเป็น drip select ให้แก่ 2716 และ ALE เป็นสัญญาณที่กำหนดจังหวะการแลทซ์แอกเตอเรสให้กับ 74LS 373



รูป วงจรการใช้งานหน่วยความจำโปรแกรม

5 การใช้ 4 บิตล่างของพอร์ท 2 เป็นเอาต์พุตพอร์ท โดยการใช้อิชิ 74LS 175 ซึ่งเป็นตัวแลทซ์ขนาด 4 บิตมาต่อเป็นเอาต์พุตพอร์ท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 ออสซิลเลเตอร์ เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบไม่มีที่ไวเซเตอร์ (Astable Multivibrator) ผลิตสัญญาณคล็อก เพื่อทำหน้าที่เป็นแคเรีย ความถี่ 20 KHz

โดย

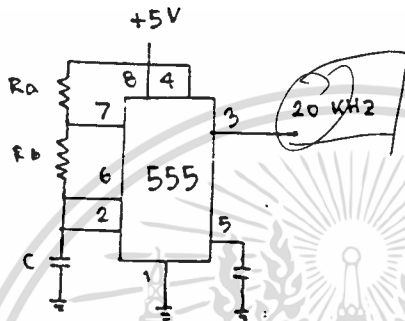
ที่ตัวไอซีคือ =

ที่ตัวไอซีคือ 40% ความถี่ 20KHz จะได้ค่า

$$R_a = 2.4 \text{ K}$$

$$R_b = 4.7 \text{ K}$$

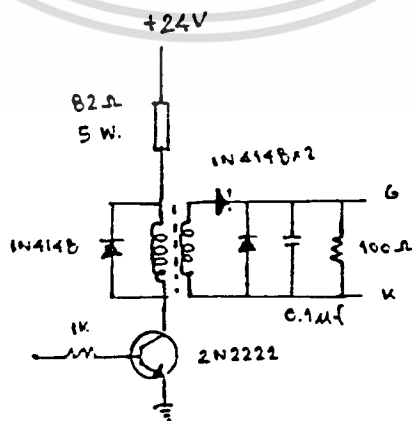
$$C = 0.0 \text{ MF}$$



รูป วงจรสร้างสัญญาณแคเรีย 20 KHz

7 เกทไดรฟ์ (gate drive) ทำหน้าที่ขยายกระแสสัญญาณที่มอดดูเลชั่นกับความถี่แคเรียแล้วโดยมีทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222 A เป็นตัวขยายกำลังและได้ต่อความต้านทาน 82 SW ต่ออนุกรมกับขั้วปฐมภูมิของทรานซิสเตอร์

จะเห็นว่าแหล่งจ่ายไฟชุดภาคขยายจะใช้คนละชุดโดยใช้ 24 โวลท์เพื่อต้องการให้กำลังสูงพอที่จะจ่ายให้พัลส์ทรานเฟอร์เมอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 ไอโซเลเตอร์ (ISOLATOR) ทำหน้าที่แยกวงจรที่ขงจรกำลัง โดยมีทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่สวิตชิง เพื่อส่งสัญญาณผ่านไปยังขตตุติยภูมิ และยังทำให้สัญญาณตรกมีค่าเหมาะสมที่จะป้อนเข้าเกต คุณสมบัติของ พัลส์ทรานฟอร์เมอร์

- อิมพีแดนซ์ ด้านปฐมภูมิ 2.2 mH
- ความต้านทานด้านปฐมภูมิ 4 โอห์ม
- ความต้านทานด้านทุติยภูมิ 0.6 โอห์ม
- อัตราทนกระแสทุติยภูมิ 0.8 แอมป์ที่ 1:3 ดิวตี้ไซเคิล
- อัตราส่วนจำนวนรอบด้านปฐมภูมิ ต่อทุติยภูมิ 3:1

หม้อแปลงจะใช้แกนเฟอไรท์แบบ E และ I พื้นที่หน้าตัด 1cm

$$U_r = 1400$$

ความยาวของทางเดินสนามแม่เหล็ก $(l) = (2 \cdot 2.2) + (2 \cdot 1) = 6.4 \text{ cm}$

พื้นที่หน้าตัด (A)

$$= 1 \text{ cm}^2$$

$$L = 30 \text{ mH}$$

$$L = \frac{U_o U_r}{N^2} \cdot \frac{l}{\mu_0 \mu_r}$$

$$N = 102 \text{ รอบ}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจรการทดลอง

ดังที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้นแล้วว่า โครงการนี้มุ่งให้ความสนใจกับประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เป็นหลักดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงเน้นที่พลังงานที่เข้าอินเวอร์เตอร์และพลังงานที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ เนื่องจากรูปแบบของสัญญาณที่ออกจากอินเวอร์เตอร์มีรูปแบบที่ไม่เป็นไซน์เวฟทำให้การวัดค่าพลังงานต่างๆเกิดความผิดพลาดขึ้นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะอุปกรณ์วัดต่างๆจะทำการวัดค่าในรูปของค่าอาร์เอ็มเอสแต่รูปแบบของเอ้าท์พุทไม่เป็นไซน์เวฟและประกอบด้วยฮาร์โมนิคต่างๆมากมาย ผลที่ได้จึงมีค่ามากกว่าความเป็นจริงทำให้ไม่สามารถวัดค่าพลังงานที่แท้จริงออกมาได้ สิ่งนี้เป็นปัญหาสำหรับการวัดค่าของสัญญาณที่ไม่เป็นไซน์เวฟเป็นอย่างมาก ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นผลของการทดลองจึงจะใช้วิธีการเปรียบเทียบข้อมูลที่สภาวะในการทดลองเดียวกัน

วงจรที่ใช้ในการทดลอง



ผลการทดลอง

- เมื่อ
- f = ความถี่ของสัญญาณเข้าที่พท
 - V_{dc} = ค่าแรงดันทางอินพุตที่เป็นสัญญาณกระแสตรง
 - I_{dc} = ค่ากระแสทางอินพุตที่เป็นสัญญาณกระแสตรง
 - V_{ac} = ค่าแรงดันทางเข้าที่พทที่เป็นสัญญาณกระแสสลับป้อนให้DC.GEN.
 - I_{ac} = ค่ากระแสทางเข้าที่พทที่เป็นสัญญาณกระแสสลับป้อนให้DC.GEN.
 - V_{load} = ค่าแรงดันทางเข้าที่พทจากDC.GENที่เป็นสัญญาณกระแสตรง
 - I_{load} = ค่ากระแสทางเข้าที่พทจากDC.GENที่เป็นสัญญาณกระแสตรง

ได้ผลการทดลองดังนี้

เมื่อใช้รูปแบบของสัญญาณเป็นสัญญาณรูป 6-step และ ไม่มีการป้อนกลับของพลังงาน

f	V_{dc}	I_{dc}	V_{ac}	I_{ac}	V_{load}	I_{load}
15	85	4.9	63	9.0	56	0.8
20	112	5.0	85	9.2	75	0.9
25	135	5.2	108	9.5	94	1.0
30	149	5.4	130	9.7	121	1.15
35	186	5.6	153	10.3	142	1.2
40	194	5.7	175	10.0	160	1.3

809.6

ผลการทดลองเมื่อใช้รูปแบบของสัญญาณเข้าที่ทุกเป็นแบบ 6-step และมีการป้อนกลับของพลังงาน

f	V_{dc}	I_{dc}	V_{ac}	I_{ac}	V_{load}	I_{load}
15	87	4.7	63	9.3	56	0.8
20	116	5.0	85	9.7	75	0.9
25	135	5.0	108	9.7	94	1.0
30	155	5.3	130	10.2	140	1.2

408.9 -

10.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

→ กังงือ harmonic 5, 7

ผลการทดลองเมื่อใช้รูปแบบของสัญญาณเข้าที่ทุกเป็นแบบ PWM ที่มีจำนวนพัลส์ 7 ลูกและไม่มีการป้อนกลับของพลังงาน

35.1 42.1

f	V _{dc}	I _{dc}	V _{ac}	I _{ac}	V _{load}	I _{load}
15	83	4.3	63	6.7	56	0.8
20	115	4.6	85	6.9	75	0.9
25	124	4.9	108	7.3	94	1.0
30	154	5.4	130	7.5	120	1.1
35	194	5.85	153	7.8	140	1.2
40	222	6.5	175	7.8	160	1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองเมื่อใช้รูปแบบของสัญญาณเข้าที่พทเป็นแบบ PWM ที่มีจำนวนพัลส์ 7 ลูกและมีการป้อนกลับของพลังงาน

f	V_{dc}	I_{dc}	V_{ac}	I_{ac}	V_{load}	I_{load}
15	94	4.2	63	7.3	56	0.8
20	124	4.4	85	7.5	75	0.9
25	154	4.6	108	7.7	94	1.0
30	184	4.7	130	7.9	120	1.1

394.8

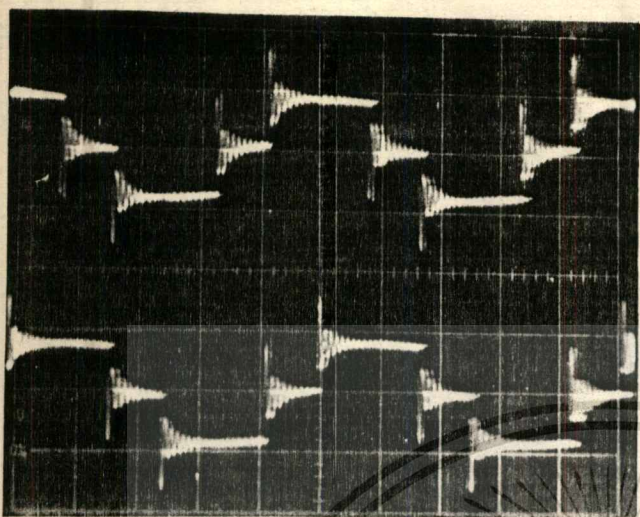
499.9

394.8 - 499.9

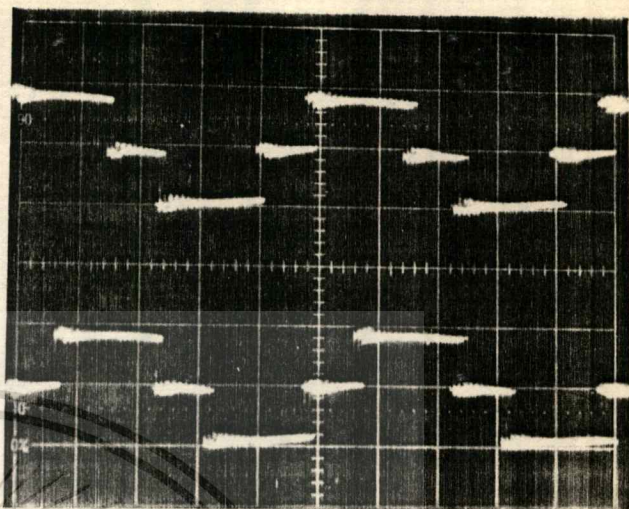
1.1
66.8/

20'

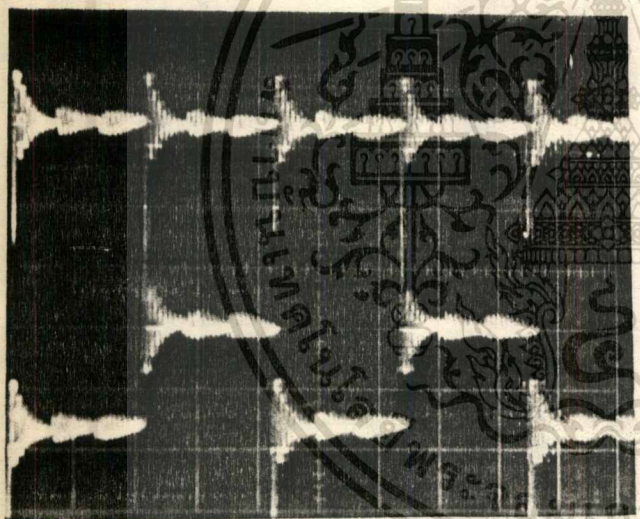
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



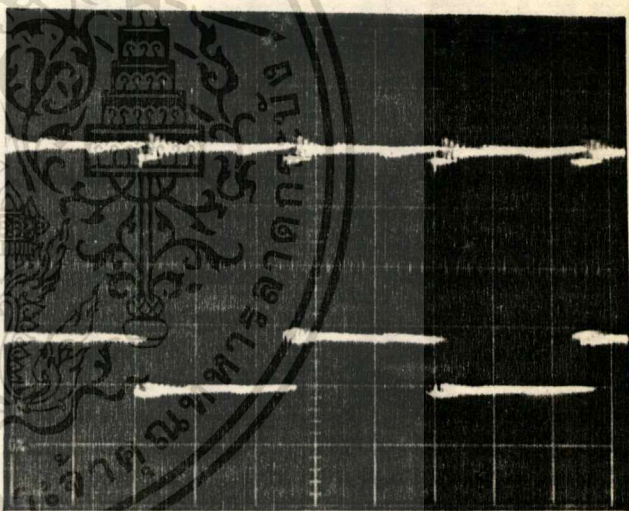
ก.



ข.

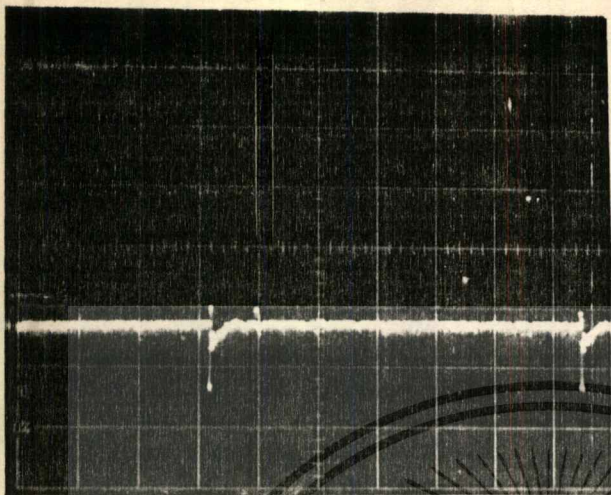


ค.

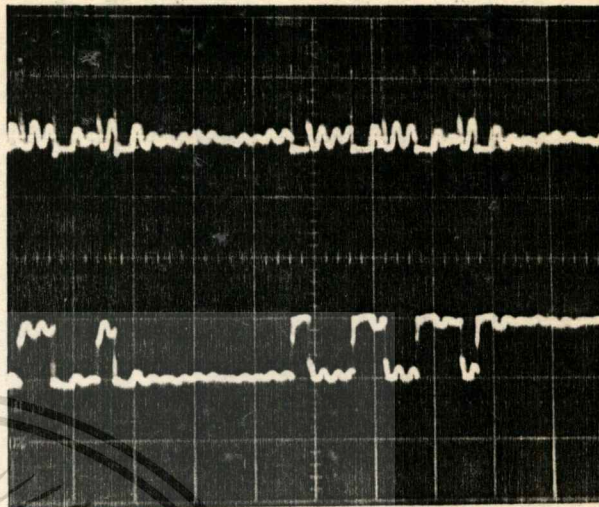


ง.

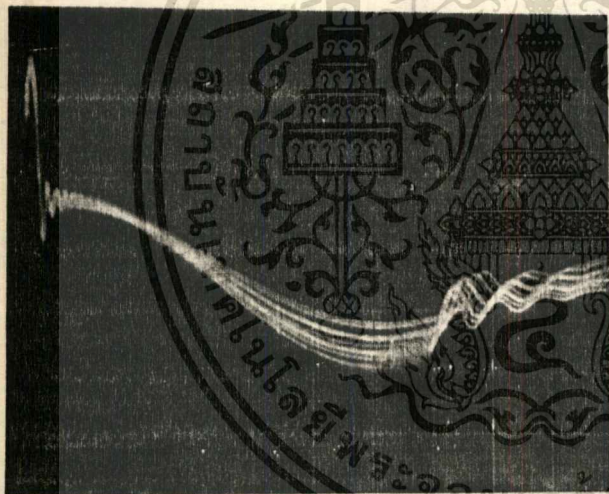
- ก. เข้าที่พท รูปแบบของสัญญาณ 6-step ขณะ: ไม่มีการป้อนกลับ
 ข. เข้าที่พท รูปแบบของ สัญญาณ 6-step ขณะ: มีทรป้อนกลับ
 ค. แรตตัน ต่อม L (บน) และ: ต่อม C (ล่าง) ขณะ: ไม่มีการป้อนกลับ
 ง. แรตตัน ต่อม L (บน) และ: ต่อม C (ล่าง) ขณะ: มีทรป้อนกลับ



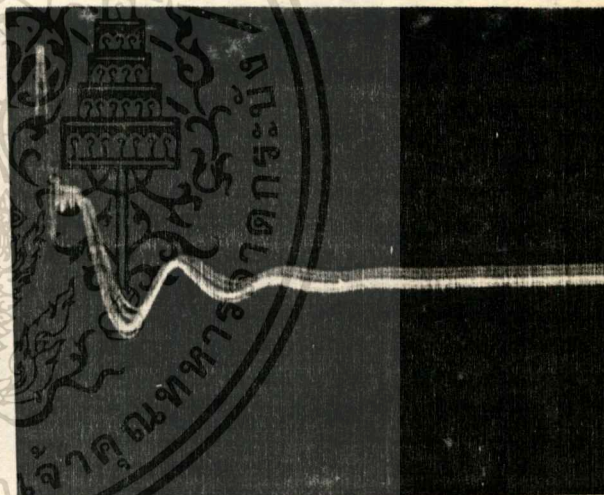
จ



ฉ



ค



ช

- จ. กระแสป้อนกลับทางขด Secondary
- ฉ. กระแสในอินดักเตอร์
- ค. กระแสดอมมิวเทจ ขณะไม่มีกระแสป้อนกลับ
- ช. กระแสดอมมิวเทจ ขณะมีกระแสป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์

ในโครงการนี้เป็นการเสนอการสร้างอินเวอร์เตอร์สามเฟสแบบ PWM ซึ่งใช้ SCR เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งเพราะว่า SCR มีข้อดีหลายอย่างคือ มีพิกัดแรงดันและกระแสสูงกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ใช้กระแสในการทริกให้ SCR นำกระแสน้อยกว่ากระแสเบสที่ใช้ในการควบคุมการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ แต่การใช้ SCR มีข้อเสียเปรียบในด้านการหยุดนำกระแสต้องใช้เวลาว่างจรมิวเตจช่วยในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์สามารถควบคุมการหยุดนำกระแสได้จากกระแสเบส

เนื่องจากโครงการนี้ใช้ SCR ดังนั้นจึงต้องมีวงจรมิวเตจช่วยในการดับกระแส การเลือกใช้วงจรมิวเตจจะมีผลต่อความสูญเสียของวงจร ในโครงการนี้จึงเลือกใช้วงจรมิวเตจแบบ CCIC ดังที่ได้กล่าวถึงข้อดีของวงจรนี้แล้วตั้งแต่ต้นซึ่งจากการทดลองก็สามารถจะสรุปได้ว่าวงจรมิวเตจแบบนี้จะให้ผลดีสุดกับการใช้งานกับรูปแบบของสัญญาณแบบ PWM หรือสัญญาณที่มีความถี่ค่อนข้างสูง

นอกจากนี้ยังได้เสนอการสร้างสัญญาณทริกของอินเวอร์เตอร์โดยการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์พีซี 8048 ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้รูปแบบของสัญญาณที่กำหนดมุมในการสวิตซ์ซึ่งเพื่อลดฮาร์โมนิค จากการทดลองโดยการใช้ SPECTRUM ANALYSER พบว่าสามารถลดฮาร์โมนิคได้จริงตามที่ได้คำนวณไว้ทุกประการ แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่ได้แสดงรูปให้ดูทั้งนี้เพราะว่า SPECTRUM ANALYSER ไม่อยู่ในสภาพที่สามารถทำการถ่ายรูปได้ การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์พีซีนี้ทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการนำไปใช้งานซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณตามที่ต้องการได้เพียงการเปลี่ยนข้อมูลที่เก็บไว้ใน EPROM เท่านั้น แต่การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ก็มีข้อเสียคือเรื่องของความเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง และไม่สามารถที่จะเปลี่ยนรูปแบบการทริกได้ตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะในความเป็นจริงแล้วนั้นเมื่อความถี่สูงขึ้นเราสามารถที่จะลดรูปแบบของสัญญาณลงมาให้เหลือเป็นรูปของสัญญาณแบบ 6-step ได้ซึ่งสามารถให้สัญญาณได้ใกล้เคียงสัญญาณรูปซายน์ที่มีความถี่สูงและยังมีฮาร์โมนิคน้อยกว่าด้วยซึ่งจะเป็นผลดีกับมอเตอร์

เราสามารถที่จะสรุปโครงการนี้ได้ดังนี้

1. ย่านความถี่ของแพทเทิร์นสัญญาณทริกที่สร้างขึ้นอยู่ในระหว่าง 7-60 Hz
2. การทดลองเป็นระบบเปิดโดยมีโหลดเป็นมอเตอร์ และมีการปรับปรุงแรงดันและความถี่ในลักษณะอัตราส่วนแรงดันกับความถี่คงที่
3. สามารถควบคุมความเร็วรอบได้ในช่วง 205-1180 รอบต่อนาทีเมื่อต่อแบบเดลต้า และ 205-1040 รอบต่อนาทีเมื่อต่อแบบสตาร์
4. การทำงานโดยมีรูปแบบของสัญญาณแบบ 6-step มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รูปแบบของเข้าที่พุ่มจะถูกควบคุมโดยค่าของ L และ C ที่ใช้ในการคอมมิวเตจ ซึ่งจะแนะนำให้ใช้ค่าของ L ที่สามารถปรับค่าได้โดยการต่อ tab ออกมาหลายค่า เพื่อเลือกค่าที่ดีที่สุด

6. ที่สภาวะของโหลดเดียวกัน ขณะที่มีการป้อนกลับของพลังงานด้วยนั้นจะทำให้วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้พลังงานลดลง (สังเกตได้จาก ค่าของคิกดาและกระแสตรงที่ป้อนให้วงจรมีค่าลดลง ซึ่งผลคูณของคิกดาและกระแสคือค่าของพลังงาน)

7. ในขณะที่วงจรสามารถจ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ได้เพิ่มขึ้น (สังเกตได้จากกระแสสลับที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้นที่สภาวะของ โหลดเดียวกัน)

8. เปรียบเทียบระหว่างสัญญาณแบบ 6-step กับ PWM จะพบว่าสัญญาณแบบ PWM ใช้พลังงานมากกว่าสัญญาณแบบ 6-step ซึ่งสอดคล้องตามทฤษฎี เพราะว่าสัญญาณแบบ PWM จะมีจำนวนการสวิตช์ซึ่งต่อ 1 คาบของสัญญาณมากกว่าแบบ 6-step ทำให้การสูญเสียในการคอมมิวเตจมากกว่า ซึ่งเมื่อใช้การป้อนกลับของพลังงานแล้วสามารถลดการสูญเสียแบบนี้ได้

9. เราไม่สามารถเปรียบเทียบพลังงานและประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ระหว่างวงจรแบบแมคเมอเรียกับวงจรแบบ CCIC ออกมาเป็นตัวเลขได้ ทั้งนี้เพราะเราไม่สามารถวัดค่าของพลังงานที่แท้จริงได้อันเนื่องจากอุปกรณ์วัดที่ไม่สามารถวัดค่าของสัญญาณที่ไม่เป็นรูปชาน์ออกมาได้อย่างถูกต้อง

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ สำเร็จโดยคำแนะนำและความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ทั้งข้อมูล และการจัดพิมพ์ จากอาจารย์ที่ปรึกษา และ เพื่อนนักศึกษาทุกท่านเป็นอย่างดี ผู้จัดทำขอขอบคุณสำหรับทุก ๆ ท่านในโอกาสนี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัท ฟูจิแมนตีไทย จำกัด , เอกสารประกอบการอบรม.
- [2] วิริยะ นิเชษฐจำเริญ , " เอชอี มอเตอร์คอนโทรล " , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2529
- [3] บุญเลิศ เขียมทัศนาศนา , " ไมโคร ชิพยู ตอน 8048 " , วารสาร เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ " , ฉบับที่ 69 , 2529 , หน้า 140-147.
- [4] G.Premchandran and P.C.Sen , Analysis and Optimization of a Complementary Current Impulse Commutate , " IEEE Trans. Ind.Appl., vol.1A-18 , no.6 , pp.680-690 , Nov./Dec.1982.
- [5] A.Zuckerberger and Abraham Alexandrovitz , Determination of Communication Sequence with a view to Eliminating Harmonics in Microporocessor Controlled PWM Voltage Inverter " , IEEE Trans.Ind.Appl.vol.1E-33,no.3,1986, pp.262-270.