



ปีการศึกษา 2530

โมเดลเครื่องต้นหม้อแปลงแกนทอร้อยค

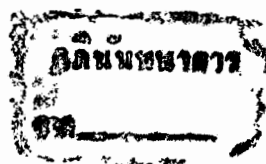
โดย

นาย ชุมพล นพมงคล เลขประจำตัว 293307

นาย พิชิตชัย ทิฆมาคัยวิศิษฎ์ เลขประจำตัว 293316

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ประสิทธิ์ วัชรพิบูลย์



ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2530

ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โมเดลเครื่องพันหม้อแปลงทอรอยล์

ผู้จัดทำ

1. นาย ชุมพล นพมงคล เลขประจำตัว 293307

2. นาย พิชิตชัย ทิมภักย์วิศิษฎ์ เลขประจำตัว 293396

.....*วชิระพรหม*..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(.....*วชิระพรหม*.....)

.....*วชิระพรหม*..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(.....*วชิระพรหม*.....)

.....*วชิระพรหม*..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(.....*วชิระพรหม*.....)

โมเดลเครื่องพั่นหม้อแปลงแกเทอร์อยด์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิธีทนาย ทักษะวิชาชีพ

อ.ประสิทธิ์ วัชรพิบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการเสนอหลักการในการพัฒนาเครื่องพั่นหม้อแปลงแกเทอร์อยด์ซึ่งเป็นวงแหวนเหล็กและเป็นการประยุกต์เอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาควบคุมกลไกทางเทคนิค (mechanic) ในส่วนของกลไกการพั่นหม้อแปลงแกเทอร์อยด์จะประกอบด้วย กระจกพั่นหม้อ ท้ายยึดและหมุนแกเทอร์อยด์ซึ่งมีเคลือบด้วยมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจำนวน 2 ตัว กลไกในการพั่นหม้อของเครื่องต้นแบบสร้างขึ้นจากวัสดุต่างๆ เช่น พลาสติกและยาง เพราะมีราคาถูกและสะดวกต่อการสร้างเป็นโมเดล ในส่วนของวงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยวงจรควบคุมจำนวนรอบของการพั่นหม้อโดยระบบดิจิทัลและวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบชดเชยสนามแม่เหล็กแยกกับแม่เหล็กแยกกับแม่เหล็กถาวรมอเตอร์แบบสนามแม่เหล็กแยกใช้ในการขับเคลื่อนกระจกพั่นหม้อเนื่องจากมีแรงบิดคงที่ส่วนมอเตอร์แม่เหล็กถาวรจะใช้ควบคุมการหมุนแกเทอร์อยด์โดยผ่านชุดเฟืองทดรอบเพื่อให้การหมุนของแกเทอร์อยด์เป็นไปอย่างช้าๆ อย่างไรก็ตามเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นมานี้มีขีดความสามารถจำกัดที่ระดับหนึ่งซึ่งต้องมีการพัฒนาอีกต่อไปเพื่อเพิ่มขีดความสามารถจนถึงระดับใช้งานจริงได้

MODEL TOROID TRANSFORMER WINDING MACHINE

Choompon Nopamongkhon

Phichitchai Teekapakvisit

Pradit Vatcharaphiboon Advisor

1987

Abstract

This paper presents principle of winding on toroid core, which is close torus, and is an application of electronic system to control mechanical. In mechanical part consist of winding shuttle, locate and rotate toroid component. Two dc motors use to drive this part. Prototype made from easy material such as plastic and rubber because it is low cost and simple to make. In electronic part consist of counter control circuit with digital system, and speed motor control circuit. Saperate field coil motor, which has constant torque, use to drive winding shuttle and permanant magnet motor use to control toroid rotating, which is be more slow by gear. However, this prototype has some limit and must has been developed to increase ability for true using.

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ	
1.1	อันซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำทาง ไฟฟ้า.....	1
1.2	สารที่ไร้หาแทนหม้อแปลง.....	3
1.3	ลักษณะของแกนทอรอยค์.....	4
บทที่ 2	การพันขลวดลงบนแกนทอรอยค์	
2.1	โครงสร้างกระสวยพันลวด.....	7
2.2	การทักทั้งกระสวยพันลวด.....	8
2.3	การยึกและหมุนแกนทอรอยค์.....	8
2.4	วิธีการพันขลวดลงบนแกนทอรอยค์.....	9
บทที่ 3	วงจรควบคุมการทำงาน	
3.1	แผนผังของระบบวงจรควบคุมการทำงาน.....	10
3.2	การทำงานของระบบ.....	11
3.3	วงจรตั้งจำนวนรอบ.....	11
3.4	วงจรมับ เปรียบเทียบ แสงเง.....	13
3.5	ลายวงจรและการลงอุปกรณ์.....	15
บทที่ 4	ทฤษฎีการควบคุมมอเตอร์	
4.1	หลักการทํางานของคีมอเตอร์.....	20
4.2	การแยกประเภทของคีมอเตอร์.....	21
4.2.1	คีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้.....	22
4.3	การควบคุมคีมอเตอร์.....	31
4.3.1	แนะนำถึงตัวบังคับ.....	31
4.3.2	การบังคับแบบเบิกูฟ.....	31
4.4	การควบคุมทั่วหมุนแกนทอรอยค์.....	37
4.5	การควบคุมส่วนทั่วหมุนกระสวย.....	40

บทที่ 5	การทดลองและผลการทดลอง	
5.1	การเตรียมการ	42
5.2	ขั้นตอนการทดลอง	45
5.3	ผลการทดลอง	46
บทที่ 6	บทวิจารณ์และสรุป	47
ภาคผนวก		49
	กิตติกรรมประกาศ	82
	หนังสืออ้างอิง	83



บทที่ 1

บทนำ

แนวความคิดในการใช้แกนแบบทอรอยค์

ในทางทฤษฎีเราต้องการวงจรแม่เหล็กที่ปราศจากช่องว่าง และเราสามารถทำได้โดยการใช่วงแหวนหรือ ทอรัส (Torus) การพันขดลวดเข้ากับแกนทอรอยค์จะยากกว่าการพันขดลวดเข้ากับหม้อแปลงแบบ EI. ในแต่ละรอบของการพันลงบนแกนทอรอยค์จะมีผลต่อคุณสมบัติของหม้อแปลงมาก ดังนั้นก่อนที่จะพันขดลวดต้องทราบคุณสมบัติทางแม่เหล็กของแกนทอรอยค์ก่อน

1.1 อันซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า

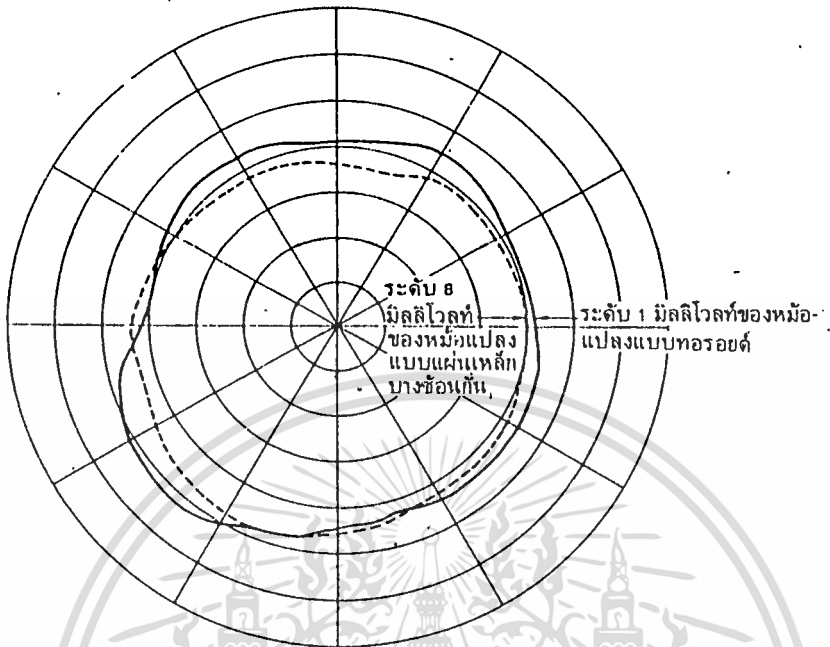
สนามแม่เหล็กมีลักษณะเป็น พัลส์ ซึ่งเกิดจากหม้อแปลงที่มีแกนเป็นแผ่นเหล็กบาง ๆ ซ้อนกัน และไม่มีแผ่นกันสนามแม่เหล็ก สามารถทำให้เกิดฟลักซ์รั่วออกมาซึ่งจะกระจายไปในช่องว่างอากาศภายในเครื่องได้ ปัญหาเรื่องการรั่วไม่เพียงแต่เกิดขึ้นกับวงจรที่มีการป้อนกลับแบบลบ (Negative feed back) ของวงจรภาคขยายกำลัง หม้อแปลงแบบทอรอยค์ซึ่งไม่มีช่องว่างอากาศ (มีวงจรแม่เหล็กที่ต่อเนื่อง) และมีฉากกันสนามแม่เหล็ก เนื่องจากขดลวดทองแดงไวโคยรอบ จะสามารถการกระจายของสนามแม่เหล็กได้ถึง 8 เท่า ของหม้อแปลงที่ใช้แกนเป็นแผ่นเหล็กบางซ้อน ๆ กัน ดังแสดงด้วย Polar diagram ในรูปที่ 1.1

ถ้าคำนึงถึงสนามแม่เหล็กที่แพร่กระจายออกมามาว่าเป็นปัญหาที่สำคัญแล้วก็ควรจะใช้หม้อแปลงแบบทอรอยค์ ซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ฉากโลหะที่ไว้กันสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีราคาแพง หรือแก้ไขการวางตำแหน่งอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรใหม่ ซึ่งการแก้ไขตำแหน่งอุปกรณ์เป็นเรื่องที่ยุ่งยาก และเสียเวลามาก จึงใช้หม้อแปลงทอรอยค์ในการแก้ปัญหาคือดีกว่า

ความก้าวหน้า หรือการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีการออกแบบวงจรบางครั้งสร้างปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนให้มากขึ้นในขณะที่พยายามปรับปรุงคุณสมบัติทางกลไกอื่น เช่น วงจรหลอดแรงดันสูงกระแสต่ำ (high voltage low current tube circuit) ซึ่งมีค่าตัวเก็บประจุฟิลเตอร์น้อย ๆ (8 - 16 μF) และ ความต้านทานสูง ขดลวดไฟแรงสูง (high tension winding) ทำงานด้วยกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทเอกชน ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีค (Peak current) ค่า



(รูป 1.1 Polar diagram เปรียบเทียบการกระจายของความเข้มสนามแม่เหล็กของหม้อแปลงแบบทอรอยด์ (ที่ 1 มิลลิโวลต์) และหม้อแปลงแบบใช้แกนเหล็กเป็นแผ่นบางซ้อน ๆ กัน (ที่ 8 มิลลิโวลต์ ซึ่งวัดด้วยการเหนี่ยวนำกับขดลวดมาตรฐาน 1,000 รอบ)

เมื่อนำเอาวงจรทรานซิสเตอร์ประเภทแรงดันต่ำแต่กระแสสูงมาใช้แทนจะต้องใช้ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ที่มีขนาดใหญ่มาก (1000 นฟ) สำหรับลดการรีปเป็น หรือทำให้กระแสเรียบขึ้น และตัวเก็บประจุนี้ทำให้เกิดกระแสฟลักซ์ที่มีค่ามาก ๆ ขึ้น โดยทั่วไปจะใช้โคอิлокเรกติฟร์ชนิดซิลิกอนที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำกับตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ค่ามาก ๆ เพื่อทำให้กระแสไฟตรงจากแหล่งจ่ายไฟเรียบขึ้นเป็นเหตุให้กระแสจากหม้อแปลงมีลักษณะเป็นพัลส์ขนาดใหญ่ แคบ ๆ เพียงหนึ่งในสิบของแต่ละครึ่งไซเคิลของแหล่งจ่ายไฟสลับ

ตัวอย่าง เช่น เครื่องขนาด 100 วัตต์ ขดลวดทุติยภูมิจะต้องจ่ายกระแสเป็นพัลส์ให้กับตัวเรกติฟร์ของแหล่งจ่ายไฟถึง 15 แอมแปร์ ในช่วงแคบ ๆ เพียง 2 มิลลิวินาที ด้วยอัตราความถี่เป็น 2 เท่าของแหล่งจ่ายไฟสลับ ฮาร์โมนิก ซึ่งเกิดจากพัลส์แคบ ๆ นี้ อยู่ในช่วงความถี่ที่สามารถได้ยินอย่างชัดเจน ในกรณีของหม้อแปลง

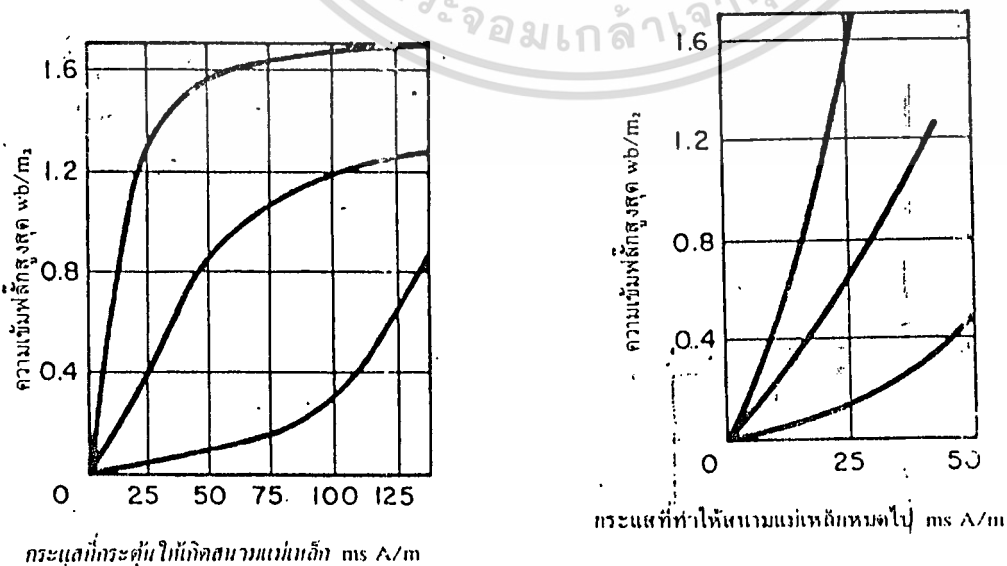
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งใช้แกนแบบแผ่นเหล็กบาง ๆ ซ้อนกัน เราสามารถบีบแกนให้แน่น (แต่จะทำให้สนามแม่เหล็กถูกรบกวนได้) และชุบด้วยสารบางอย่างเพื่อช่วยกักให้เสียงรบกวนน้อยลงได้บ้างเล็กน้อย.

แต่สำหรับหม้อแปลงแบบทอรอยล์ก็มีแกน ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าและเป็นวงแหวนแข็งซึ่งทำการชุบแข็งแล้ว จึงจะพันขลวกหุ้มลงไป จึงทำให้สามารถลดเสียงรบกวน ซึ่งเกิดจากสันของแกนได้

1.2 สารที่ใช้ทำแกนหม้อแปลง

แกนของหม้อแปลงทอรอยล์ทำมาจากสาร GOSS (grain - oriented silicon steel) และทำให้เป็นวง ดังนั้นทุก ๆ โมเลกุลในเนื้อโลหะ จึงเกิดการเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกับฟลักซ์ มีจำนวนโมเลกุลเพียงเล็กน้อยที่ชี้ไปในทิศทางอื่น ซึ่งทำให้ค่าความต้านทานแม่เหล็กสูงขึ้น และทำให้คุณภาพลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่ง ที่เฟสซึ่งต่างกัน 90 องศาประสิทธิภาพของมันจะลดลงจนเท่ากับเหล็กอ่อนทั่ว ๆ ไป สำหรับแกนหม้อแปลงแบบแผ่นโลหะบาง ๆ ซ้อนกัน เป็นไปได้อย่างน้อยที่สุด 40% ของพ.ท. แกนทั้งหมด จะมีการเรียงตัวของโมเลกุลเป็นมุม 90 องศาตามทิศที่ต้องการ และอีก 40% จะมีผลต่อฟลักซ์ ที่ย้อนกลับเท่านั้น หม้อแปลงซึ่งมีขนาดเล็กกว่า ซึ่งช่วยลดเนื้อที่และน้ำหนักสแกนได้ถึง 50% ย่อมหมายถึง ว่ามันจะมีความยืดหยุ่นมากขึ้นในการเลือกตำแหน่งสำหรับติดตั้ง และมีโอกาสมากขึ้น ที่จะสามารถหาตำแหน่งซึ่งหม้อแปลงจะไม่ไปรบกวนวงจรส่วนอื่น ๆ ซึ่งคุณสมบัติของแกนแบบ GOSS ได้แสดงดังรูป 1.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 1.2 คุณสมบัติของแกนแบบ GOSS นี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการคำนวณวงจรไฟฟ้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ลักษณะของแกน

ประโยชน์ของการใช้แกนโลหะแบบทอรอยด์ ช่วยให้นักออกแบบหม้อแปลงผลิตแกนออกมาได้หลาย ๆ ขนาด โดยที่มีความกว้างของแกนเท่ากันซึ่งจะช่วยให้ นักออกแบบวงจรมีความยืดหยุ่นมากขึ้นในการเลือกขนาดความกว้างต่อความสูงของหม้อแปลง สมมุติว่าถ้าใช้อัตราส่วนความกว้างต่อความสูงเป็น 2 ต่อ 1 แล้ว ปรากฏว่ายังมีช่องว่าง ตรงกลางอยู่อีกมากและมีความสูงน้อยอยู่ เราก็สามารถกำหนดขนาดขึ้นมาใหม่ได้เป็นอัตราส่วน 3 ต่อ 1 และถ้าจะให้ดีกว่านี้แล้วควรจะให้อัตราส่วนของช่องว่างตรงกลางเป็นอัตราส่วน 1.5 ต่อ 1 สำหรับอุปกรณ์ที่ต้องการให้มีรูปร่างบางแล้ว การใช้ทอรอยด์จะมีประโยชน์มาก เมื่อเปรียบเทียบกับหม้อแปลงแบบใช้แกนเหล็กบาง ๆ ซ้อนกัน แท้ก็ไม่ใช่เหตุผลเดียวที่ทำให้ทอรอยด์มีคะแนนเหนือกว่า การติดตั้งง่ายการปักไว้เพียงจุดเดียวมีน้ำหนักเบาและมีจุดศูนย์ถ่วงต่ำ ก็เป็นส่วนช่วยอยู่มาก

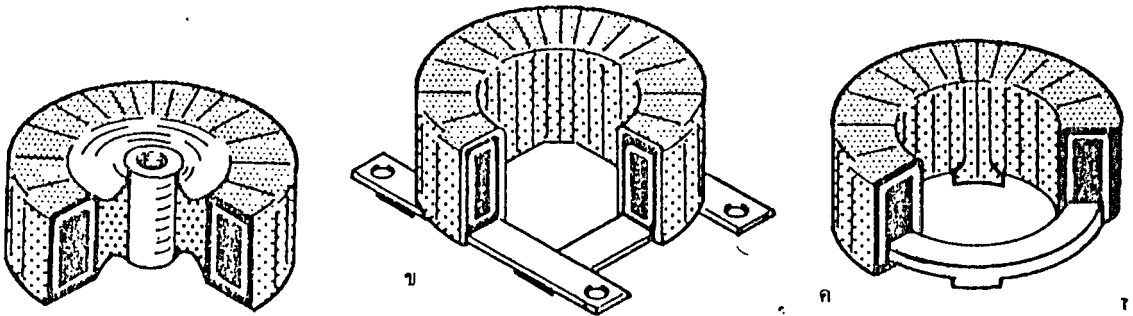
ประสิทธิภาพ

การที่เนื้อสารภายในแกนทอรอยด์เรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันและไม่มีช่องว่างอากาศจึงทำให้แกนทอรอยด์ในขณะทำงานมีความเข้มของฟลักซ์อยู่ในช่วง 1.6 Tesla (16,000 Gauss) ถึง 1.8 Tesla (18,000 Gauss) ในขณะที่หม้อแปลงแบบแกนเหล็กบาง ๆ ซ้อนกันมีค่าได้ไม่เกิน 1.2 Tesla (12,000 Gauss) ถึง 1.4 Tesla (14,000 Gauss) เท่านั้น การที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นนี้ย่อมหมายความว่าสามารถใส่แกนที่มีขนาดเล็กลงหรือใช้ขดลวดที่มีจำนวนรอบน้อยกว่าได้ การสูญเสียพลังงานในแกนเหล็กแบบทอรอยด์ต่ำอย่างมาก เพราะค่าความต้านทานแม่เหล็กมีค่าต่ำ ดังนั้นในบางครั้งอาจถือได้ว่า ภายในเนื้อสารของแกนทอรอยด์ไม่มีการสูญเสียพลังงานเลยก็ได้ การที่มีประสิทธิภาพสูงย่อมหมายความว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากหม้อแปลงน้อยมากอีกด้วย และค่า 0.4 วัตต์ต่อตารางนิ้วของพื้นที่ผิวถือว่าเป็นค่าขนาดปานกลางของเป้าหมายที่พึงไว้ ดังนั้นการออกแบบหม้อแปลงทอรอยด์ จึงสามารถกำหนดขนาดได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพเลย หม้อแปลงแบบทอรอยด์สามารถประหยัดพลังงานได้ ซึ่งทดสอบโดยการเปรียบเทียบในขณะที่เกิดเหนี่ยวนำอำนาจแม่เหล็กด้วยพลังงานสำหรับจ่ายกระแสเพียงน้อย ๆ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในขณะที่หม้อแปลงอยู่กับแหล่งจ่ายพลังงาน สำหรับการเปรียบเทียบเกี่ยวกับการสูญเสียพลังงาน ซึ่งเป็นผลต่อประสิทธิภาพ ก็แสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวทนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

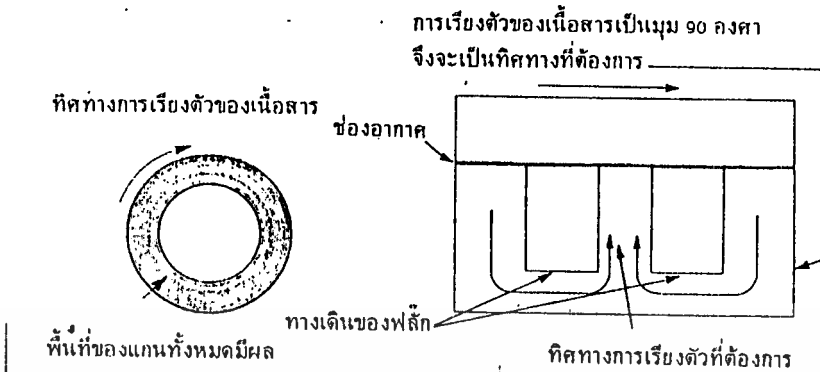
อัตรากำลังของหม้อแปลง (VA)	20	20..	130	130
ชนิดของหม้อแปลง	ทอรอยด์	แกนเหล็ก รวมดา	ทอรอยด์	แกนเหล็ก รวมดา
สนามไฟฟ้าที่รั่วออกมา (mV) ที่ห่างจาก ศูนย์กลางของหม้อแปลง 7.5 เซนติเมตร	1	7	—	—
สนามไฟฟ้าที่รั่วออกมา (mV) ที่ห่างจาก ศูนย์กลางหม้อแปลง 11 เซนติเมตร	—	—	1	8
กระแสที่ใช้เหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (mA)	3	36	10	110
พลังงานที่สูญเสียไม่มีโหลด (VA)	0.72	8.64	2.4	26
พลังงานสูญเสียในแกนเหล็ก (W)	0.4	3	1.8	7.5
พลังงานสูญเสียในลวดทองแดง (W)	2	3	10	9
พลังงานสูญเสียทั้งหมด (W)	2.4	9	11.8	16.5
เร็กูลเซชัน (%)	10	10	8	7
อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (°C)	40	40	45	45
น้ำหนัก (g)	400	600	1500	3000
ความยาว (mm)	70	70	95	84
ความลึก (mm)	70	50	95	90
ความสูง (mm)	30	58	50	98

รูปที่ 1.3 ตารางเปรียบเทียบระหว่างหม้อแปลงทอรอยด์กับหม้อแปลงแกน -
- ธรรมดา



รูปที่ 1.4 แสดงวิธีการติดตั้งหม้อแปลงทอรอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 1.5 เปรียบเทียบความแตกต่างในการเรียงตัวของเนื้อสารในแกนทอรรอยด์ กับแกนเหล็กแบบ E และ I

ข้อเปรียบเทียบต่าง ๆ ในการตัดสินใจว่าควรจะใช้หม้อแปลงชนิดใดก็ระหว่างหม้อแปลงทอรรอยด์กับหม้อแปลงทั่วไป (หม้อแปลงที่ใช้แกนเป็นแผ่นเหล็กบาง ๆ ซ้อนกัน) พอจะสรุปได้ดังนี้ การกระจายของสนามแม่เหล็กออกมาภายนอกหม้อแปลงทอรรอยด์อาจจะสามารถทำได้ เนื้อสารภายในแกนทอรรอยด์เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด ในขณะที่งานทำให้ได้ความเข้มของฟลักสูงถึง 1.7 Tesla (17,000 Gauss) ในขณะที่หม้อแปลงธรรมดาให้ความเข้มของฟลักได้เพียง 1.3 Tesla (13,000 Gauss) ซึ่งเป็นคุณสมบัติภายใน ภายในแกนเหล็กของทอรรอยด์มีการสูญเสียพลังงานเพียง 0.46 วัตต์/ปอนด์ ในขณะที่แกนเหล็กของหม้อแปลงทั่วไปมีการสูญเสียพลังงานสูงถึง 1.25 วัตต์/ปอนด์ การที่ไม่มีช่องว่างของอากาศในแกนทอรรอยด์ทำให้ต้องใช้กระแสในการเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแกนหม้อแปลงที่มีช่องว่างอากาศถึง 10 เท่า การติดตั้งด้วยการยึดยึดที่รูตรงกลางเพียงจุดเดียว และสามารถติดตั้งลงบนแผงวงจรได้โดยตรงช่วยให้การออกแบบผลิตภัณฑ์ ออกแบบได้ง่ายขึ้น หม้อแปลงทอรรอยด์มีน้ำหนักและปริมาตรน้อยกว่าหม้อแปลงทั่วไปถึง 50 เปอร์เซ็นต์และความสูงก็น้อยกว่าจึงช่วยให้การออกแบบง่ายขึ้นในกรณีที่มีเนื้อที่จำกัด และอุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่ชิดกันมาก

บทที่ 2

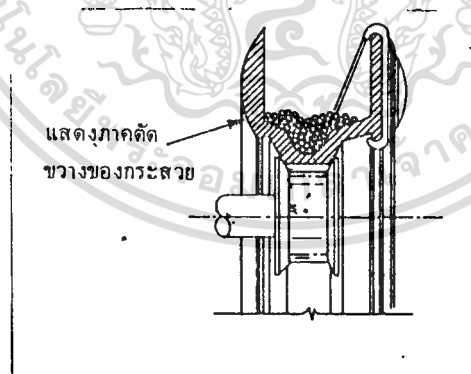
การฟื้นชลลวกลงบนแกนทอรรอยด์

ในการฟื้นชลลวกลงบนแกนทอรรอยด์ซึ่งเป็นวงแหวนปิดนั้น จะมีวิธีการที่พิเศษไปจากการฟื้นชลลวคเข้ากับบอมบิ้นที่ใช้กับหม้อแปลงแบบ E I อุปกรณ์หลักที่ใช้ประกอบด้วยกระสวยที่ใช้ฟื้นลวค ตัวยึดและหมุนแกนทอรรอยด์ ตัวกระสวยจะทำหน้าที่เก็บลวคทองแดงที่จะใช้ฟื้นใน ตอนเริ่มแรกและจะปล่อยลวคฟื้นลงบนแกนทอรรอยด์ ในขณะที่กำลังหันอยู่ตัวยึดและหมุนแกน ทอรรอยด์จะทำหน้าที่ยึดแกนทอรรอยด์และเปลี่ยนตำแหน่งของชลลวคไม่ให้หันซ้ำที่เดิม

2.1 โครงสร้างของกระสวยฟื้นลวค

กระสวยฟื้นลวคจะเป็นแบบวงแหวนปิดที่สามารถแยกส่วนออกมาได้ ทางด้าน ครอบนอกของกระสวยจะมีช่องว่างสำหรับเก็บลวคทองแดงที่จะใช้ฟื้นเอาไว้ ความยาวของลวค ที่สามารถเก็บไว้ได้ขึ้นอยู่กับรัศมีของกระสวยฟื้นลวคและพื้นที่ของช่องว่างที่ใช้เก็บลวค ถ้าหาก มีพื้นที่มากจำนวนรอบของลวคทองแดงที่หันอยู่รอบนอกของกระสวยจะมาก ดังนั้นความยาวของ ลวคทั้งหมดที่จะเก็บไว้ได้ก็คือ จำนวนรอบลวคทองแดงที่หันบนกระสวยคูณด้วย $2\pi r$ เมื่อ r คือ รัศมีเฉลี่ยของกระสวย

รูปที่ 2.1 ภาคตัดขวางของกระสวยแต่คงให้เห็นช่องว่างสำหรับเก็บลวค



รูปที่ 2.1 แสดงภาคตัดขวางของกระสวย

ปลายด้านหนึ่งของลวคจะกลิ้งเข้าตัวปล่อยลวคออกซึ่งครอบอยู่ระหว่างขอบนอกและขอบในของ วงแหวน ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปตามรอบวงแหวนได้เมื่อมีแรงมากระทำ ส่วนในสภาพปกติจะ อยู่กับที่ ขอบในสุดของกระสวยจะถูกออกแบบให้เข้ากับล้อที่ทำหน้าที่ยึดตัวกระสวย และต่อเพลา ออกไปเพื่อใช้ในการหมุนกระสวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การติดตั้งกระสวยพันลวด

เนื่องจากด้านข้างของกระสวยคานหนึ่งถูกใช้สำหรับการพันลวดลงบนแกนทอรอยด์ จึงเหลือด้านข้างอีกด้านหนึ่งใช้สำหรับเป็นตัวยึดกระสวย และติดตั้งตัวขับเคลื่อนให้กระสวยพันลวดหมุนได้ ล้อที่ใช้ยึดตัวกระสวยนั้นจะติดตั้งดังรูปที่ 2.2 โดยเว้นช่องว่างส่วนหนึ่งเพื่อเป็นที่สำหรับแกนทอรอยด์ที่จะนำมอลงเข้ากับกระสวยพันลวด ล้อที่ใช้ยึดทั้งสี่มุมนั้นจะมีล้อหนึ่งที่ต่อเพลาออกมาเพื่อต่อเข้ากับชุดขับเคลื่อนจากมอเตอร์



รูปที่ 2.2 การติดตั้งกระสวยพันลวด

2.3 การยึดและหมุนแกนทอรอยด์

ตัวยึดและหมุนแกนทอรอยด์ที่เป็นวงแหวนปิดนั้น มีข้อที่ควรคำนึงหลายประการคือ

1. ขนาดของแกนทอรอยด์ เพราะว่าแกนทอรอยด์จะมีหลายขนาดด้วยกัน การออกแบบตัวยึดและหมุนแกนทอรอยด์ต้องสามารถยึดแกนขนาดเล็กไปจนถึงแกนขนาดใหญ่ได้ และในระหว่างที่พันลวดลงบนแกนทอรอยด์นั้นขนาดของแกนทอรอยด์จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูง เนื่องจากลวดทองแดงที่พันลงไปลงบนแกนทอรอยด์หลายๆ ชั้น ดังนั้นตัวยึดแกนทอรอยด์ต้องสามารถปรับขนาดในการยึดโดยอัตโนมัติ

2. วัสดุส่วนที่ทำเป็นตัวยึดแกนทอรอยด์ จะต้องไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ลวดทองแดงที่พันลงบนแกนทอรอยด์ ดังนั้นควรใช้วัสดุจำพวกยางหรือพลาสติกที่มีความยืดหยุ่น

3. ความเร็วในการหมุนแกนทอรอยด์เมื่อเทียบกับความเร็วของกระสวยจะ

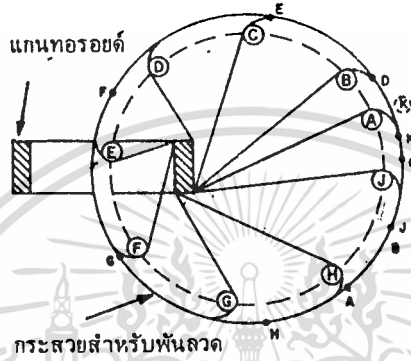
ช้ากว่ามาก เพราะต้องการพันลวดลงบนแกนให้เรียงตัวกันอย่างมีระเบียบ นอกจากนั้นต้องไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สามารถปรับความเร็วในการหมุนได้ เมื่อขนาดสวิตช์ไฮ้พื้นเปลี่ยนไป

2.4 วิธีการพันขดลวดลงบนแกนทอรรอยด์

ตัวกระสวยและแกนทอรรอยด์จะคล้องเข้าด้วยกันโดยการแยกกระสวยพันลวดออกเป็นวงแหวนเปิด แล้วจึงนำแกนทอรรอยด์ใส่เข้าไปหลังจากนั้นยึดกระสวยให้เป็นวงแหวนปิด เช่น เกม นำไปติดตั้งโดยลักษณะของกระสวยและแกนทอรรอยด์เป็นไปดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วิธีการพันขดลวด

นำลวดทองแดงไปไว้ในกระสวยพันลวดตามความยาวที่ต้องการ โดยทิศทางการหมุนของกระสวยในขณะที่เก็บลวดทองแดงนี้ จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับการหมุนของกระสวยในขณะที่พันลวดลงบนแกนทอรรอยด์ นำปลายของลวดทองแดงคล้องแกนทอรรอยด์ผ่านตัวปล่อยลวด ซึ่งสามารถเป็นตัวยึดในวงกลม สมมติตำแหน่งเริ่มต้นของตัวปล่อยลวดอยู่ที่ตำแหน่ง A และทิศทางของกระสวยหมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ในตอนเก็บลวดกระสวยจะหมุนตามเข็มนาฬิกา) ตำแหน่งตัวปล่อยลวดจะเคลื่อนที่ไปตำแหน่ง B, C และ D ตามลำดับ ที่ตำแหน่ง E จะเกิดแรงไปกระพวนตัวปล่อยลวด ทำให้ตัวปล่อยลวดเคลื่อนที่ไต่กว่าส่วนที่เก็บลวดทองแดง และเนื่องจากทิศทางการหมุนของกระสวยขณะนี้ตรงข้ามกับการเก็บลวด ดังนั้นลวดทองแดงก็จะถูกปล่อยออกมาจากที่เก็บลวดผ่านตัวปล่อยลวดลงไปยังบนแกนทอรรอยด์ ตัวปล่อยลวดก็จะปล่อยลวดออกมาเรื่อยๆ จนกระทั่งตัวปล่อยลวดนี้หมุนไปที่ตำแหน่ง F, G, H และ J ตามลำดับ หลังจากนั้นมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิมคือตำแหน่ง A อีกครั้งหนึ่ง ที่จุดนี้ก็จะเห็นว่าลวดทองแดงที่คายผ่านตัวปล่อยลวดนั้นไปพันลงบนแกนทอรรอยด์แล้วหนึ่งรอบ ขณะเดียวกันแกนทอรรอยด์ก็จะค่อยๆ หมุนไปด้วยเพื่อไม่ให้เกิดการพันซ้ำที่เดิม ลวดทองแดงจะไปพันลงบนแกนทอรรอยด์หนึ่งรอบเมื่อตัวปล่อยลวดหมุนจากตำแหน่ง A ผ่าน B, C และ D จนถึงตำแหน่ง A อีกครั้ง เราจึงสามารถพันลวดทองแดงลงบนแกนทอรรอยด์จนกระทั่งได้จำนวนรอบตามที่ต้องการ

บทที่ 3

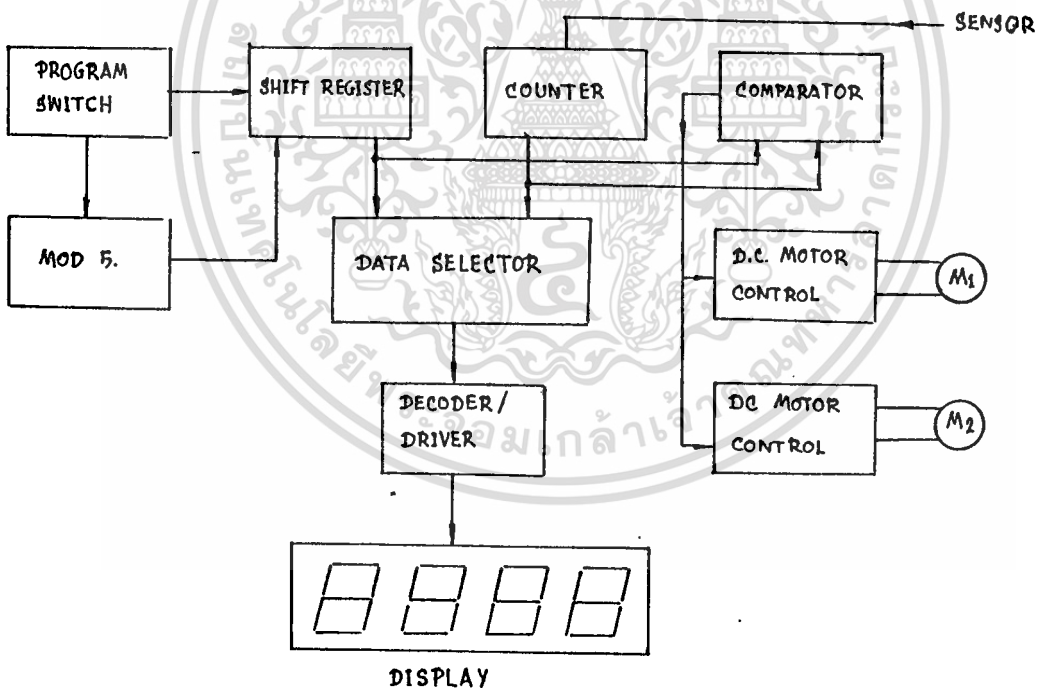
วงจรควบคุมการทำงาน

การทำงานของเครื่องหันหม้อแปลงแกนทอรอยด์นี้วงจรที่ต้องการใช้มีดังต่อไปนี้

1. วงจรที่รับจำนวนรอบของขดลวดที่ต้องการพันลงบนแกนทอรอยด์
2. วงจรนับจำนวนรอบ
3. วงจรควบคุมมอเตอร์ที่ทำให้กลไกของเครื่องคือ กระจกส่ายพันลวด รวมทั้งตัวยึกและหมุนแกนทอรอยด์ทำงานตามความต้องการ
4. วงจรแสดงผล

3.1 แผนผังของระบบวงจรควบคุมการทำงาน

วงจรทั้งหมดมีแผนผังของระบบดังรูปที่ 3.1



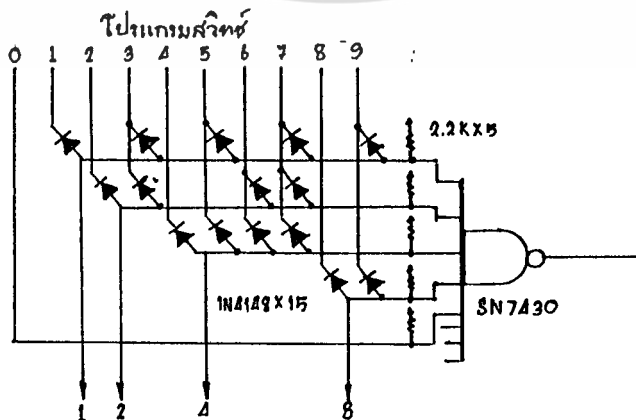
รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังของระบบวงจรควบคุมการทำงาน

3.2 การทำงานของระบบ

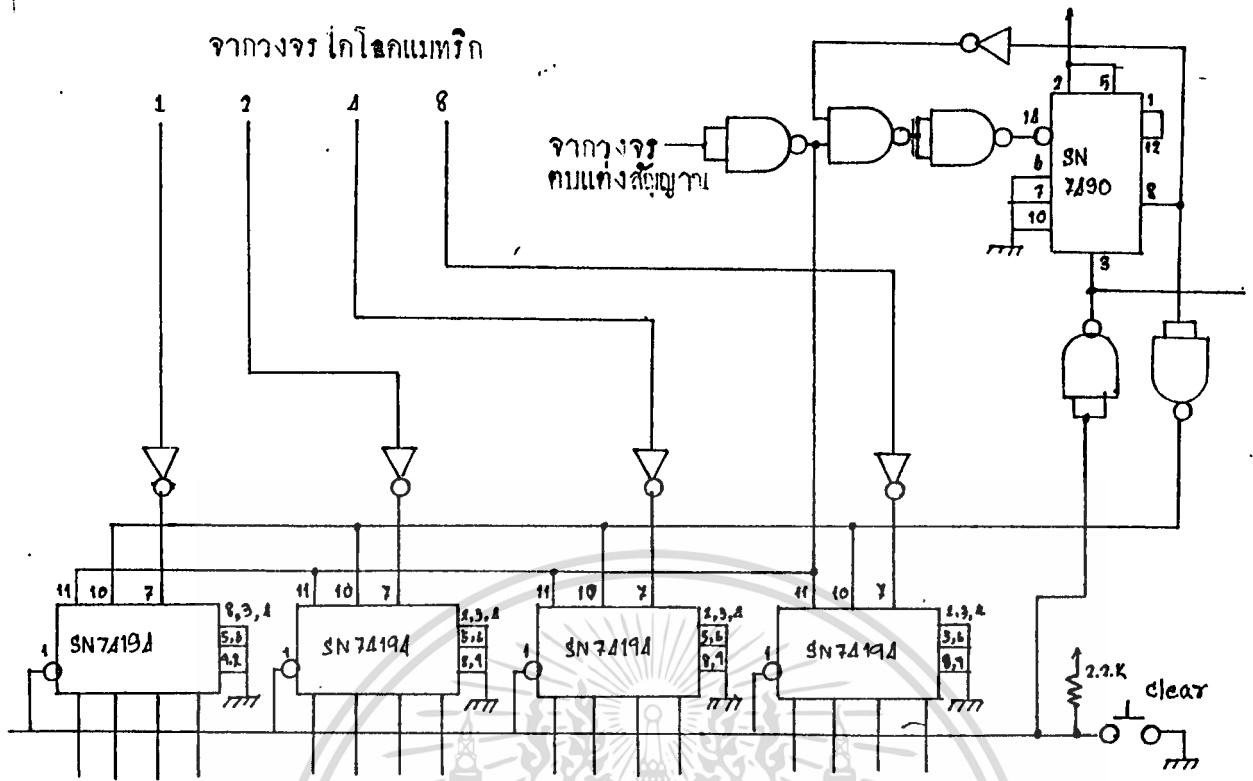
ตามแผนผังในรูปที่ 3.1 เมื่อเราต้องการจำนวนรอบที่จะหันขดลวดเป็นเท่าใด ก็ตามที่สามารถที่จะกดโปรแกรมสวิตช์กำหนดจำนวนรอบที่ต้องการได้ ข้อมูลที่ออกจากโปรแกรมสวิตช์เป็นข้อมูลแบบBCD CODE จะถูกนำไปเก็บใน SHIFT REGISTER โดยมีวงจรนับเลขฐาน 5 ควบคุมการ SHIFT และนับจำนวนครั้งของโปรแกรมสวิตช์ที่ถูกกดไว้ไม่เกิน 4 ครั้ง (ตัวเลข 4 หลัก) ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมสวิตช์จะถูกแสดงขึ้นที่ภาคแสดงผล เมื่อเราเลื่อนสวิตช์ไปที่ตำแหน่งการทำงาน (ตำแหน่งเดิมเป็นการรีเซ็ตค่า) วงจรเลือกข้อมูลจะเปลี่ยนข้อมูลที่จะแสดงผลเป็นข้อมูลของวงจรมอบ และข้อมูล BCD จาก SHIFT REGISTER จะถูกเปรียบเทียบค่าของข้อมูลกับวงจรมอบ โดยวงจรเปรียบเทียบ (COMPARATER) ถ้าค่าของสองชุดนี้ไม่เท่ากันแล้ว วงจรเปรียบเทียบจะให้สัญญาณเอาต์พุตออกไปยังวงจรควบคุมมอเตอร์ให้พร้อมที่จะทำงาน เมื่อกดสวิตช์สตาร์ทวงจรควบคุมมอเตอร์ วงจรเซนเซอร์จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ขึ้น 1 ลูก เมื่อกระสวยหันลวดหมุนครบ 1 รอบ และส่งเข้าไปยังวงจรมอบให้นับค่าเพิ่มเข้าหนึ่ง จนกว่าค่าของข้อมูลในวงจรมอบกับวงจร SHIFT REGISTER เท่ากัน วงจรเปรียบเทียบก็จะหยุดส่งเอาต์พุตไปยังวงจรควบคุมมอเตอร์ ทำให้กลไกทั้งหมดหยุดการทำงาน

3.3 วงจรตั้งจำนวนรอบ

วงจรในส่วนนี้ประกอบด้วย ส่วนโปรแกรมสวิตช์ ส่วนวงจรมอบเลขฐาน 5 และส่วนวงจร SHIFT REGISTER ในรูปที่ 3.2 เป็นส่วนของวงจรโปรแกรมสวิตช์ที่ใช้ไคโอด 15 ตัวต่อรวมกัน สมมติว่าถ้ากดโปรแกรมสวิตช์ที่เลข 5 ข้อมูลของเลข 5 จะถูกเปลี่ยนเป็นBCD CODE ซึ่งได้ค่าระดับสัญญาณ "L" ที่สายเส้น 1 และ 4 ข้อมูลนี้ก็จะไปเข้า NAND เกท ให้ค่าระดับ "H" ออกมา สัญญาณที่ได้รับออกมาจาก NAND เกท แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรไคโอดเมทริก



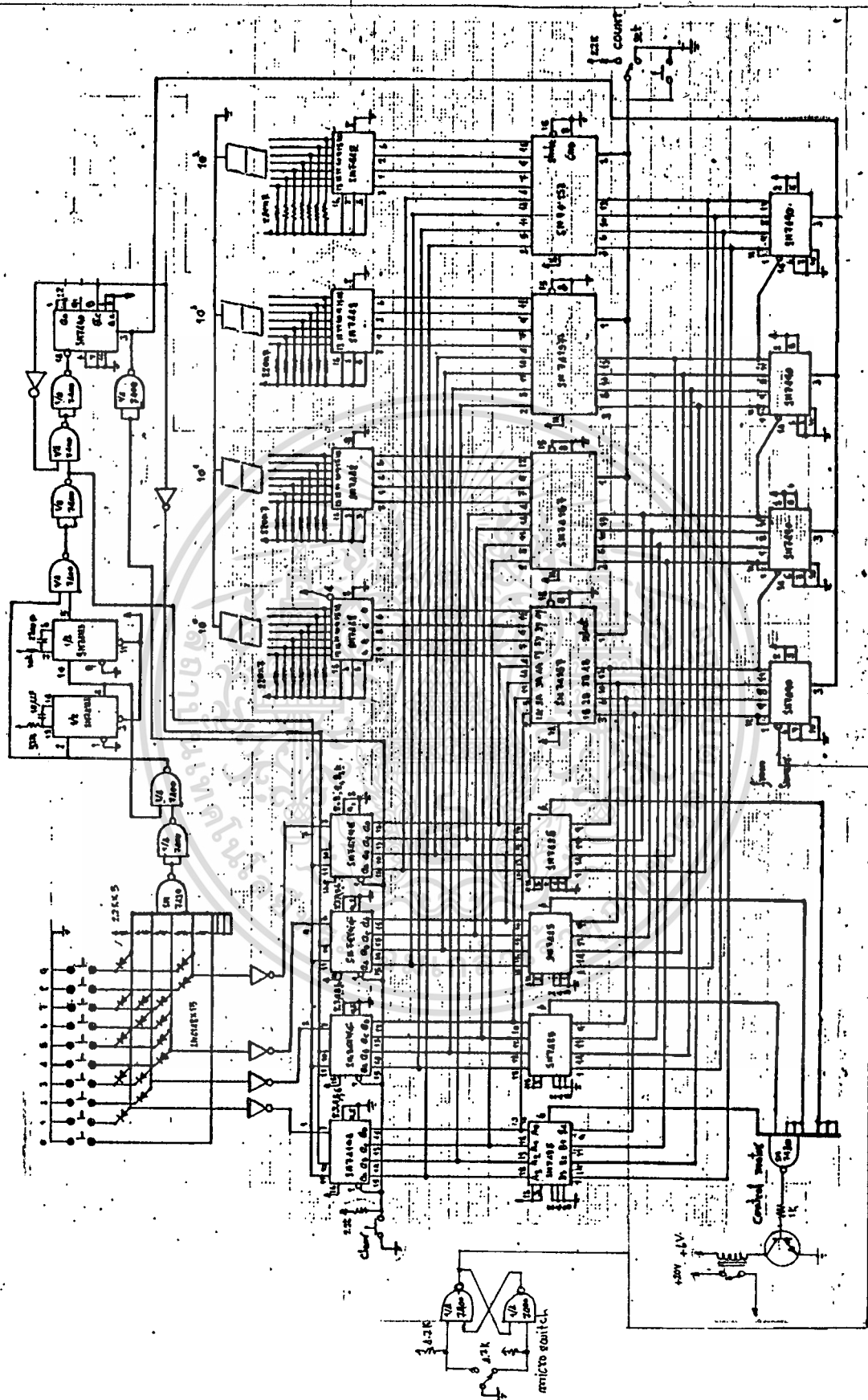
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรนับเลขฐาน 5 และวงจร SHIFT REGISTER

3.4 วงจรนับ วงจรเปรียบเทียบ และวงจรแสดงผล

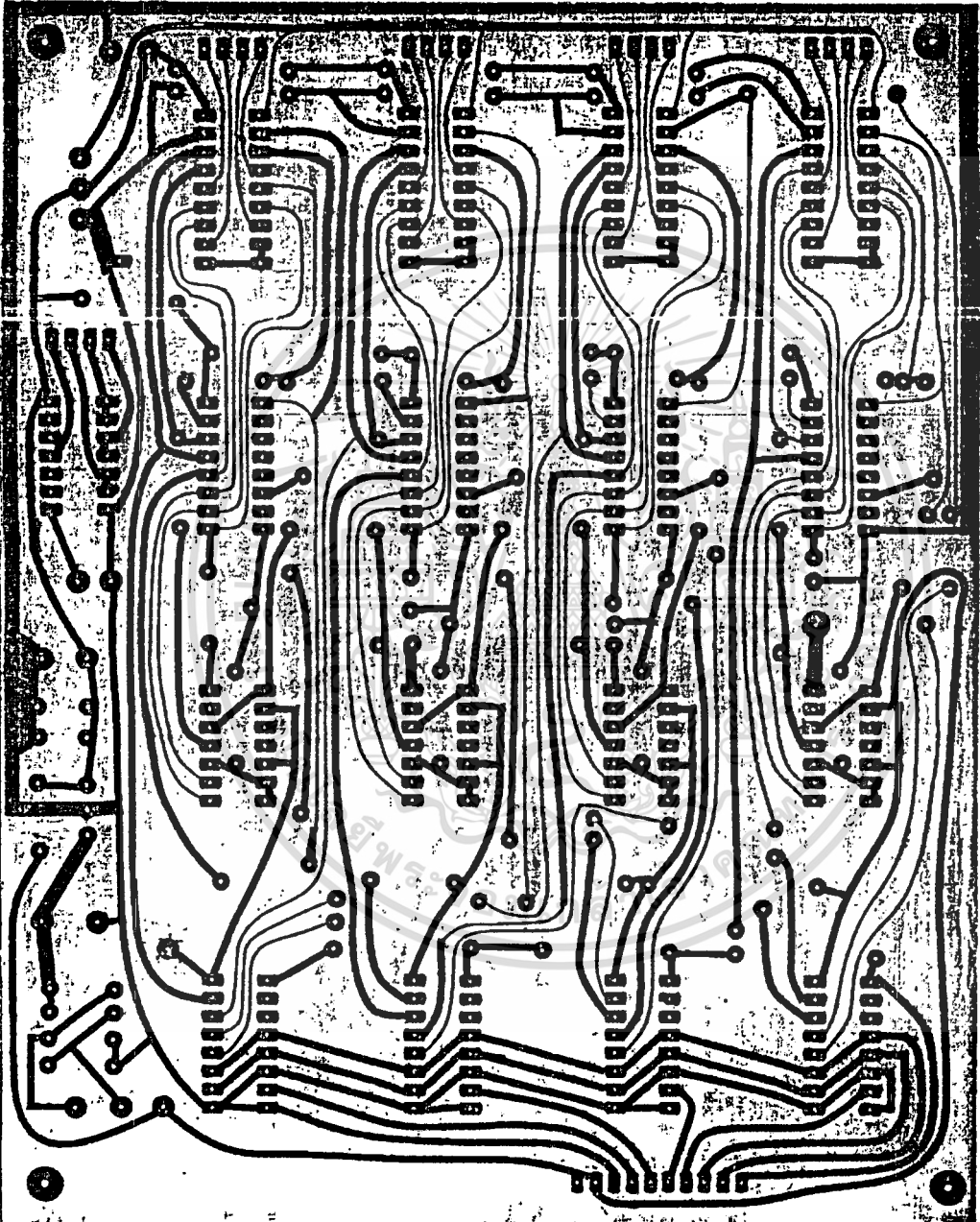
วงจรนี้จะทำการนับถอยหลังที่ส่งมาจากวงจร เช่น เซอร์ คาร์นับเป็นการนับกลับ ถ้าของการนับที่ไททวงเอาท์พุทจะเป็นข้อมูลแบบ BCD โดยในช่วงเริ่มต้นนั้นค่าของข้อมูลจะถูกเคลียร์เสียก่อน ข้อมูลจากการนับจะถูกส่งไปยังวงจรเลือกข้อมูลซึ่งจะทำการเลือกข้อมูลที่จะแสดงผลว่าเป็นข้อมูลของวงจรมับ หรือเป็นข้อมูลที่ส่งมาจาก SHIFT REGISTER ส่งไปยังวงจรแสดงผล แต่ละบิตของข้อมูล BCD ทั้งของวงจรมับและวงจร SHIFT REGISTER จะถูกนำมาเปรียบเทียบโดยวงจรเปรียบเทียบกันบิตต่อบิต เอาท์พุทจากวงจรเปรียบเทียบจะนำไปควบคุมการปิดเปิดของเกทที่จะส่งไปยังวงจรควบคุมมอเตอร์ต่อไป

รูปที่ 3.6 เป็นวงจรทั้งหมดที่ทำงาน ได้ดี 7490 จะเป็นวงจรนับสิบแบบ

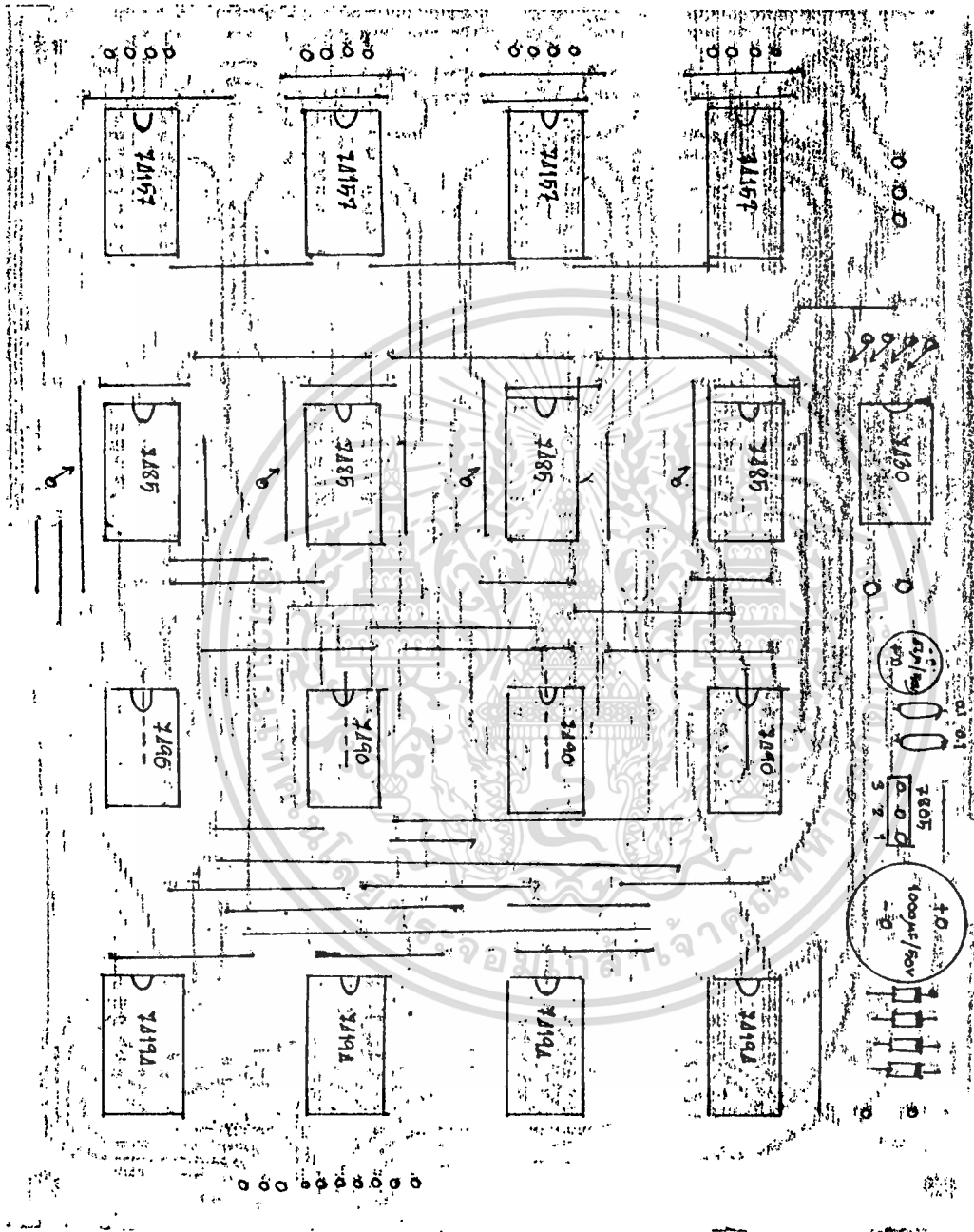
นำเอาฟังก์ชันของทุกตัวไปทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลของวงจร SHIFT REGISTER. โดยให้
ไอซีเบอร์ 7485 เป็นตัวเปรียบเทียบ ไอซี 74157 เป็นตัวเลือกข้อมูลที่จะแสดงโดยไอซีสวิทช์
เลื่อนเป็นตัวเลือก การถอดรหัสและแสดงผลใช้ไอซี 7448 เป็นตัวทำหน้าที่นี้



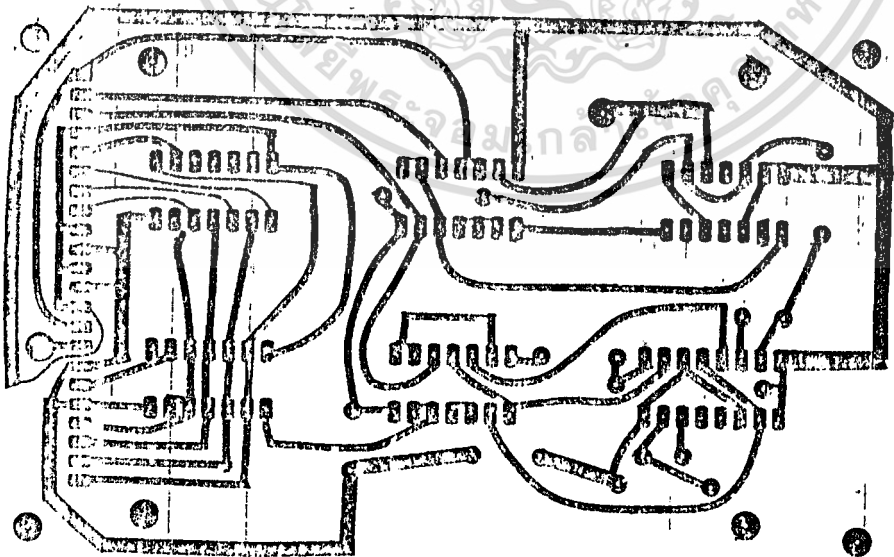
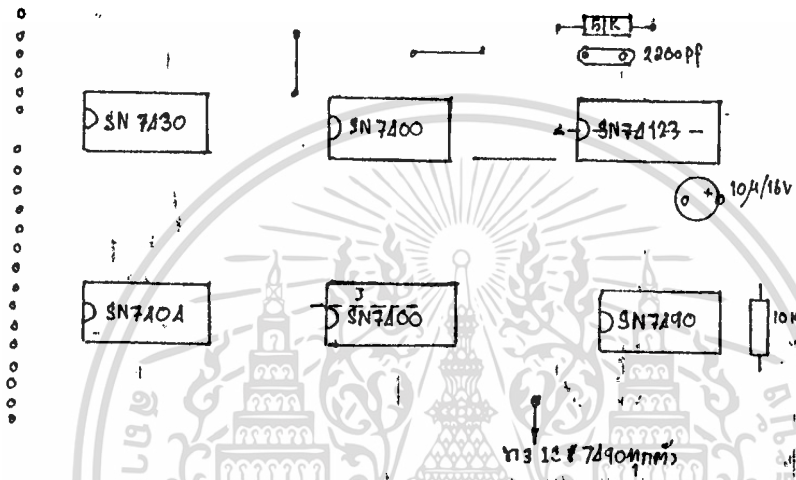
3.5 ลายวงจรและการลงอุปกรณ์



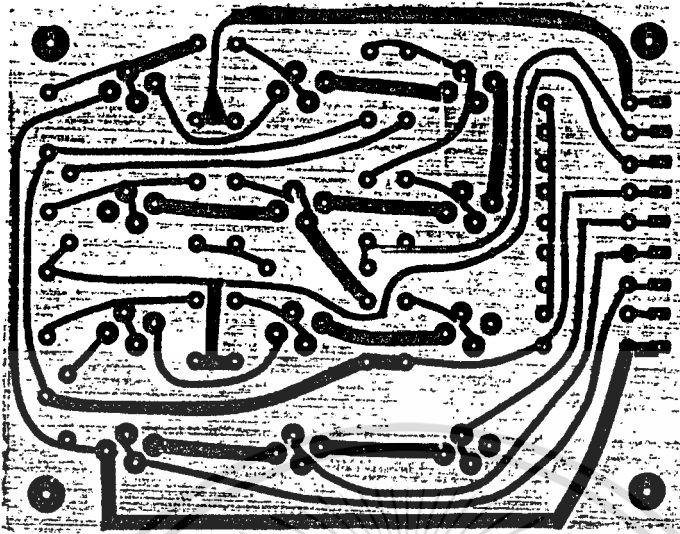
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



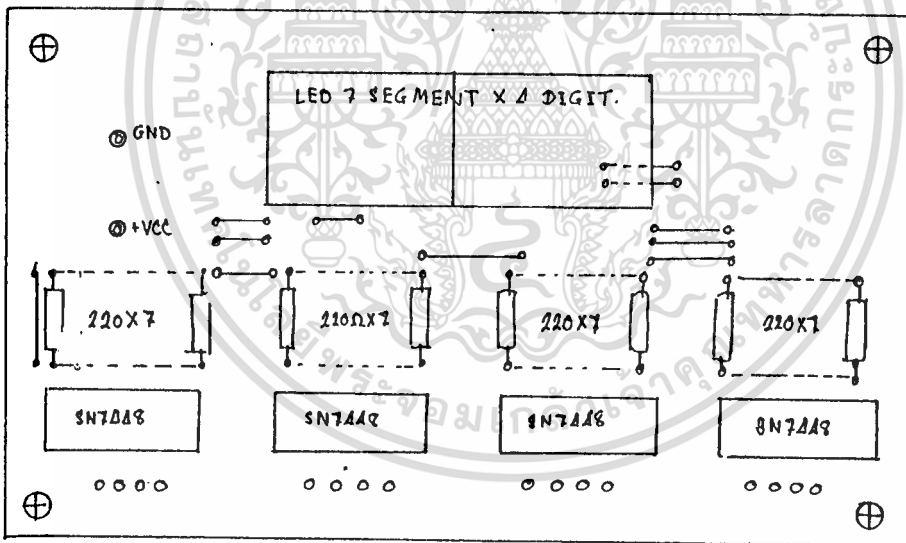
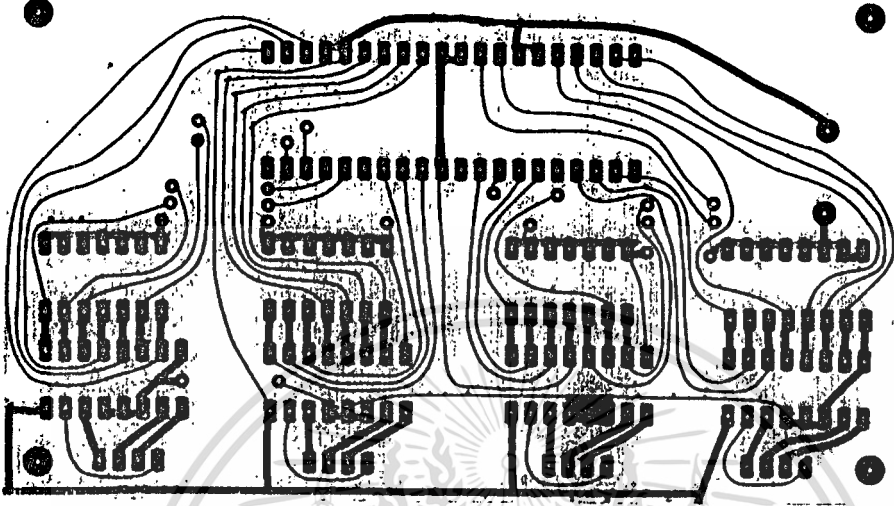
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

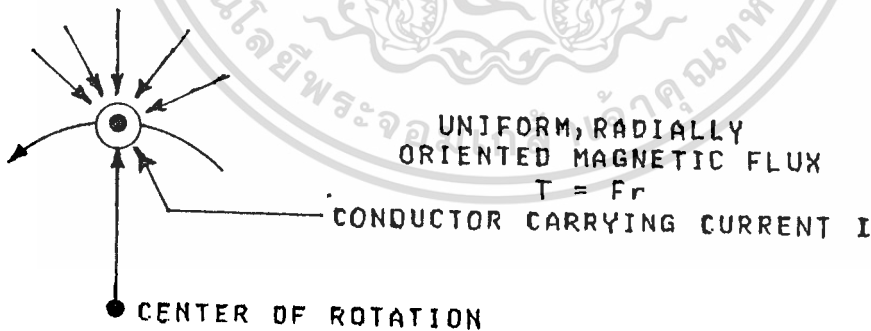
ทฤษฎี การควบคุมมอเตอร์

ปัจจุบันการควบคุมคีมอเตอร์ (DC Motor control) จะพบได้ในงานอุตสาหกรรมก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้นการออกแบบระบบควบคุมคีมอเตอร์และการวิเคราะห์จึงเป็นเทคนิคใหม่ที่มีความสำคัญและน่าสนใจ

ระบบการควบคุมแบบเกิบทังจักรกลที่สำคัญในระบบมักได้แก่พวกมอเตอร์ไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ไฮโครลิกแอคชูเอเตอร์พวกเบรกและคลัทช์เป็นต้นเกี่ยวกับความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีคุณภาพสูงทำให้คีมอเตอร์กลายเป็นตังจักรกลที่สำคัญในระบบควบคุมเกือบทุกชนิดในปัจจุบัน และในเวลาเดียวกันบวกกับความก้าวหน้าของไมโครโปรเซสเซอร์ได้สร้างการประยุกต์งานใหม่ขึ้นทำให้คีมอเตอร์และสเทปเปอร์มอเตอร์ได้รับความนิยมในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันอย่างกว้างขวาง

4.1 หลักการทำงานของ

คีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์ (Transducer) แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณสมบัติพิเศษคือแรงบิดของเพลลาของคีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ แรงบิดของเพลลาของคีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขลวกตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ในรูป 4.1



รูป 4.1 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวคีมอเตอร์

ในที่นี้ กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟลักซ์ ที่ประกอบด้วย เส้นแรงแม่เหล็ก และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงบิดของเพลาและกระแสเท่ากับ

$$T \quad K \phi I \quad \text{-----} (4 - 1)$$

- T = แรงบิดของเพลา มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร
 ϕ = เส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์
 I = กระแส มีหน่วยเป็น แอมแปร์
 K = ค่าคงที่

ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กกับกระแส เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้โวลต์เทจตรงคร่อมตัวมันเอง() โวลต์เทจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์และค่าการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เทจย้อนกลับกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์ คือ

$$E = K \phi W \quad \text{-----} (4 - 2)$$

- E = BACK EMF.
 ϕ = เส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น Weber
 W = กระแส มีหน่วยเป็น Ampere

4.2 การแยกประเภทของกีฬิมอเตอร์

กีฬิมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์ การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

- 1 กีฬิมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
- 2 กีฬิมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

ถ้าเราพิจารณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาร์เมเจอร์ สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบ คือ

- 1 กีฬิมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก
- 2 กีฬิมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว
- 3 กีฬิมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดหมุน

นอกจากนี้ยังมีกีฬิมอเตอร์ชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless-

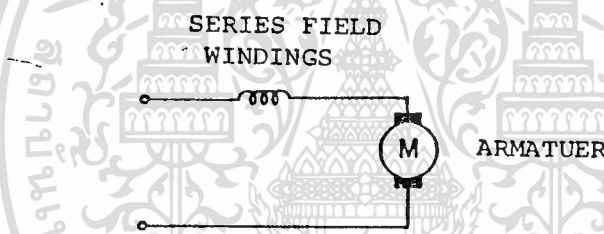
DC Motor ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับที่ซีมอเตอร์ชนิดที่มีแปรงถ่านแยกเว้นการคอมมิวเทชัน (Commutation) กระทำโดยเทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางเชิงกล

4.2.1 ซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

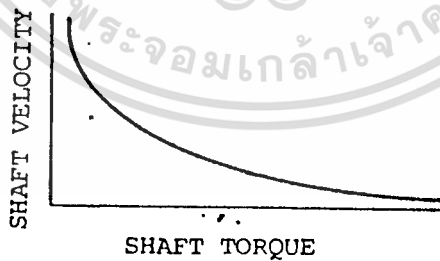
ซีมอเตอร์แบบนี้ยังแบ่งย่อยได้เป็นอีก 2 แบบคือ

- ก) แบบขลวงสนามแม่เหล็กที่อนุกรมกับขลวงอาร์เมเจอร์
- ข) แบบขลวงสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขลวงสนามแม่เหล็กที่อนุกรมแสดงดังในรูป 4.2 มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสที่ผ่านนั้น เส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็นนอนลิเนียร์ดังแสดงในรูป 4.3



รูป 4.2 ซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ที่อนุกรมกับขลวงสนามแม่เหล็ก



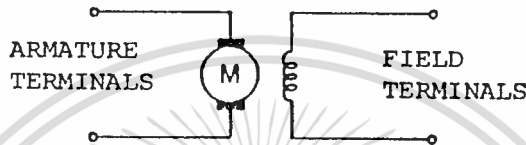
รูป 4.3 คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของซีมอเตอร์อนุกรมภายใต้ค่าแรงบิดที่แท้จริงที่

มอเตอร์ที่ถ่วงถ่วงจะใช้งานในภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำและแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง เช่น ระบบการขับเคลื่อนของรถลาก

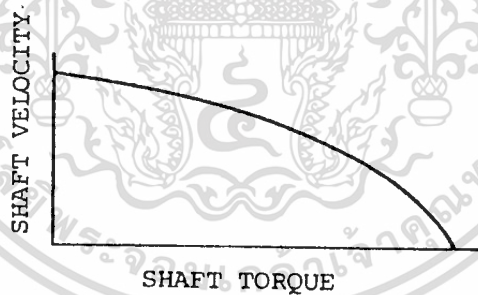
ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขลวงสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้นแสดงในรูป 4.4 ซีมอเตอร์แบบนี้มีลักษณะเรียกว่ามอเตอร์ชาน (shunt motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใ้ข้อบ่งชี้สัณฐานของอาร์มาเจอร์ยังผลให้สามารถควบคุมการมีเทอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ไ้ตลอดช่วงที่สัณฐานที่กว้าง มอเตอร์นี้มักจะใช้งานในกรณีระบบยังกับการเคลื่อนที่ของแรงบิดสูง ในรูป 4.5 แสดงถึงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชั้นหุ้มมอเตอร์ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มาเจอร์โวลต์ที่คงที่



รูป 4.4 ที่หุ้มมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็กไ้



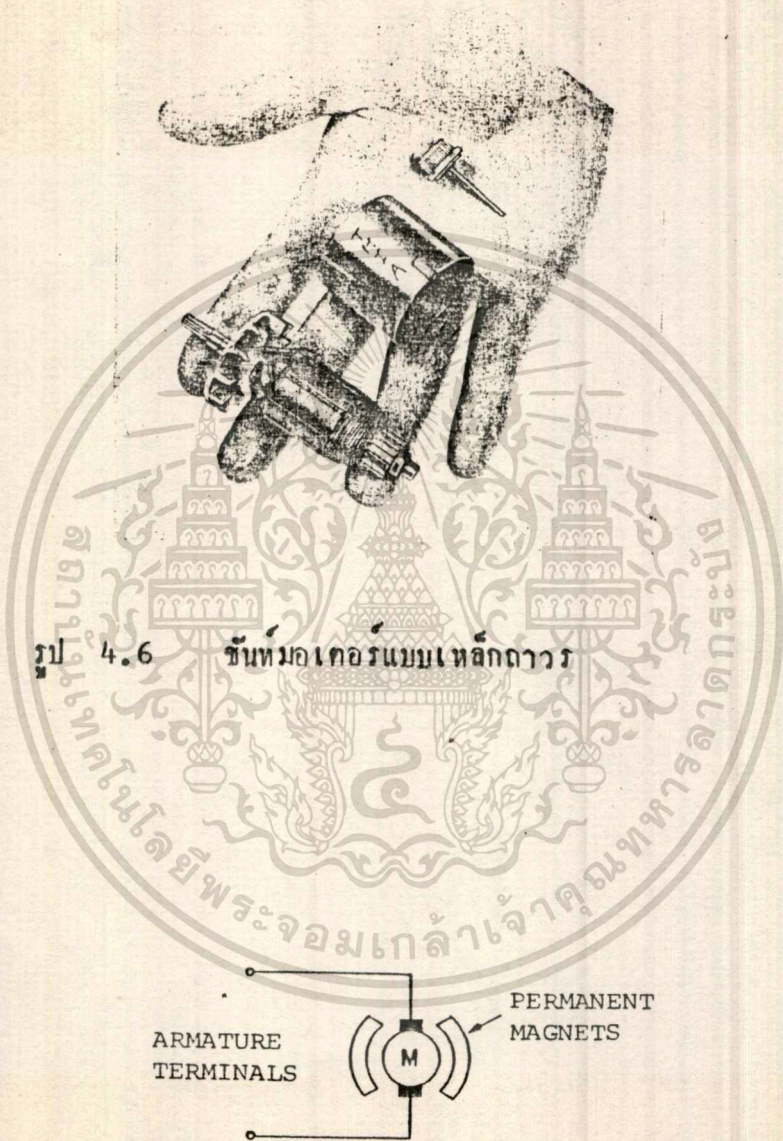
รูป 4.5 แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของชั้นหุ้มมอเตอร์ภายใต้ภาวะอาร์มาเจอร์โวลต์ที่คงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่

ที่หุ้มมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ระบบการกระตุ้นที่ล็กของมอเตอร์โดยทั่วไป ในปัจจุบันมักไ้ให้เป็นแบบ แม่เหล็กถาวร ดังแสดงในรูป 4.7

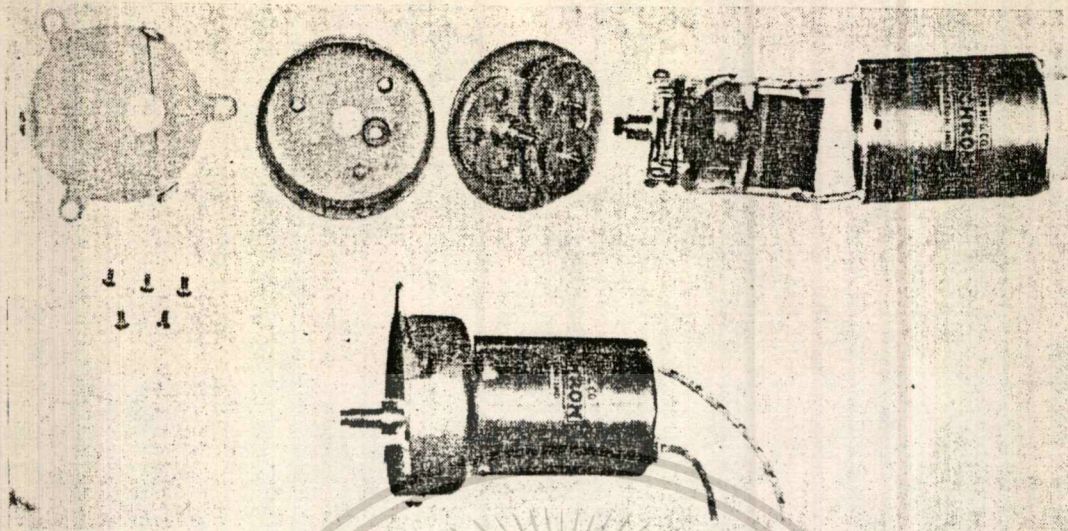
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบนี้เส้นแรงฟลักซ์มีค่าคงที่ ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์และแรงบิด
จะมีค่าคงที่ ดังนั้น สมการ (4 - 1) เขียนให้ง่ายขึ้นได้เป็น



รูป 4.7 ชั้้นมอเตอร์แบบฟลักซ์เป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.8 กีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรและเกียร์บล็อกสำหรับความเร็ว

$$T = K_t I \quad (4-3)$$

และสมการ (4-1) ได้เป็น

$$E = K_e W \quad (4-4)$$

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดและความเร็วอยู่ในลักษณะอเนียง สมการทางไฟฟ้าของกีมอเตอร์แบบนี้เขียนได้เป็น

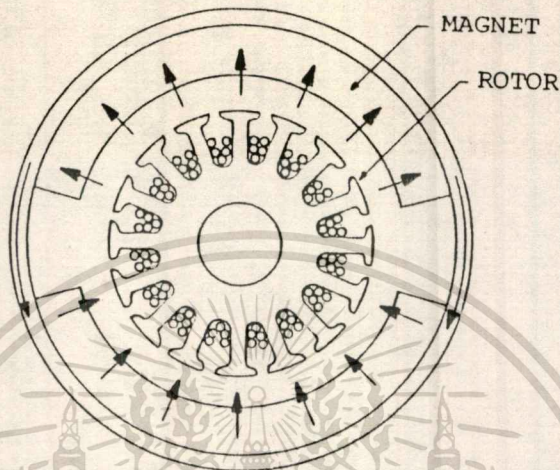
$$V = K_e W + L \frac{di}{dt} + Ri \quad (4-5)$$

เมื่อ V คือ โวลต์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์

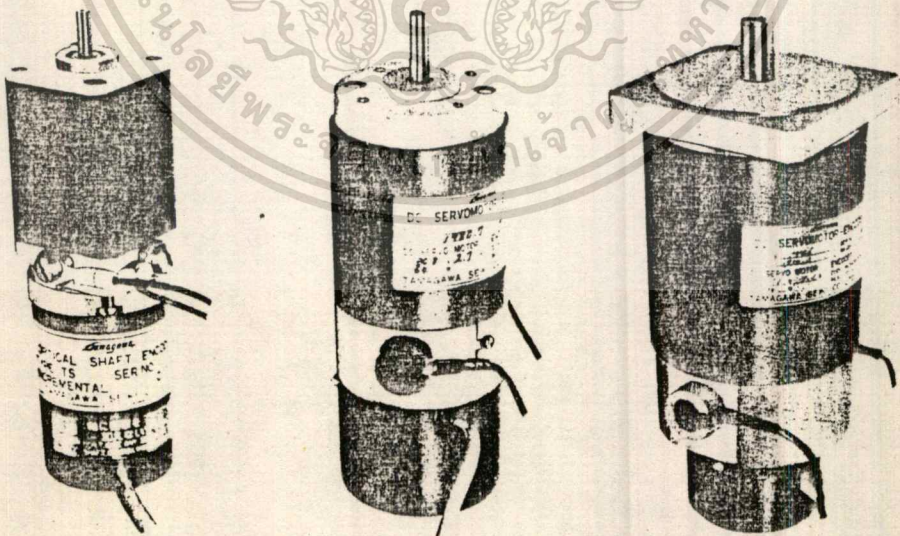
K_e คือ ค่าคงที่ของโวลต์เต็ยย้อนกลับ

L คือ อินดักแทนซ์ของอาร์มาเจอร์

R คือ ความต้านทานที่ขั้วของมอเตอร์



รูป 4.9 แสดงรูปหน้าตัดของทึมมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก ส่วนเฟิลด์เป็นแม่เหล็ก



รูป 4.10 ทึมมอเตอร์และเอนโคเดอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก ขนาดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการไดนามิกของมอเตอร์ คือ

$$T_g = \frac{Jdw}{dt} + BW + T_f + T_l \quad \text{-----(4-6)}$$

- เมื่อ T_g คือ แรงบิดที่กำเนิดโดยมอเตอร์
 J คือ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์และโหลด
 B คือ สัมประสิทธิ์ของวิสกอสแทมป์ปิ้ง
 T_f คือ แรงบิดเสียดทานภายใน
 T_l คือ แรงบิดโหลด

สมการต่าง ๆ ของมอเตอร์แบบแยกกระตุ้นฟิลด์จะเหมือนกับแบบกระตุ้นฟิลด์คงที่ อย่างไรก็ตาม ข้อดีของมอเตอร์แบบฟิลด์ แม่เหล็กถาวรซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของฟิลด์ด้วยการพันของขดลวด คือ ไม่กำลังสูญเสียในฟิลด์ มีประสิทธิภาพสูงกว่า และมีขนาดเล็กกว่า เมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังมาเท่ากัน นอกจากนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นในสมการ (4-1) ยังให้ค่าของกระแสอาร์มาเจอร์ที่สูงกว่าก็คีมอเตอร์แบบฟิลด์ เป็นขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง

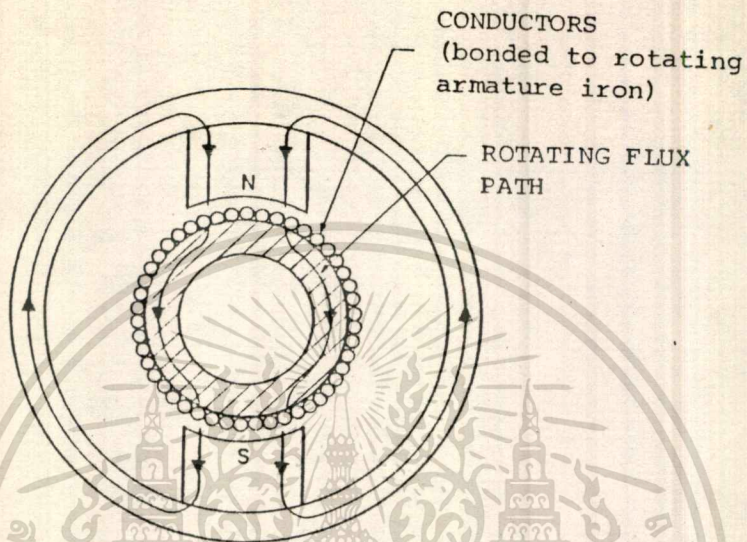
คีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก

โครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของมอเตอร์แบบแกนเหล็กแสดงถึงในรูป 4.9

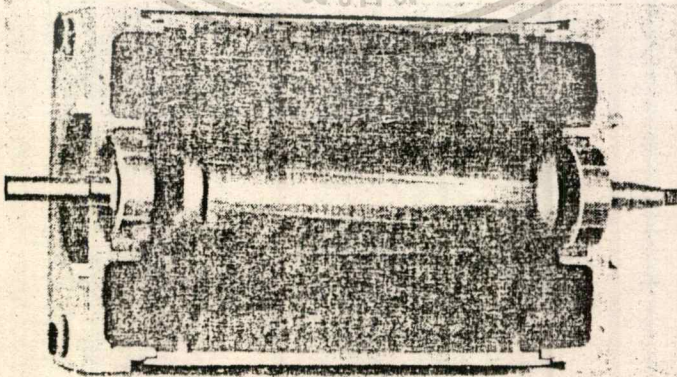
โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุดและมีค่าอินดักแทนซ์ของโรเตอร์สูงที่สุดด้วย ดังนั้น มอเตอร์นี้จึงมีปริมาณการทำความร้อนที่สูง และสามารถจะหน่อเวอร์โวลต์ได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย

คีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว

ในรูป 11 แสดงถึงการออกแบบของโรเตอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว โดยไม่มีสล๊อททำให้ค่าอินดักแทนซ์ของโรเตอร์ต่ำกว่าแบบแกนเหล็ก ข้อเสีย คือ ทำให้ขนาดของมอเตอร์แบบนี้ใหญ่ขึ้นและราคาแพงกว่าแบบแกนเหล็กด้วย



รูป 4.11 แสดงรูปหน้าตัดของคีมมอเตอร์แบบมีขั้วลวดบนพื้นผิวและฟิล์มเป็นแม่เหล็กถาวร

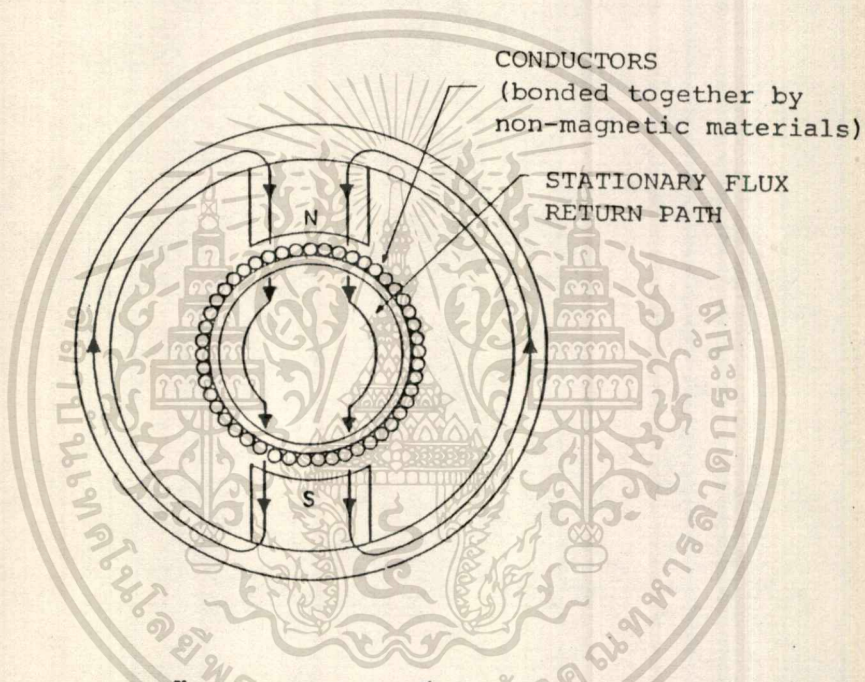


รูป 4.12 โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์แบบ-

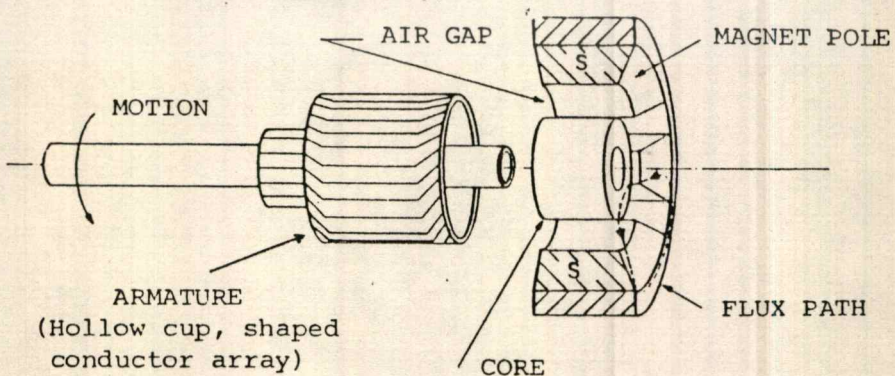
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทิศมอเทอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นขลวคหมุน

มอเทอร์แบบขลวคหมุนนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยน้อยมาก ดังแสดงในรูป 13 และรูปหน้าตัดซึ่งมองก้านข้างของมอเทอร์ดังกล่าว แสดงในรูป 14 นอกจากนั้นในรูป 15 และรูป 16 เป็นรูปถ่ายของอาร์มาเจอร์แบบเป็นขลวคเคลื่อนที่ และรูปลักษณะโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างของ



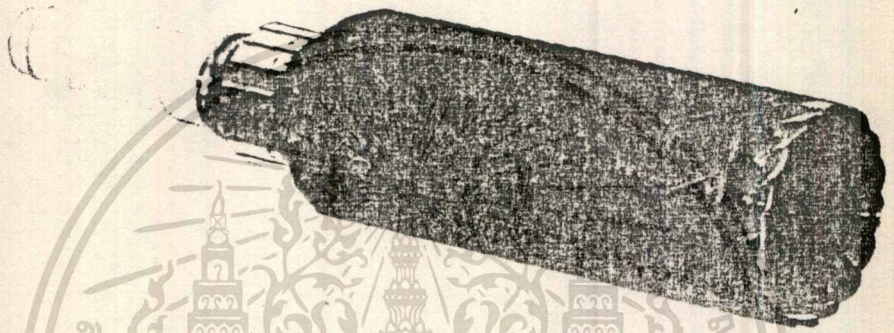
รูป 4.13 หน้าตัดของทิศมอเทอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขลวคเคลื่อนที่และฟิลล์เป็นแม่เหล็กถาวร



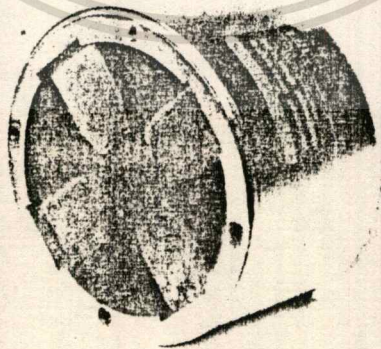
รูป 4.14 แสดงถึงรูปหน้าตัดซึ่งมองก้านข้างของทิศมอเทอร์แบบมีโรเตอร์เป็นขลวคเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กมอเตอร์แบบนี้มีช่องว่างอากาศ (air - gap) ระหว่างแม่เหล็กมากกว่ามอเตอร์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำเป็นต้องออกแบบให้โครงสร้างของแม่เหล็กที่ใหญ่ขึ้น เพื่อให้ได้ช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กที่เท่ากันกับของมอเตอร์ทั้งสองแบบที่กล่าวแล้ว ดังนั้นราคาของมอเตอร์แบบนี้จึงมีราคาแพง นอกจากนั้นโครงสร้างของโรเตอร์มีความจุความร้อนต่ำมากถ้าหากเกิดโอเวอร์โหลดก็จะทำให้มอเตอร์เสียได้ง่ายและโรเตอร์ลักษณะนี้จะมีค่าอินดักแตนซ์ต่ำมาก คือ น้อยกว่า 10 ไมโครเฮนรี่



รูป 4.15 อาร์มาเจอร์แบบเป็นขั้วเคลื่อนที่ซึ่งมีรูปร่างเป็นด้วยทรงกระบอกและเตลาเอาท์พุททำด้วยซีรามิกอลูมิเนียมเพื่อให้ทนต่อแรงดึงที่สูง



รูป 4.16 แสดงรูปร่างและโครงสร้างแม่เหล็กของมอเตอร์แบบขั้วเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทฤษฎีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์

4.3.1 แนะนำถึงตัวบังคับ

ในบทนี้เราจะได้อธิบายถึงวิธีการบังคับความเร็วของมอเตอร์ในหลาย ๆ ลักษณะในขั้นต้นนี้จะได้อธิบายถึงการบังคับความเร็วของมอเตอร์แบบเปิดลูป หมายความว่า การบังคับแบบนี้ไม่มีการป้อนความเร็วกลับในลูปของการบังคับที่จะให้ตัวบังคับรู้ถึงความเร็วของมอเตอร์เพื่อให้ตัวบังคับสามารถที่จะปรับการทำงานของลูปให้เหมาะสมเพื่อรักษาความเร็วของมอเตอร์ให้คงที่

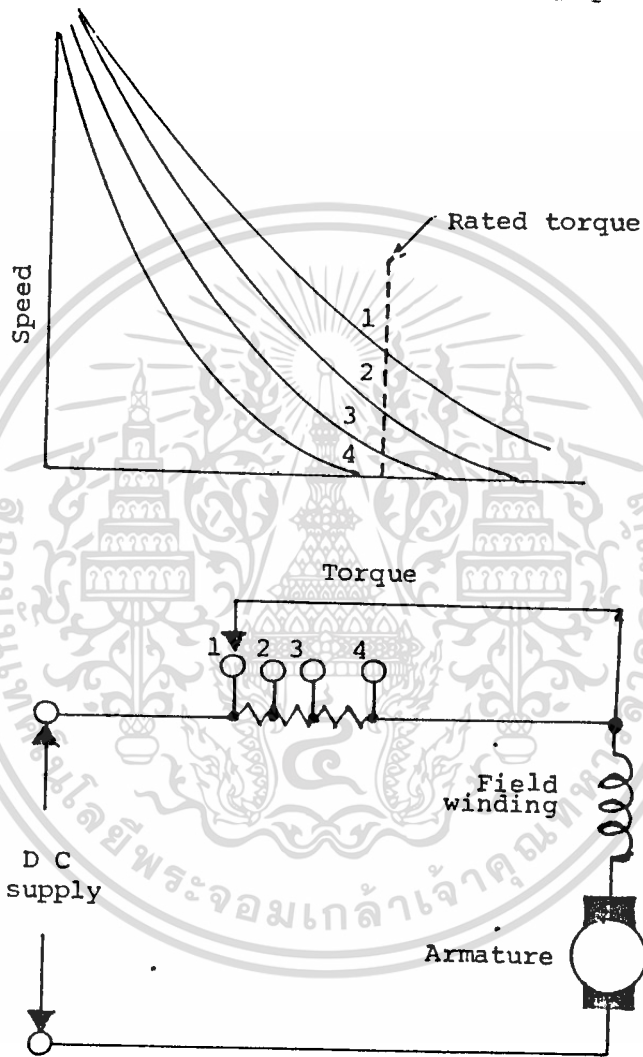
4.3.2 การบังคับแบบเปิดลูป

ตัวบังคับที่ใช้บังคับความเร็วของมอเตอร์ในลักษณะเปิดลูปแบบออกเป็น 3 แบบด้วยกันคือ

1. ตัวบังคับความต้านทานที่ปรับค่าได้ (rheostat)

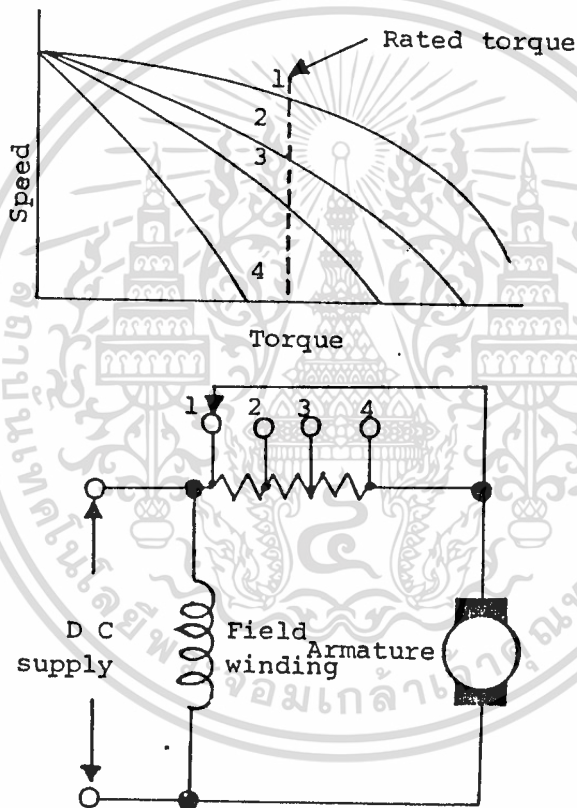
การบังคับแบบนี้เป็นวิธีการบังคับที่ง่ายที่สุดและใช้กันในยุคแรก ๆ มีประสิทธิภาพการบังคับความเร็วอยู่ในที่เสีย 4:1

และให้การเรีกูละความเร็วมอเตอร์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโหลดและโหลดที่แท้จริงของสายส่งการบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะว่า กำลังไฟสูญเสียไปในตัวความต้านทานในรูป 4.17 แสดงถึงตัวอย่างการบังคับความเร็วของมอเตอร์ (series motor) ด้วยตัวบังคับแบบ ค.ท.ท. ที่ปรับค่าได้ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็ก ๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสทาร์ทดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงจำกัดมากเมื่อมอเตอร์อยู่ในภาวะที่โหลดน้อย ๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้จะเป็นประโยชน์เฉพาะภาวะที่แรงต้าน คงที่ ยกตัวอย่างเช่น การบังคับความเร็วของเครื่องจักรเย็บผ้า เครื่องผสมอาหาร และการบังคับแบบนี้จะให้การเรีกูละความเร็วเลวลงเมื่อความเร็วลดลงทำให้เป็นการยากที่จะบังคับความเร็วให้คงที่เสียกว้าง



รูป 4.17 แสดงถึงวงจรการบังคับความเร็วของ
ซีรโมเตอร์ด้วยตัวความต้านทานและ
การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว
ต่อแรงบิดของการบังคับแบบนี้

ส่วนการบังคับความเร็วของชั้นมอเตอร์ (Shunt Motor) ด้วยตัวบังคับแบบรีโอสถาทแสดงในรูป 4.18 ตัวบังคับต่ออนุกรมอยู่กับวงจรอาร์มาเจอร์และขดลวดของฟิลด์ถูกกระตุ้นด้วยโวลต์เค้จคงที่ (ถ้าเป็นมอเตอร์แบบฟิลด์ที่ไค้จากแม่เหล็กถาวรก็ใช้ได้)

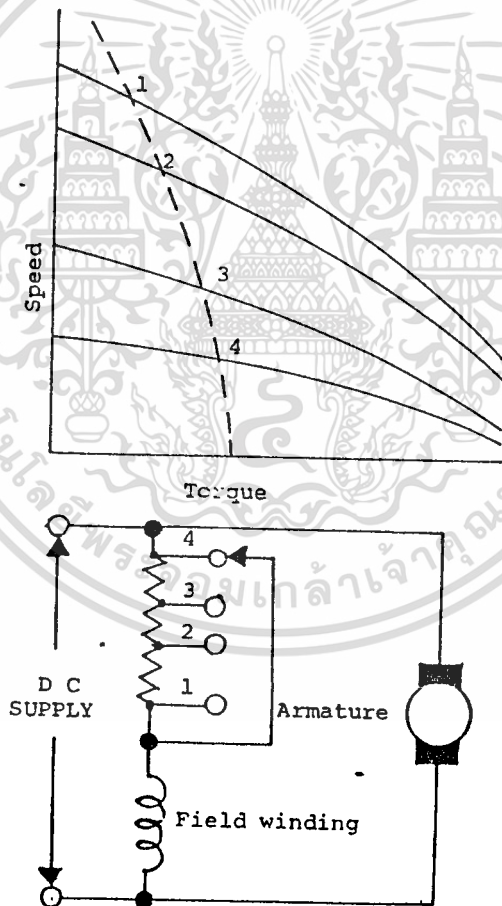


รูป 4.18 แสดงถึงวงจรการบังคับความเร็วของชั้นมอเตอร์ด้วยตัวความต้านทานและกราฟแสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วต่อแรงบิดของการบังคับแบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการบังคับแสดงในรูปซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิด การบังคับแบบนี้ได้เพิ่ม ค.ต.ท. ในวงจรอาร์มาเจอร์มากขึ้นทำให้ความเร็วกลุ่ลความเร็วลดลง ้วยการบังคับแบบนี้จึงเหมาะสำหรับงานที่แรงบิดของโหลดคงที่ต่ำกว่างานที่มีภาวะของ โหลดเปลี่ยนแปลงในช่วงว่าง

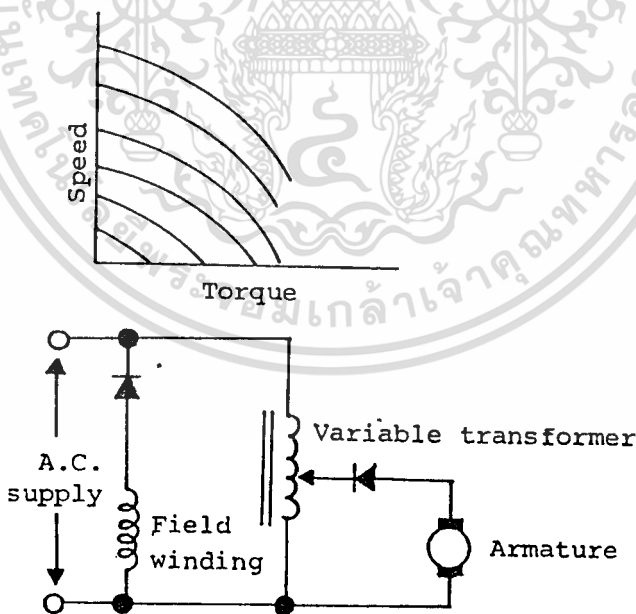
ในรูป 4.19 เราจะเห็นว่าชั้นหุ้มมอเตอร์อยู่กับที่ความต้านทานบังคับการเปลี่ยนแปลง ของฟิลด์ วงจรการบังคับแบบนี้มีข้อคือที่ว่าความเร็วของมอเตอร์สามารถปรับได้เฉพาะ ความเร็วที่สูงกว่าความเร็วในตอนที่ยัง



รูป 4.19 แสดงการบังคับชั้นหุ้มมอเตอร์ด้วยตัวความ
ต้านทานที่ปรับค่าได้ต่ออนุกรมกับฟิลด์

ไม่ได้ใส่ตัวความต้านทานเพื่อมั่งคัมฟิลด์เท่านั้นส่วนผลเสียของการมั่งคัมแบบนี้คือ แรงบิด
 กงที่ของมอเตอร์จะลดลงด้วยการเพิ่มค่า ค.ท.ท. ที่ใส่เข้าไป
 (ทำให้สนามแม่เหล็กลดลง) ดังนั้นมอเตอร์อาจจะถูกทำให้โอเวอร์โหลดได้ง่ายและวงจร
 การมั่งคัมนี้ควรจะใช้งานเฉพาะในกรณีเมื่อสภาพของโหลดและการมั่งคัมยืนยันได้ว่าเป็นจริง
 2. ตัวมั่งคัมแบบทรานส์ฟอร์เมอร์ที่ปรับค่าได้ (Variac) กับตัวเรกติฟาย์การมั่งคัม
 แบบนี้สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้พิสัยความเร็ว 10:1 และให้การเรกติฟาย์และประสิทธิภาพ
 ภาที่ดีกว่าการมั่งคัมด้วยรีโอสตาท

รูป 4.20 แสดงถึงการมั่งคัมโดยใช้ตัวเรกติฟาย์มั่งคัมโวลต์เตจของชั้นหุ้มมอเตอร์ด้วยการ
 ปลอยกระแสไฟฟ้าให้ฟิลด์คองที่ ผลของคุณสมบัติ ความเร็ว-แรงบิดได้รับการปรับปรุงที่
 ขึ้นกว่าการมั่งคัมด้วยความต้านทานที่ปรับค่าได้และให้การเรกติฟาย์ความเร็วคงที่ได้
 คี้นั้นตลอดพิสัยความเร็วที่กว้างกว่า

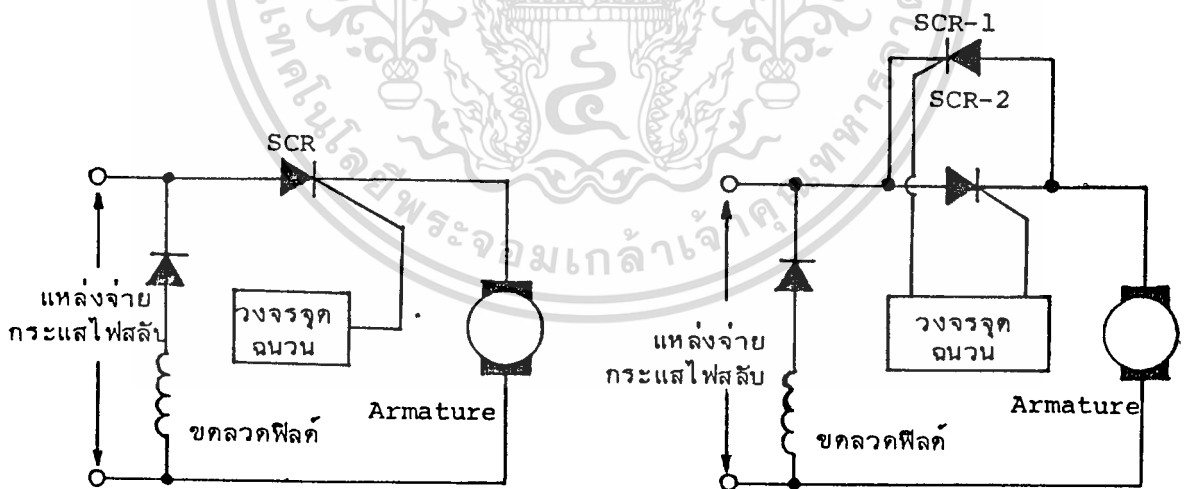


รูป 4.20 แสดงถึงทรานส์ฟอร์เมอร์มั่งคัมโวลต์เตจ
 ของอาร์มาเจอร์ของชั้นหุ้มมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทัวบังคับแบบ SCR (ไทรสเตอร์)

ทัวการทำงานเป็นแบบครึ่งคลื่น จะให้คุณสมบัติคล้ายกับการบังคับทัววาริแอก อย่างไรก็ตาม ระบบของ SCR ที่ทำงานแบบเต็มคลื่นสามารถให้สัดการบังคับความเร็วได้ถึง 20 : 1 เมื่อใช้เทคนิคการชกเซบ "IR" (หมายถึง เทคนิคการรับรู้กระแสและป้อนกลับเป็นระบบปิกลูป) ทัววิธีการชกเซบการบังคับความเร็วนี้สามารถให้การเรีคุณเลทความเร็วได้ถึง 3 % จากไม่มีโหลดถึงภาวะที่มีโหลดเต็มที่ เช่น มอเตอร์มีความเร็วที่กำหนดให้ 1800 รอบต่อนาที การบังคับให้เรีคุณเลท ความเร็วเท่ากับ 3 % ของความเร็วสูงสุด หมายความว่าความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไป 54 รอบต่อนาที เมื่อโอโหลดเปลี่ยนแปลง สมมุทว่ามอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็วของมอเตอร์หมุน 180 รอบต่อนาที และไม่ไคต่อโอโหลด เมื่อท้อกับโอโหลดตามที่กำหนด ความเร็ว ของมอเตอร์จะลดลงเป็น $180 - 54 = 126$ รอบต่อนาที ดังนั้นการเรีคุณเลทจะเท่ากับ 30 % ของความเร็วที่ตั้งไว้ (Set speed)



รูป 4.21 ทัวอย่างการบังคับขั้นท้อมอเตอร์
ทัวครึ่งคลื่นและแบบเต็มคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การควบคุมตัวพูนแกนเทอร์อยด์

จากสมการของ คิริชเอยเตอร์

$$E = k \phi N \quad \text{----- (4.1)}$$

เมื่อ

E = แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์

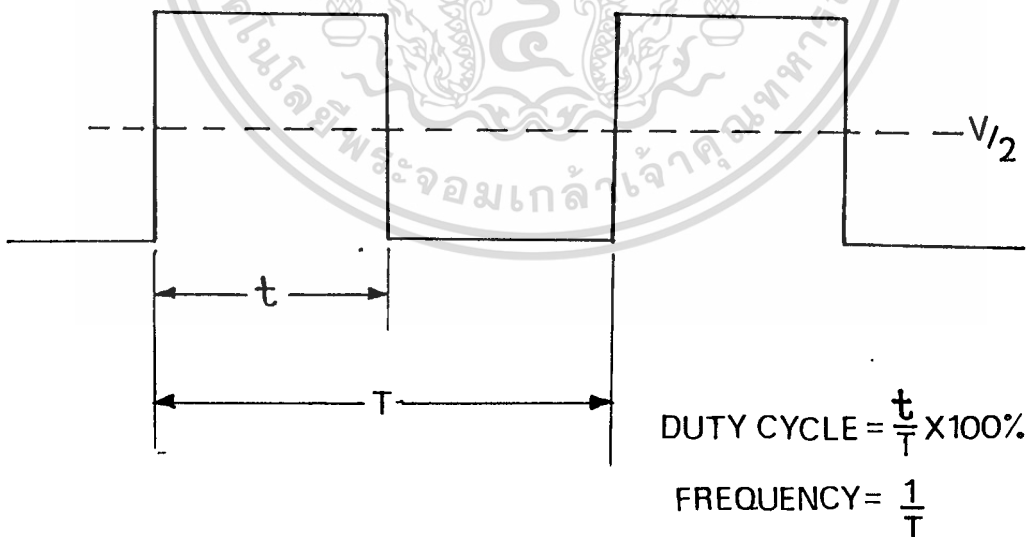
K = ค่าคงที่ขึ้นกับโครงสร้างของมอเตอร์

ϕ = ฟลักซ์แม่เหล็ก

N = ความเร็วรอบ

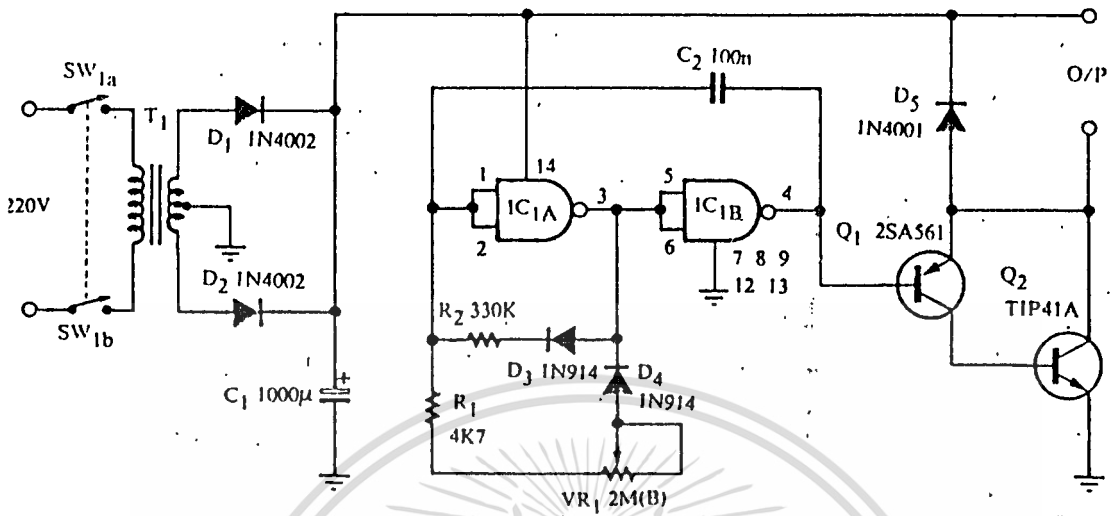
จากสมการจะเห็นได้ว่าถ้า ϕ มีค่าคงที่แล้ว เราสามารถจะปรับความเร็วได้ โดยการปรับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แนวความคิดในการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันคือ การป้อนแรงดันให้เป็นช่วงๆ หรือพัลส์ ซึ่งจะนำไปให้แรงดันเฉลี่ยออกมาแตกต่างกัน

พัลส์ความถี่สูงจะให้แรงดันเฉลี่ยมากกว่าพัลส์ความถี่ต่ำ พัลส์ที่มี DUTY CYCLE มากกว่าก็จะให้แรงดันเฉลี่ยมากกว่าพัลส์ที่มี DUTY CYCLE ต่ำกว่า แรงดันเฉลี่ยสำหรับแรงดันที่เป็นพัลส์ก็คือพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แสดง DUTY CYCLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 โวลต์

การทำงานของวงจร

T_1 , D_1 , D_2 และ C_1 ทำหน้าที่เป็นวงจรภาคโวลต์ตรงคือ T_1 จะแปลงจากเมน 220 V ลงมาเป็นโวลต์ต่ำ D_1 และ D_2 เป็นไดโอดเรกติไฟเออร์ C_1 จะทำหน้าที่เป็นวงจรกรองหรือเป็นตัวฟیلเตอร์ให้กระแสและแรงดันเรียบขึ้น ซึ่งเป็นวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น ใช้หม้อแปลงแบบมีเซ็นเตอร์แทป และไดโอด 2 ตัว

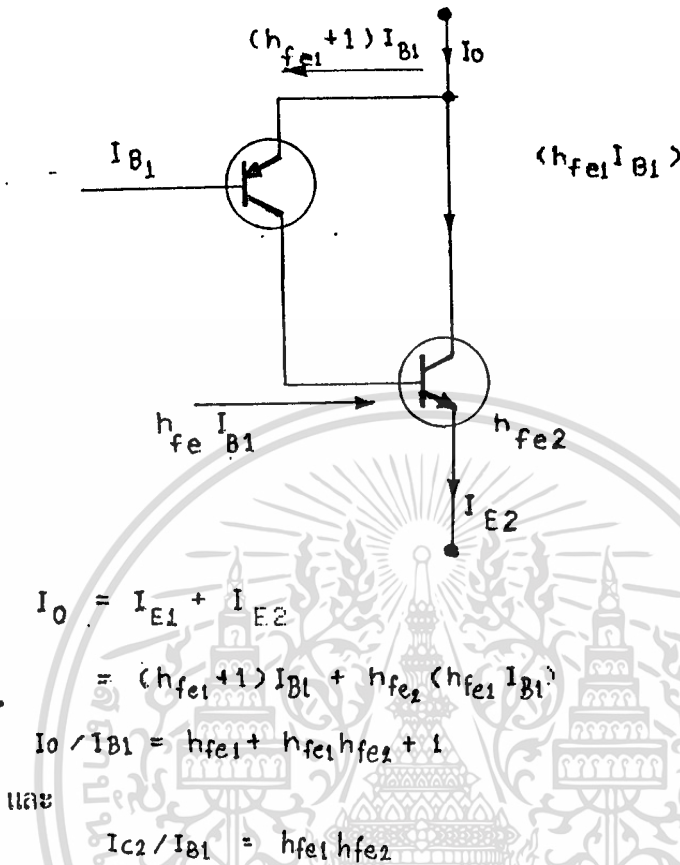
กระแสไฟฟ้าจะต้องจ่ายเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหนึ่งจ่ายให้กับมอเตอร์ และอีกส่วนหนึ่งจ่ายให้กับซีโมส 4011 ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยม ภายในซีโมส 4011 ประกอบด้วย NOR gate 4 ตัว แต่ใช้เพียง 2 ตัว แต่ละตัวเป็นอินเวอร์เตอร์ประกอบกันเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์

จากวงจรจะมี D_3 และ D_4 เป็นตัวบังคับทิศทางของกระแสในการชาร์จและดีชาร์จ C_2 ทำให้ปรับให้ DUTY CYCLE ไม่เท่ากันได้โดย R_2 เป็นตัวกำหนดเวลาสำหรับช่วงเอาต์พุตที่เป็น 1 ส่วน R_1 และ VR_1 จะเป็นตัวกำหนดเวลาสำหรับช่วงเอาต์พุตที่เป็น 0 การปรับ VR_1 จะเป็นการเปลี่ยนแปลง DUTY CYCLE ของสัญญาณพัลส์ได้ เมื่อ VR_1 ปรับมาทางค่าต่ำสุดจะทำให้ DUTY CYCLE เข้มอยู่ 100% ความเร็วของมอเตอร์สูงสุด เมื่อปรับ VR_1 ให้เพิ่มมากขึ้นความกว้างของสัญญาณสี่เหลี่ยมจะน้อยลง DUTY CYCLE จะมีค่าต่ำ

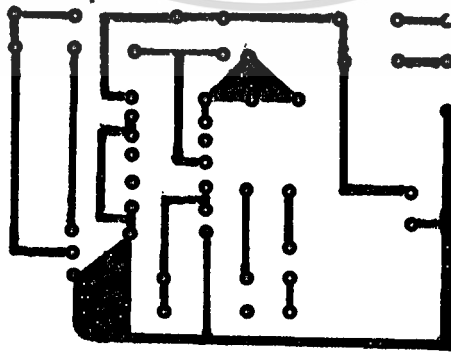
เนื่องจากเอาต์พุตของซีโมส 4011 ไม่สามารถจะขับกระแสสำหรับมอเตอร์ได้ จึงใช้ทรานซิสเตอร์ช่วยขับกระแส การใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อแบบอินเวอร์สตาลิงกัน ทำให้ได้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราขยายทางกระแสสูงมากขึ้นคือ



ทรานซิสเตอร์ Q2 จะทำหน้าที่แทนกระแสโดยตรง การเลือก จะต้องเลือก
เลือกให้สอดคล้องกับกระแสของมอเตอร์ด้วย (ต้องคำนึงถึงกระแสคาร์ของมอเตอร์ด้วย)



รูปที่ 4.2 ลายวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

ในการประกอบลงอุปกรณ์นั้น หม้อแปลงควรจะวางไว้ข้างนอก ส่วนมอเตอร์มาต่อที่ตำแหน่งโหลด (LOAD) หรือคร่อม D5 ซึ่ง D5 จะมีหน้าที่ป้องกันกระแสไหลกลับเพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์เสียหายได้

4.5 การควบคุมส่วนตัวหมุนกระสวย

ในส่วนนี้ใช้เซ็นเซอร์ชนิดชดคลวสแนมแม่เหล็กแยก ซึ่งในส่วนตัวหมุนแกนทอรอยด์ใช้เซ็นเซอร์แบบสแนมแม่เหล็กเป็นแบบแม่เหล็กถาวร

จากสมการของมอเตอร์

$$E = K \phi N \quad (5.1)$$

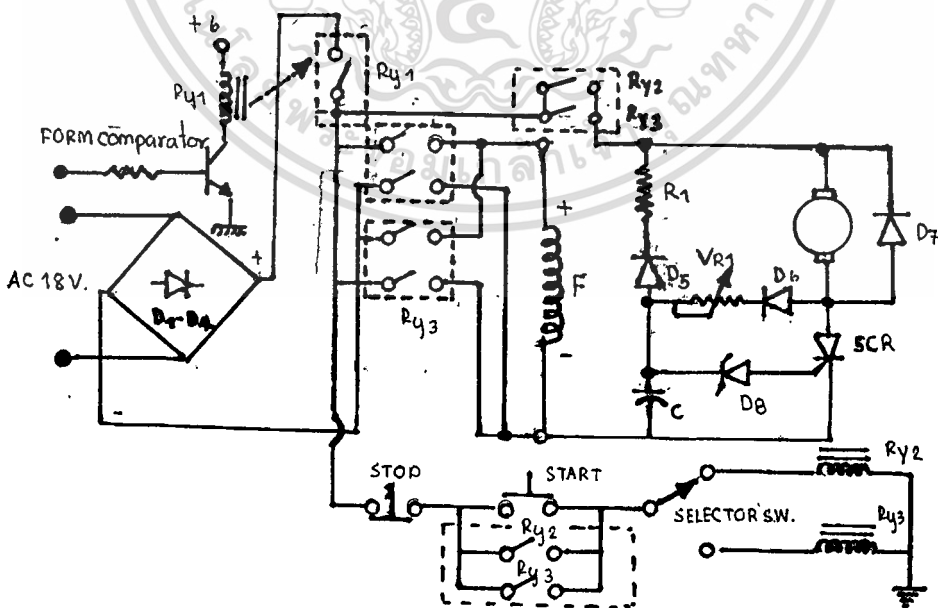
โดยความเร็วจะขึ้นอยู่กับแรงดันและฟลักซ์แม่เหล็ก (ϕ) ซึ่งฟลักซ์แม่เหล็กจะแปรผันโดยตรงกับกระแสไฟฟ้า ดังนั้น

$$N \propto \phi \quad \text{เมื่อให้แรงดันคงที่}$$

$$\therefore N \propto I$$

ซึ่ง I ในที่นี้คือ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดอาร์มาเจอร์

ดังนั้นเราสามารถจะควบคุมความเร็วของเซ็นเซอร์โดยการควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดอาร์มาเจอรื้นเอง



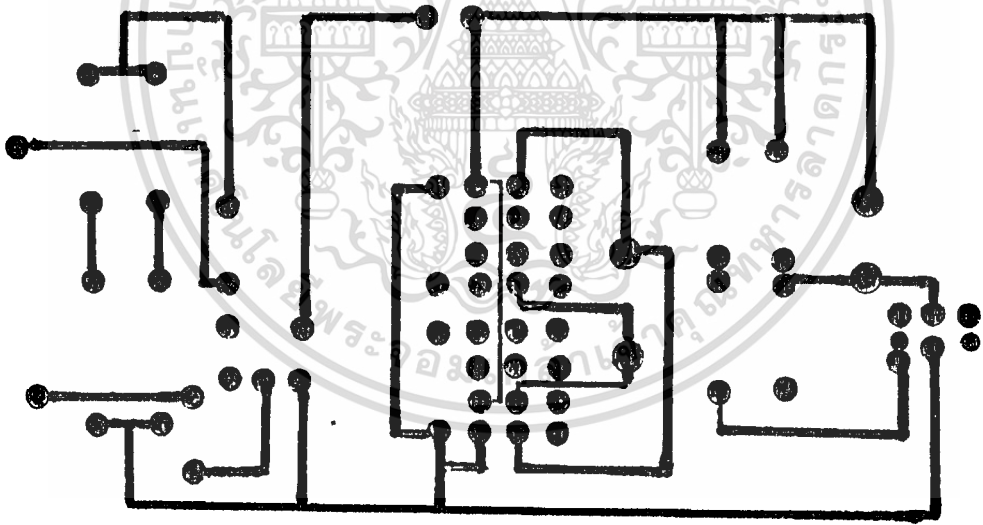
รูปที่ 4.26 วงจรควบคุม เซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

T_1 จะแปลงไฟจาก 220 v มาเป็น 12-12 v แล้วป้อนให้ $D_1 - D_4$ ซึ่งทำหน้าที่เป็น bridge rectifier แปลงไปสลับเป็นไฟตรงแล้วป้อนกรอมกับขั้วลวดสนามแม่เหล็กขนาน (shunt field)

D_5, D_6, D_7 เป็นไดโอด มีหน้าที่กำหนดทิศทางการไหลของกระแสเพื่อป้องกันการไหลกลับของกระแสในขดอาร์มาเจอร์ กระแสส่วนหนึ่งจะผ่านไปยังชาร์จปาซิเตอร์ C_1 โดยการควบคุมของ VR_1 เมื่อแรงดันตกคร่อม C_1 มีค่ามากกว่าแรงดันพัง (breakdown voltage) ของซีเนอร์ไดโอด D_8 กระแสไฟฟ้าก็จะสามารถไหลผ่าน D_8 ไปยังขาเบสของ SCR ทำให้ SCR นำกระแสทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดอาร์มาเจอร์ได้ครบวงจร และเราสามารถควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดอาร์มาเจอร์ โดยการปรับ VR_1 ก็จะสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้

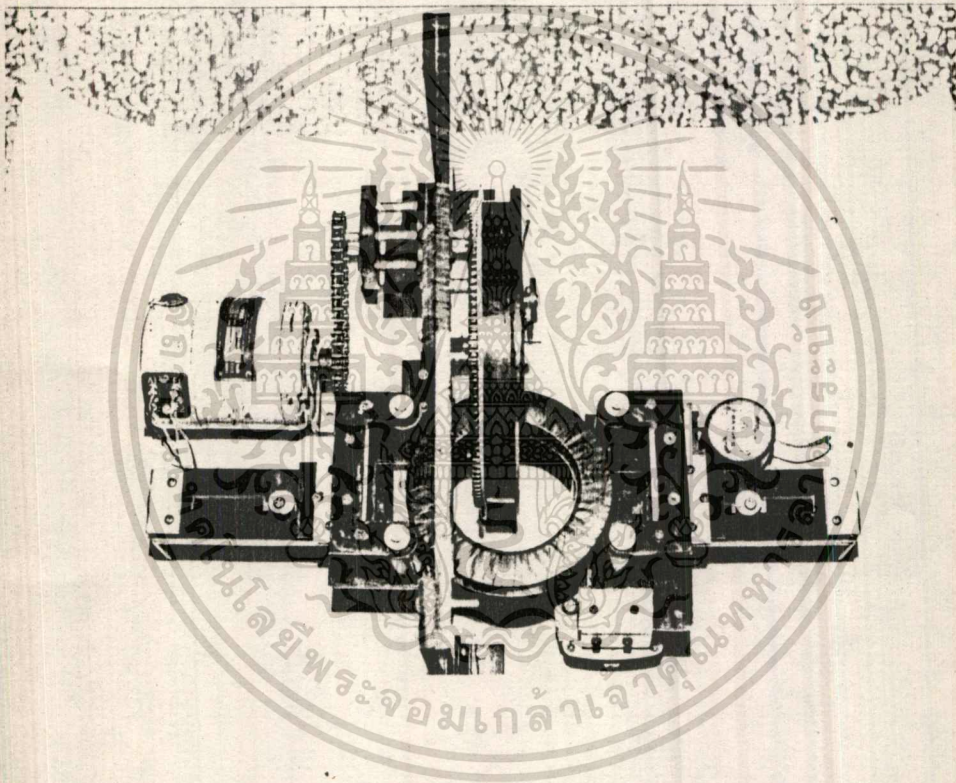


รูปที่ 4.27 ถายวงจรนี้

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การเตรียมการ

จากหลักการของการปั่นลวดลงบนแกนทอรอยด์ และวงจรควบคุมการทำงานดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2, 3 และ 4 นั้น ได้ทำการสร้างเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อทำการทดลอง โดยในส่วนของกลไกที่ใช้ในการพันลวดมีลักษณะดังรูปที่ 5.1

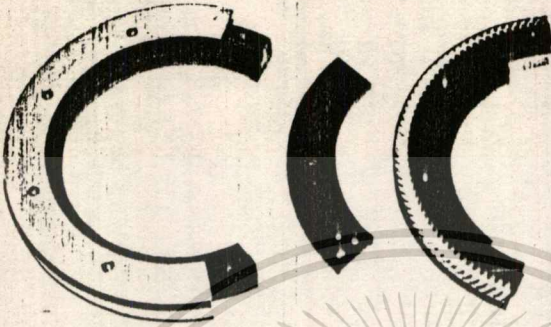


รูปที่ 5.1 ส่วนของกลไกที่ใช้ในการพันลวด

ด้านข้างทางซ้ายมือของกระสวยพันลวดจะติดตั้งเฟือง และต่อเฟืองเข้ากับเพลาคี่ผ่านตัวส่งกำลังขับเคลื่อนด้วยโซ่เข้ากับมอเตอร์กระแสตรง ห่วงด้านขวาของกระสวยพันลวดใช้สำหรับการพันลวดลงบนแกนทอรอยด์จำลอง ซึ่งแกนทอรอยด์จำลองถูกยึดด้วยตัวจับแกน และสามารถหมุนแกนทอรอยด์ได้ด้วยมอเตอร์กระแสตรงตัวเล็กที่ผ่านชุดเฟืองทด 50 เท่า ตัวจับแกนทอรอยด์สามารถปรับขนาดได้โดยคลายสกรูและเลื่อนไปในตำแหน่งที่ต้องการ ไมโครสวิตช์จะติดตั้งในช่วงที่ตัวปล่อยลวดบนกระสวยวิ่งผ่านเพื่อทำการนับจำนวนครั้งของตัวปล่อยลวดที่วิ่งผ่านไมโครสวิตช์

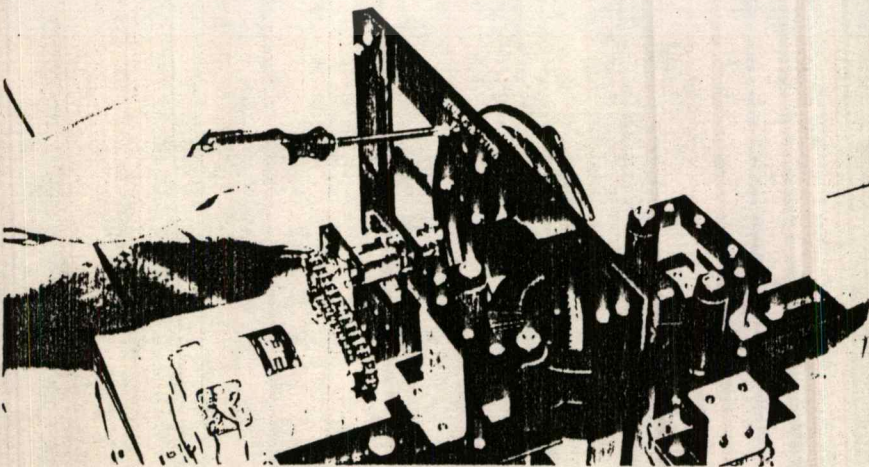
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระสวยพันลวดนั้นสามารถแยกออกเป็นวงแหวนเปิดได้โดยการคลายสกรูตามรอยตัด
2 ตัวออก เพื่อนำแกนหรือรอยค้ำลงไปยังช่องเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กระสวยพันลวด

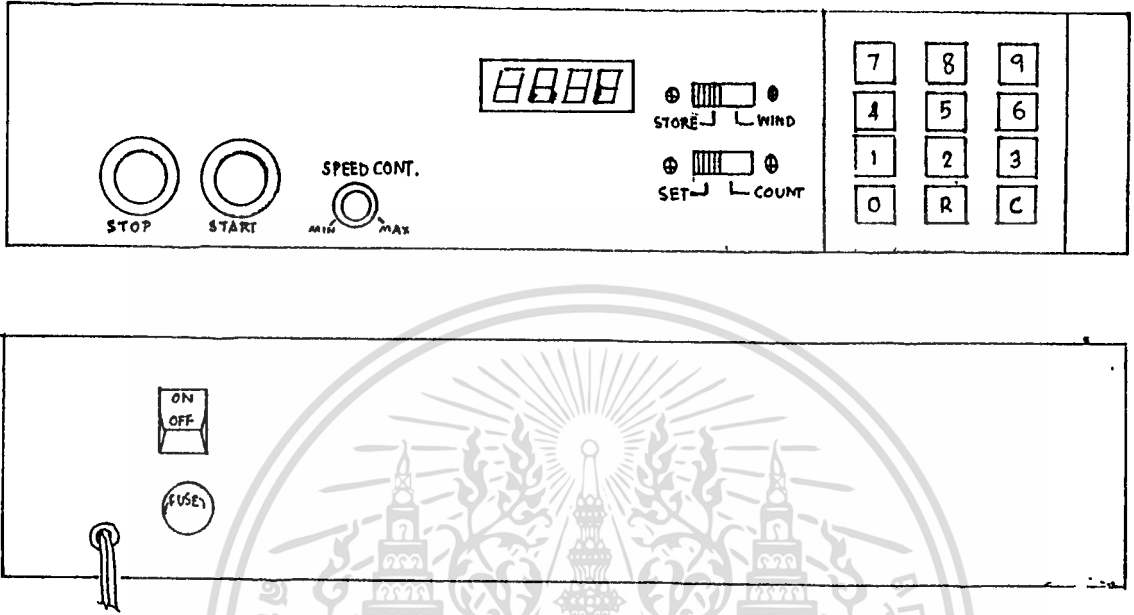
ขอบในของกระสวยพันลวดจะเป็นร่องที่เข้าพอดีกับกลีบลูกปืนที่ทำหน้าที่ยึดตัวกระสวยพัน
ลวด และให้กระสวยหมุนได้โดยมีความเสียดน้อยที่สุด การติดตั้งหรือถอดกระสวยพันลวดทำได้โดย
การขันหรือคลายสกรูส่วนที่ยึดกระสวยพันลวดด้านบนออก ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 การติดตั้งหรือถอดกระสวยพันลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของเครื่องควบคุมกลไก คือวงจรใช้งานในบทที่ 2 และ 3 ซึ่งจะติดตั้งภายในกล่อง 19 นี้ โดยมีรายละเอียดของหน้าปัดส่วนหน้าและหลัง ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 รายละเอียดหน้าปัดส่วนหน้าและหลังของกล่องใส่วงจร

หน้าที่การทำการของแต่ละส่วนบนหน้าปัด คือ

ส่วนของโปรแกรมสวิตช์เป็นคีย์ป้อนค่าตัวเลข 0-9 ในขณะที่สวิตช์เลื่อนอยู่ที่ตำแหน่ง SET ก่อนทำการป้อนค่าตัวเลขทุกครั้งจะต้องทำการกด C (CLEAR) เสียก่อน จำนวนตัวเลขที่ป้อนเข้าไปได้มีค่าต่ำสุดและสูงสุดคือ 0000 - 9999 เมื่อป้อนเข้าไปครบ 4 หลักแล้ว วงจรภายในจะไม่รับค่าตัวเลขต่อไป การเปลี่ยนค่าทำได้โดยการกดคีย์ C ส่วนคีย์ R (RECALL) ใช้สำหรับกดค่าตัวเลขที่ SET ค่าเอาไว้ เมื่อสวิตช์เลื่อนมาอยู่ที่ COUNT

สวิตช์เลื่อนมีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว ตัวหนึ่งเกี่ยวข้องกับส่วนของวงจรโปรแกรมสวิตช์ อีกตัวหนึ่งเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของกลไก ส่วนที่เกี่ยวกับโปรแกรมสวิตช์คือ สวิตช์เลื่อนตำแหน่ง SET หรือ COUNT ถ้าอยู่ในตำแหน่ง SET จะเป็นการเซตค่าของจำนวนรอบของขดลวดที่ต้องการพัน เมื่อเลื่อนมาอยู่ในตำแหน่ง COUNT จะแสดงค่าของการนับจำนวนรอบที่พันอยู่ สวิตช์เลื่อนอีกตัวหนึ่งจะเลือกการทำงานของกระสวยพันลวดคือที่ตำแหน่งของสวิตช์อยู่ที่ WIND จะเป็นการพันขดลวดลงบนแกนทอรอยด์ และที่ตำแหน่ง STORE จะเป็นการนำเอาลวดทองแดงมาเก็บไว้ในกระสวยพันลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มปรับ SPEED CONT เป็นการปรับความเร็วในการหมุนของแกนเทอร์รอยด์ให้สัมพันธ์กับการพันขดลวดลงบนแกนเทอร์รอยด์ ปุ่มนี้จะควบคุมการทำงานได้เมื่อสวิตช์เลื่อนอยู่ที่ตำแหน่ง WIND

สวิตช์ START และ STOP เป็นสวิตช์ควบคุมการทำงานของส่วนกลไกให้เริ่มต้นทำงานหรือหยุดทำงานตามต้องการโดยไม่มีผลกระทบกับค่าตัวเลขที่ตั้งค่าเอาไว้

ส่วนแสดงตัวเลข จะแสดงตัวเลขของจำนวนรอบที่ตั้งค่าเอาไว้จากโปรแกรมสวิตช์เมื่อสวิตช์เลื่อนอยู่ที่ตำแหน่ง SET และแสดงค่าของจำนวนรอบที่นับได้เมื่อสวิตช์เลื่อนอยู่ที่ตำแหน่ง

COUNT

สวิตช์ ON - OFF เป็นการเปิดหรือปิดกระแสไฟ 220 โวลต์ที่นำไปเลี้ยงวงจร

5.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ถอดกระสวยพันลวดออกแล้วแยกกระสวยออกเป็นสองส่วน นำแกนเทอร์รอยด์จำลองคล่องเข้ากับกระสวยแล้วจึงปิดกระสวยพันลวดเป็นวงแหวนปิดเช่นเดิม

2. นำไปติดตั้งเข้ากับตัวยึดกระสวยและตัวยึดแกนเทอร์รอยด์

3. เปิดสวิตช์ ON - OFF ไปที่ตำแหน่ง ON

4. เลื่อนสวิตช์เลื่อนไปที่ตำแหน่ง SET และเลื่อนสวิตช์เลื่อนอีกตัวหนึ่งไปที่ตำแหน่ง STORE

5. กดคีย์ตัวเลขจำนวนรอบที่ต้องการจะเก็บลวดไว้ในกระสวยพันลวด

6. เลื่อนสวิตช์เลื่อนไปที่ตำแหน่ง COUNT ขณะนี้ตัวเลขจะแสดงค่าของการนับเป็นศูนย์ทุก

หลัก นำปลายลวดทองแดงจากม้วนขดลวดมาเข้ากระสวยพันลวด

7. กดปุ่ม START กระสวยพันลวดจะหมุนและนำลวดจากม้วนไปพันลงบนช่องเก็บลวดบนกระสวย เมื่อกระสวยหมุนได้รอบหนึ่งตัวเลขที่แสดงอยู่จะเพิ่มขึ้นหนึ่งจนกระทั่งค่าเท่ากับตัวเลขที่ตั้งเอาไว้ในข้อ 6 กระสวยจะหยุดหมุน เมื่อได้ความยาวที่ต้องการแล้วตัดลวดออกจากม้วนขดลวด

8. นำปลายขดลวดที่ตักนั้นคล่องผ่านตัวปล่อยลวดและไปพันบนแกนเทอร์รอยด์จำลอง ประมาณ 1 ถึง 2 รอบ

9. กด CLEAR วงจรและเลื่อนสวิตช์เลื่อนไปที่ตำแหน่ง SET ส่วนอีกตัวหนึ่งเลื่อนไปที่ตำแหน่ง WIND

10. กดคีย์ตัวเลขจำนวนรอบที่ต้องการพันลวดลงบนแกนเทอร์รอยด์จำลอง

11. เลื่อนสวิตช์เลื่อนไปที่ตำแหน่ง COUNT

12. กดปุ่ม START กระสวยจะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรกและจะปล่อยลวดออกมาจากช่องเก็บลวดลงไปที่บนแกนเทอร์รอยด์จำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ปรับความเร็วในการหมุนของแกนทอรรอยด์ให้การพันลวดลงบนแกนเรียงตัวกันในระหว่างที่ต้องการ

14. เมื่อจำนวนรอบของขดลวดที่พันลงไปบนแกนทอรรอยด์จำลองเท่ากับค่าที่ตั้งเอาไว้ การพันก็จะสิ้นสุดลงโดยกลไกจะหยุดทำงาน

15. ถอดกระสวยและแกนทอรรอยด์ที่กลองกันอยู่ออกจากกัน

หมายเหตุ ปุ่ม STOP สามารถกดให้กลไกหยุดการทำงานชั่วคราวได้ เมื่อการเก็บลวดหรือการพันลวดยังไม่สิ้นสุดการทำงานตามที่กำหนด

5.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าวิธีการพันขดลวดนั้นใช้ได้ แต่ยังมีข้อเสียของกลไกในเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นคือ ความไม่มั่นคงและแน่นอนของกลไก ขดลวดที่พันลงไปบนแกนทอรรอยด์จำลองยังมีการเรียงตัวที่ไม่ค่อยเป็นระเบียบ เนื่องจากในช่วงการพันลวดมีบางตำแหน่งที่ลวดทองแดงจะเกิดการหย่อนไป ตัวกระสวยนั้นเนื่องจากใช้เพียงในการหมุนกระสวย ดังนั้นการขบกันของเฟืองจะต้องแบบสนิทซึ่งตัวยึดกระสวยยังทำได้ไม่มั่นคงนัก ทำให้การขบของเฟืองไม่แบบสนิทเมื่อเกิดความตึงของลวดทองแดงขึ้น ตัวยึดและจับแกนทอรรอยด์ของเครื่องต้นแบบนี้เป็นส่วนที่มีความไม่มั่นคงมากที่สุดทำให้แกนทอรรอยด์จำลองเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งไปตามการเกิดแรงตึงขึ้นในลวดทองแดงซึ่งมีผลอย่างมากต่อการพันขดลวดลงบนแกนทอรรอยด์

บทที่ 6

บทวิจารณ์และสรุป

ปริศยานิพนธ์เรื่องโมเดลเครื่องจักรคอมพิวเตอร์ฉบับนี้ ในบทแรกได้กล่าวถึงหลักของการใช้หม้อแปลงแบบแกนทรอยคี่ซึ่งเป็นวงแหวนปิด ซึ่งในปัจจุบันมีแนวโน้มว่าจะมีการใช้กันแพร่หลายมากขึ้น แต่มีราคาค่อนข้างแพง เนื่องจากการผลิตวงจรลงบนแกนทรอยคี่นั้นมีความยากลำบากกว่าการผลิตหม้อแปลงแบบอื่น และหลักการพันหม้อแปลงชนิดนี้ยังมีเข้าใจไม่มากนัก ดังนั้นในบทที่ 2 จึงได้ เน้นหลักการพันที่ประกอบด้วยกระแสขั้วลวดและตัวยึกและหม้อแกนทรอยคี่ ส่วนในเครื่องกันแบบนั้นได้สร้างกลไกที่อธิบายหลักการทำงานเช่นเดียวกันนี้ โดยใช้วัสดุง่าย ๆ ซึ่งพอจะหาได้ในตลาด จากนั้นส่วนที่สองได้กล่าวถึงเป็นหลักการที่นำมาดูและ ประกอบเข้าด้วยกัน ในบทที่ 3 และ 4 กล่าวถึงทฤษฎีและวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของกลไกกันแบบที่สร้างขึ้นมา เพื่อให้การทำงานของกลไกเป็นไปโดยอัตโนมัติโดยมีวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ใช้ในการกำหนดจำนวนรอบที่จะพันและแรงดันรวมที่พันได้ วงจรนี้ได้ทำการดัดแปลงมาจากวงจรตั้งเวลาซึ่งจะเห็นว่า ครอบคลุมใช้ TTL เป็นจำนวนมาก ทำให้กินกระแสไฟค่อนข้างมาก จึงกล่าวถึงถึงความสามารถในการจ่ายกระแสของวงจร POWER SUPPLY ให้เพียงพอด้วย ในบทที่ 4 เป็นหลักการควบคุมมอเตอร์และวงจรที่ใช้งาน ซึ่งเป็น ส่วนสำคัญการทำงานของกลไกในการพันลวดลงบนแกนทรอยคี่ ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง วงจรที่ให้ต้องสามารถปรับความเร็วได้ในช่วงกว้างตั้งแต่การหมุนช้าที่สุดไปถึงเร็วที่สุด มอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องกันแบบจึงเป็นมอเตอร์กระแสไฟตรง เพราะสามารถปรับความเร็วได้ละเอียดกว่ามอเตอร์กระแสสลับ ในบทที่ 5 เป็นการทดลองและผลการทดลองของเครื่องที่สร้างเป็นต้นแบบ โดยในหัวขั้วแรกกล่าวถึงรายละเอียดในการใช้งานของเครื่อง ต่อมาเป็นวิธีทดลองและผลการทดลองตามลำดับ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าหลักการในการพันหม้อแปลงแกนทรอยคี่ที่เสนอในบทที่ 2 นั้นสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ถึงแม้ว่าการพันลวดลงบนแกนทรอยคี่จำองต้องเครื่องกันแบบจะมีการเรียงตัวของลวดที่พันยังไม่เป็นระเบียบนัก สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เป็นองมาจากกลไกในการยึกและหม้อแกนทรอยคี่ที่ออกแบบมา เรายังมีความมั่นใจ ไม่เพียงพอ นอกจากนั้นยังต้องมีการปรับปรุงตัวกระสวยพันลวดให้มีความสามารถในการจ่ายลวดได้อย่างต่อเนื่อง โดยที่ไม่มีตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งทำให้ลวดของลวดเกิดภาวะตึงมากเกินไปหรือหย่อนเกินไป ซึ่งจะช่วยให้การเรียงตัวของลวดบนแกนทรอยคี่เป็นระเบียบยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิญานีพนธ์ฉบับนี้รวม 2 ภาคการศึกษา ในภาคการศึกษาแรก
 เป็นการออกแบบร่างกลไกของเครื่องต้นแบบ ซึ่งพบปัญหาที่ตรงทำการแก้ไขอยู่หลายครั้ง เช่น
 แบบของกระสวยพันธุ์ลด การเลือกวิธีการปลูกกระสวยโคกเปลี่ยนจากการใช้ลูกยางสำลีมาเป็น
 การใช้เชื้อ กวียักษ์และหมูนกแทนหอยดักก็ของออกแบบใหม่เนื่องจากแบบเดิมที่ใช้มีความไม่สะดวก
 ที่การปลูกทั้ง 2 เวลา ในขณะใช้เวลาในการทำนั้นมีจำกัด นอกจากนั้นยังต้องระดมของจริงควบคุม
 ซึ่งมีอุปกรณ์ค่อนข้างมาก และกลไกที่ออกแบบนั้นมีส่วนประกอบต่างๆที่ใช้มีค่าเป็นส่วนใหญ่ แต่
 กลไกตามหลักการนั้น ความละเอียดสูงมากต้องใช้เครื่องจักรจึงจะได้รายละเอียดค่าๆครบถ้วน
 ดังนั้นกลไกของเครื่องต้นแบบจึงยังมีระยะจากที่อยู่ ทำให้ การทดลองที่ได้ไม่ค่อยดีนัก อย่างไรก็ตาม
 ก็ตามจุดมุ่งหมายหลักของปฏิญานีพนธ์ฉบับนี้คือ การเสนอหลักการพันธุ์ลดของบนแทนหอยดัก ดังนั้น
 จึงถือได้ว่าผลจากการทดลองเป็นไปตามความมุ่งหมาย ส่วนการพัฒนาต่อไปเพื่อให้สามารถพันธุ์
 บนแทนหอยจริงนั้น ผู้ที่สนใจสามารถนำไปใช้ทำต่อไปโดยนำเอาหลักของต่างๆของเครื่อง
 ต้นแบบมาพิจารณาแก้ไขให้ดีขึ้น ซึ่งขอแนะนำว่าผู้ที่สนใจนั้นควรมีความรู้ทางด้านกลศาสตร์ที่พอ
 สมควรและมีความสามารถในการสร้างอุปกรณ์โดยใช้เครื่องจักรกล เพราะงานชิ้นนี้ถือว่าเป็นงาน
 ประการสำคัญ ส่วนต่างๆของสร้างขึ้นมาใหม่เนื่องจากไม่จำหน่ายในท้องตลาด และชิ้นส่วนเหล่านี้
 ต้องใช้เครื่องจักรในการทำจึงจะได้ความละเอียดและความแม่นยำมากกว่าเครื่องต้นแบบนี้

APPENDIX

TOROID-CORE DATA

This material is provided as a supplement to the information on toroids that was presented earlier in the book. These data will be useful to engineers and students who undertake the design of toroidal inductors and transformers. Various core sizes and types are specified in this appendix, along with pertinent operating curves.

Table 1-1 provides data on optimum frequencies and color codes for powdered-iron materials which have μ_i characteristics from 1 to 75. Table 1-7 lists similar information for ferrite toroids.

PERMEABILITY VERSUS DC BIAS

Figure E-1 contains a set of curves for powdered-iron toroids which have permeabilities ranging from 10 to 100. These curves demonstrate the H characteristics of the cores versus other pertinent parameters.

PERMEABILITY VERSUS AC FLUX DENSITY

Figure E-2 presents a family of curves that relate to factor B in toroid cores. The initial permeability is rendered in percentage versus the ac flux density. These data are useful for quick reference in a design exercise. It illustrates clearly the effect flux density has on the core permeability.

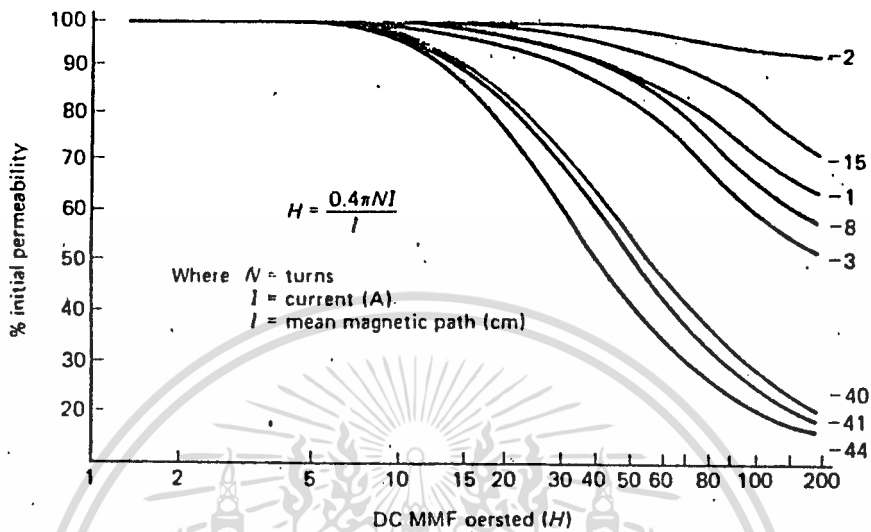


Figure E-1 Permeability versus dc bias for various powdered-iron core materials. (Courtesy of Micrometals Corp.)

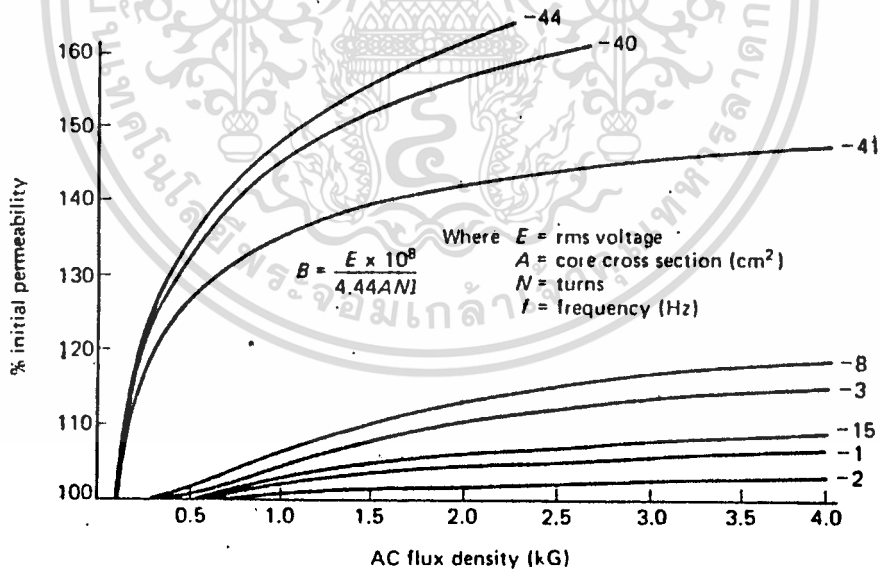


Figure E-2 Percentage of initial permeability versus ac flux density for powdered-iron toroids. (Courtesy of Micrometals Corp.)

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

It was established in the early chapters of this book that the core temperature of a transformer or inductor has a significant effect on the permeability, which in turn affects the inductance of the core windings. Figures E-3 through E-6 contain curves for the main group of powdered-iron toroid cores manufactured by Micrometals Corp. The curves show the various core mixes versus temperature and percentage of inductance change.

TOROID-CORE FILL FACTOR

It is necessary for the designer to know the fill factor of a given toroid core in order to make a proper core selection. This section explains how this is determined and provides data on the various wire gauges versus fill factor.

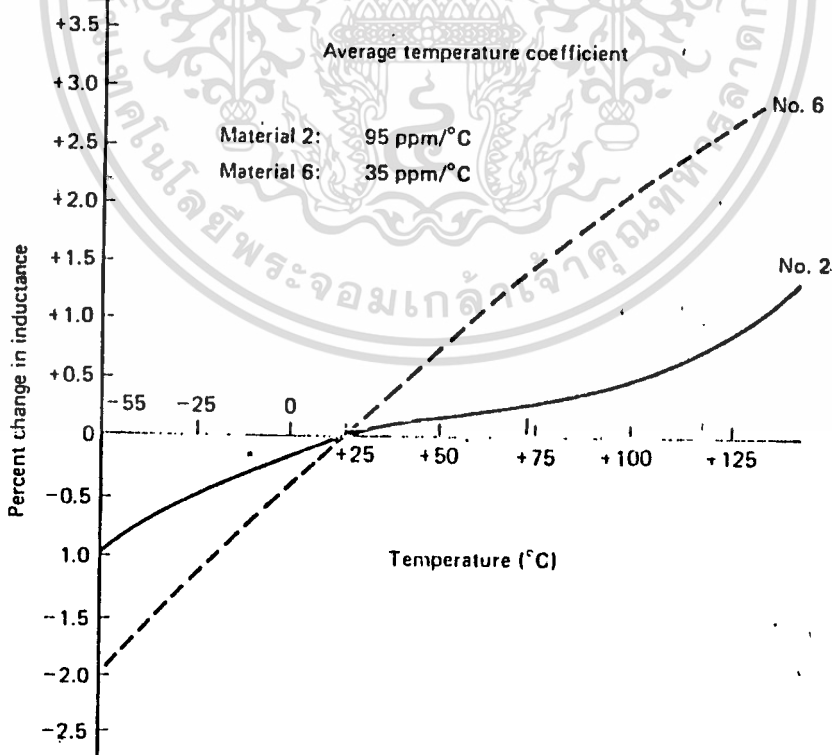


Figure E-3 Temperature/inductance curves for Amidon Associates and Micrometals Corp. core types 2 and 6. (Courtesy of Amidon Associates.)

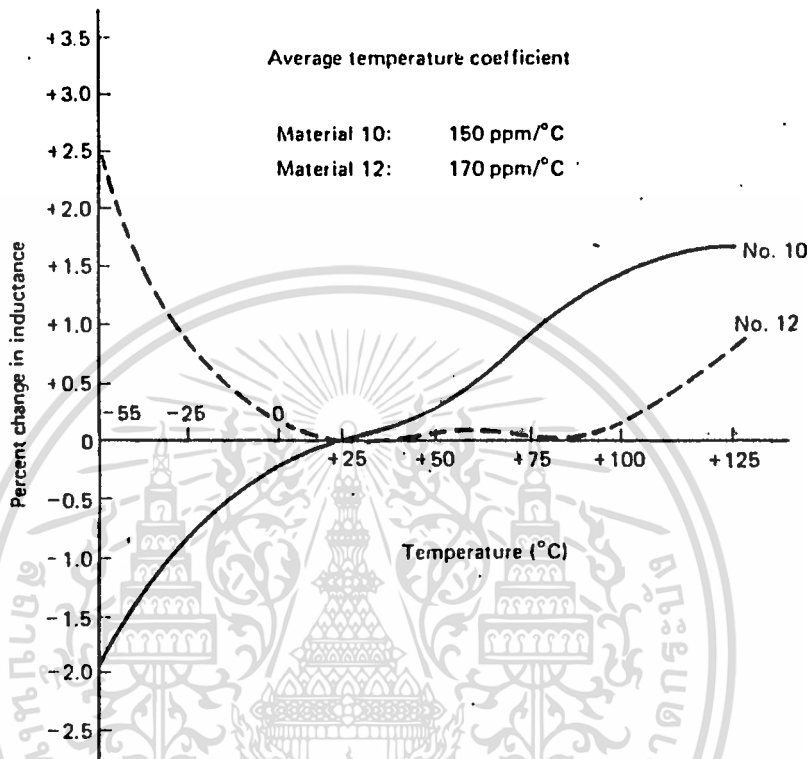


Figure E-4 Temperature/inductance curves for Amidon Associates and Micrometals Corp. materials 10 and 12. (Courtesy of Amidon Associates.)

This material is presented through the courtesy of Magnetics, a division of Spang Industries.

The term "wound cm²/usable window cm²" ($= K_2$) is the fill factor for the usable window area. It can be shown theoretically that for circular-cross-section wire wound on a flat form, the ratio of wire cm² to the area required for the turns can never be greater than 0.91. In practice, the actual maximum value is dependent upon the tightness of winding, variations in insulation thickness, and wire lay. Consequently, the fill factor is always less than the theoretical maximum.

Random-wound cores can be produced with fill factors as high as 0.7, but progressive sector wound cores can be produced with fill factors of only up to 0.55. Figures E-7 through E-9 are based upon fill factor ratios of 0.50, 0.60, and 0.70, respectively. As a typical working value for copper wire with a heavy synthetic film insulation, a ratio of 0.60 may be used safely.

The term "usable window cm²/window cm²" ($= K_3$) defines how much

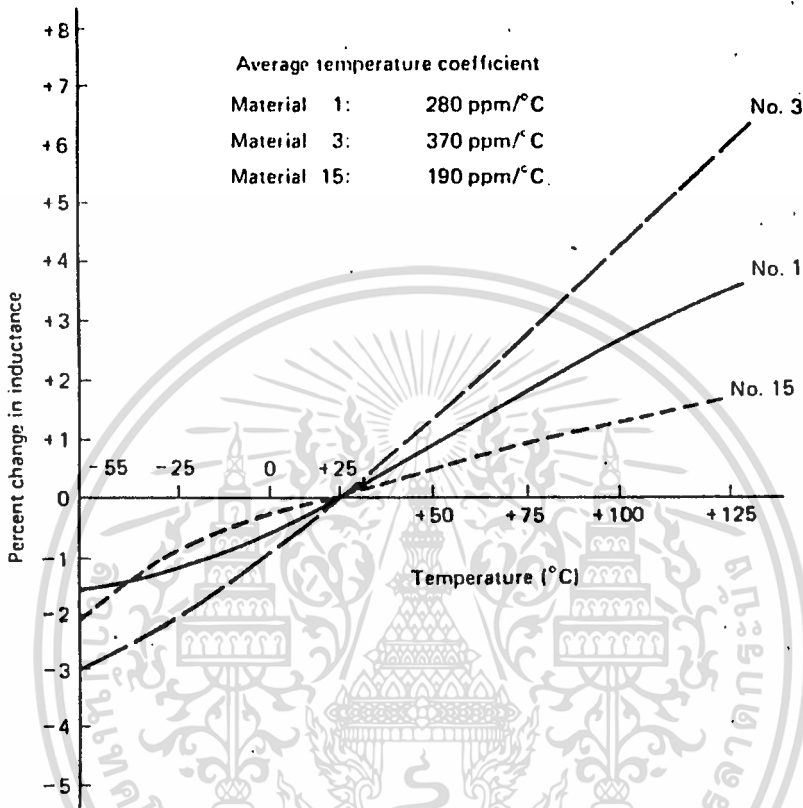


Figure E-5 Temperature/inductance curves for Amidon Associates and Micrometals Corp. core types 1, 3, and 15. (Courtesy of Amidon Associates.)

of the available window space may actually be used for the winding. The charts are based on the assumption that the inside diameter of the wound core is one-half that of the bare core; that is, $K_1 = 0.75$ (to allow free passage of the shuttle) (Fig. E-10). A typical value for the copper fraction in the window area is about 0.40. For example, for AWG 20 wire, $K_1 \times K_2 \times K_3 = 0.855 \times 0.60 \times 0.75 = 0.385$.

CORE SIZE SELECTION

Upon selection of the transformer core material and material thickness, the next step is to select the proper size core for a transformer with a given operating frequency and output power. The power-handling capability of a

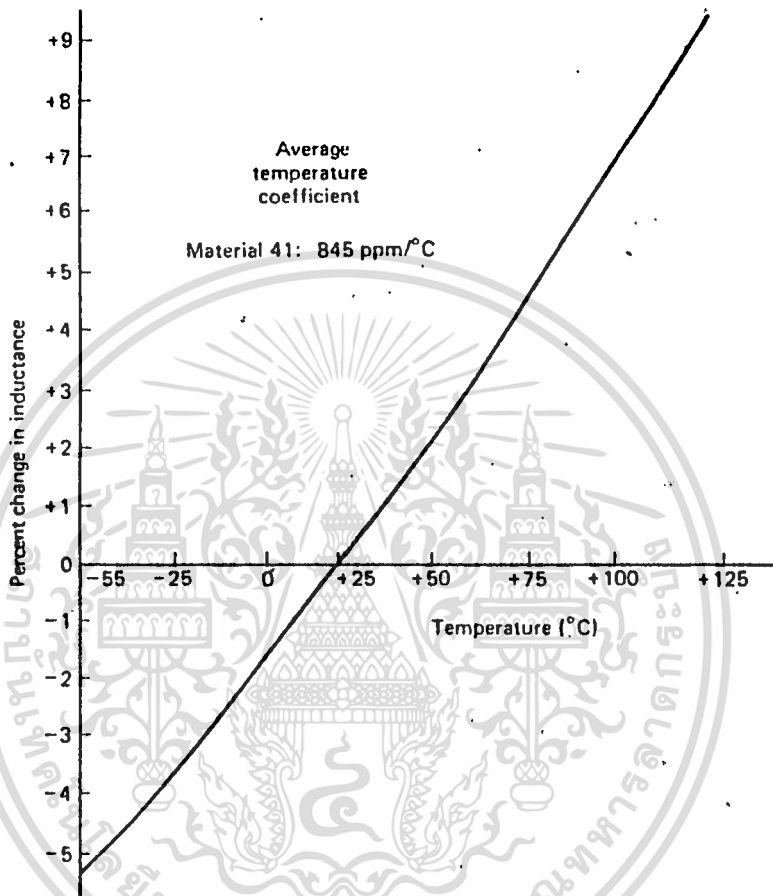


Figure E-8 Temperature/Inductance curves for Amidon Associates and Fair-Rite Corp. ferrite-core material 41. (Courtesy of Amidon Associates.)

transformer can be determined by its $W_a A_c$ product, where W_a is the available core window area in cm^2 , and A_c the core effective cross-sectional area in cm^2 .

The $W_a A_c$ relationships are obtained by solving Faraday's law in the following manner:

$$\text{Faraday's law} = E = 4B_m A_c Nf \times 10^{-4} \text{ square wave}$$

$$E = 4.4B_{mm} A_c Nf \times 10^{-4} \text{ sine wave}$$

where E = applied voltage (rms)

B_m = flux density in teslas

A_c = core effective cross-sectional area in cm^2

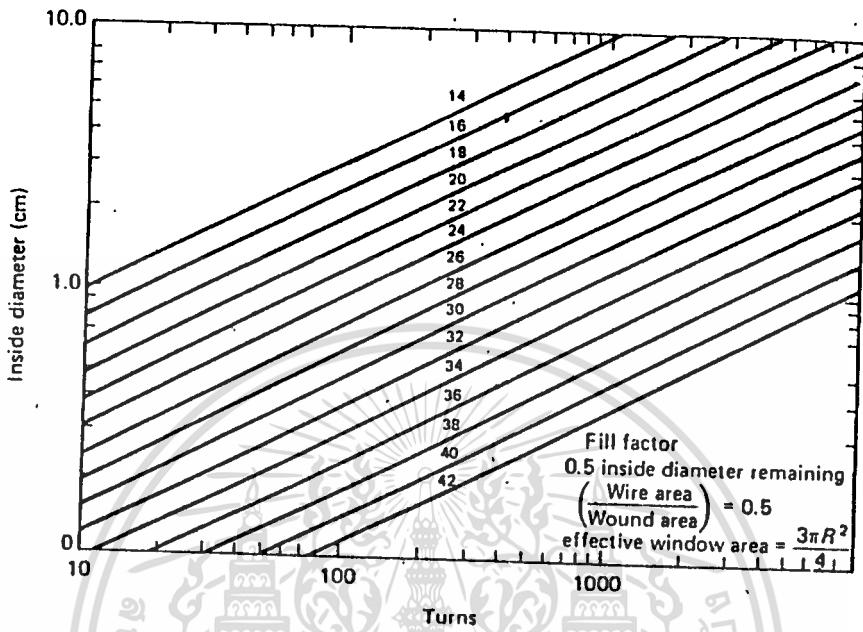


Figure E-7 Fill factor 0.5.

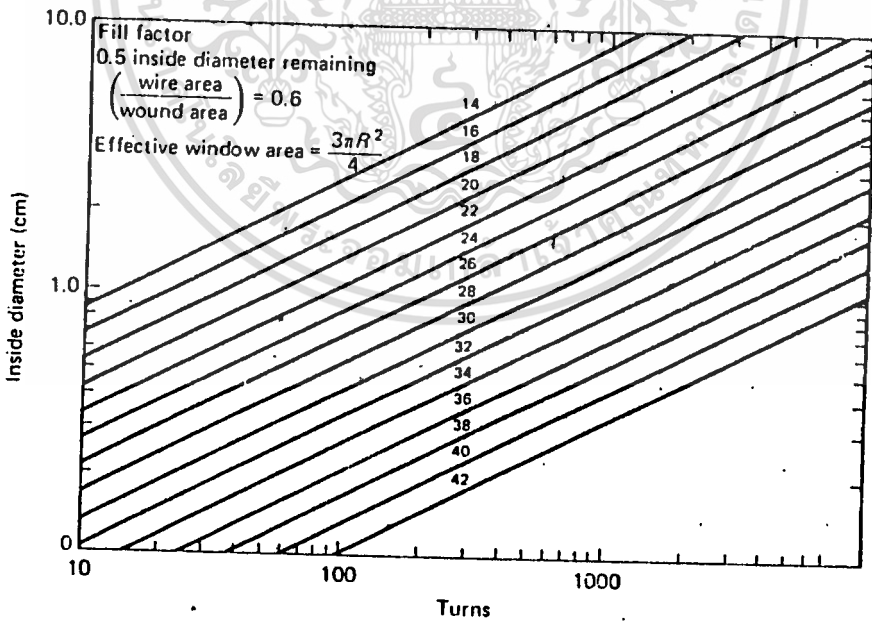


Figure E-8 Fill factor 0.6.

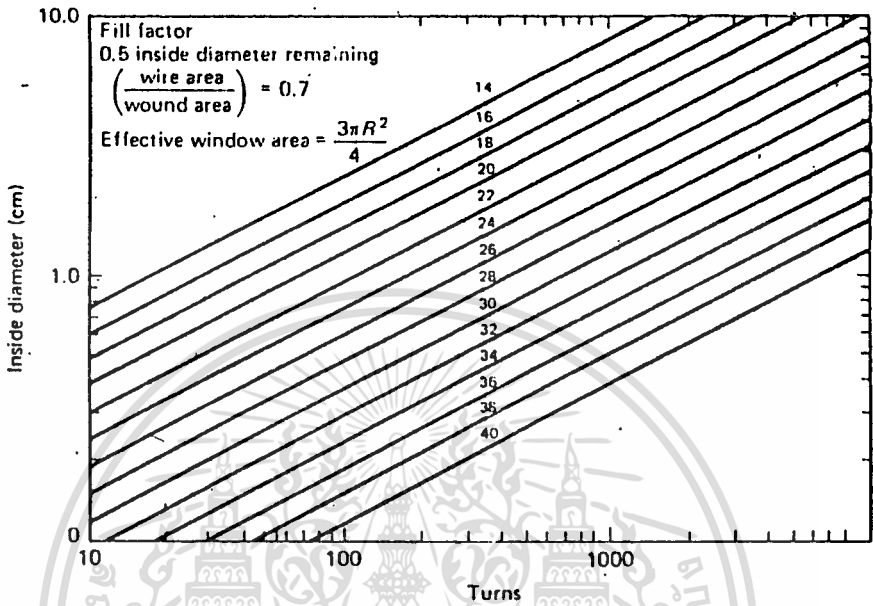


Figure E-9 Fill factor 0.7.

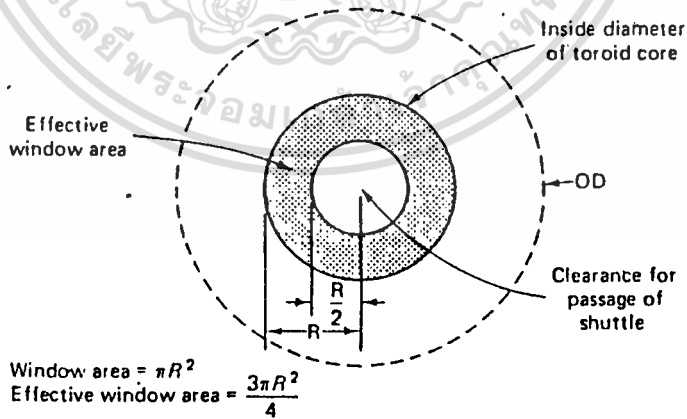


Figure E-10 Window-area calculation.

Core Size Selection

- N = number of turns
 f = frequency in hertz
 A_w = bare wire area in cm^2
 W_a = window area in cm^2
 K = window utilization factor
 I = current (rms)
 J = current density
 P_o = output power (total)
 P_i = input power
 P_T = total power
 η = efficiency

Solving yields

$$NA_c = \frac{E \times 10^4}{4B_m f}$$

Window utilization factor:

$$K = \frac{NA_w}{W_a}$$

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

Multiply both sides by A_c :

$$NA_c = \frac{KW_a A_c}{A_w} = \frac{E \times 10^4}{4B_m f}$$

Combining and solving for $W_a A_c$ yields

$$\frac{KW_a A_c}{A_w} = \frac{E \times 10^4}{4B_m f K}$$

$$W_a A_c = \frac{EA_w \times 10^4}{4B_m f K}$$

$$J = \frac{I}{A_w} = \frac{A}{\text{cm}^2}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$

$$P_i = EI$$

Toroid-Core Data

App. E

$$EA_w = \frac{EI}{J} = \frac{P_1}{J} = \frac{P_0}{J\eta}$$

$$W_a A_c = W_a A_c + W_a A_c$$

(total) (primary) (secondary)

$$W_a A_c = \frac{P_0}{J} \times \frac{10^4}{4B_m fK} + \frac{P_0 \times 10^4}{4B_m fKJ} = \frac{P_0 \times 10^4}{4B_m fKJ} (1/\eta + 1)$$

$$P_T = \frac{P_0}{\eta} + P_0$$

$$W_a A_c = \frac{P_T \times 10^4}{4B_m fKJ}$$

Window utilization factor K :

Lamination and bobbin

$$\text{toroid 1/2 I.D. remaining} \quad \frac{W_a (\text{eff.})}{W_a} \times \text{fill factor} \times \frac{A_w \text{ bare}}{A_w \text{ total}} = 0.4$$

C core and bobbin

$$W_a A_c = \frac{P_T \times 10^4}{1.6 \times B_m fJ} \quad \text{square wave}$$

$$W_a A_c = \frac{P_T \times 10^4}{1.77 \times B_m fJ} \quad \text{sine wave}$$

The curve in Fig. E-11 shows the required core $W_a A_c$ product plotted against transformer output power for different frequency. The values held constant were

$$B_m = 0.3T$$

$$J = 200 \text{ A/cm}^2$$

$$K = 0.40$$

$$\eta = 95\%$$

These values were held constant so that one nomograph could be used with all materials and the engineer could adjust B_m , J , K , and η to fit the design. From the equation

$$W_a A_c = \frac{P_T \times 10^4}{1.6 \times B_m fJ}$$

two nomographs were generated to compare output power

$$P_0 = \frac{P_T}{1/\eta + 1}$$

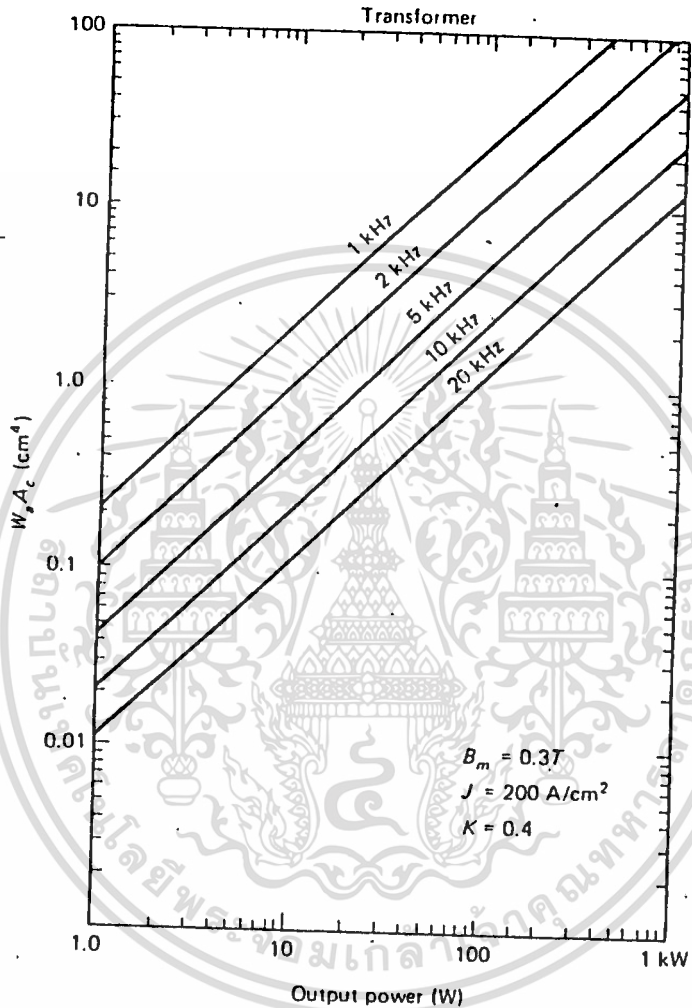


Figure E-11 $W_g A_c$ versus output power.

with $W_g A_c$ and P_o with weight. These nomographs were generated from the lamination and C core in the article. The nomograph in Fig. E-11 compares P_o with $W_g A_c$; thus the size of the transformer can quickly be determined. The nomograph in Fig. E-12 compares power with weight; thus the weight of a fully wound transformer can quickly be determined. These nomographs have the following constraints:

$$B_m = 0.37$$

$$J = 200 \text{ A/cm}^2$$

$$K = 0.4$$

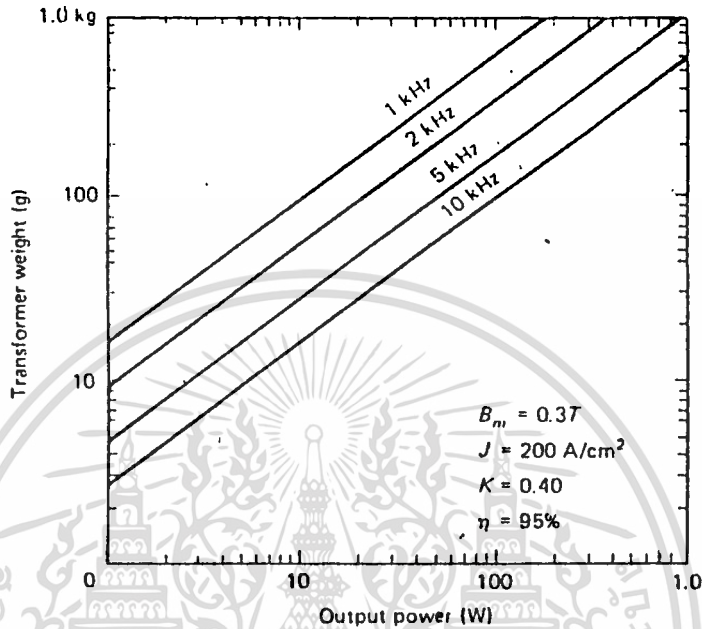


Figure E-12 Transformer weight versus output power.

Very likely, after the $W_o A_c$ has been selected, a slight adjustment of the constraints is required to correspond to the actual core $W_o A_c$ products available.

After calculating the inductance and dc current, select the proper permeability and size powder core with a given $LI^2/2$. The energy-handling capability of an inductor can be determined by its $W_o A_c$ product, where W_o is the available core window area in cm^2 , and A_c is the core effective cross-sectional area in cm^2 . The $W_o A_c$ relationship is obtained by solving $E = L \, di/dt$ as follows:

- where
- E = voltage, volts
 - L = inductance, henries
 - I = current, amperes
 - N = number of turns
 - ϕ = flux, webers
 - B_m = flux density, teslas
 - A'_c = core cross section, m^2
 - μ_r = relative permeability
 - μ_o = absolute permeability
($4\pi \times 10^{-7}$)

Core Size Selection

H' = magnetizing force, amp turns/m

l'_m = magnetic path length, m

K = window utilization factor

W'_a = window area, m²

J' = current density, A/m²

Eng = energy, watt seconds

$$E = L \frac{dI}{dt} = N \frac{d\phi}{dt}$$

$$L = N \frac{d\phi}{dI}$$

$$\phi = B_m A'_c$$

$$B_m = \mu_r \mu_0 H' = \frac{\mu_r \mu_0 NI}{l'_m}$$

$$\phi = \frac{\mu_r \mu_0 N I A'_c}{l'_m}$$

$$\frac{d\phi}{dI} = \frac{\mu_r \mu_0 N A'_c}{l'_m}$$

$$L = N \frac{d\phi}{dI} = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A'_c}{l'_m}$$

$$\text{Energy} = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A'_c}{2 l'_m} I^2$$

If B_m is specified,

$$I = \frac{B_m l'_m}{\mu_r \mu_0 N}$$

$$\text{Eng} = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A'_c}{2 l'_m} \frac{B_m^2 l_m^2}{\mu_r^2 \mu_0^2 N^2} = \frac{(B_m)^2 l'_m A'_c}{2 \mu_r \mu_0} \quad \text{watt seconds}$$

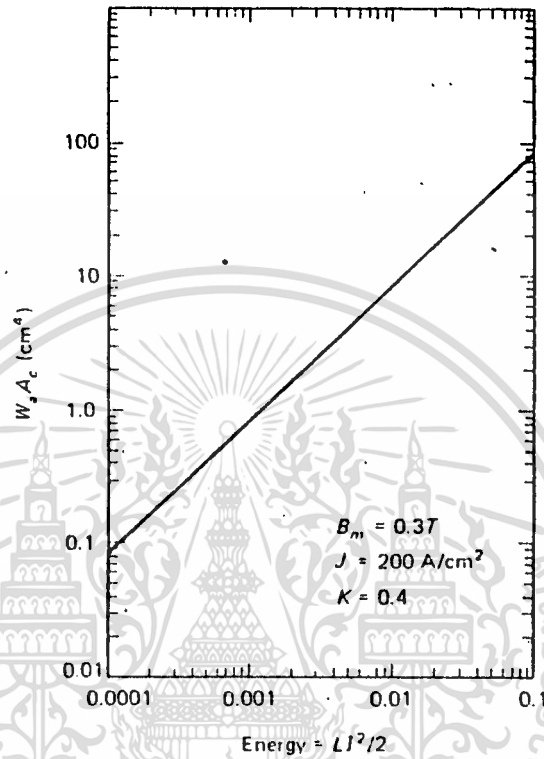
$$I \frac{K W'_a J'}{N} = \frac{B_m l'_m}{\mu_r \mu_0 N}$$

Solving for $\mu_r \mu_0$ yields

$$\mu_r \mu_0 = \frac{B_m l'_m}{K W'_a J'}$$

Substituting into the energy equation, we obtain

$$\text{Eng} = \frac{(B_m)^2 l'_m A'_c}{2} \times \frac{K W'_a J'}{B_m l'_m} = \frac{W'_a A'_c B_m J' K}{2}$$

Figure E-13 $W_a A_c$ versus $L^2/2$.

Let

W'_a = window area, cm²

A'_c = core area, cm²

J = current density, A/cm²

$W'_a = W_a \times 10^{-4}$

$A'_c = A_c \times 10^{-4}$

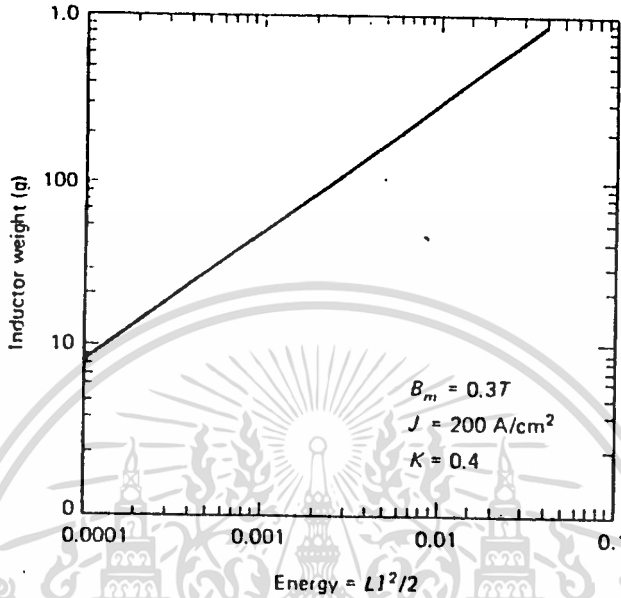
$J' = J \times 10^4$

Substituting into the energy equation yields

$$\text{Eng} = \frac{W'_a A'_c B_m J K}{2} \times 10^{-4}$$

Solving for $W'_a A'_c$, we obtain

$$W'_a A'_c = \frac{2 (\text{Eng})}{B_m J K} \times 10^4$$

Figure E-14 Inductor weight versus $LI^2/2$.

Let

l_m = magnetic path length, cm

$$l'_m = l_m \times 10^{-3}$$

$$\mu_r = \frac{B_m l_m \times 10^{-3}}{K \mu_0 (W_a \times 10^{-4})(J \times 10^4)} = \frac{B_m l_m \times 10^{-3}}{\mu_0 W_a J K}$$

For $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$,

$$\mu_r = \frac{B_m l_m \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-7} W_a J K} = \frac{B_m l_m \times 10^4}{0.4 W_a J K}$$

From the equation

$$W_a A_c = \frac{2(\text{Eng})}{B_m J K}$$

two nomographs were generated to compare energy or $LI^2/2$ with $W_a A_c$ and energy or $LI^2/2$ with weight. These nomographs were generated for 13 commonly used powder cores in this article. The nomograph in Fig. E-13 compares $LI^2/2$ with $W_a A_c$; thus the size of an inductor can quickly be determined. The nomograph in Fig. E-14 compares $LI^2/2$ with weight; thus the weight of a fully wound inductor can quickly be determined. These nomographs have the following constraints:

Toroid-Core Data

App. E

$$B_m = 0.3 T$$

$$J = 200 \text{ A/cm}^2$$

$$K = 0.4$$

After the core size has been determined, the next step is to pick the right permeability for that core size, using the following equation:

$$\mu_r = \frac{B_m l_m \times 10^4}{0.4 \pi W_a J K}$$

Very likely, after the permeability has been selected, a slight adjustment of the constraints to match the available core sizes and permeabilities must be made.

The outside diameter of the wound toroid, Fig. E-15 (less the outside wrapper), may be calculated from the following equation (assuming that one-half of the ID remains after winding):

$$OD = \sqrt{D_b^2 \left(\frac{1}{4}\right) + D_c^2} \quad (D = \text{diameter})$$

where

$$A_1 = \pi (R_b^2 - R_a^2)$$

$$A_1 = A_2$$

$$\text{core window ID} = D_a = 2R_a$$

$$\text{core ID} = D_b = 2R_b$$

$$\text{core OD} = D_c = 2R_c$$

$$\pi (R_b^2 - R_a^2) = \pi (R_d^2 - R_c^2)$$

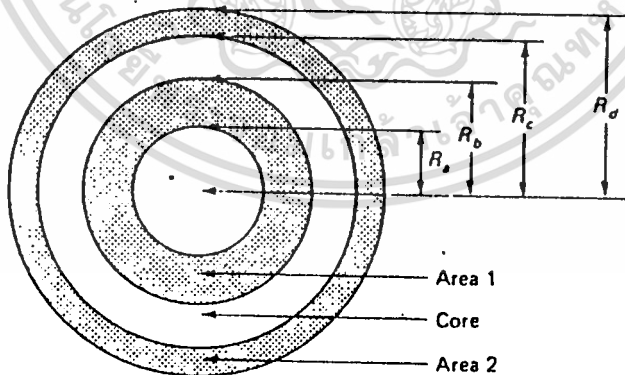


Figure E-15 Calculation of outside diameter of wound toroid.

Powdered-Iron Toroid Characteristics

$$R_b^2 - R_a^2 = R_d^2 - R_c^2$$

$$R_a = \frac{R_b}{2}$$

$$R_d^2 - R_c^2 = R_b^2 - \frac{R_b^2}{2} = R_b^2 (1 - \frac{1}{2})$$

$$R_d = R_b (\%) + R_c$$

$$R_d = R_b (\%) + R_c^2$$

$$OD = 2R_d$$

POWDERED-IRON TOROID CHARACTERISTICS

Table E-1 contains a comprehensive listing of powdered-iron toroid cores. The cores specified are available from Micrometals Corp. and Amidon Associates. The characteristics are the same for both brands, inclusive of the color codes. The dimensional data are given in English units. To convert English inches to millimeters, multiply inches by 25.4. These tabular data were provided through the courtesy of Micrometals Corp.

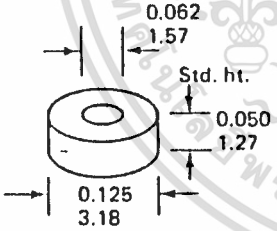
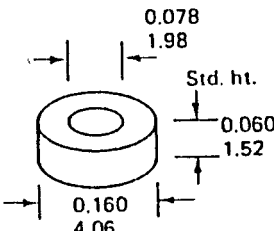
Dis. : 0.005 inches Ht. : 0.005 inches	Micrometals Number	L x h 100 T	Typical Operating Frequency (MHz)	Color Code
	T12-1	48	2	Blue
	-2	20	8	Red
	-3	60	1	Gray
	-6	17	16	Yellow
	-7	18	14	White
	-10	12	40	Black
	-12	7.5	90	Green/white
	-15	50	2	Red/white
	-0	3.	150	Tan
	T12-2B	18.5	12	Red
	-6B	13.5	20	Yellow
	-10B	10	35	Black
	T16-1	44	1	Blue
	-2	22	9	Red
	-3	61	1	Gray
	-6	19	12	Yellow
	-10	13	30	Black
	-12	8	80	Green/white
	-15	55	1	Red/white
	-0	3	120	Tan

TABLE E-1

	T20-1	52	1	Blue
	-2	27	8	Red
	-3	90	1	Gray
	-6	22	11	Yellow
	-7	24	9	White
	-10	16	30	Black
	-12	10	80	Green/white
	-15	65	1	Red/white
	-22	9	90	Green/orange
	-0	3.5	120	Tan
	T25-1	70	0.9	Blue
	-2	34	6	Red
	-3	100	0.6	Gray
	-6	27	11	Yellow
	-7	29	9	White
	-10	19	25	Black
	-12	12	60	Green/white
	-15	85	1	Red/white
	-0	4.5	120	Tan
	T21-2	33	5.5	Red
	-6	27	10	Yellow
	-10	19	20	Black
	-12	12	60	Green/white
	-0	4.5	120	Tan
	T30-1	85	0.6	Blue
	-2	43	5	Red
	-3	140	0.5	Gray
	-6	36	10	Yellow
	-7	37	6	White
	-10	25	20	Black
	-12	16	60	Green/white
	-15	93	0.8	Red/white
	-0	6	120	Tan
	T37-8	80	0.7	Blue
	-2	40	3	Red
	-3	120	0.6	Gray
	-6	30	10	Yellow
	-7	32	5	White
	-8	125	0.6	Orange
	-10	25	25	Black
	-12	15	60	Green/white
	-15	90	0.8	Red/white
	-0	4.9	120	Tan

TABLE E-1 (continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	T44-1	105	0.6	Blue
	-2	52	2	Red
	-3	180	0.5	Gray
	-6	42	10	Yellow
	-7	46	5	White
	-8	214	0.6	Orange
	-10	33	16	Black
	-12	18.5	50	Green/white
	-15	160	0.7	Red/white
	-0	6.5	100	Tan
	T44-2A	36	2.5	Red
	T50-1	100	0.5	Blue
	-2	49	2	Red
	-3	175	0.4	Gray
	-6	40	10	Yellow
	-7	43	5	White
	-8	190	0.4	Orange
	-10	31	16	Black
	-12	18	50	Green/white
	-15	135	0.6	Red/white
	-0	6.4	100	Tan
	T51-2B	138	2	Red
	-6B	102	6	Yellow
	T68-1	115	0.4	Blue
	-2	57	2	Red
	-3	195	0.3	Gray
	-6	47	10	Yellow
	-7	52	5	White
	-8	205	0.4	Orange
	-10	32	20	Black
	-12	21	30	Green/white
	-15	180	0.5	Red/white
	-0	7.5	100	Tan

TABLE E-1 (continued)

The figure shows five cylindrical components, each with a top view and a side view. The dimensions are as follows:

- Component 1:**
 - Top View: Outer diameter 0.280, Inner diameter 7.11, Height 0.250.
 - Side View: Outer diameter 0.260, Inner diameter 6.35, Height 6.60.
 - Material: 16R-2A, -3A, -6A, -7A.
 - Dimensions: 70, 260, 62, 73.
 - Colors: 2 (Red), 0.3 (Gray), 10 (Yellow), 5 (White).
- Component 2:**
 - Top View: Outer diameter 0.495, Inner diameter 12.57, Height 0.250.
 - Side View: Outer diameter 0.795, Inner diameter 6.35, Height 6.60.
 - Material: T72-2, -3, -7.
 - Dimensions: 128, 360, 95.
 - Colors: 2 (Red), 0.2 (Gray), 5 (White).
- Component 3:**
 - Top View: Outer diameter 0.560, Inner diameter 14.22, Height 0.312.
 - Side View: Outer diameter 0.942, Inner diameter 7.92, Height 7.92.
 - Material: T80-1, -2, -3, -6, -7, -8, -10, -12, -15, -0.
 - Dimensions: 115, 55, 180, 45, 50, 190, 32, 22, 170, 8.5.
 - Colors: 0.4 (Blue), 2 (Red), 0.3 (Gray), 10 (Yellow), 5 (White), 0.4 (Orange), 20 (Black), 50 (Green/white), 0.5 (Red/white), 70 (Tan).
- Component 4:**
 - Top View: Outer diameter 0.570, Inner diameter 14.48, Height 0.437.
 - Side View: Outer diameter 1.060, Inner diameter 11.10, Height 11.10.
 - Material: T94-1, -2, -3, -6, -7, -15, -0.
 - Dimensions: 160, 84, 248, 70, 58, 200, 10.6.
 - Colors: 0.4 (Blue), 2 (Red), 0.3 (Gray), 10 (Yellow), 20 (Black), 0.5 (Red/white), 60 (Tan).
- Component 5:**
 - Top View: Outer diameter 0.780, Inner diameter 19.81, Height 0.347.
 - Side View: Outer diameter 1.300, Inner diameter 11.10, Height 11.10.
 - Material: T106-1, -2, -3, -6, -7, -15, -0.
 - Dimensions: 325, 135, 450, 116, 133, 345, 19.
 - Colors: 0.3 (Blue), 2 (Red), 0.2 (Gray), 10 (Yellow), 5 (White), 0.3 (Red/white), 0.260 (Tan).

TABLE E-1 (continued)

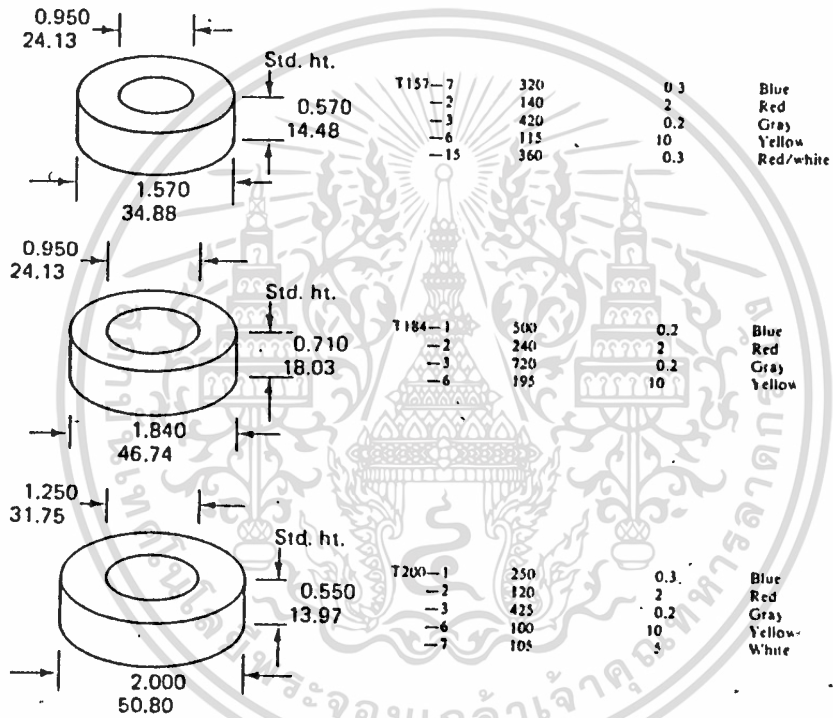


TABLE E-1 (continued)

5400/7400 Quadruple 2-Input Positive-NAND Gate

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
T.I.	SN54500	J (DIP)	W1			SN74500	J (DIP)	W1			SN54LS00	J (DIP)	W1			SN74LS00	J (DIP)	W1			SN54100	J (DIP)	W2		
FAIRCHILD	SN74500	J (DIP)	W1			SN74LS00	J (DIP)	W1			SN74LS00	J (DIP)	W1			SN74LS00	J (DIP)	W1			SN74LS00	J (DIP)	W1		
MOTOROLA	MC54500/FC54500	D (DIP)				MC54500/FC54500	D (DIP)				MC54500/FC54500	D (DIP)				MC54500/FC54500	D (DIP)				MC54500/FC54500	D (DIP)			
N.S.C.	DM74500	D (DIP)				DM74500	D (DIP)				DM74500	D (DIP)				DM74500	D (DIP)				DM74500	D (DIP)			
PHILIPS	N74500	J (DIP)				N74500	J (DIP)				N74500	J (DIP)				N74500	J (DIP)				N74500	J (DIP)			
SIGNETICS	SN54500	F (DIP)	W1			SN74500	F (DIP)	W1			SN54LS00	F (DIP)	W1			SN74LS00	F (DIP)	W1			SN54100	F (DIP)	W2		
SIEMENS	N74500	F (DIP)	W1			N74500	F (DIP)	W1			N74500	F (DIP)	W1			N74500	F (DIP)	W1			N74500	F (DIP)	W1		
FUJITSU																									
HITACHI	HD74500	J (DIP)				HD74500	J (DIP)				HD74500	J (DIP)				HD74500	J (DIP)				HD74500	J (DIP)			
MITSUBISHI	MS5000	P (DIP)				MS5000	P (DIP)				MS5000	P (DIP)				MS5000	P (DIP)				MS5000	P (DIP)			
NEC	μPB2500	D (DIP)				μPB2500	D (DIP)				μPB2500	D (DIP)				μPB2500	D (DIP)				μPB2500	D (DIP)			
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS00/SN74LS00

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating power	SN54LS	-55°C to 175°C
Input voltage	7V	Temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
Interconnect voltage	5.5V	Storage temperature range		-65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS00				SN74LS00				UNIT
Supply voltage V_{CC}	MIN	NOM	MAX		MIN	NOM	MAX		V
Input current I_{IH}	4.5	5	9.5	0.75	5	5.75			mA
Low-level input current I_{IL}				4					mA
Operating free-air temperature T_A	-55		175	0	70				°C

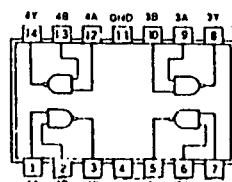
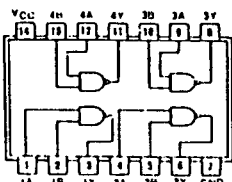
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage			0.8		V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_I = -18 \text{ mA}$		-1.5		V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IL} = V_{IL \text{ max.}}$, $I_{OH} = \text{MAX.}$	2.1	3.4		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2V$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$	0.2	0.4		V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 7V$		0.1		mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_{IH} = 2.7V$		20		μA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_{IL} = 0.4V$		-0.4		mA
I_{OS} Short-circuit output current	$V_{CC} = \text{MAX.}$	SN54LS Family	-100		mA
		74LS Family	-10		mA
I_{CCH} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$	Total, outputs high	4	8	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$	Total, outputs low	12	22	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = 5V$	Average per gate (50% duty cycle)	0.4		mA
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output	$V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 15 \text{ pF}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$		9	15	ns
t_{PLH} Propagation delay time, high-to-low-level output			10	15	ns

Pin Assignments (Top View)

①

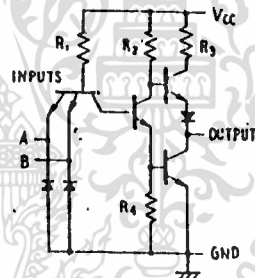
②



positive logic:

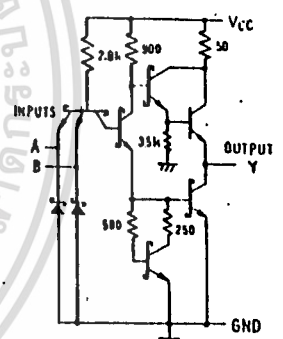
 $V_{CC} = 5V$

Schematics (each gate)

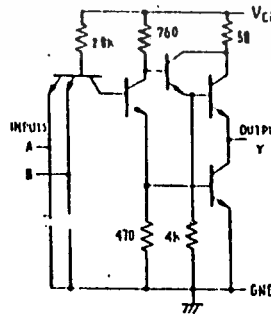


CIRCUIT	R_1	R_2	R_3	R_4
'00	4k	1.5k	120	1k
'100	40k	25k	500	12k

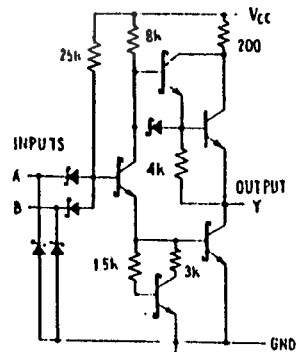
Input clamp diodes not on 'SN54LS00' circuits.



'000 CIRCUIT



'100 CIRCUIT



1000 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

If conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

All typical values are at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54LS00/SN74LS00 and SN54LS00, SN74LS00, duration of short circuit should not exceed 1 second.

5404/7404 Hex Inverter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.	SN54S04	J14			W1	SN54H04	J14			W1	SN54LS04	J14			W2	SN5404	J14			W2
	SN74S04	J14	N1		W1	SN74H04	J14	N1		W1	SN74LS04	J14	N1		W2	SN7404	J14	N1		W2
FAIRCHILD	FMS4504	FMS504	U1			FN54H04	FMS9H04	L1		F2	FMS4504	FMS9H04	U1		F2	FMS404	FMS9H04	U1		F2
	FC74S04	FC9S04	D1			FC74H04	FC9H04	D1		F2	FC74LS04	FC9LS04	D1		F2	FC7404	FC9H04	D1		F2
MOTOROLA						MC3108				F2					F2	MC5404				F2
						MC3008				F2					F2	MC7404				F2
N.S.C.						DM54H04				F2	SN74LS04				F2	DM5404				F2
	DM74S04					DM74H04				F2	DM74LS04				F2	DM7404				F2
PHILIPS																				
	N74S04					N74H04					N74LS04					FJH281/7404				
SIGNETICS	S54S04				W1	S54H04			W2						W2	S5404				W2
	N74S04				W1	N74H04			W2		N74LS04				W2	N7404				W2
SIEMENS																				
FUJITSU																FLH211				
HITACHI											74LS04					MD418				
	HD74S04										HD74LS04					HD7404/HD2522				
MITSUBISHI											M74LS04					M53204				
	M55004																			
NEC											74LS04					μPD235				
	74S04																			
TOSHIBA																TD3404A				

Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	5V	Operating power dissipation	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	5V	Storage temperature range	SN74LS	-65°C to 150°C
				-65°C to 150°C

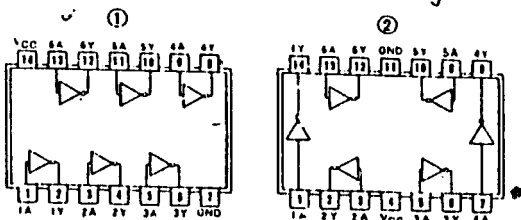
recommended operating conditions

	SN54LS04			SN74LS04			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}	-400			-400			mA
Low-level output current, I_{OL}			8			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0		75	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage			0.8		V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18\text{mA}$			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IL} = V_{IL\text{ max}}$, $I_{OH} = \text{MAX}$	2.7	3.4		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2\text{V}$, $I_{OL} = 4\text{mA}$			0.4	V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 1\text{V}$			0.1	mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IH} = 2.7\text{V}$			20	μA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IL} = 0.4\text{V}$			-0.4	mA
I_{OS} Short-circuit output current	$V_{CC} = \text{MAX}$	54LS Family	-20	-100	mA
I_{CC1} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}$	74LS Family	-20	-100	mA
I_{CC2} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}$	Total, outputs high	1.2	2.4	mA
I_{CC3} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}$	Total, outputs low	3.8	6.6	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = 5\text{V}$	Average per gate (50% duty cycle)	0.4		mA
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output	$V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 15\text{pF}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$		9	15	ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output			10	15	ns

Pin Assignments (Top View)



5430/7430 8-Input Positive-NAND Gate

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package	
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF
T.I.	SN54S30	JQ		WQ	SN54H30	JQ		WQ	SN54LS30	JQ		WQ	SN5430	JQ		WQ	SN54L30	JQ		WQ
FAIRCHILD	SN74S30	JQ	ND		SN74H30	JQ	ND		SN74LS30	JQ	ND		SN7430	JQ	ND		SN74L30	JQ	ND	
	FM54S30/FM54H30	ND			FM54H30/FM54H30	ND			FM54LS30/FM54LS30	ND			FM5430/FM54H30	ND			FM54L30/FM54H30	ND		
MOTOROLA	MC14S30	ND	ND		MC14H30	ND	ND		MC14LS30	ND	ND		MC1430	ND	ND		MC14L30	ND	ND	
					MC3116	LD							MC5430	LD						
N.S.C.					MC3016	LD	PD		SN74LS30				MC5430	LD	PD		DM54L30	JQ	ND	
	DM74S30				DM54H30	JQ	ND		DM54LS30				DM5430	JQ	ND		DM54L30	JQ	ND	
PHILIPS					DM74H30	JQ	ND		DM74LS30				DM7430	JQ	ND		DM74L30	JQ	ND	
					GJH101/74H30				N74LS30				FJH101/7430							
SIGNETICS					S54H30	FQ	AD	W2					S5430	FQ	AD	W2				
	N74S30				N74H30	FQ	AD	W2	N74LS30				N7430	FQ	AD	W2				
SIEMENS																				
													FLH131							
FUJITSU																				
					ML504	(1)AL			74LS30				MB403	(1)AL						
HITACHI																				
									HD74LS30				HD7430/HD7508	(1)P						
MITSUBISHI																				
	M55030								M74LS30				M53230/M5310							
NEC																				
									74LS30				#PB204							
TOSHIBA																				
													TD3430A							

Electrical Characteristics SN54LS30/SN74LS30

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	TV	Operating power	SN54LS	g 55°C to 125°C
Input voltage	TV	temperature range	SN74LS	°C to °C
Interconnection voltage	5 V	Storage temperature range		-55°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS30			SN74LS30			UNIT
Supply voltage, V_{CC}	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	V
High-level output current I_{OH}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.75	mA
Low-level output current I_{OL}			-400			-400	mA
Operating power dissipation P_D			125			125	mW

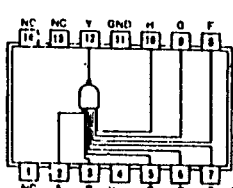
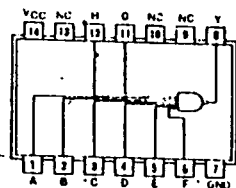
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{OH} High-level output voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8	V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} - \text{MIN.}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} - \text{MIN.}$, $V_{IL} = V_{IL} \text{ max.}$, $I_{OH} = \text{MAX.}$	2.7	3.4		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} - \text{MIN.}$, $V_{OH} = 2 \text{ V.}$, $I_{OL} = 4 \text{ mA}$			0.4	V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} - \text{MAX.}$, $V_I = 7 \text{ V}$			0.1	mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} - \text{MAX.}$, $V_{OH} = 2.7 \text{ V}$			20	μA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} - \text{MAX.}$, $V_{OH} = 0.4 \text{ V}$			-0.4	mA
I_{OS} Short-circuit output current‡	$V_{CC} - \text{MAX.}$	all S Family	20	-100	mA
I_{CC1} Supply current	$V_{CC} - \text{MAX.}$	74LS Family	20	-100	mA
I_{CC2} Supply current	$V_{CC} - \text{MAX.}$	Total outputs high	0.35	0.5	mA
I_{CC3} Supply current	$V_{CC} - \text{MAX.}$	Total outputs low	0.5	1.1	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} - 5 \text{ V}$	Average per gate (50% duty cycle)	0.48		mA
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output	$V_{CC} - 5 \text{ V.}$, $T_A = 25^\circ \text{C.}$		8	15	ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output	$C_L = 15 \text{ pF.}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$		13	20	ns

Pin Assignments (Top View)

①

②



positive logic

Y = ABCDEF

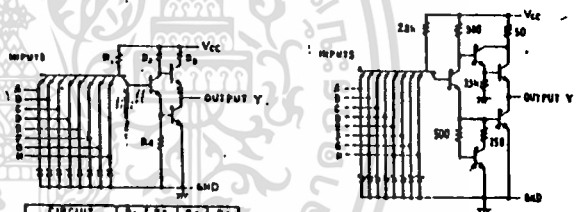
NC = No internal connection.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V.}$, $T_A = 25^\circ \text{C.}$

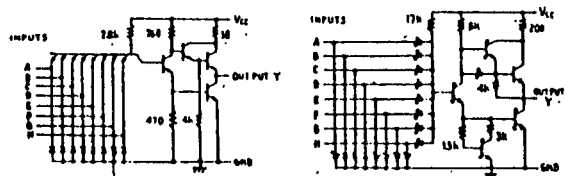
§ Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H/SN74H and SN54S/SN74S, duration of short-circuit should not exceed 1 second

Schematics (each gate)



Input clamp diodes not on SN54LS/SN74LS circuits.

'30' 'LS30' CIRCUITS



'H30' CIRCUIT

'LS30' CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

5448 / 7448 BCD-to-Seven Segment Decoder / Driver

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.											SN54LS48	(U)				SN5448	(U)			
FAIRCHILD											SN74LS48	(U)	(N)			SN7448	(U)	(N)		
MOTOROLA																FM5448/FC9358	(D)			FQ5448/FC9358
N.S.C.											DM54LS48	(U)				MC5448	(U)			FQ5448/FC9358
PHILIPS											DM74LS48	(U)				MC7448	(U)	(N)		
SIGNETICS																N7448	(U)			
SIEMENS																N7448	(U)	(B)		
FUJITSU																FLM551	(U)			
HITACHI											HD74LS48	(U)	(P)							
MTSUBISHI																				
NEC																M53248	(U)			
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics / SN74LS48/SN74LS48

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V _{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS48	-55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS48	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

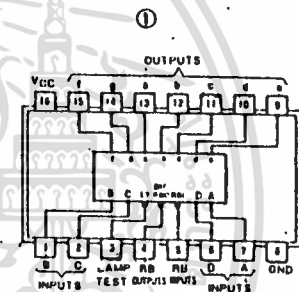
recommended operating conditions

		SN54LS48			SN74LS48			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}		4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I _{OH}	a thru g BI/RBO			-100			-100	mA
Low-level output current, I _{OL}	a thru g BI/RBO			2			2	mA
Operating free-air temperature, T _A		-55	125	0	70			°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER *		TEST CONDITIONS †		MIN	TYP	MAX	UNIT	
V _{IH}	High-level input voltage			2			V	
V _{IL}	Low-level input voltage					0.8	V	
V _I	Input clamp voltage, any input except BI/RBO	V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA				-1.5	V	
V _{OH}	High-level output voltage	a thru g BI/RBO	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = 0.8V, I _{OH} = MAX	2.4	4.2		V	
I _O	Output current	a thru g	V _{CC} = MIN, V _O = 0.45V, input conditions as for V _{OH}	-1.3	-2		mA	
V _{OL}	Low-level output voltage	a thru g BI/RBO	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = 0.8V	I _{OL} = 2 mA I _{OL} = 16 mA	0.25	0.4 0.25	0.4 0.4	V
I _I	Input current at maximum input voltage	Any input except BI/RBO	V _{CC} = MAX, V _I = 7V			0.1	mA	
I _{IH}	High-level input current	Any input except BI/RBO	V _{CC} = MAX, V _I = 2.7V			20	μA	
I _{IL}	Low-level input current	Any input except BI/RBO	V _{CC} = MAX, V _I = 0.4V			-0.4 -1.2	mA	
I _{OS}	Short-circuit output current	BI/RBO	V _{CC} = MAX			-0.3 -2	mA	
I _{CC}	Supply current	V _{CC} MAX.		SN74LS48 SN74LS48	25 25	30 30	mA	
t _{PHL}	from A input	V _{CC} = 5V, T _A = 25°C, C _L = 150f		R _L = 60Ω	100		ns	
t _{PLH}	from A input			R _L = 60Ω	100		ns	
t _{PHL}	from RBI input			R _L = 60Ω	100		ns	
t _{PLH}	from RBI input			R _L = 60Ω	100		ns	

Pin Assignment (Top View)



Positive logic: see function table

- NOTES:
- The blanking input (BI) must be open or held at a high logic level when output functions 0 through 15 are desired. The ripple-blanking input (RBI) must be open or high. If blanking of a decimal zero is not desired.
 - When a low logic level is applied directly to the blanking input (BI), all segment outputs are low regardless of the level of any other input.
 - When ripple blanking input (RBI) and inputs A, B, C, and D are at a low level with the lamp-test input high, all segment outputs go low and the ripple-blanking output (RBO) goes to a low level (response condition).
 - When the blanking input/ripple-blanking output (BI/RBO) is open or held high and a low is applied to the lamp-test input, all segment outputs are high.
 - BI/RBO is wire AND logic serving as blanking input (BI) and/or ripple-blanking output (RBO).

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
 * All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
 ‡ I_{CC} is measured with all outputs open and all inputs at 4.5V.
 † t_{PHL} = propagation delay time, low-to-high-level output.
 † t_{PLH} = propagation delay time, high-to-low-level output.

CONTINUED ON NEXT PAGE

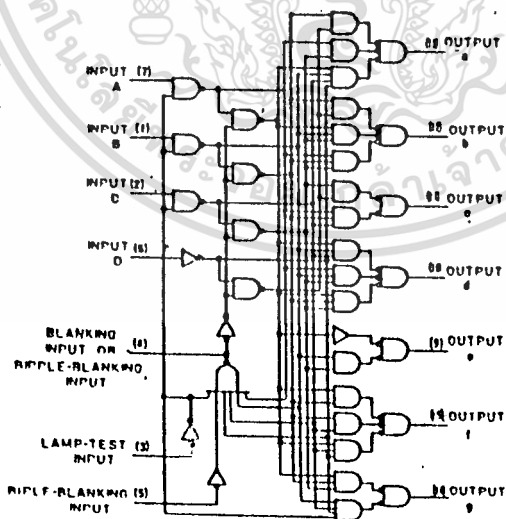
Function Table

'48, 'LS48 (see NOTES)

DECIMAL OR FUNCTION	INPUTS					BI/RBO*	OUTPUTS							NOTE
	LT	RBI	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	
0	H	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	L	1
1	H	X	L	L	L	H	H	L	H	L	L	L	L	1
2	H	X	L	L	H	L	H	H	L	H	L	L	H	
3	H	X	L	L	H	H	H	H	H	L	L	L	H	
4	H	X	L	H	L	L	H	L	H	L	L	H	H	
5	H	X	L	H	L	H	H	H	L	H	L	H	H	
6	H	X	L	H	H	L	H	L	L	H	H	H	H	
7	H	X	L	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	
8	H	X	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	
9	H	X	H	L	L	H	H	H	H	L	L	H	H	
10	H	X	H	L	H	L	H	L	L	H	H	L	H	
11	H	X	H	L	H	H	H	L	L	H	L	L	H	
12	H	X	H	H	L	L	H	L	H	L	L	L	H	
13	H	X	H	H	L	H	H	H	L	L	H	L	H	
14	H	X	H	H	H	L	H	L	L	H	H	H	H	
15	H	X	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	
BI	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	2
RBI	H	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	3
LT	L	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	4

H=high level, L=low level, X=irrelevant

Functional Block Diagram



'48, 'LS48 BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODER/DRIVER

5485/7485 4-Bit Magnitude Comparator

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M		C	P	M		C	P	M		C	P	M		C	P	M
T.I.	SN54S85	JQ		WD					SN54LS85	JQ		WH	SN54S85	JQ		W	SN54LS85	JQ		
	SN74S85	JQ	NH						SN74LS85	JQ	NH		SN74S85	JQ	NH		SL74LS85	JQ	NH	
FAIRCHILD													DM54S5/DM74S5	DQ						
MOTOROLA													DM54S5/DM74S5	DQ						
													MC7485	JQ						
N.S.C.									DM54LS85	JQ							DM54LS85	JQ	NH	FJ
									DM74LS85	JQ			DM7485	JQ			DM74LS85	JQ	NH	FJ
PHILIPS																				
	N74S85	JQ							N74LS85	JQ			N7485	JQ						
SIGNETICS													S5485							
	N74S85	A-1							N74LS85	A-1			N7485							
SIEMENS																				
													FLH431							
FUJITSU																				
									74LS85	M1			LS7485	JQ						
HTACHI																				
									HD74LS85	F11			HD7485	F11						
MTSUBISHI																				
	M74S85	PQ							M74LS85	F11			M53285	PQ						
NEC																				
													μPB7085	D-1						
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SN54LS85/SN74LS85

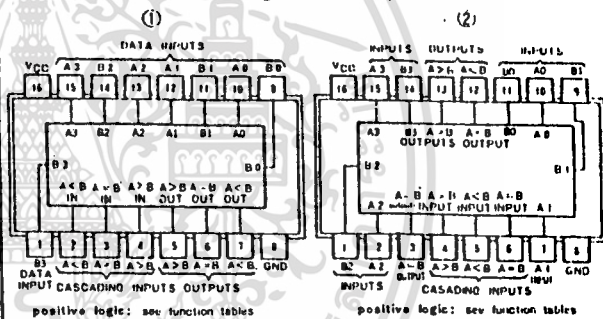
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range							
Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C			
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C			
Intermittent voltage (see Note)	5.5V	Storage temperature range		-65°C to 150°C			
recommended operating conditions							
	SN54LSB5			SN74LSB5			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-400			-400	μ A
Low-level output current, I_{OL}			4			4	mA
Operating free-temperature, T_A	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage			2		V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8	V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $I_{OH} = -400 \mu\text{A}$	2.7	3.4		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $I_{OL} = 4 \text{ mA}$	0.25	0.4		V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 7 \text{ V}$		0.1		mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$		20		μA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 0.4 \text{ V}$		-0.4		mA
I_{OS} Short-circuit output current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_O = 0$	-20		-100	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, See Note	-20		-100	mA
I_{PLM} from Any A or B data input to output A (B, A) B	$V_{CC} = 5 \text{ V}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $C_L = 15 \text{ pF}$ $R_L = 2 \text{ k}\Omega$	1	14		ns
		2	19		
		3	24	34	
		4	27	45	
I_{PHL} from Any A or B data input to output A (B, A) B		1	11		
		2	15		
		3	20	30	
		4	23	45	
I_{PLH} from A (B) or A = B		1	14	22	
I_{PHL} to output A > B		1	11	17	
I_{PLH} from A = B		2	13	20	ns
I_{PHL} to output A < B		2	13	26	ns
I_{PLH} from A > B or A = B		1	14	22	ns
I_{PHL} to output A < B		1	11	17	ns

NOTE: I_{CC} is measured with outputs open, A = B (locked) and all other inputs at 4.5V.

Pin Assignments (Top View)



Function Table

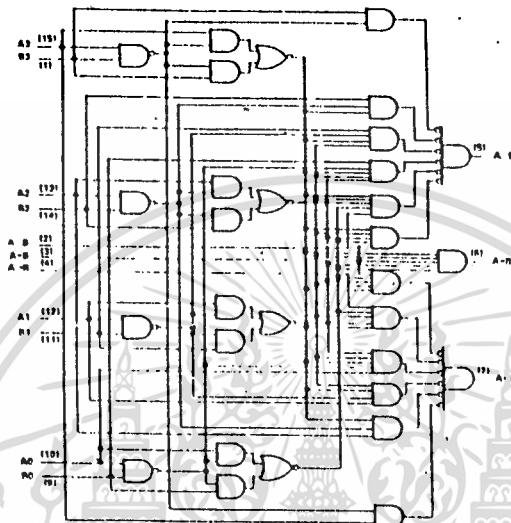
COMPARING INPUTS				CASCADING INPUTS				OUTPUTS			
A3, B3	A2, B2	A1, B1	A0, B0	A > B	A < B	A = B	A > B	A < B	A = B	A > B	A < B
A3 > B3	X	X	X	X	X	X	H	L	L	L	L
A3 < B3	X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	H
A3 = B3	A2 > B2	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L
A3 = B3	A2 < B2	X	X	X	X	X	L	H	H	H	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 > B1	X	X	X	X	H	L	L	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 < B1	X	X	X	X	L	H	H	H	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 > B0	X	X	X	H	L	L	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 < B0	X	X	X	L	H	H	H	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	L	L	L	H	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	H	H	L	L	L	H	H

COMPARING INPUTS				CASCADING INPUTS				OUTPUTS			
A3, B3	A2, B2	A1, B1	A0, B0	A > B	A < B	A = B	A > B	A < B	A = B	A > B	A < B
A3 > B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	X	X	H	L	L	H	L	L
A3 < B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	H	L	L	L	L	H	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	L	L	L	H	H	L	L

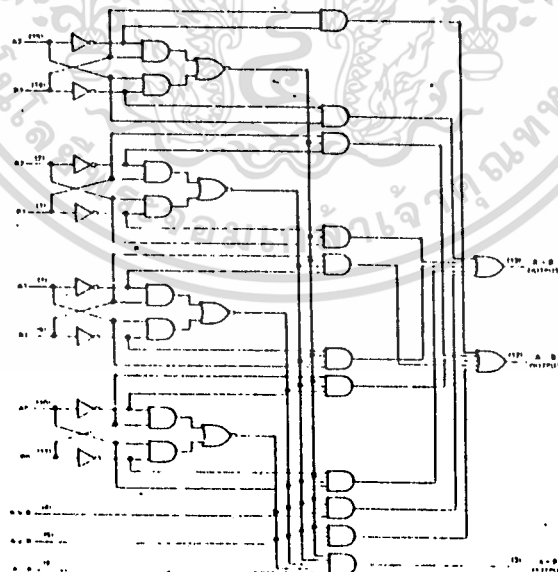
H = HIGH level, L = LOW level, X = ANY LEVEL

1 For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
 2 All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.
 3 Not more than one output should be shorted at a time.
 4 I_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output.
 5 I_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output.

Functional Block Diagrams



'85, 'S85, 'LS85 4-BIT MAGNITUDE COMPARATOR



'185 4-BIT MAGNITUDE COMPARATOR

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.																				
FAIRCHILD																				
MOTOROLA																				
N. S. C.																				
PHILIPS																				
SIGNETICS																				
SIEMENS																				
FUJITSU																				
HITACHI																				
MITSUBISHI																				
NEC																				
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SN54LS/SN74LS90A

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
Intermittent voltage (see Note 1)	5.5V	Storage temperature range		-65°C to 150°C

recommended operating conditions

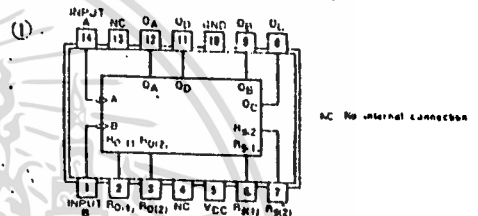
		SN54LS90A			SN74LS90A			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}				-400			-400	μ A
Low-level output current, I_{OL}				4			8	mA
Count frequency, f_{count}	A input	0		32	0		32	MHz
	B input	0		16	0		16	MHz
Pulse width, t_p	A input	15		15				ns
	B input	30		30				ns
Reset inactive-state setup, t_{setup}	Reset inputs	15		15				ns
		25		25				ns
Operating free-air temperature, T_A		-55		125			70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8	V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{OL} = 0.5 \text{ V}$, $I_{OH} = -400 \mu\text{A}$	2.7	3.4		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{OH} = 0.5 \text{ V}$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$		0.35	0.5	V
I_I Input current at maximum input voltage	Any reset	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 7 \text{ V}$		0.1	mA
	A input	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 5.5 \text{ V}$		0.2	mA
I_{IH} High-level input current	Any reset	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$		20	μ A
	A input			40	μ A
I_{IL} Low-level input current	Any reset			-0.4	mA
	A input			-2.4	mA
I_{OS} Short-circuit output current*	Any reset	$V_{CC} = \text{MAX.}$		-100	mA
				-100	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, See Note 7			15	mA
f_{max}	from A to output Q_A	32	42		MHz
t_{PLH}	from A to output Q_A	16			ns
t_{PLH}	from A to output Q_B	10	16		ns
t_{PLH}	from A to output Q_C	12	18		ns
t_{PLH}	from A to output Q_D	32	48		ns
t_{PLH}	from B to output Q_B	34	50		ns
t_{PLH}	from B to output Q_C	10	16		ns
t_{PLH}	from B to output Q_D	14	21		ns
t_{PLH}	from B to output Q_A	21	32		ns
t_{PLH}	from B to output Q_C	23	35		ns
t_{PLH}	from B to output Q_D	21	32		ns
t_{PLH}	from Set-10-0 to Any output	23	35		ns
t_{PLH}	from Set-10-9 to output Q_A, Q_D	26	40		ns
t_{PLH}	from Set-10-9 to output Q_B, Q_C	20	30		ns
t_{PLH}		26	40		ns

$V_{CC} = 5 \text{ V}$
 $T_A = 25^\circ \text{C}$
 $C_L = 15 \text{ pF}$
 $R_L = 2 \text{ k}\Omega$

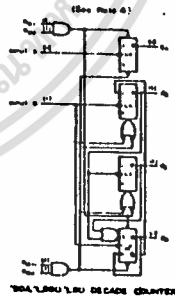
Pin Assignment (Top View)



Function Table

BCD COUNT SEQUENCE				BINARY (1-2)				RESET/COUNT			
QA QB QC QD				QA QB QC QD				QA QB QC QD			
0	L	L	L	L	L	L	L	0	L	L	L
1	L	L	L	L	L	L	L	1	L	L	L
2	L	L	L	L	L	L	L	2	L	L	L
3	L	L	L	L	L	L	L	3	L	L	L
4	L	L	L	L	L	L	L	4	L	L	L
5	L	L	L	L	L	L	L	5	L	L	L
6	L	L	L	L	L	L	L	6	L	L	L
7	L	L	L	L	L	L	L	7	L	L	L
8	L	L	L	L	L	L	L	8	L	L	L
9	L	L	L	L	L	L	L	9	L	L	L

Functional Block Diagram



- NOTES: 1. This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For this output, this rating applies between the two Q_B inputs, and it also applies between the two Q_D inputs.
2. I_{CC} is measured with all outputs open, both Q_B inputs grounded following momentary connection to 4.5 V, and all other inputs grounded.
3. Output Q_A is connected to input B for frequency count. Output Q_D is connected to input A for frequency count. H = high level, L = low level, X = irrelevant.
4. The J and K inputs shown without connection are for reference only and are functionally at a high level.

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.

‡All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ \text{C}$.

*Not more than one output should be shorted at a time.

§Outputs are tested at $I_{OL} = 16 \text{ mA}$ plus the limit value for I_{OL} for the B input. This limits driving the B input while maintaining full fan-out capability.

•max = maximum count frequency.

t_{PLH} = propagation delay time, low to high-level output

t_{PLH} = propagation delay time, high-to-low-level output

54123/74123 Dual Retriggerable Monostable Multivibrator with Clear

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.																				
FAIRCHILD																				
MOTOROLA																				
N.S.C.																				
PHILIPS																				
SIGNETICS																				
SIEMENS																				
FUJITSU																				
HITACHI																				
MITSUBISHI																				
NEC																				
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SN54LS123/SN74LS123

absolute maximum ratings operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free air	SN54LS123	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	Storage range	SN74LS123	-65°C to 150°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

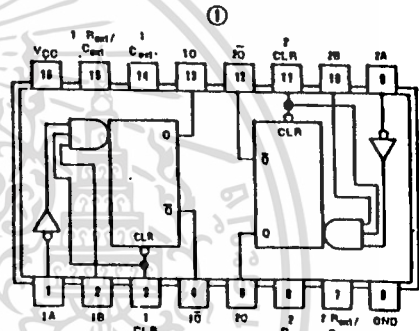
recommended operating conditions

	SN54LS123			SN74LS123			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-800			-800	mA
Low-level output current, I_{OL}			0			0	mA
Pulse width, t_p	10		10	10		10	ns
External timing resistance, R_{ext}	5		100	5		100	kΩ
External timing capacitance, C_{ext}	10		100	10		100	nF
Timing capacitance at first/last terminal	See instruction		50	See instruction		50	pF
Operating free air temperature, T_a	-55		125	-65		150	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage			0.8		V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = \text{MAX}$, See Note 1	2.7	3.5		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$, See Note 1		0.35	0.5	V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 7 \text{ V}$		0.1		mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 7 \text{ V}$		20		μA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4 \text{ V}$		0.4		mA
I_{OS} Short-circuit output current	$V_{CC} = \text{MAX}$, See Note 1	60		100	mA
I_{CC} Supply current (quiescent or triggered)	See Notes 2 and 3		12	20	mA
t_{PLH} from A to output Q	$V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ \text{C}$, $C_L = 15 \text{ pF}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$	$C_{ext} = 0$, $R_{ext} = 5 \text{ k}\Omega$	22	33	ns
t_{PHL} from A to output Q			23	46	ns
t_{PHL} from B to output Q			32	45	ns
t_{PHL} from Clear to output Q			34	56	ns
t_{PHL} from Clear to output Q			20	27	ns
t_{PLH} from Clear to output Q			28	45	ns
$t_{WQ}(\text{mm})$ from A or B to output Q	$C_{ext} = 1000 \text{ nF}$, $R_{ext} = 10 \text{ k}\Omega$	4	4.5	5	μs
t_{WQ} from A or B to output Q					

Pin Assignment (Top View)



FUNCTION TABLE

123 LS123, LS123 (See Note 4)

CLEAR	INPUTS		OUTPUTS	
	A	B	Q	Q'
L	X	X	L	H
X	X	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	1	L	H
H	J	H	L	H
1	L	H	L	H

- NOTES: 1. Ground C_{ext} to measure V_{OH} at 0, V_{OL} at 0, or I_{OS} at 0.
 C_{ext} is open to measure V_{OH} at 0, V_{OL} at 0, or I_{OS} at 0.
2. Quiescent I_{CC} is measured (after clearing) with 2.4V applied to all clear and A inputs, B inputs grounded, all outputs open, $C_{ext} = 0.02 \mu\text{F}$, and $R_{ext} = 25 \text{ k}\Omega$.
3. I_{CC} is measured in the triggered state with 2.4V applied to all clear and B inputs, A inputs grounded, all outputs open, $C_{ext} = 0.02 \mu\text{F}$, and $R_{ext} = 25 \text{ k}\Omega$.
4. A: H=high level (steady state), L=low level (steady state), 1=transition from low to high level, J=transition from high to low level, U=one high-level pulse, U'=one low-level pulse, X=irrelevant (see input, including transitions).
B: An external timing capacitor may be connected between and R_{ext}/C_{ext} (positive).
C: For accurate reproducible pulse widths, connect an external resistor between R_{ext}/C_{ext} and V_{CC} with F_{ext} open-circuited.
D: To obtain variable pulse widths, connect external resistance between R_{ext} or R_{ext}/C_{ext} and V_{CC} .

1. For conditions shown as MIN or MAX, use the value specified under recommended operating conditions.

2. All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ \text{C}$.

3. Not more than one output should be shorted at a time.

4. t_{PLH} —propagation delay time, low-to-high-level output.5. t_{PHL} —propagation delay time, high-to-low-level output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54157/74157 Quadruple 2-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
J.	SN54S157	J11									SN54LS157	J11				SN54S157	J11				SN54LS157	J11			
	SN74S157	J11									SN74LS157	J11				SN74S157	J11				SN74LS157	J11			
FAIRCHILD																									
MOTOROLA																									
N.S.C.																									
PHILIPS																									
SIGNETICS																									
SIEMENS																									
FUJITSU																									
HITACHI																									
DAIICHI																									
MITSUBISHI																									
NEC																									
AMD																									

Electrical Characteristics SN54LS157/SN74LS157

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS -55°C to 125°C SN74LS 0°C to 70°C
Input voltage	7V	Storage temperature range	-65°C to 150°C

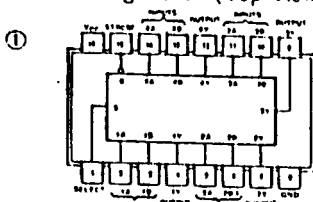
recommended operating conditions

	SN54LS157			SN74LS157			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}	-400			-400			μ A
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8	V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_I = -10 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2V$, $V_{IL} = 0.8V$, $I_{OH} = -400 \mu\text{A}$	2.7	3.4		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2V$, $V_{IL} = 0.8V$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$	0.35	0.5		V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 7V$		0.2		mA
	S or O input		0.1		
	A or B input				
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 2.7V$		40		μ A
	S or O input		20		
	A or B input				
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 0.8V$		-0.8		mA
	S or O input		-0.4		
	A or B input				
I_{OS} Short-circuit output current	$V_{CC} = \text{MAX.}$	SN54LS -20 SN74LS -20	-100	-100	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$ See Note		9.7	16	mA
I_{DILH} from data input	$V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 15 \text{ pF}$, $R_L = 2k\Omega$		8	14	nA
I_{DILH} from data input			9	14	nA
I_{DILH} from Strobe			14	20	nA
I_{DILH} from Select			14	21	nA
I_{DILH} from Select			18	23	nA
I_{DILH} from Select			18	27	nA

Pin Assignment (Top View)



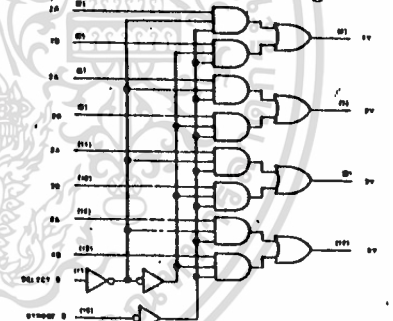
Function Table

157, 5157, 15157, 15157

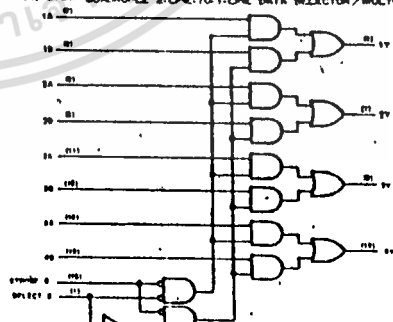
INPUTS		OUTPUT		
STROBE	SELECT	A	B	Y
H	X	X	X	L
L	L	L	X	L
L	L	H	X	H
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H

H = High level, L = Low level, X = Irrelevant

Functional Block Diagrams



157, 5157, 15157, 15157 QUADRUPLE 2-LINE-TO-1-LINE DATA SELECTOR/MULTIPLEXER

5157, 15157 QUADRUPLE 2-LINE-TO-1-LINE DATA SELECTOR/MULTIPLEXER
NOTE: I_{CC} is measured with 4.5V applied to all inputs and all outputs open.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

• Not more than one output should be selected at a time.

• t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output.• t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output.

54194/74194 4-Bit Bidirectional Universal Shift Register

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
T. I.	SN54S194	JQ		WJ					SN54LS194A	JQ		WJ	SN54194	JQ		WJ				
	SN74S194	JQ		WJ					SN74LS194A	JQ		WJ	SN74194	JQ		WJ				
FAIRCHILD	FM351M	QD							FM351M/FM351M	QD			FM351M	QD						
	FC351M/PC351M	QD							FC351M/PC351M	QD			FC351M/PC351M	QD						
MOTOROLA																				
N. S. C.	DM74S194	Q							DM74LS194	Q			DM74194	JQ		WJ				
PHILIPS	N74S194																			
SIGNETICS	S54S194	FD		WJ					N74LS194	Q			N74194	Q						
	N74S194	FD		WJ					N74LS194	Q			N74194	FD		WJ				
SIEMENS																				
FUJITSU																				
HYACHI																				
MITSUBISHI																				
NEC																				
AMD	Am54S194	Q							Am54LS194A	Q										
	Am74S194	Q							Am74LS194A	Q										

Electrical Characteristics SN54LS194/SN74LS194

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	Storage temperature range	SN74LS	-55°C to 150°C

recommended operating conditions

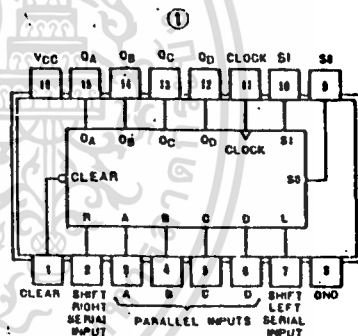
	SN54LS194	SN74LS194	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	V
High-level output current, I_{OH}	400	400	μA
Low-level output current, I_{OL}	4	4	mA
Clock frequency, f_{clock}	0	25	MHz
Width of clock or clear pulse, t_w	20	20	ns
Setup time, t_{setup}	30	30	ns
Hold time at any input, t_{hold}	25	25	ns
Operating free-air temperature, T_A	-55	125	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage			0.8		V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_I = -10 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_I = 2 \text{ V}$, $I_{OH} = -400 \mu A$	2.7	3.3		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_I = 2 \text{ V}$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$	0.35	0.5		V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 7 \text{ V}$		0.1		mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$		20		μA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 0.8 \text{ V}$		0.4		mA
I_{OS} Short-circuit output current	$V_{CC} = \text{MAX.}$	SN54LS SN74LS	-20 -20	100 100	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, See Note 1		15	23	mA
f_{max} Maximum clock frequency	$V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ \text{C}$, $C_L = 15 \text{ pF}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$		25	36	MHz
t_{PHL} from clear			18	30	ns
t_{PLH} from clock			14	22	ns
t_{PHL} from clock			17	25	ns

- NOTES: 1. With all outputs open, inputs A through D grounded, and 4.5 V applied to S0, S1, clear, and the serial inputs, I_{CC} is tested with a momentary GND, then 4.5 V, applied to clock.
2. H=high level (steady state)
L=low level (steady state)
X=irrelevant (any input, including transitions)
↑=transition from low to high level
a, b, c, d=the level of steady-state input at inputs A, B, C, or D, respectively.
 Q_A, Q_B, Q_C, Q_D =the level of Q_A, Q_B, Q_C , or Q_D , respectively, before the indicated steady-state input conditions were established.
 $Q_{An}, Q_{Bn}, Q_{Cn}, Q_{Dn}$ =the level of Q_A, Q_B, Q_C, Q_D , respectively, before the momentary transition of the clock.

Pin Assignment (Top View).



positive logic: see function table

Function Table

194, 5194, 74194 (See Note 2)

INPUTS				OUTPUTS			
CLEAR	MODE S1 S0	CLOCK	SERIAL LEFT RIGHT	PARALLEL A B C D	Q_A	Q_B	Q_C
L	X X	X	X X	X X X X	L	L	L
H	X X	L	X X	X X X X	Q_{An}	Q_{Bn}	Q_{Cn}
H	H H	↑	X X	a b c d	b	c	d
H	L H	↑	X H	X X X X	H	Q_{An}	Q_{Bn}
H	L H	↑	X L	X X X X	L	Q_{An}	Q_{Bn}
H	H L	↑	H X	X X X X	Q_{Bn}	Q_{Cn}	H
H	H L	↑	L X	X X X X	Q_{Bn}	Q_{Cn}	L
H	L L	X	X X	X X X X	Q_{An}	Q_{Bn}	Q_{Cn}

If conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

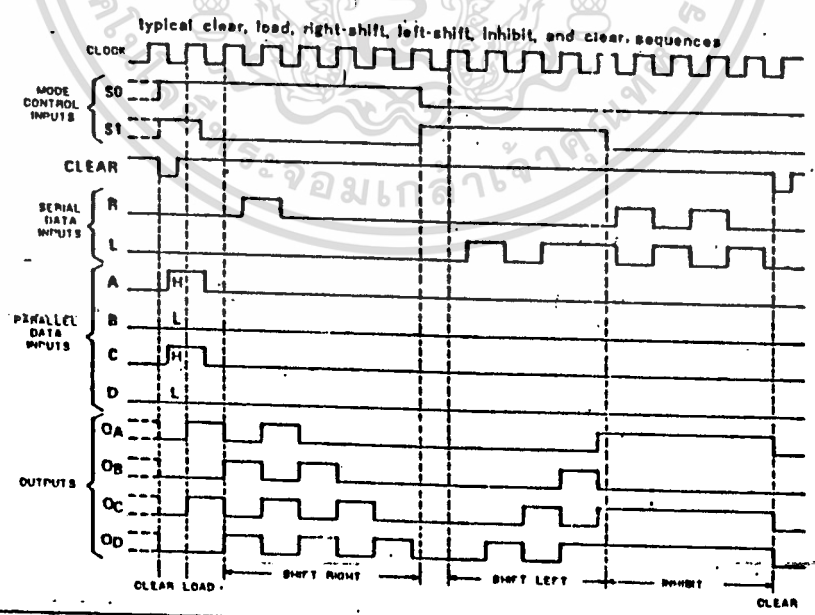
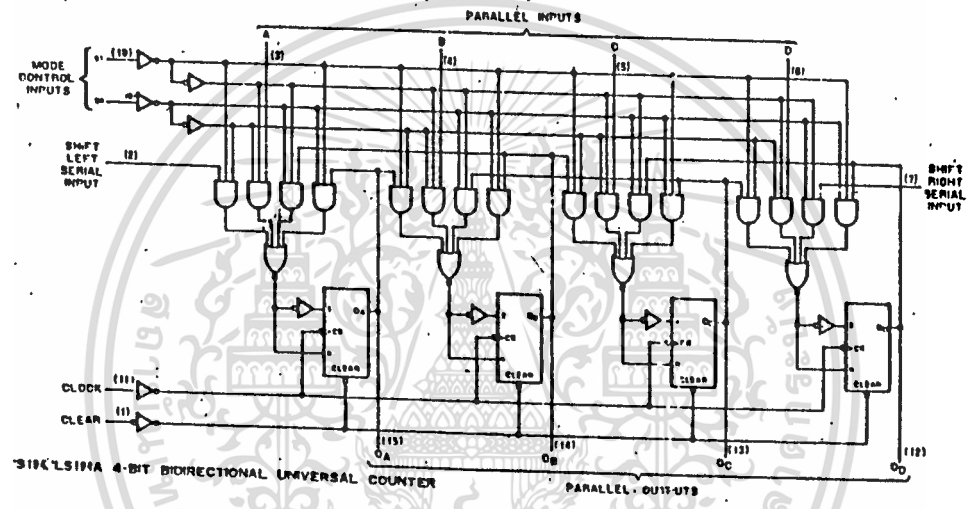
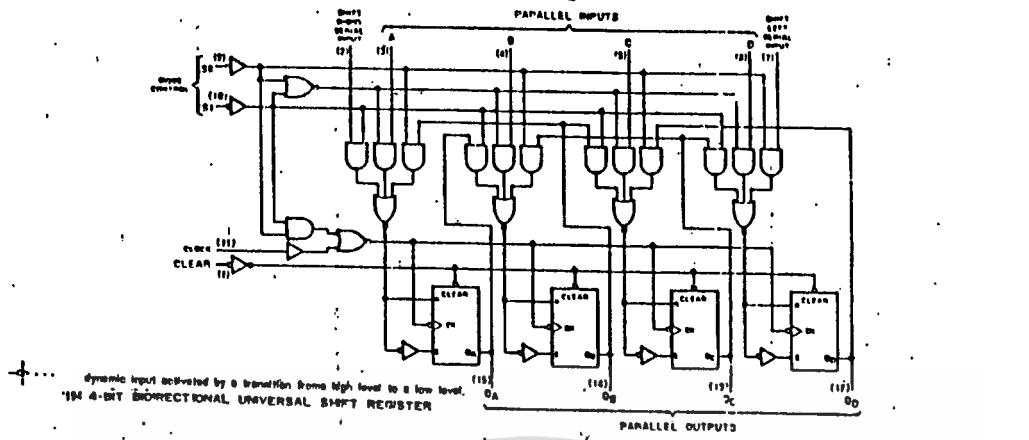
All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ \text{C}$.

Not more than one output should be shorted at a time.

 t_{PLH} =propagation delay time, low-to-high-level output t_{PHL} =propagation delay time, high-to-low-level output

CONTINUED ON NEXT PAGE

Functional Block Diagram



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือกันของผู้ร่วมงานและคำแนะนำที่มีประโยชน์ของอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์ประสิทธิ์ วัชรพิบูลย์ และอาจารย์ท่านอื่นที่ให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานครั้งนี้ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ประสิทธิ์ วัชรพิบูลย์ และอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำ

6 เมษายน 2531



หนังสืออ้างอิง

1. รศ.ดร.โยธิน เปรมปราชญ์รัตน์ , " การควบคุมมอเตอร์ " ,
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร-
ลาดกระบัง , 16,96 , หน้า 2528
2. รศ. มนัส สังวรศิษฐ์ , "วงจรไทเมอร์" วารสารอิเล็กทรอนิกส์ เวิลด์,
ปีที่ 5 ฉบับที่ 57, 2524 , หน้า 23 - 29 .
3. พิชัย กุศิริวานิชกร , " หม้อแปลงแบบแกนทอรอยล์ " วารสารอิเล็กทรอนิกส์ -
เวิลด์, ปีที่ 9 ฉบับที่ 86 , หน้า 190 - 195 .

