



ปีการศึกษา 2532



เครื่องทดสอบจนวน

ไทย

นายบุญช่วย บุระภาพ 291315

นายเรวัต สุนทรวิภาค 291328

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ประภาส ไทสุวรรณา

22.พ.ย. 2532

027015

ปริญญาโทบริหารศึกษา 2532

เครื่องทศอบฉนวน



ภาควิชาไฟฟ้ากำลัง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถานบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

บทที่ 1

บทที่ 2 ทฤษฎี

-Magnetic Circuit	2
- หลักการ งานเบื้องต้นของหม้อแปลง	5
- โครงสร้างหม้อแปลง	5
- การระบายความร้อน	6
- สมการแรงเคลื่อนของหม้อแปลง	6
-Voltage Transformer Ratio	7
-Transformer on Noload	7
-Transformer on Load	9
-Transformer With Winding Resistance But No Magnetic Leakage	12
-Equivalent Resistance	14
-Magnetic Leakage	16
-Transformer with Resistance and Leakage Reactance	17
-Equivalent Circuit	19
-Open Circuit or Noload Test	20
-Short Circuit or Impedance Test	21
-Losses In Transformer	22
- การ Breakdown	23
-Op-Amp	

บทที่ 3 การออกแบบ

- การออกแบบ Transformer	25
- การออกแบบ Over Current	28
-Wiring	30

- การออกแบบ Control Board
- ลักษณะการออกแบบ เครื่องทดสอบฉนวน
- วิธีการ ใช้เครื่องทดสอบฉนวน

บทที่ 4

- Open Circuit Test
- Short Circuit Test
- การทดสอบฉนวน

บทที่ 5 สรุป

- กิตติกรรมประกาศ
- หนังสืออ้างอิง



บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการบรรยายถึงเครื่องทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบสภาพฉนวนของมอเตอร์ ชิ้นงานที่สร้างขึ้น คือ transformer กับอุปกรณ์ Protection โดยนำหลักการของ Overcurrent protection มาใช้ ซึ่งในตอนต้นของปริญญานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงาน ตลอดจนถึงการออกแบบ การทดลอง การ set อุปกรณ์ ตลอดจนการนำไปทดสอบกับมอเตอร์ ส่วนในตอนท้ายของเล่มจะเป็นการสรุปห้วงข้อดีข้อเสีย ของอุปกรณ์และการออกแบบ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่จะนำไปพัฒนาในการผลิตอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น เพื่อความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมไทยในภายภาคหน้า



บทที่ 1

บทนำ

เครื่องทดสอบฉนวนไฟฟ้าที่ไต่จัดทำขึ้นนี้ ใ้คนนำหลักการของการป้อนศักดาไฟฟ้าสูง ๆ เข้าไปชดลวดในสเคเตอร์ เทียบกับเฟรมของมอเตอร์หรือระหว่างชดลวดกับฉนวนที่หุ้ม ซึ่งการป้อนศักดาไฟฟ้าสูง ๆ นี้จะป้อนเพียงชั่วเวลาสั้น ๆ เพื่อคุณภาพของฉนวน ข้อดีของเครื่องทดสอบฉนวนไฟฟ้าที่ไต่จัดทำขึ้นนี้ คือสามารถกำหนดกระแสที่เส้ที่จะเกิดการ breakdown ของฉนวนได้ ซึ่งทำมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องทดสอบทั่วไป ซึ่งกำหนดเพียงค่าศักดาไฟฟ้าที่จะป้อนเข้าเท่านั้น



บทที่ 2

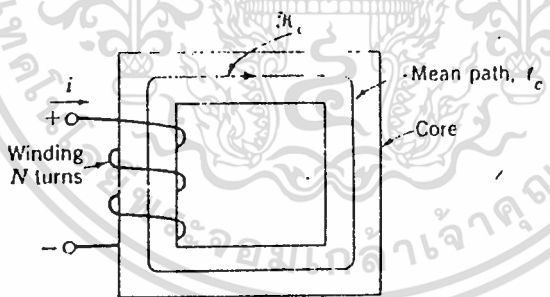
ทฤษฎี

2.1 Magnetic circuit

ทฤษฎีวงจรแม่เหล็กเป็นพื้นฐานที่สำคัญเพื่อใช้ในการออกแบบและคำนวณสร้าง Transformer ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงส่วนที่สำคัญ และที่จะนำไปใช้ในการออกแบบ เท่านั้น จาก Ampere's Law ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและสนามแม่เหล็ก จะได้

$$\oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{A} = \int \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l}$$

J = ความหนาแน่นของกระแส
 H = ความเข้มสนามแม่เหล็ก
 L = ความยาวเฉลี่ยของแกนเหล็ก
 A = พื้นที่หน้าตัด



จากสมการ 1 เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับรูปข้างบน ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$NI = H_c L_c$$

ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กจะทำให้เกิดความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก
ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังสมการ

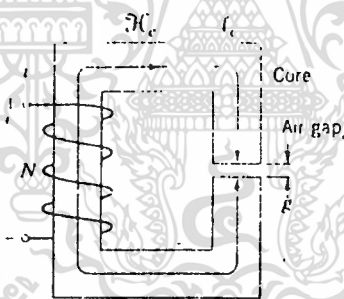
$$B = \mu H$$

$$u = \text{ความนำแม่เหล็ก} = \mu \cdot \mu_r$$

$$\phi = \text{flux}$$

flux เป็นปริมาณที่เราสามารถหาได้จาก surface integral ของความ
หนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก B กับ พื้นที่ผืนตั้งฉากกัน

$$\phi = \int_S B \cdot dA$$



ในแกนเหล็ก flux จะมีค่าสม่ำเสมอ คือเป็นผลคูณของพื้นที่หน้าตัดของแกน
เหล็กคูณกับค่าของความเข้มของสนามแม่เหล็ก B ในทิศทางที่ตั้งฉากกัน นั่นคือ

$$\phi = BA$$

จากรูปข้างบน เส้นแรงแม่เหล็กเกิดจากกระแส I ทั้งหมด อาจไม่ผ่านตลอด
วงจบบางส่วนอาจกระโดดข้ามอากาศรอบข้าง เส้นแรงพวกนี้เรียกว่า Leakage flux

และเส้นแรงใน air gap (g) จะไม่สม่ำเสมอ และส่วนใหญ่ B ในแกนเหล็กจะมีค่าที่มากกว่า B ใน air gap

$$mmf = Ni = H_c l_c + H_g l_g$$

$$Ni = \frac{B_c}{\mu_c} l_c + \frac{B_g}{\mu_c} l_g$$

$$= \frac{\phi}{A_c} \frac{l_c}{\mu_c} + \frac{\phi}{A_g} \frac{l_g}{\mu_c}$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง Permeance P กับ Reluctance R จะได้

$$R_c = \frac{1}{P_c} = \frac{l_c}{A_c \mu_c}$$

ซึ่งจะได้

$$mmf = \phi (R_c + R_g)$$

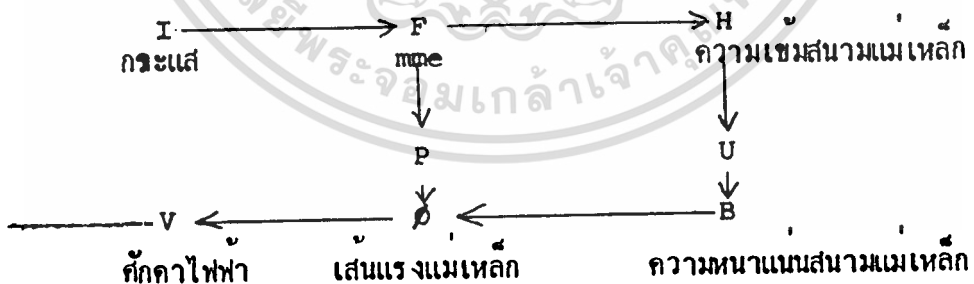
เนื่องจากค่า Reluctance ของ air gap มีค่าสูงมาก เมื่อได้

เทียบกับกับแกนเหล็ก

$$mmf = \phi R_g$$

จากที่กล่าวมาแล้ว เราสามารถเปรียบเทียบเทียบวงจรไฟฟ้าและวงจรแม่เหล็กนี้

เพื่อความสะดวกและเข้าใจความสัมพันธ์ของทั้งสองวงจร



ตารางเปรียบเทียบเชิงวงจรแม่เหล็ก และไฟฟ้า

<p>F nmf (AT)</p> <p>ϕ เส้นแรงแม่เหล็ก (wb)</p> <p>P คิวนำแม่เหล็ก (wb/AT)</p> <p>R ความต้านทานแม่เหล็ก (AT/wb)</p> <p>R = $\frac{1}{\mu} \frac{l}{A} = \frac{l}{\mu A}$</p> <p>F = $\text{nmf} = \phi R$</p>	<p>E ศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V)</p> <p>I current (A)</p> <p>G คิวนำไฟฟ้า (mho)</p> <p>ความต้านทานไฟฟ้า (ohm)</p> <p>R = $\frac{L}{G} = \frac{\sigma L}{A}$</p> <p>E = IR</p>
--	---

2.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของหม้อแปลง

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ถ่ายโอนพลังงานจากวงจรไฟฟ้าวงหนึ่งมายังวงจรไฟฟ้าอีกวงหนึ่ง โดยมีความถี่เท่ากัน อาจจะมีเพิ่มหรือลดกระแส การถ่ายโอนพลังงานทางไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งอาศัยวงจรแม่เหล็กเป็นตัวเชื่อมโยง หม้อแปลงเป็นสิ่งที่ทำหน้าที่ลดหรือเพิ่มศักย์ไฟฟ้า

2.3 โครงสร้างของหม้อแปลง

ประกอบด้วยแกนเหล็กและขดลวดทองแดง

- แกนเหล็ก จะไม่ใช่เป็นเหล็กตัน แกนของหม้อแปลงไฟฟ้านอกจากจะเป็นสื่อนำแม่เหล็กแล้ว ยังเป็นคานำไฟฟ้าด้วย ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กจะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดที่พันรอบแกนและจะเกิดการไหลของกระแส eddy ในแกนทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ซึ่งการสูญเสียนี้จะทำให้ลดน้อยลงได้ทำให้เป็นแกนบางแล้วฉาบฉนวนแล้วนำมาขมอมกันให้ปิดปริมาตรแกนตามต้องการ การสูญเสียพลังงานนี้เกิดเนื่องจาก Hysteresis ซึ่งแก้ไขได้โดยใช้แกนบางฉาบพวกซิลิกอน

- ขดลวด เป็นขดลวดทองแดงอาบนํ้ายา พันรอบแกนหม้อแปลงเป็นจำนวนรอบตามต้องการที่คำนวณไว้ อาจเป็นลวดกลม ลวดแบน หรือสามเหลี่ยมก็ได้แล้วแต่ลักษณะของหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การระบายความร้อน

ในการใช้งานของหม้อแปลงจะเกิดความร้อน มีอุณหภูมิสูงขึ้นหากเป็นตู้ใหญ่ ๆ หลาย KVA จะมีความร้อนสูง ฉนวนที่อบลวกทองแดงจะเสื่อม จำเป็นต้องมีการระบายความร้อนที่ หม้อแปลงตัวเล็ก ๆ ไม่จำเป็นแต่ตู้ใหญ่หลาย KVA ต้องมี ทั้หม้มเป็นการระบายโดยอากาศ, ระบายด้วยน้ำมันหรือแบบผสมทั้งอากาศและน้ำมัน

2.5 สมการแรงเคลื่อนของหม้อแปลง

N_1 = จำนวนรอบทางปฐมภูมิ

N_2 = จำนวนรอบทางทุติยภูมิ

ϕ_m = Maximum flux in core (weber)

Average e.m.f./turn = $4 f \phi_m$ volt

flux ϕ เป็น sinusoidally ดังนั้นค่า r.m.s.

จะเป็นค่า average x form factor

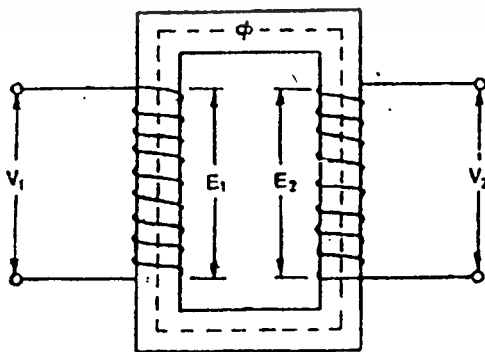
r.m.s. value of e.m.f./turn = $1.11 \times 4 f \phi_m$

r.m.s. value of e.m.f. = $4.44 f \phi_m \times \text{turn}$

E = $4.44 E \phi_m N$

ทาง Primary, E_1 = $4.44 N_1 f \phi_m$

ทาง secondary, E_2 = $4.44 N_2 f \phi_m$



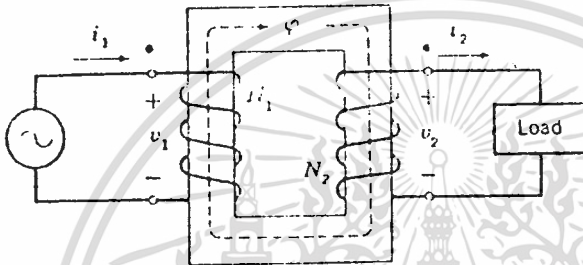
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในหม้อแปลงในอุดมคติที่ No load

$$V_1 = E_1 \quad V_2 = E_2$$

V เป็น terminal voltage

2.6 Voltage Transformer Ratio



Ideal transformer and load.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{K}$$

ในหม้อแปลงอุดมคติ

$$\text{input VA} = \text{output VA}$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{K}$$

2.7 Transformer on no load

ใน ideal transformer จะไม่คิดเกี่ยวกับ core losses และ

copper losses

แต่ในทางปฏิบัติจะมี losses

เมื่อ Transformer on load มันจะมี

1. Iron losses in core
2. copper losses in wiring

ทั้งทางด้าน primary และ secondary ส่วนที่ Losses จะไม่เข้า มาก็คและเราก็คหักทิ้งไค้

เมื่อ transformer in on no-load กระแส input จะไม่ใช่กระแส

ทั้งหมด

Transformer in on no-load ภายใต้สภาวะ no-load จะถูก supply

1. iron losses ใน core - hysteresis losses
- eddy current losses

2. ถ้า copper loss มีค่าน้อยมากทางด้าน primary และจะไม่มี Cu

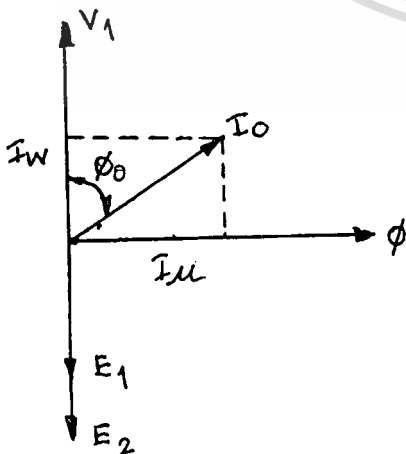
loss ในด้าน secondary ถ้า open ทางด้าน secondary, no-load input current I_0 จะอยู่ข้างหลัง V_1 น้อยกว่า 90°

ϕ_0 lag $< 90^\circ$

no-load input power = $V_1 I_0 \cos \phi_0$

ϕ is primary power factor no-load condition แสดงรูป

vector.



I_0 มี 2 component - inphase V_1
- ซึ่งล้าหลัง V_1

มี

- ตั้งฉากกับ



ส่วน In phase กับ V_1 คือ $I_w = I_0 \cos \theta_0$

ส่วนตั้งฉากกับ V_1 คือ $I_u = I_0 \sin \theta_0$

ส่วนที่ตั้งฉากกับ V_1 เป็นตัวทำให้เกิด magnetising component

เพราะ function นี้ได้รับการช่วยเหลือ flux ใน core (flux เป็น sine wave) ไม่มีค่าเป็น watt

$$I_0 = I_w + I_u$$

1. I_0 ตอน no load มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ full load current

2. คิดถึงความจริงค่า loss ของ core จะไม่คงที่

3. no load current ค่าของ primary Cu loss จะตัดทิ้งได้ค่าที่ losses จะเกิดจาก Iron loss อย่างเดียว

4. $\theta_0 =$ hysteresis angle of advance

Core loss เป็นตัวกำหนดการ shift current on load แบ่งการคิด ออกเป็น

1. ไม่คิด Resistance
2. คิด Resistance
3. คิด Resistance และ leakage Reactance

2.8 Transformer on load

เมื่อ secondary ต่อ load เข้าไปจะเกิดกระแส I_2 ขึ้น magnetude

และ phase ของ I_2 นี้เทียบกับ V_2 โดย magnetude และ phase นี้ขึ้นอยู่กับ

กับ characteristic ของ load

กระแส I_2 จะทำมุมกับ V_2 ดังนี้

1. ถ้า load เป็น non Inductive load ค่าของ I_2 จะ inphase กับ V_2

2. ถ้า load เป็น inductive load ค่าของ I_2 จะ lag V_2

ถ้า load เป็น capacitive load ค่าของ I_2 จะ lead V_2

กระแส secondary ที่ถูก set ขึ้นมาจะเป็นตัวทำให้เกิด $\text{mmf.} = N_2 I_2$

และจะสร้าง ϕ_2 ซึ่งจะมีทิศทางสวนทางกับ main primary flux ϕ (ซึ่งเกิดจาก I_0)

ค่าของ secondary ampere turns $N_2 I_2$ นี้เรียกว่า demagnetising amp-

turns ค่าของ ϕ_2 นี้จะทำให้ ϕ ทางคาน primary อ่อนกำลังลงทันทีที่ทันใด และ

ค่าของ primary back emf. E_1 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทันทีที่ทันใดนั้น V_1 จะมีค่า

มากกว่า E_1 มันจะผลิตกระแสเพิ่มขึ้นให้ไหลทาง primary จะเกิดการรวมกระแสทาง

primary I_2 เรียกว่า load component of primary current กระแส I_2

นี้เป็นตัวกระแส anti phase กับ I_2 mmf ทาง primary จะเปลี่ยนไปเป็น $N_1 I_2$

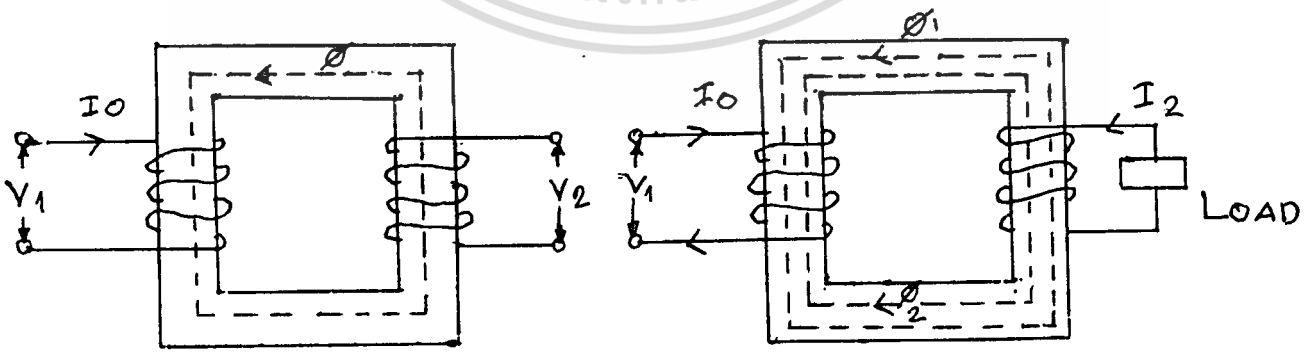
รวมกับของเดิม ซึ่งค่า $N_1 I_2$ นี้จะเป็นตัวกำหนดให้เกิด flux ϕ_2 ในทิศทางตรง

กันข้าม แต่มีทิศทางเดียวกับ main flux และมีขนาด magnetude เท่ากัน

ดังนั้น ϕ_2 และ ϕ_2 จึงถูก cancel ออกไป ดังนั้นเราจะพบว่าผลของ magnetic

ของ secondary current I_2 นี้จะถูกทำให้เป็นกลางอย่างทันทีที่ทันใดโดยกระแส I_2

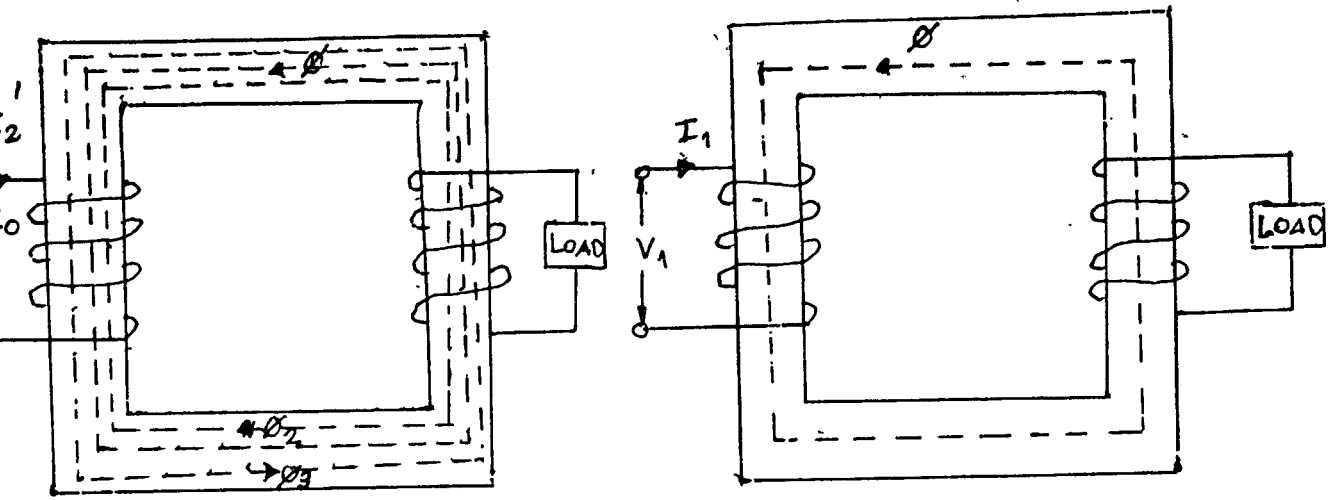
ทางคาน primary ที่บวกเข้าไป



(a)

(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c)

(d)

จากเหตุนี้ อะไรทุกอย่างเมื่ออยู่ในภาวะของ load ค่าของ net flux ที่ผ่าน core จะมีค่าประมาณตอน no-load และที่สำคัญการหักออกจะถูกลำในค่าความมั่งคั่งของ core flux ในทุก ๆ load ค่าของ core loss จะมีค่าประมาณคงที่เท่า ๆ กันทุก load condition

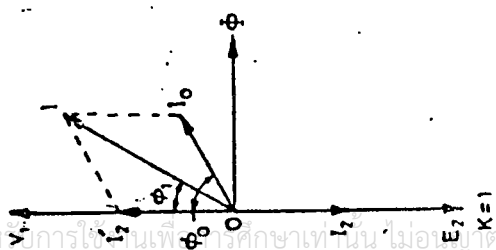
$$\phi_2 = \phi_2 : \frac{N_2 I_2}{N_1 I_1} = \frac{N_2 I_2}{N_1 I_1}$$

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_1$$

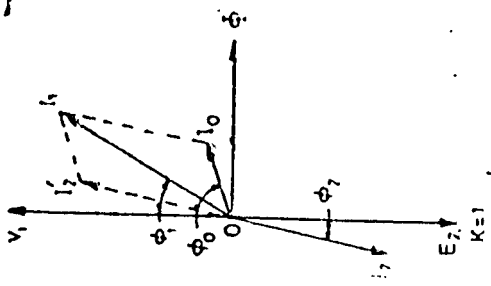
ขณะที่ on load ทางด้าน primary จะมีกระแสอยู่ 2 ตัว

I_C

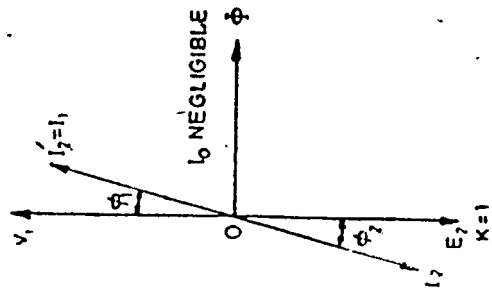
I_2' และเป็น anti phase กับ I_2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ $K I_2$
 ∴ ทาง primary จะเป็น Vector sum ของ I_0 กับ I_2'



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในที่ปรึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 non-Inductive load



inductive load

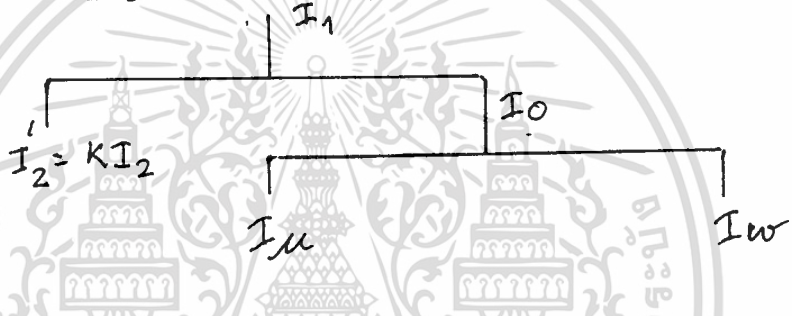


capacitive load

จะสังเกตได้ว่า $\phi_1 > \phi_2$

ถ้าตัด I_0 หึ่งจะได $\phi_1 = \phi_2$

ส่วนประกอบของกระแสทางคานปฐมภูมิสามารถแสดงคังรูป



2.9 Transformer with winding Resistance but

No Magnetic leakage.

Ideal transformer จะไม่คิดค่า Resistance ถ้าเป็น transformer

ที่ใช้งานจริงแล้วจะมีค่า Resistor หึ่งทางคาน primary และ secondary

เมื่อคิดถึงค่า Resistance จะมีค่า voltage drop ใน winding หึ่ง 2 ข้าง ผลที่เกิดขึ้น

1. ที่ terminal voltage V_2 จะมีค่าน้อยกว่าค่าของ E_2 อยู่ $I_2 R_2$

$$V_2 = E_2 - I_2 R_2$$

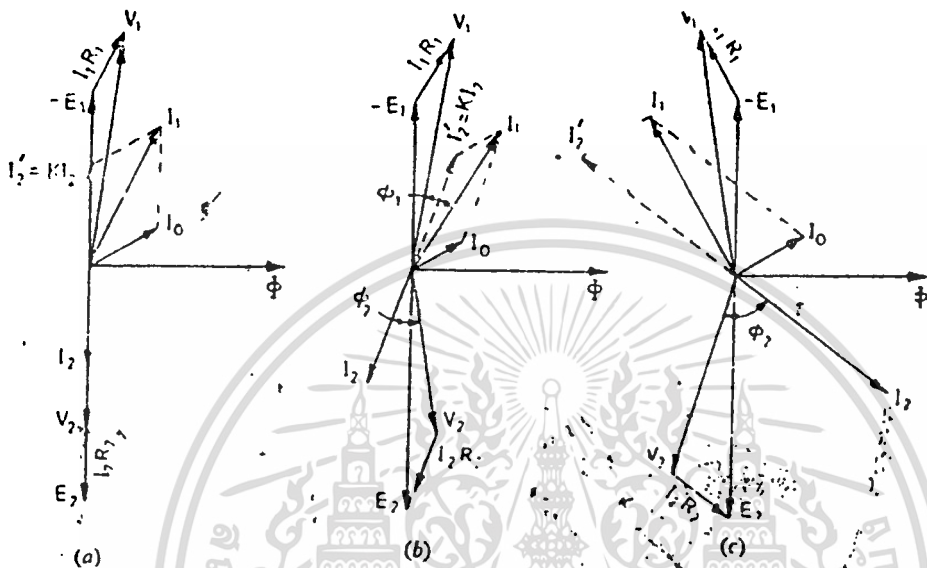
2. ที่ terminal voltage V_1 ค่า Primary induce emf. E_1 จะ

เท่ากับผลต่างทาง vector ของ V_1 และ $I_1 R_1$ เมื่อ R_1 เป็นค่าของ

primary resistance

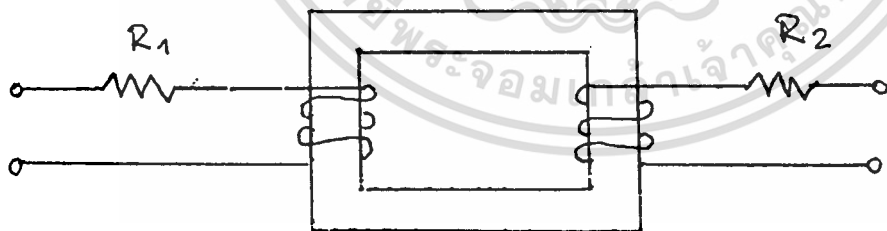
$$E_1 = V_1 - I_1 R_1$$

Vector diagram แสดงตามรูปข้างล่าง



non-inductive load inductive load capacitive load

2.10 Equivalent Resistance



รูปแสดง Transformer ที่ทางคาน primary มีค่า resistance และ

ทาง secondary ก็มีค่า Resistance R_2 ค่าของ Resistance แสดงอยู่ภายนอก

winding เราสามารถ transfer ไปข้างใดข้างหนึ่งได้อย่างง่ายดายและสามารถพิสูจน์ได้

ด้วย จาก cu loss

ทาง secondary = $I_2^2 R_2$ losses นี้ถูก supply มาจาก

primary โดยเกิดจากกระแส I_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า R_2' เป็น equivalent resistance ทาง primary โดยมีค่า

เท่ากับ loss ทาง R_2 ดังนั้น

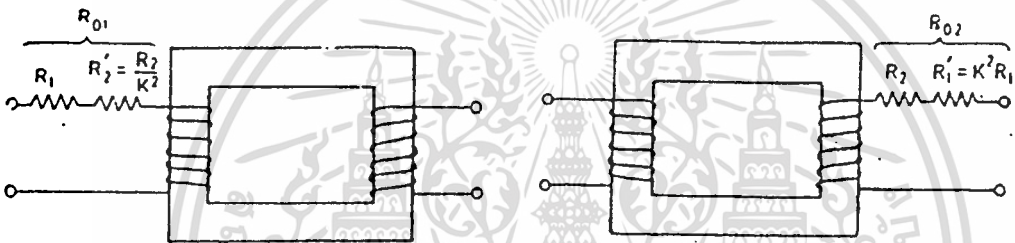
$$I_1^2 R_2' = I_2^2 R_2 \quad \text{หรือ} \quad R_2' = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 R_2$$

ถ้าเราตัดค่า no-load current I_0 ดังนั้น

$$I_2 / I_1 = 1/K \quad \text{และ} \quad R_2' = \frac{R_2}{K^2}$$

ในทำนองเดียวกัน $R_1' = K^2 R_1$

ในรูปข้างล่างความต้านทานทาง สามารถย้ายมาทางปฐมภูมิ



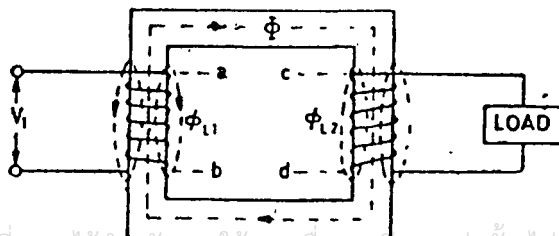
$$R_{01} = R_1 + R_2' = R_1 + R_2/K^2$$

ถ้าย้ายไปทาง secondary

$$R_{02} = R_2 + R_1' = R_2 + K^2 R_1$$

2,11 Magnetic leakage

สมมติให้ flux คล่องทางแกน primary winding และคล่องทาง secondary winding แต่ในทางปฏิบัติมันเป็นไปได้



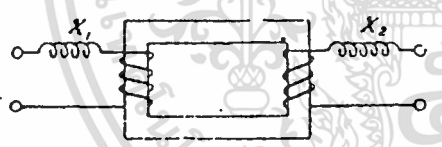
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมี ϕ_{L1} ออกสู่อากาศรอบ core และ flux leakage จะสร้าง m.m.f. ทาง primary ampere - turn ระหว่างจุด a, b ในรูป flux นี้เรียกว่า primary leakage flux ซึ่งแปรกับ Ampere turn ทางด้าน primary และจะสร้าง e.m.f. e_{L1} ทาง primary

ผ่านซึ่งเดียวกันทางด้าน secondary ก็จะทำให้เกิด e_{12} ค่าของ flux จำนวนนี้ตัดทิ้งได้

แต่ถ้า load เพิ่มขึ้น ค่าของ m.m.f นี้จะมีค่า และมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย พูดได้ว่า leakage flux นี้จะ link ใน winding เป็นตัวสร้าง self induce emf. ใน winding มันจะเสมือนกับ Inductive coil in series และค่าของ voltage drop

- ใน series coil จะเป็นตัวสร้าง leakage flux ในกรณีของ transformer magnetic leakage จะมีค่าใน ideal transformer เหมือนกับ inductive coil แสดงในรูป



$$X_1 = eL_1 / I_1$$

$$X_2 = eL_2 / I_2$$

X_1, X_2 เรียกว่า leakage reactance

ข้อสังเกต

1. leakage flux คล่องข้างใดข้างหนึ่งไม่ทั้งสองข้าง ไม่มีทางที่จะ

transfer energy จาก primary ไปยัง secondary

2. primary voltage V_1

จะทำให้เกิด $I_1 X_1$

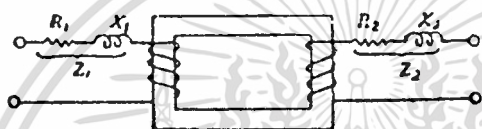
กับ $I_1 R_1$ และ E_2

จะทำให้เกิด $I_2 R_2, I_2 X_2$

2.12 Transformer with Resistance and Leakage Reactance

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2}$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}$$



ค่าของ $X_1 I_1$

มีค่า 1-2% ของ V_1

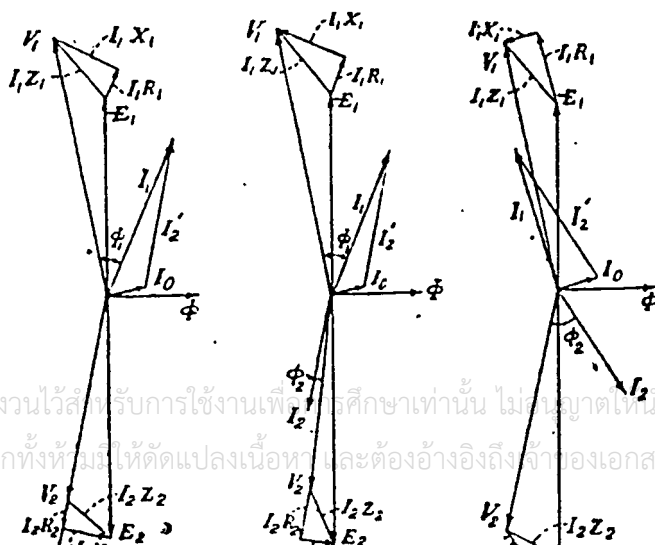
$$V_1 = E_1 + I_1 (R_1 + jX_1)$$

$$V_1 = E_1 + I_1 Z_1$$

Similarly

$$E_2 = V_2 + I_2 (R_2 + jX_2) = V_2 + I_2 Z_2$$

Vector diagram

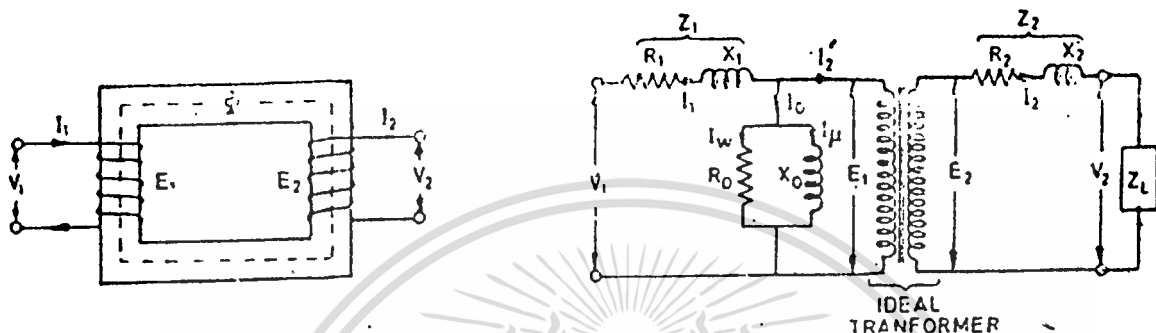


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหากันและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 Equivalent cct.

Transformer ดังรูป (a) สามารถเขียนเป็น equivalent cct. ดังรูป

(๒) ซึ่งมีความต้านทานขดลวดและ leakage reactance คอยู่ภายนอกขดลวด



(a)

(๒)

ถ้า no-load current I_0 จะแยกไหลเป็น I_w ซึ่งไหลผ่าน non inductive resistance R_0 , และ I_u ซึ่งจะไหลผ่าน pure inductance X_0 ซึ่ง R_0, X_0 นี้ จะขนานอยู่กับ primary cct.

$$E_1 = V_1 - I_1 Z_1$$

$$X_0 = E_1 / I_u$$

$$R_0 = E_1 / I_w$$

ซึ่งก็เป็นการพิสูจน์ได้ว่า

และ N ก็ยังมีความสัมพันธ์กันดังสมการ

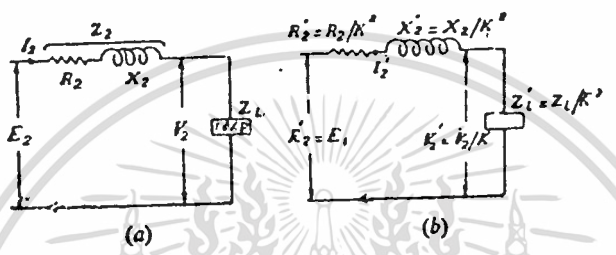
$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = K$$

เพื่อความสะดวกในการคำนวณ เราจะ transfer ค่า Voltage, current

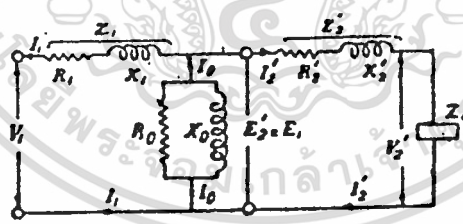
และ impedance ไปไว้ทางคานใดคานหนึ่ง อาจเป็น primary หรือ secondary

ก็ได้ เช่น transfer จาก secondary ไปยังคาน primary

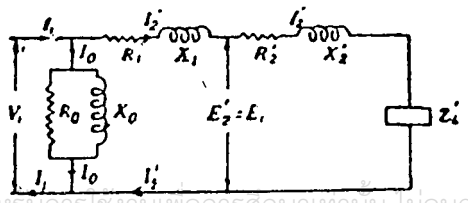
$$\begin{aligned}
 E_2' &= E_2/K &= E_1 \\
 V_2' &= V_2/K \\
 I_2' &= KI_2 \\
 R_2' &= R_2/K^2 \\
 X_2' &= X_2/K^2 \\
 Z_2' &= Z_2/K^2
 \end{aligned}$$



primary วงจรรวมของ transformer เมื่อขยายทาง secondary มายังด้าน สามารถเขียนได้ดังรูป

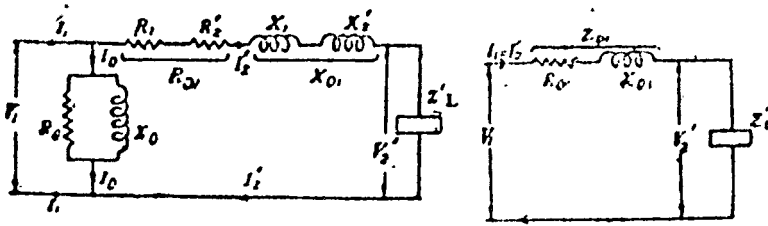


เพื่อสะดวกในการคำนวณ เราสามารถขยายส่วน exciting cct. ไปไว้ทาง ด้าน input ดังรูป



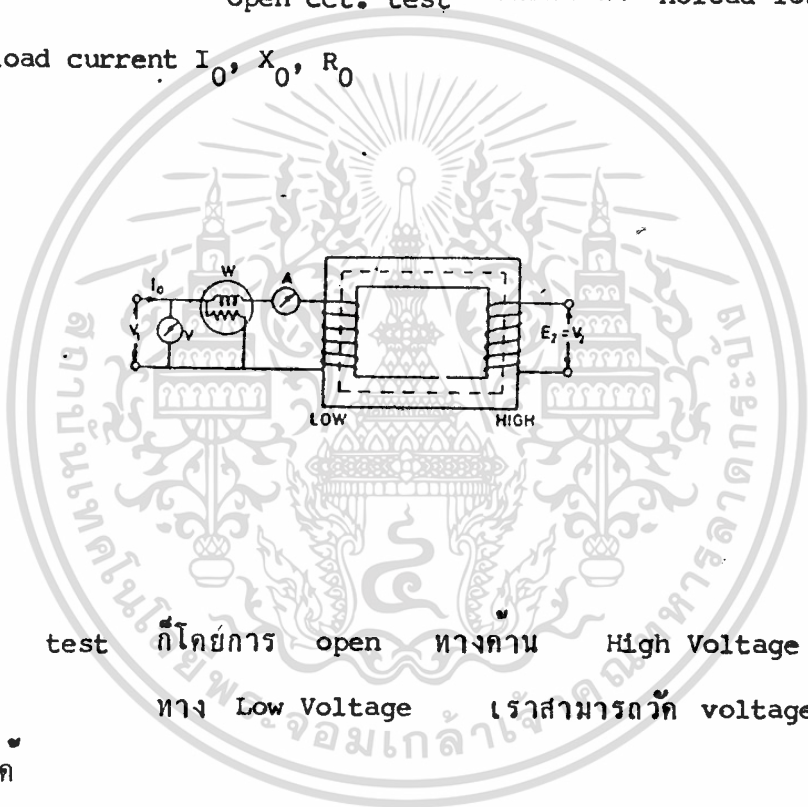
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อความสะดวกเพิ่มขึ้น เราอาจตัด I_0 ออกได้ดังรูป



2.14 Open cct. on Noload Test

จุดประสงค์ในการ open cct. test เพื่อที่จะหา no-load loss หรือ core loss, no-load current I_0 , X_0 , R_0



การ test ก็โดยการ open ทางคาน High Voltage และป้อน normal voltage ทาง Low Voltage เราสามารถวัด voltage V_0 , current I_0 , และ w ได้

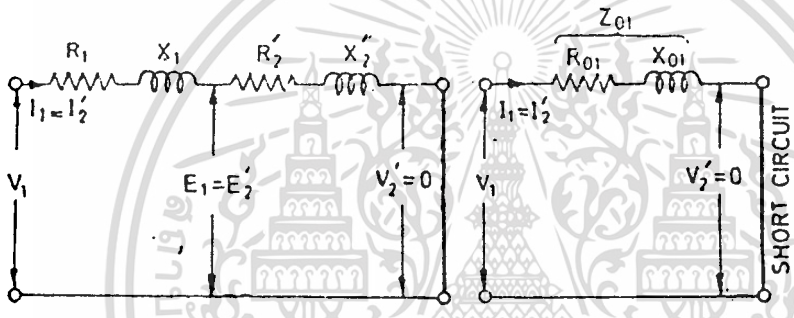
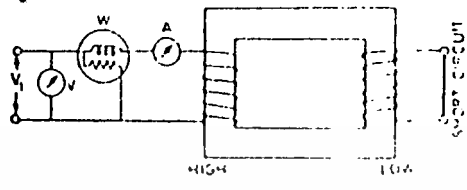
$$\begin{aligned}
 W &= V_1 I_0 \cos \phi_0 \\
 \cos \phi_0 &= W / V_1 I_0 \\
 I_u &= I_0 \sin \phi_0 \\
 I_w &= I_0 \cos \phi_0 \\
 X_0 &= V_1 / I_u \\
 R_0 &= V_1 / I_w
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 Short Circuit or impedance test

จุดประสงค์ในทาง short cct. test เพื่อหา equivalent imp.,

copper loss ที่ full load หรือที่ load ต่าง ๆ



การ test ก็โดยการ short cct. ทาง low voltage ป้อน voltage
ค่าต่าง ๆ เข้าทาง high voltage ที่ rated current วัด W, I, V

$$V_{sc} = I_{sc} Z_{01}$$

$$Z_{01} = V_{sc} / I_{sc}$$

$$W_{sc} = I_{sc}^2 R_{01}$$

$$R_{01} = W_{sc} / I_{sc}^2$$

$$X_{01} = \sqrt{Z_{01}^2 - R_{01}^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 Losses in transformer

ใน static transformer, ไม่มีความเสียหายหรือสูญเสียเนื่องจาก wind

มันจะเกิด losses จาก

1. Core or Iron loss รวม Hysteresis และ eddy current

losses เพราะค่าของ core flux ใน transformer จะมีค่าในทาง practi- call จะคงที่ สำหรับ load ต่าง ๆ (1 - 3% จาก no load ไปยัง full load) ค่า core loss จะมีค่าคงที่สำหรับ load ค่าต่าง ๆ

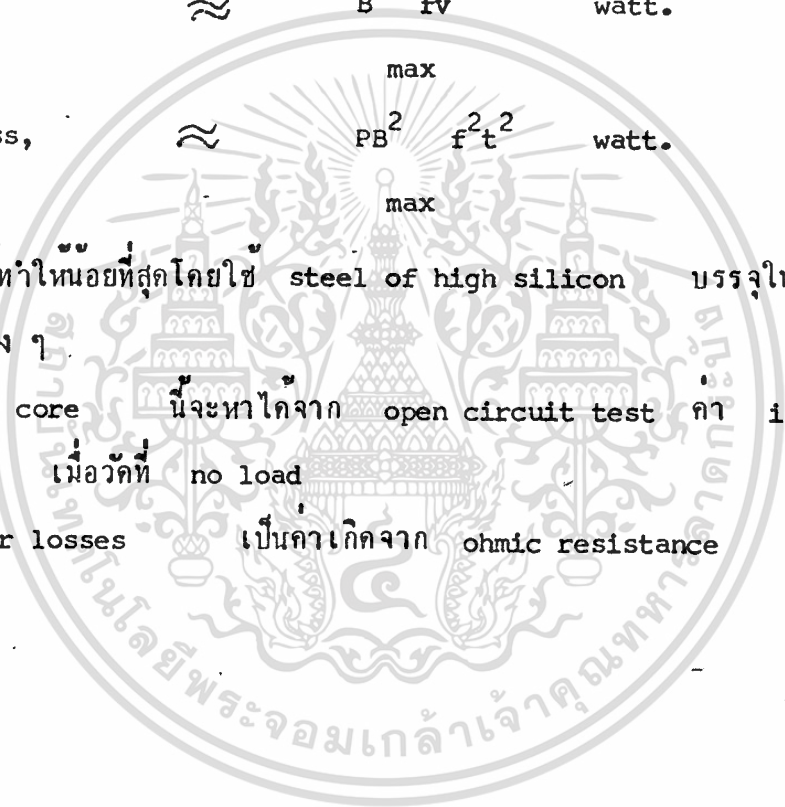
Hysteresis loss $\approx B^{1.6} f v$ watt.

Eddy current loss, $\approx \frac{P B^2 f^2 t^2}{\text{max}}$ watt.

ค่า losses นี้ทำให้น้อยที่สุดโดยใช้ steel of high silicon บรรจุใน core และใช้ทำเป็นแผ่นบาง ๆ

Iron or core นี้จะหาได้จาก open circuit test ค่า input ของ transformer เมื่อวัดที่ no load

2. Copper losses เป็นค่าเกิดจาก ohmic resistance

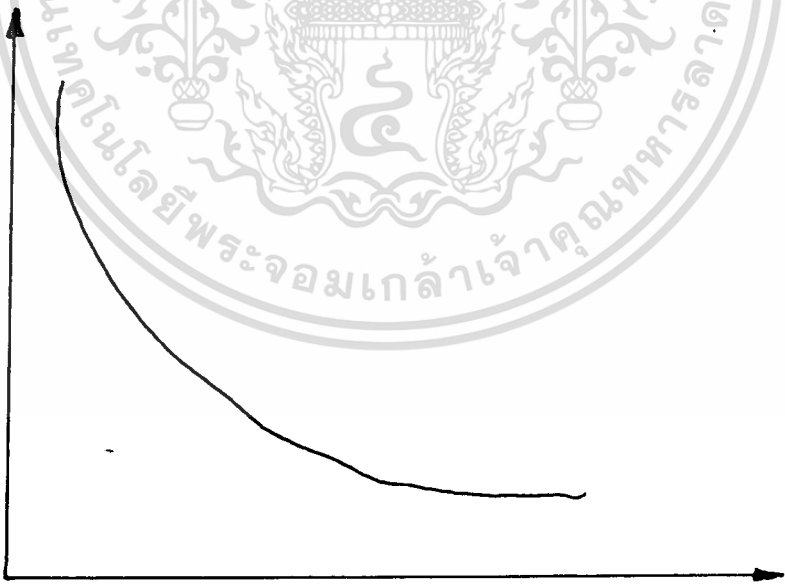


.17 การ Breakdown

ฉนวนโดยทั่วไปมีความต้านทานสูงมาก ความต้านทานของฉนวนไม่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงไดอิเล็กตริก (dielectric strength) ซึ่งพิจารณาได้จากเกรเดียนท์หรือความหนาแน่นฟลักซ์ ถ้าสนามไฟฟ้าที่ให้กับฉนวนมีค่าสูงกว่าความแข็งแรงไดอิเล็กตริกของฉนวนก็เกิดการเบรคควาน์ของฉนวนขึ้น โดยทั่วไปเมื่อป้อนศักดาไฟฟ้าคร่อมฉนวนจะเกิดความสูญเสียไดอิเล็กตริก Dielectric loss หรือบางที่เรียกว่า ไดอิเล็กตริกซิส (dielectric hysteresis) อากาศมีความต้านทานสูงมากแต่มีความแข็งแรงไดอิเล็กตริกไม่สูงมาก จะเห็นว่าความต้านทานของฉนวนและความแข็งแรงไดอิเล็กตริกไม่สัมพันธ์กัน

การเบรคควาน์ของฉนวนมีขบวนการของกลไกการเบรคควาน์หลายแบบ กลไกการเบรคควาน์ของฉนวนของแข็ง เปลี่ยนไปตามขนาดของศักดาไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป จากรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักดาไฟฟ้าเบรคควาน์และระยะเวลาของการป้อนศักดาไฟฟ้า เมื่อป้อนศักดาไฟฟ้าสูงมาก ๆ ฉนวนจะเกิดการเบรคควาน์ในเวลาอันสั้น เมื่อศักดาไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปลดลงเวลาที่ใช้ในการเบรคควาน์ก็เพิ่มมากขึ้นและกลไกการเบรคควาน์ก็เปลี่ยนไป

ศักดาไฟฟ้า
เบรคควาน์



เวลา(ส.เกล)

การเปลี่ยนแปลงของศักดาไฟฟ้าเบรคควาน์ตามเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลง (Transformer)

การออกแบบ Transformer

Transformer

ที่ต่องการใช้เป็นชนิด Shell type , 1 Ø, 220/1500 V., 1 KVA

พื้นที่หน้าตัด

$$= \frac{\sqrt{VA}}{5.58} \quad (\text{in})^2$$

$$= \frac{\sqrt{1000}}{5.58} \quad (\text{in})^2$$

$$= 5.67 \quad (\text{in})^2$$

เราสามารถเพิ่มหรือลดได้ 10 % $= 5.67 \pm 0.567 \quad (\text{in})^2$

$$= 6.24, 5.10 \quad (\text{in})^2$$

เลือกแกนเหล็กขนาด 2.5 x 2.5 = 6.25 (in)²

ปกคแกน EI, B = 1 - 1.2 (T)

Stagging factor คอช่องวางของแกนเหล็กที่นำมาใช้ (0.9, 0.95)

Primary factor E = 4.44 N₁ f B A Stagging factor

$$N_1 = 4.44 \times \frac{220}{50} \times 1 \times 6.25 \times (2.54)^2 \times 10^4 \times 0.9 \quad (\text{รอบ})$$

$$= 273 \quad (\text{รอบ})$$

$$I = \frac{\sqrt{VA}}{V} \quad (\text{A})$$

$$= \frac{1000}{220} \quad (\text{A})$$

$$= 4.545 \quad (\text{A})$$

ตัวนำ 1 (mm)² ต่อกระแส 3-3.5 (A)

∴ ทาง Primary ใช้ลวดที่มีพื้นที่หน้าตัด 1.5 (mm)²

(รณ)

1500

$$\text{Secondary } N_2 = 4.44 \times 50 \times 1 \times 6.25 \times (2.54)^2 \times 10^4 \times 0.9$$

$$= 1862 \quad (\text{รณ})$$

$$I = \frac{VA}{V} \quad (\text{A})$$

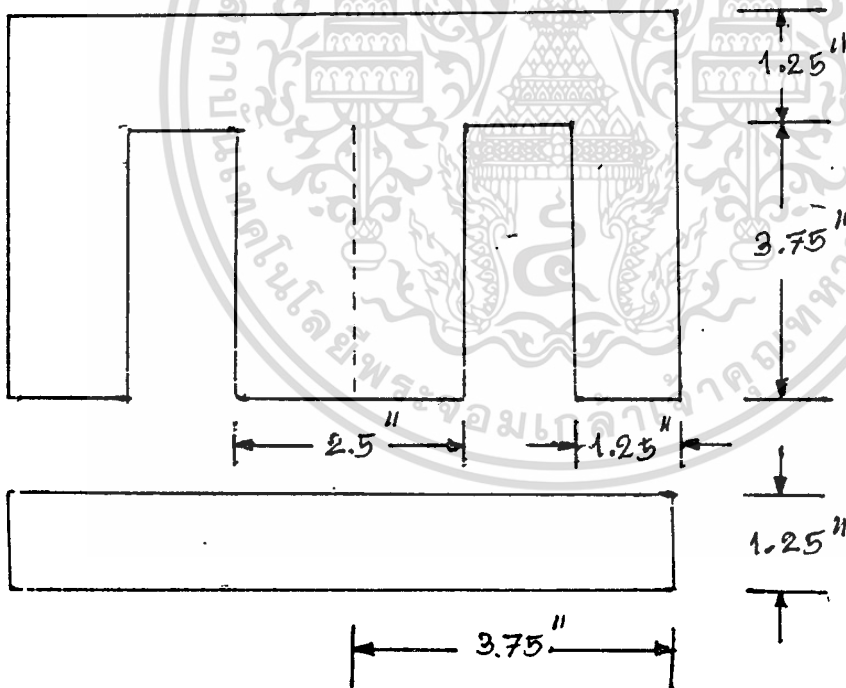
$$= \frac{1000}{1500} \quad (\text{A})$$

$$= 0.67$$

$$(\text{A})$$

ทาง Secondary ใช้ลวดทองแดงขนาด 0.22 (mm)²

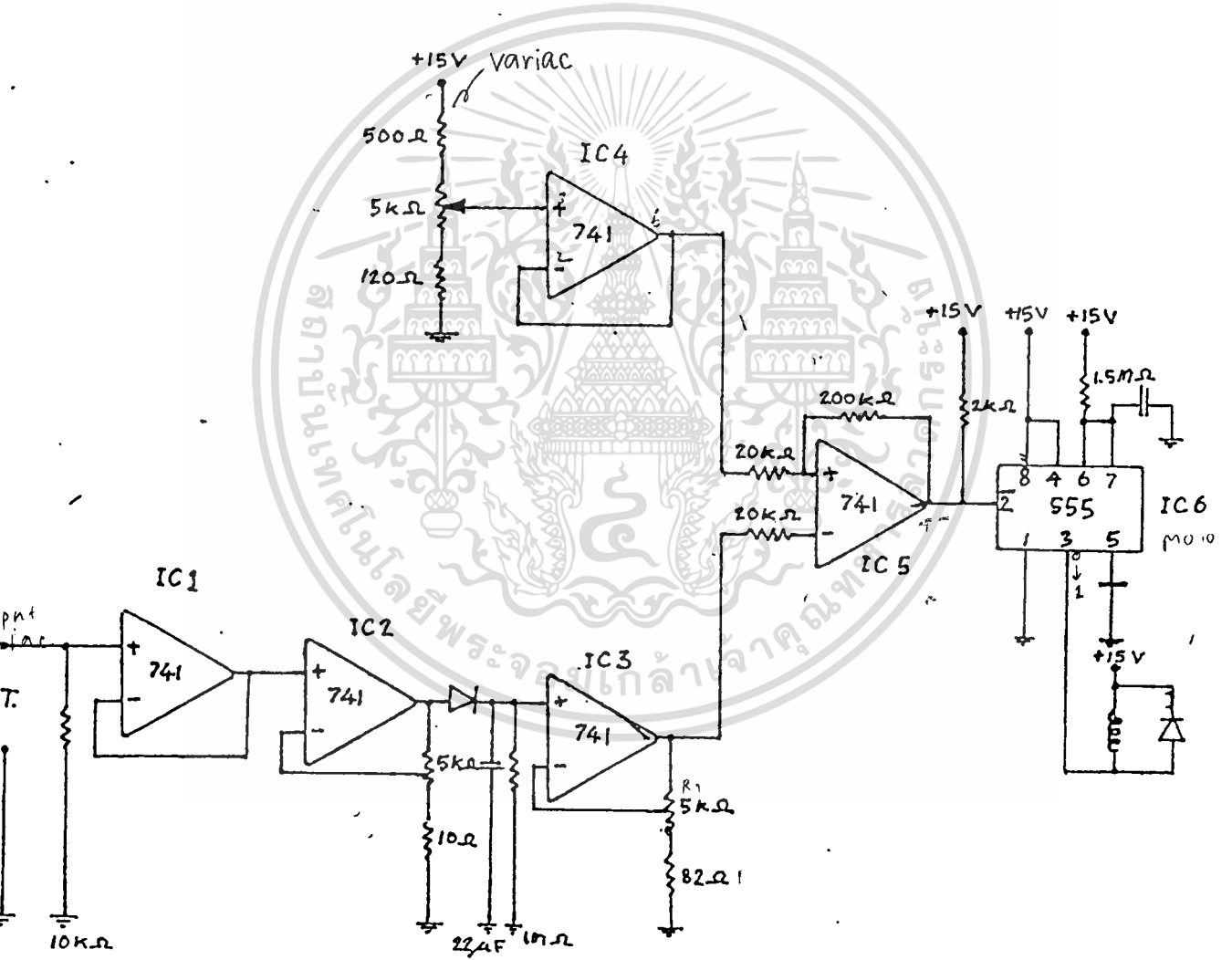
การเลือกแกนตัว E



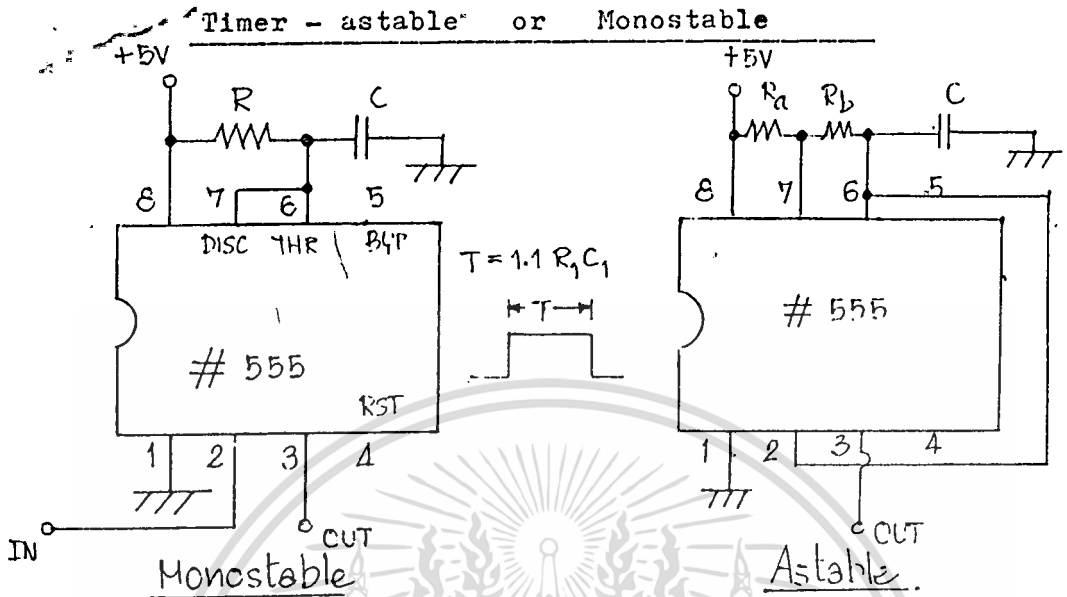
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ Overcurrent Protection (o/c)

อุปกรณ์ Overcurrent Protection เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดวงจรออก เมื่อมีการ Breakdown ใน Insulation ของอุปกรณ์ทดสอบ หลักการของ Overcurrent Protection ที่คือการนำ Voltage 2 ค่ามาเปรียบเทียบกันซึ่งมีวงจรดังรูปข้างล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



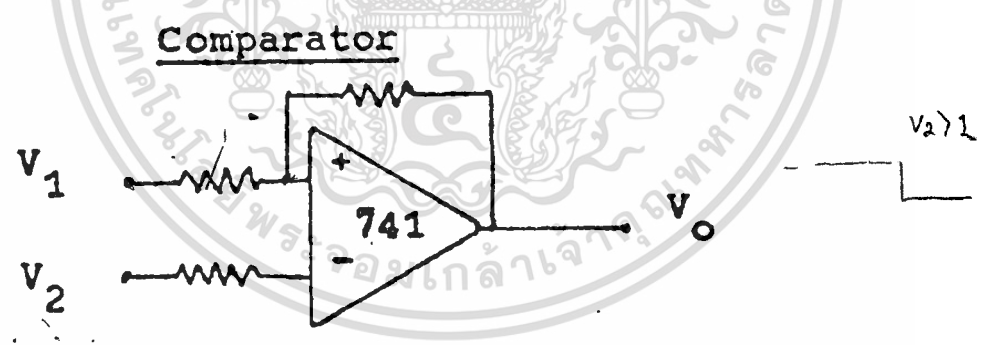
การทำงานของ Monostable

ทำให้ได้พัลส์รูปสี่เหลี่ยม (Rectangular wave form)
 ออกมาที่เอาต์พุตของไอซีเบอร์ 555 ในแต่ละครั้งที่มีการทริกเอกร์ด้วยสัญญาณพัลส์จากภายนอกและสัญญาณทริกเอกร์แต่ละสัญญาณต้องมีเวลาทางกันไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรชุดแรก (I_{c1}, I_{c2}, I_{c3}) เป็นชุดที่รับ Voltage จาก Current transformer โดยทำการทดลองอยู่กับ Output ของ Variac ก่อนเข้า Transformer เพื่อป้องกันค่าไฟฟ้ายิ่งเกินไปที่อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ โดย Output ของวงจรชุดแรกจะไปเทียบกับ voltage reference จาก I_{c4} ซึ่ง I_{c4} เป็นตัวกำหนดค่า Voltage reference จะสูงขนาดไหนและจะสูงมากเพียงใด นั่นคือการที่เรากำหนดกระแส Breakdown ให้ไหล I_{c5} จะเป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้ายิ่งระหว่าง I_{c3} กับ I_{c4} เมื่อมีการ Break down/Voltage ที่ I_{c3} จะสูงกว่า I_{c4} ทำให้ Voltage/P ของ I_{c5} ซึ่งปกติ high อยู่จะกลายเป็น low จะทำให้ Output ปกติ low อยู่จะกลายเป็นทำให้หน้า Contact ของ Relay เปิดออกเป็นการตัดไฟในชุดการทดสอบ

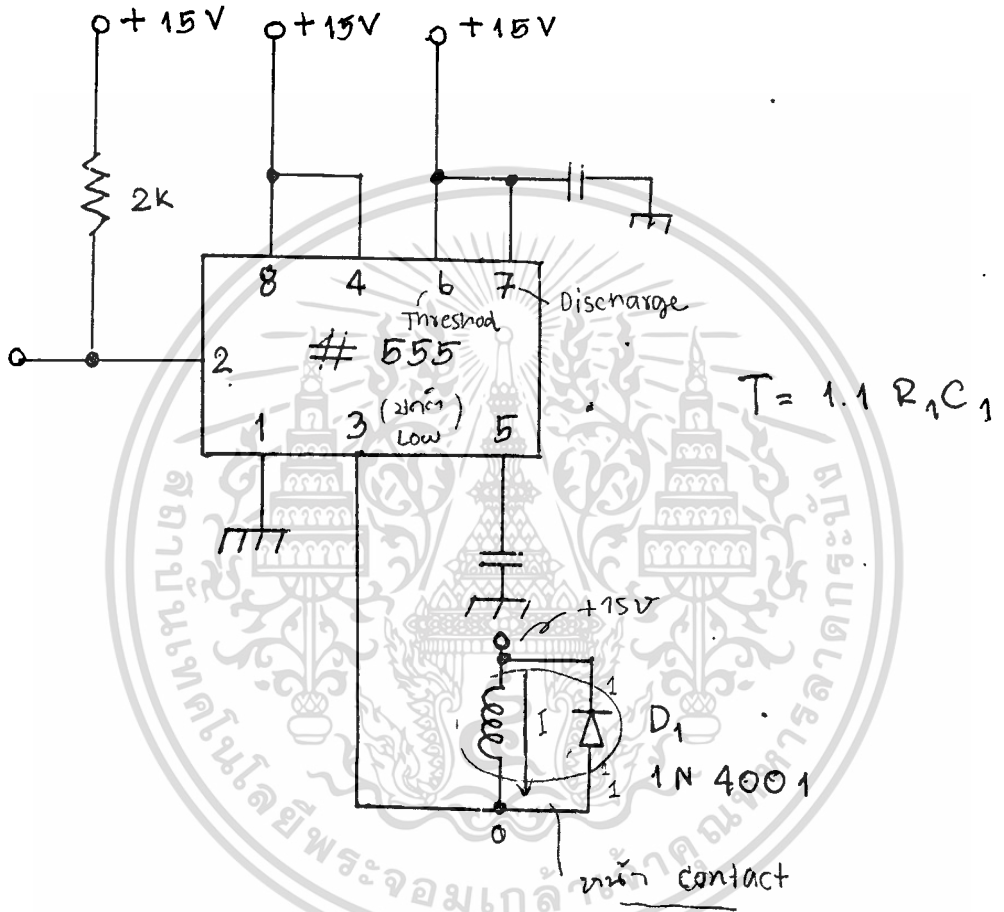
Comparator เป็นวงจรขยายใช้ในการเปรียบเทียบแรงดันทั้ง 2 ทาง



<u>หลักการ</u>	ถ้า $V_1 > V_2$	จะได้ V_0	high
	ถ้า $V_1 < V_2$	จะได้ V_0	low (Active)

การทำงานของ Astable

IC เบอร์ 555 ที่ทำหน้าที่เป็นวงจร Astable นั้นจะ Trigger จะต้องต่อเข้ากับ Threshod, Capacitor ทำหน้าที่ Charge ผ่าน $R_A + R_B$ แต่เวลา Discharge จะผ่านเฉพาะ R_B เท่านั้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะเกิดจากขา 2 ต่อกับขา 6 โดยการใช้การผลคูณความถี่ด้วย $(R_A + R_B) C$

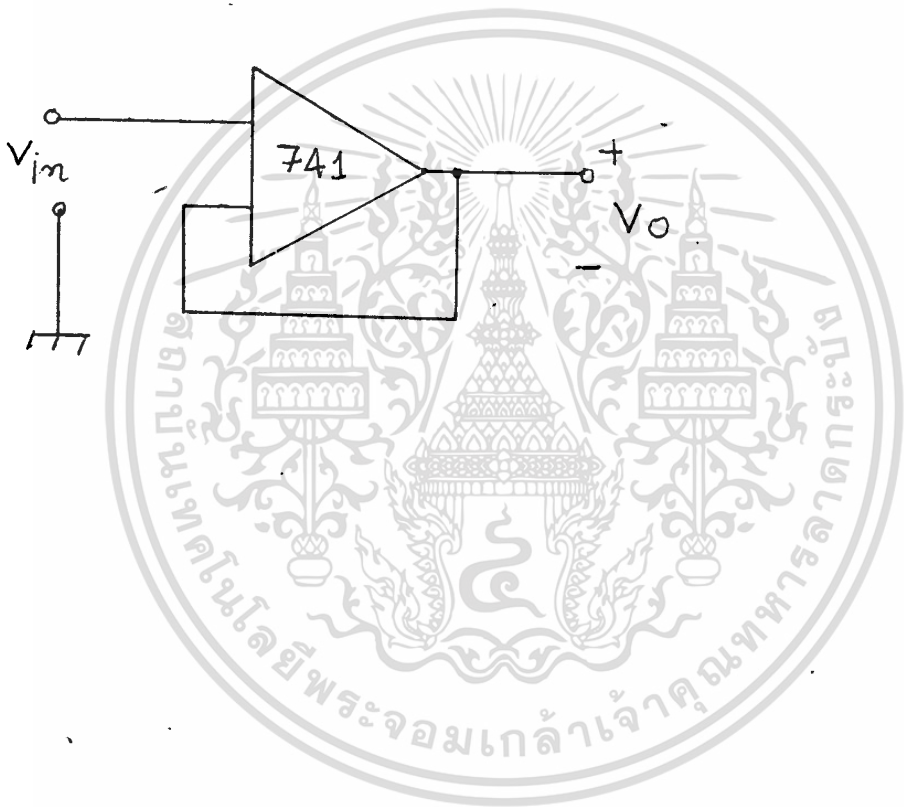


ในสภาวะปกติที่ 2 ของ IC เบอร์ 555 จะมีสภาวะเป็น High และที่ขา 3 มีสภาวะเป็น Low หน้าสัมผัส Contact ปิด ทำให้ใช้ในการทดสอบ Insulator tester ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตามแรงดัน (Voltage follower)

วงจรไม่กลับขั้วและวงจรตามแรงดันมีอัตราขยายมากกว่า 1 เมื่อแรงดันขาออกซึ่งตามแรงดันขาเข้าอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าขั้วไม่กลับจะไม่มีกระแสไหลเข้าก็ตาม ขั้วออก V_o สามารถจ่ายกระแสให้กับวงจรภายนอกได้



จากวงจร

$$V_o = V_{in}$$

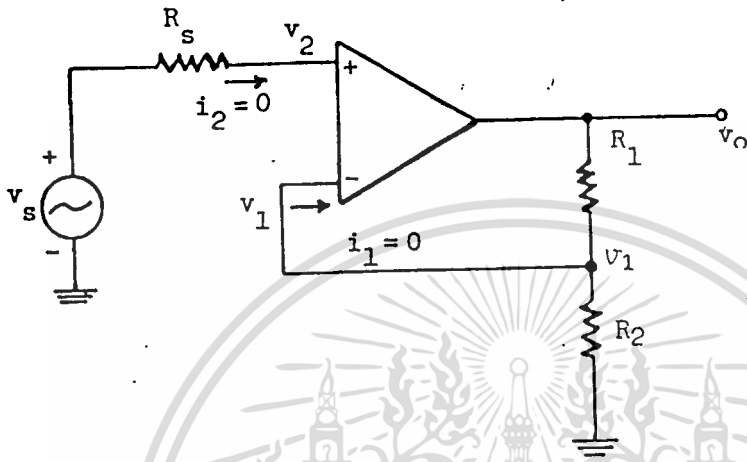
$$V_o = (V_{in} - V_o) A_v$$

$$V_o (1 + A_v) = V_{in} A_v$$

$$V_o = V_{in} \left(\frac{A_v}{1 + A_v} \right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรขยายไมกลับขั้ว (Non - inverting amp)



วงจรรขยายที่มีขนาดเข้าทางขั้วบวกหรือขั้วเข้าไมกลับ แต่การป้อนกลับนั้นเป็นการป้อนกลับมาจากขั้วลบหรือขั้วเข้ากลับ

เนื่องจาก $i_2 = 0$ เราจะได้ $v_2 = v_s$
 และเนื่องจาก $i_1 = 0$ เราจะได้ $v_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_o$

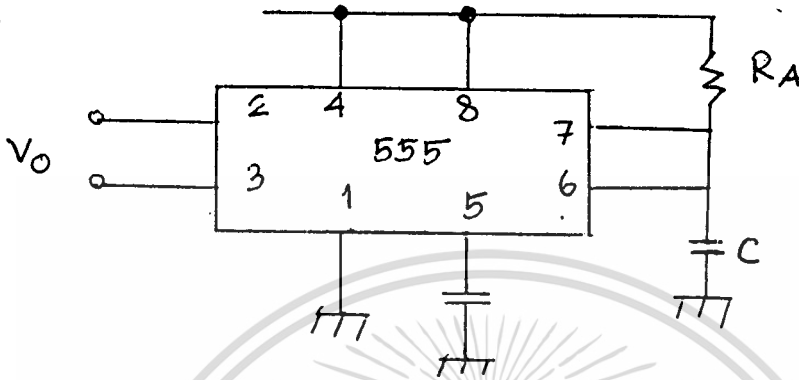
โดยที่ A มีค่าใหญ่มาก ทำให้ $v_1 = v_2 = v_3$

จะได้ $\frac{v_o}{v} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$

จะเห็นว่าวงจรรขยายนี้ไมกลับขั้วมีขนาดออกและมีอัตราขยายมากกว่า 1 เสมอ

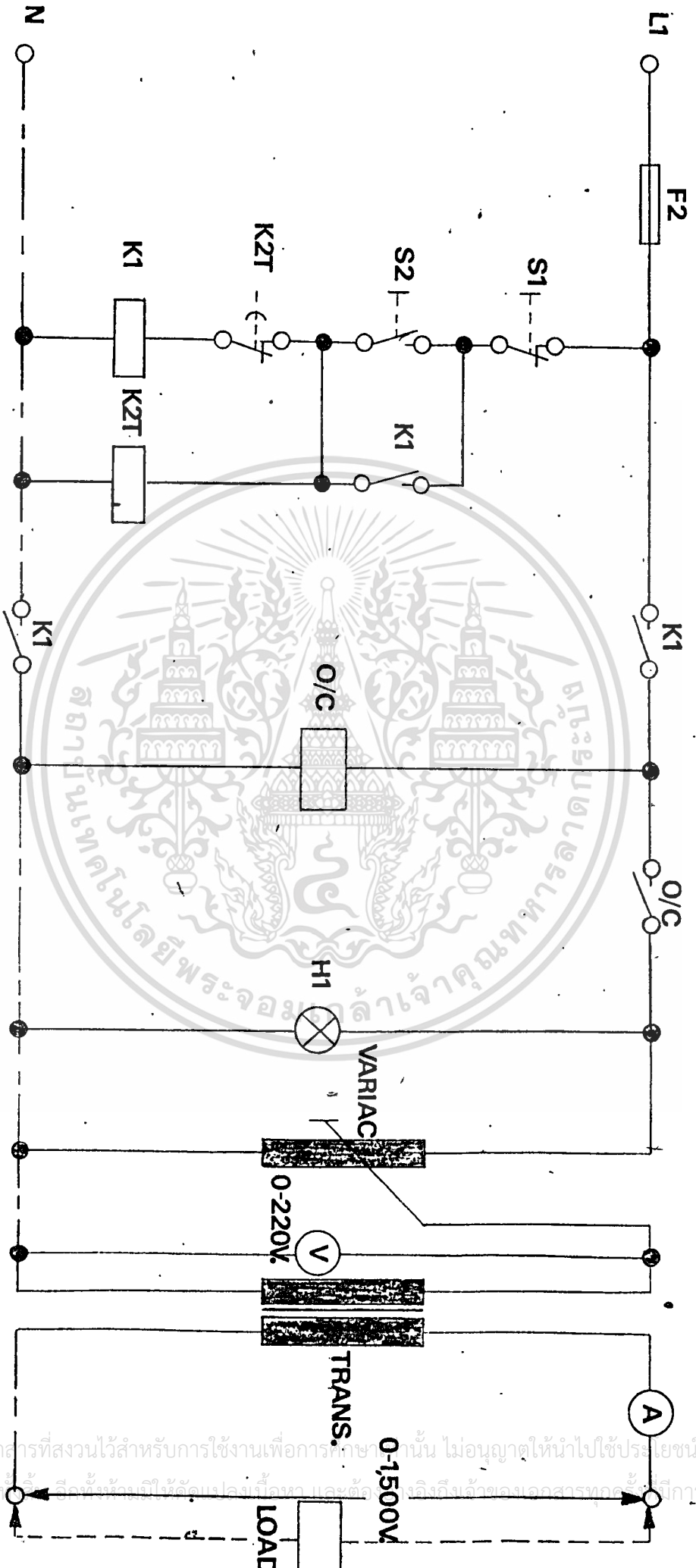
$$v_o = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) v$$

Timer 555

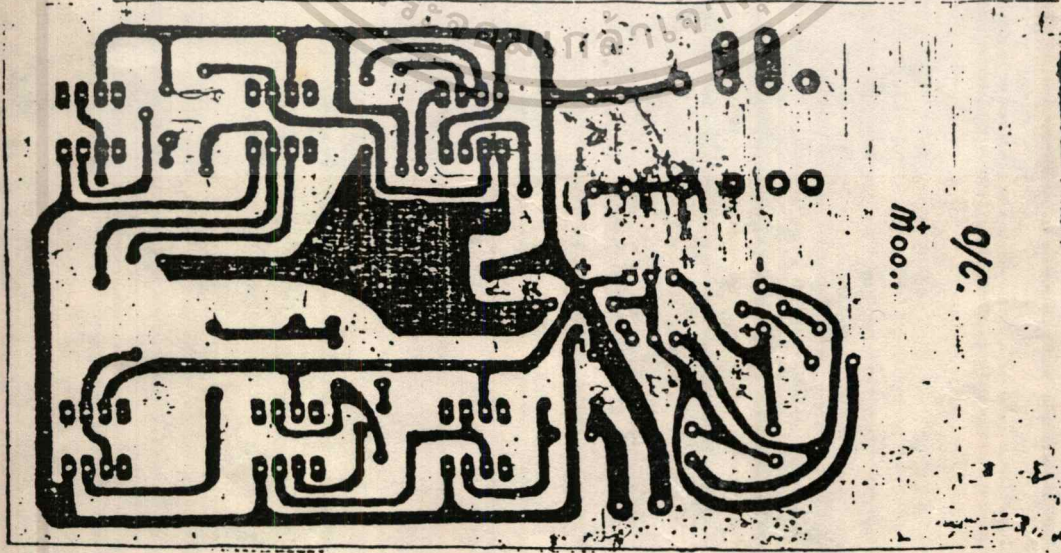
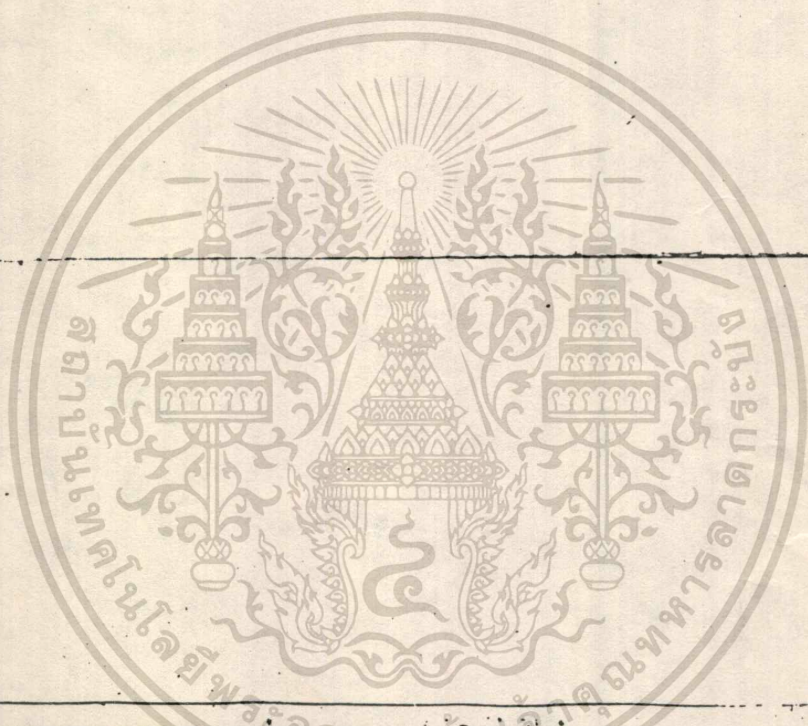


จากรูป เมื่อ Negative Trigger pulse เขามาที่ขา 2 จะทำให้ Output ที่ขา 3 เปลี่ยนเป็น high state voltage ตกครอม Capacitor ที่ขา 7 จะเพิ่มอย่าง exponential ด้วย time Constant $t = 1.1 R_A C$ เมื่อ Voltage ตกครอม

WIRING DIAGRAM OF INSULATOR TESTER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและขอสงวนสิทธิ์ในการนำไปใช้

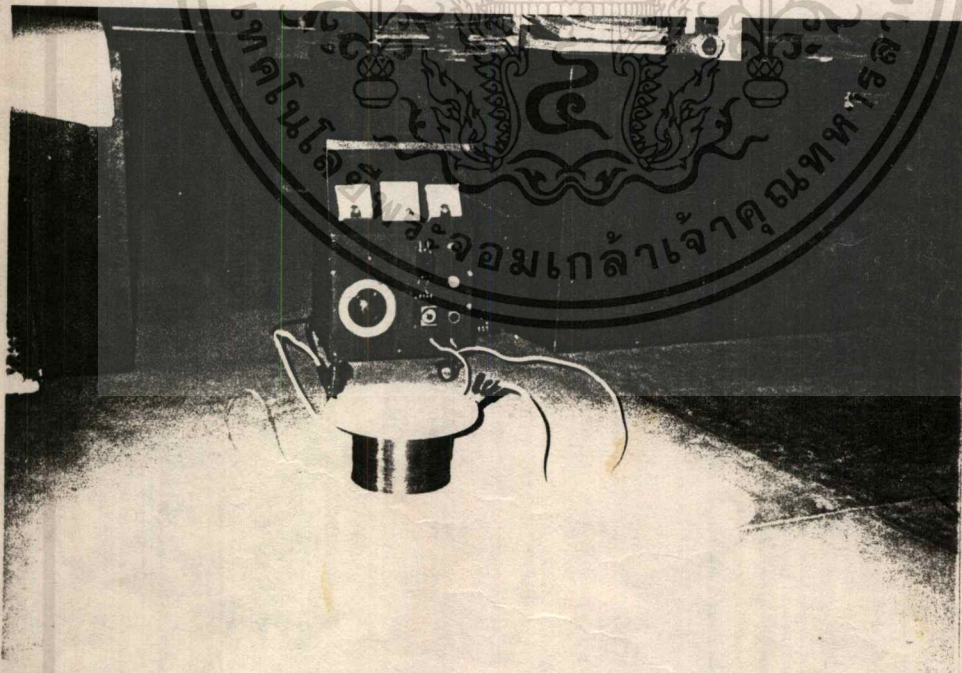


พ.ศ. ๒๕๐๐
จ/ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

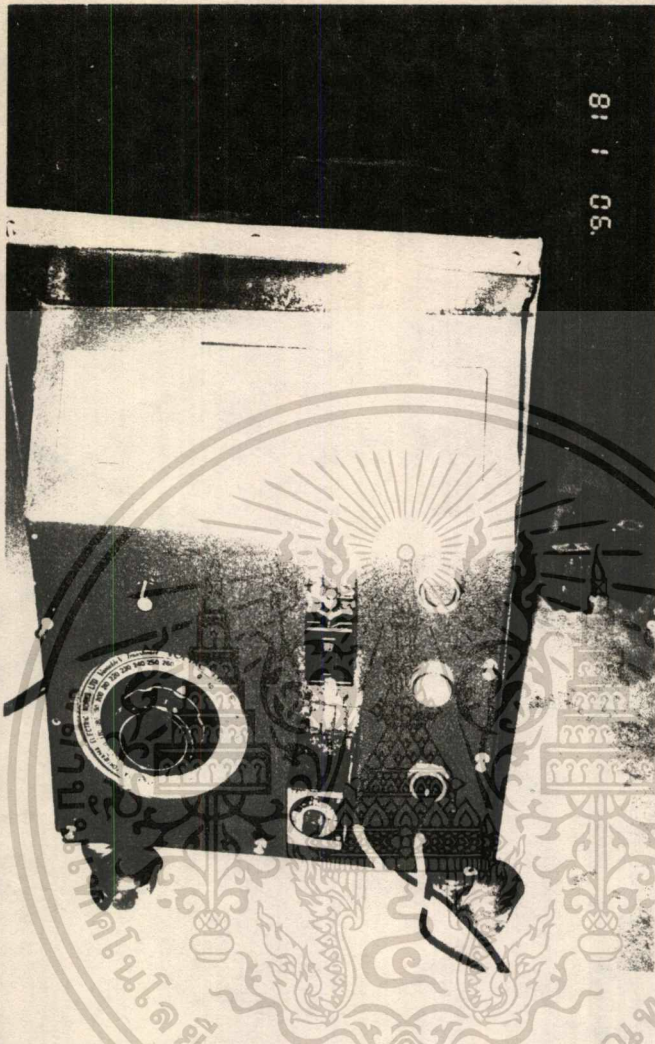
การทำงานของ Insulator tester

จากวงจรเมื่อกด Push button ON(S_2) ทำให้ทำงานและ Contact ของ K_1 ทุกในวงจรจะทำงานพร้อมกันขณะเดียวกัน K_2T ก็จะทำงานพร้อมกับตั้งเวลาตัดภายในเวลาที่ตั้งไว้ ซึ่งในขณะนี้จะมิไฟมาเลี้ยงวงจร O/C ทำให้ Contact ปกติเปิดของ O/C (over current protective) ทำงานและ H_1 จะสว่าง มีแรงดันตกคร่อมที่ Input ของ Variac เท่ากับ 220 Volt และสามารถปรับแรงดัน Output 0-220 Volt ผ่าน Input step up transformer ทำให้ได้ Voltage 0 - 1500 Volt ตามต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ Control Board

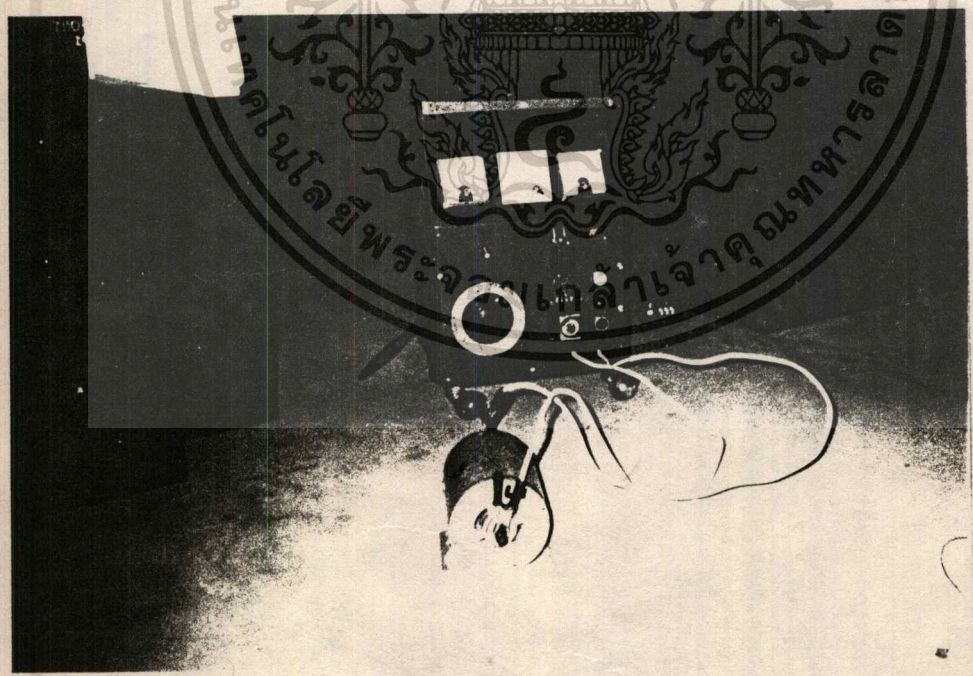
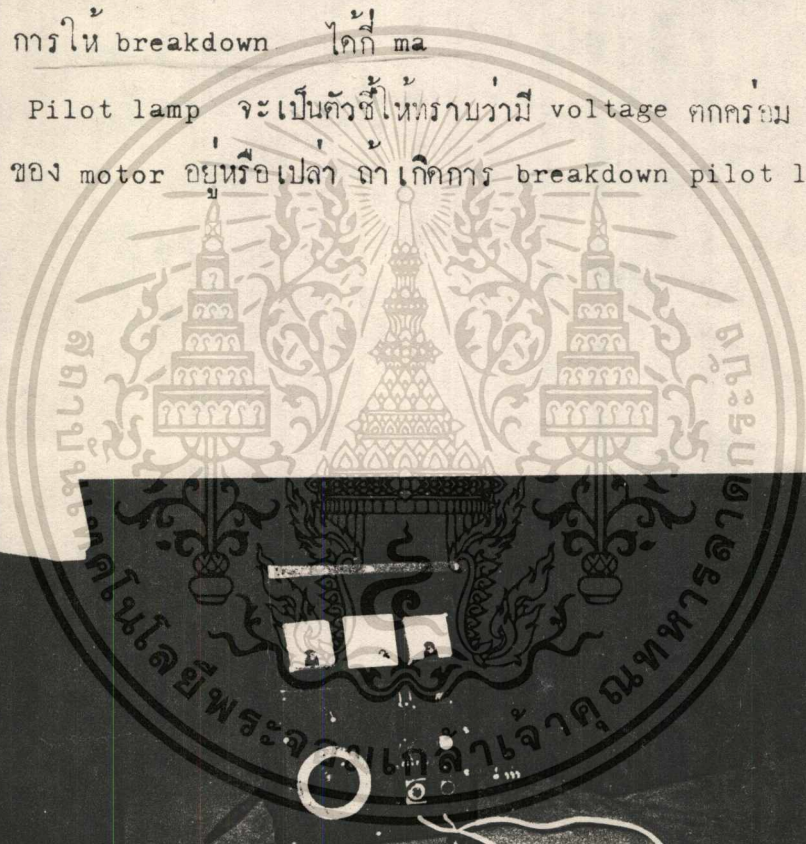


จากรูป

- Voltmeter ใช้อ่านค่า voltage ที่ variac เป็น input ของ transformer
- Ammeter ใช้อ่าน current ทาง output ที่ผ่าน insulation
- Push button ใช้ off เครื่อง

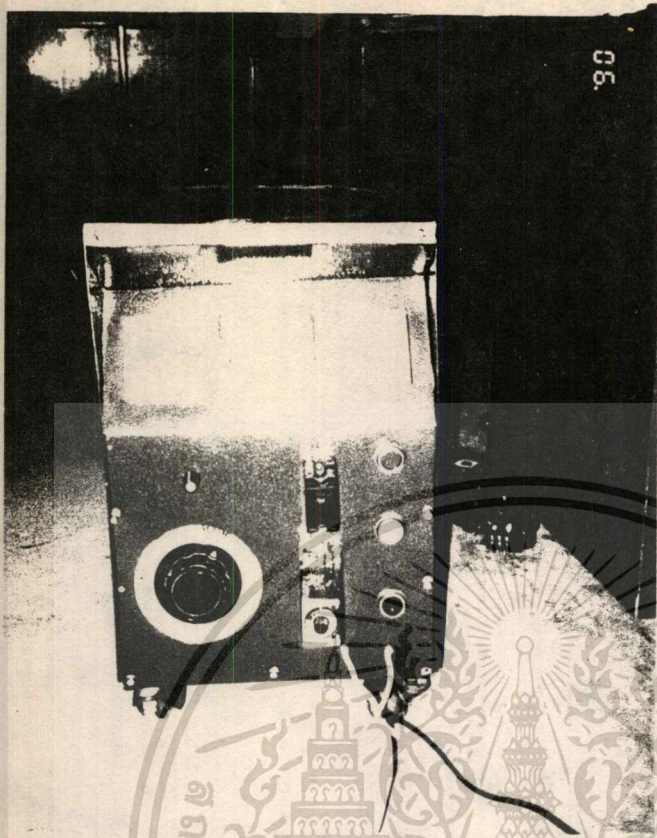
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- push button ใช้ on เครื่อง ②
- Timer ใช้ตั้งเวลาในการ test 1-60 sec. ③
- Circuit Breaker ใช้ เปิด ปิด เครื่อง ①
- สาย output ที่จะไปจับ frame ของ motor
- Fuse
- Variac ใช้ปรับว่าต้องการ voltage output เท่าไร โดยเทียบ scale จากค่านัดของเครื่อง
- Volume ใช้ปรับว่าเมื่อเกิดการ breakdown จะเป็นตัวกำหนดว่าต้องการให้ breakdown ได้กี่ ma
- Pilot lamp จะเป็นตัวชี้ให้ทราบว่าเมื่อมี voltage ตกคร่อม insulation ของ motor อยู่หรือเปล่า ถ้าเกิดการ breakdown pilot lamp จะดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการออกแบบตัว เครื่อง



ตัว เครื่อง ใค้ออกแบบในลักษณะ เป็นตัวรถที่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนก็ได้โดยมีล้อเลื่อนเพื่อ test อุปกรณ์ความจุกต่าง ๆ ได้ ตัวรถมีลักษณะเตี้ย เพื่อสะดวกในการ test อุปกรณ์ซึ่งส่วนใหญ่วางอยู่กับพื้น หน้าปัทม์ออกแบบให้ง่ายแก่การใช้งาน

ลวดเบอร์ 17 awg

Supply voltage	min	I (ma)
1000	1 min	100
1500	1 min	100

Check 20 m Henry ไขลวดเบอร์ 16 awg

supply voltage	1500 volts
เวลาที่ไข	60 วินาที
dreakdown current	100 ma
สภาพจนวนไม่กั	
ไขเวลา breakdown	5 วินาที



Single phase induction motor capacitor start.

H.P. 1/2

poles 4

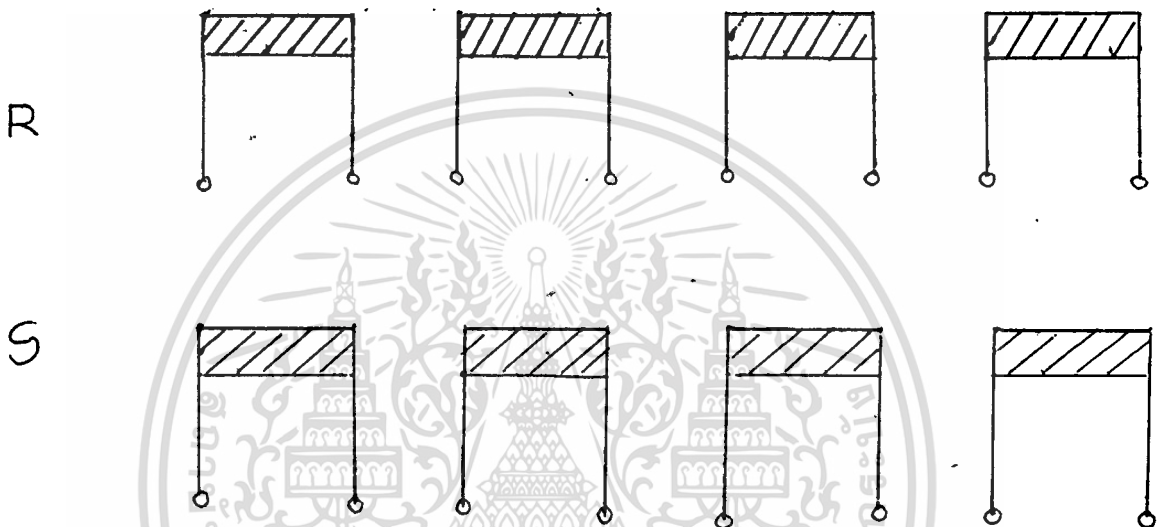
insulation class a

Volt 110/220

cycle 50/50

amps 8.4/4.2

r.p.m 1400/1400



Duration of application of test voltage

1 min 750 volts

1 sec 900 volts

breakdown current 100 ma

สภาพฉนวนดีทุกขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Induction Motor

H.P. 1 , Poles 4
K Phase 3
Volts 220 380
Cycle 50 50
amps 3.5 2
mfg no 0387984

Duration of application of test voltage

1 min 750 volts
1 sec 900 volts
break down current 100 ma
สภาพนวนคื

Repulsion Start

Single phase Induction Motor

H.P 1 volts 110/220
poles 4 amps 14.5/7.2
ins class E
MFG NO 0383820

Duration of application of test voltage

1 min 750 volts
1 sec 900 volts
breakdown current 100 ma
สภาพนวนคื

4.2 SHORT CIRCUIT TEST

SHORT HIGH - VOLT ($V_S = 0$)

V_P (VOLTS)	I_P (Amp)	W (WATT)	Z_{SC} (Ω)	R_S (Ω)	X_S (Ω)
8.8	4.5	35	1.96	1.72	0.92
80	40	29	2	1.81	0.84
7.0	3.5	23	2	1.87	0.69
6.0	3.0	17	2	1.89	0.66
4.8	2.4	11	2	1.9	0.59

SHORT LOW - VOLT ($V_P = 0$)

V_P (VOLTS)	I_S (A)	W (WTT)	Z_{SC} (Ω)	R_S (Ω)	X_S (Ω)
81	500	36	162	144	74.2
65	400	25	162.5	156	45.5
60	375	22	160	156.4	35.6
46	300	13.5	153.3	150	31.6
39	250	9.5	156	152	35
30.5	200	6	152.5	150	27.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 OPEN CIRCUIT TEST

V_p (VOLTS)	V_s (VOLTS)	W (WATTS)	A (AMPS)	$\cos \phi$	$\sin \phi$	R_o ($k\Omega$)	X_o ($k\Omega$)
166	1,500	4.7	0.25	0.113	0.994	5.876	0.668
156	1,400	4.1	0.168	0.156	0.988	5.952	0.940
146	1,300	3.8	0.120	0.216	0.976	5.633	1.247
139	1,200	3.5	0.092	0.274	0.962	5.514	1.570
131	1,100	3.0	0.080	0.286	0.958	5.726	1.709
116	1,000	2.7	0.064	0.364	0.932	4.979	1.945
106	900	2.0	0.055	0.343	0.939	5.619	2.052
98	850	1.9	0.050	0.388	0.922	5.052	2.126
93	800	1.7	0.046	0.397	0.918	5.093	2.202
82	700	1.5	0.040	0.457	0.889	4.486	2.306
70	600	1.2	0.034	0.504	0.864	4.085	2.383
60	500	1.0	0.030	0.556	0.831	3.597	2.407
50	400	1.0	0.025	0.8	0.60	2.5	3.333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงขีดจำกัดการป้องกันไวเตจของมอเตอร์ขนาดคณวน แรงดันกรงไฟฟ้า

TABLE 18-1 Dielectric Test Voltages for Fractional-horsepower Motors

	Duration of application of test voltage	
	1 min	1 sec
Universal motors, all ratings	900	1,080
Ac and dc motors:		
$\frac{1}{2}$ hp and larger, all voltages	$2E + 1,000$	$2.4E + 1,200$
Less than $\frac{1}{2}$ hp, but rated more than 250 volts	$2E + 1,000$	$2.4E + 1,200$
Less than $\frac{1}{2}$ hp, 250 volts or less	900	1,080
Armature or rotors of ac motors with insulated windings not connected to the line (repulsion types):		
$\frac{1}{2}$ hp and larger	1,000	1,200
Less than $\frac{1}{2}$ hp, but rated more than 250 volts	1,000	1,200
Less than $\frac{1}{2}$ hp, 250 volts or less	900	900

NOTE: Voltages given in this table are for clean, dry, new machines tested at the factory. When testing machines that have been in service for some time, the author recommends reducing these voltages by at least 25 percent.

บทที่ 5

สรุป

① จาก TRUN RATIO ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่าง V_{in} กับ V_{out} ของ Transformer ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการปรับ Variac เพื่อให้ได้ V_{out} ตามต้องการ ส่วนการทดลอง Open circuit และ Short circuit เราจะนำค่าที่ Rated มาเขียน Equivalent circuit ของ Transformer ทำให้สามารถหาค่า Core loss และ Cu loss ของ Transformer ออกมาได้

② ส่วนการทดสอบสภาพฉนวนจะเห็นว่าอุปกรณ์ที่มีสภาพฉนวนไม่ดีเมื่อป้อน Voltage เข้าไปค่าหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง ฉนวนของอุปกรณ์นั้นจะเกิดการ Breakdown ส่วนอุปกรณ์ที่มีสภาพฉนวนดีจะเห็นว่าฉนวนของอุปกรณ์ จะไม่เกิดการ Breakdown

③ การทดสอบสภาพฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ มีประโยชน์มากในทางอุตสาหกรรม เนื่องจากอุปกรณ์ ที่มีสภาพฉนวนไม่ดีจะมี Reliability ต่ำ ส่วนอุปกรณ์ที่มีสภาพฉนวนดีจะมี Reliability สูงขึ้น

เครื่องทดสอบฉนวนที่ได้จัดทำขึ้น สามารถกำหนดกระแส Breakdown ได้ตั้งแต่ 180 - 300 mA ซึ่งถ้าสามารถดัดแปลงใหม่ช่วงกระแส Breakdown ได้ตั้งแต่ 10 - 300 mA จะทำให้เครื่องนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น คือสามารถวัด Leakage Current ที่ต่ำ ๆ ของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบได้ (10)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์และ Project นี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์
ของ อาจารย์ประภาส ไผ่สุวรรณ ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นบุคคลที่คอยชี้แนะแนวทาง และ
ช่วยแก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ ตลอดจนคอยให้กำลังใจ สนับสนุนผู้เขียนด้วยดีมาตลอด และทำนุขอ
ขอบคุณท่านอาจารย์ภาควิชาไฟฟ้ากำลังทุกท่านและเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจและให้ความสนับ
สนุนด้วยดีมาตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. B.L Theraja "Electrical Technology" 1979, S. Chand & company Ltd.
2. Fitzgerald, Kingsley, Kusko "Electrical Machinery", Third Edition
Mc Graw - Hill Book Company
3. Eugene R. Hnatek, "Applications of Linear integrated circuit",
John Wiley & Sons.
4. E.Kuffel, M.Abdullah, "High-voltage Engineering" , Pergamon
press, 1966



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้