

เอกสารอ้างอิง

1. Banspach H. Transformer-Design. Bangkok: KMIT. North Bangkok, 1975.
2. Connelly F. C. Transformers Their Principles and Design for Light Electrical Engineers. London: Sir Isaac Pitman & Sons, 1959.
3. E. E. Staff M. I. T. Magnetic Circuits and Transformers. Massachusetts: The M. I. T. Press, 1962.
4. Narang K. L. A Text Book of Electrical Maching Design. Delhi-6: Friend's Corporation, 1972.
5. Siskind C. S. Design of Electrical Machines. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1954.
6. Kosow I. C. Electric Machinery and Transformers. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1972.
7. Say M. G. Performance and Design of A. C Machines. London: Sir Isaac Pitman & Sons, 1970.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก



นักกฎเกณฑ์การวิจัยสร้างหม้อแปลงทางขนาด

ในที่นี้ได้ออกแบบหม้อแปลงขนาด 500 วีเอ. ชั้นทดสอบกฎเกณฑ์ที่สรุปไว้ เพื่อ
 คองการแสดงให้เห็นว่ากฎเกณฑ์ดังกล่าว เป็นกฎเกณฑ์สากลที่สามารถนำไปออกแบบหม้อแปลง
 ได้ทุกขนาด โดยให้ผลลัพธ์ตามพิภคที่กำหนดไว้

สำหรับค่าที่ออกแบบและค่าที่ใช้จริงได้เปรียบเทียบให้เห็นดังตารางข้างล่าง

สัญลักษณ์และหน่วย	ค่าที่ออกแบบ	ค่าที่ใช้จริง
a (ซ.ม.)	2.20	2.20
b (ซ.ม.)	6.26	6.26
l_1 (ซ.ม.)	18.26	18.26
l_2 (ซ.ม.)	22.66	22.66
A_{Fe} (ท.ซ.ม.)	24.54	24.54
A_g (ท.ซ.ม.)	17.17	17.17
l_g (ม.ม.)	2.47	2.20
N_1 (รอบ)	240	235
N_{21} (รอบ)	39	39
N_{22} (รอบ)	220	217
N_c (รอบ)	1,200	1,197
c (μ F.)	3.65	3.33

สาเหตุที่ต้องใช้ค่าจริงแตกต่างไปจากค่าที่ออกแบบไว้ เนื่องจากไม่สามารถหาค่าคาปาซิแทนซ์ $3.65 \mu F$ ได้ จึงต้องใช้ค่า $10 \mu F$ 3 ตัวมาต่ออันดับกัน

สำหรับเบอร์ลวดที่ใช้พันและค่า ค.ต.ท. ในแต่ละขดลวดได้ดังนี้

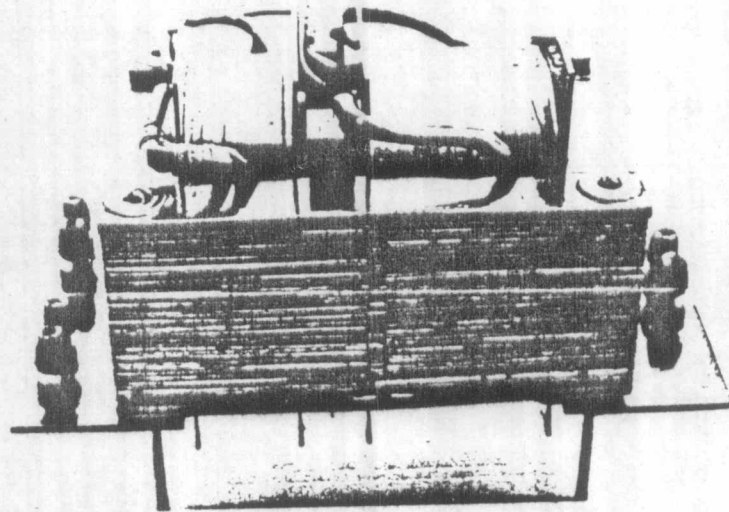
เลขที่กำกับขดลวด	จำนวนรอบที่พัน (รวม)	เบอร์ลวด (S.W.G.)	ค่า ค.ต.ท. (โอห์ม)
N_1	235	18	1.38
N_{21}	39	19	0.33
N_{22}	217	19	1.86
N_c	1197	20	15.36

หม้อแปลงที่สร้างขึ้นนี้ ได้ทดสอบแล้วนำมาคำนวณหาแรงดันเรกกูเลชั่นและประสิทธิภาพ ที่ P.F. ของโหลดต่าง ๆ กัน จะได้ค่าดังตารางข้างล่าง และภายหลังได้ทดลองเปลี่ยนค่า C จาก $3.33 \mu F$ เป็น $4 \mu F$ โดยไม่เปลี่ยนแปลงค่าอื่นและทำการทดสอบใหม่ จะได้ดังนี้

P.F.	เมื่อใช้ C = $3.33 \mu F$.		เมื่อใช้ C = $4 \mu F$.	
	V.R. (%)	η (%)	V.R. (%)	η (%)
0.8 lagging	5.8	78.2	5.7	76.1
unity	3.1	87.3	3.0	84.6
0.8 leading	0.0	77.5	0.0	75.2

จากการเปรียบเทียบผลที่ได้รับ เมื่อเปลี่ยนค่า C จาก $3.33 \mu F.$ ไปเป็น $4 \mu F.$ จะเห็นว่าที่ C ค่าสูงนั้น แรงดันเรกกูเลชันสูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าที่ C ค่าสูง (ค่า X_c จะต่ำ) กระแส I_c จะสูงขึ้นทำให้แอมแปร์-เทอนของขดรีดอากาศแรงดันสูงขึ้น ซึ่งแรงดันเรกกูเลชันจะขึ้นตามคว่ำ (ตามผลสรุปที่เคยกล่าวมาแล้ว) แต่ที่ C ค่าสูงประสิทธิภาพของหม้อแปลงกลับลดลง เป็นเพราะว่า $Cu. loss$ ที่เกิดจาก I_c และ I_{in} สูงขึ้นกว่าเดิม ถ้าจะให้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงสูง อาจทำได้โดยเปลี่ยนขนาดลวดที่ใช้พัน N_1 และ N_2 ให้ใหญ่ขึ้น (เพื่อลดค.ต.ท.ในขดลวดลง) จะทำให้ทั้งแรงดันเรกกูเลชันและประสิทธิภาพของหม้อแปลงสูงได้

สำหรับหม้อแปลงขนาด 500 วัตต์. ที่สร้างขึ้นตามกฎเกณฑ์การออกแบบ ได้แสดงไว้ดังรูปข้างล่าง



หม้อแปลงแรงดันคงที่ ขนาด 500 วัตต์.

ภาคผนวก ข

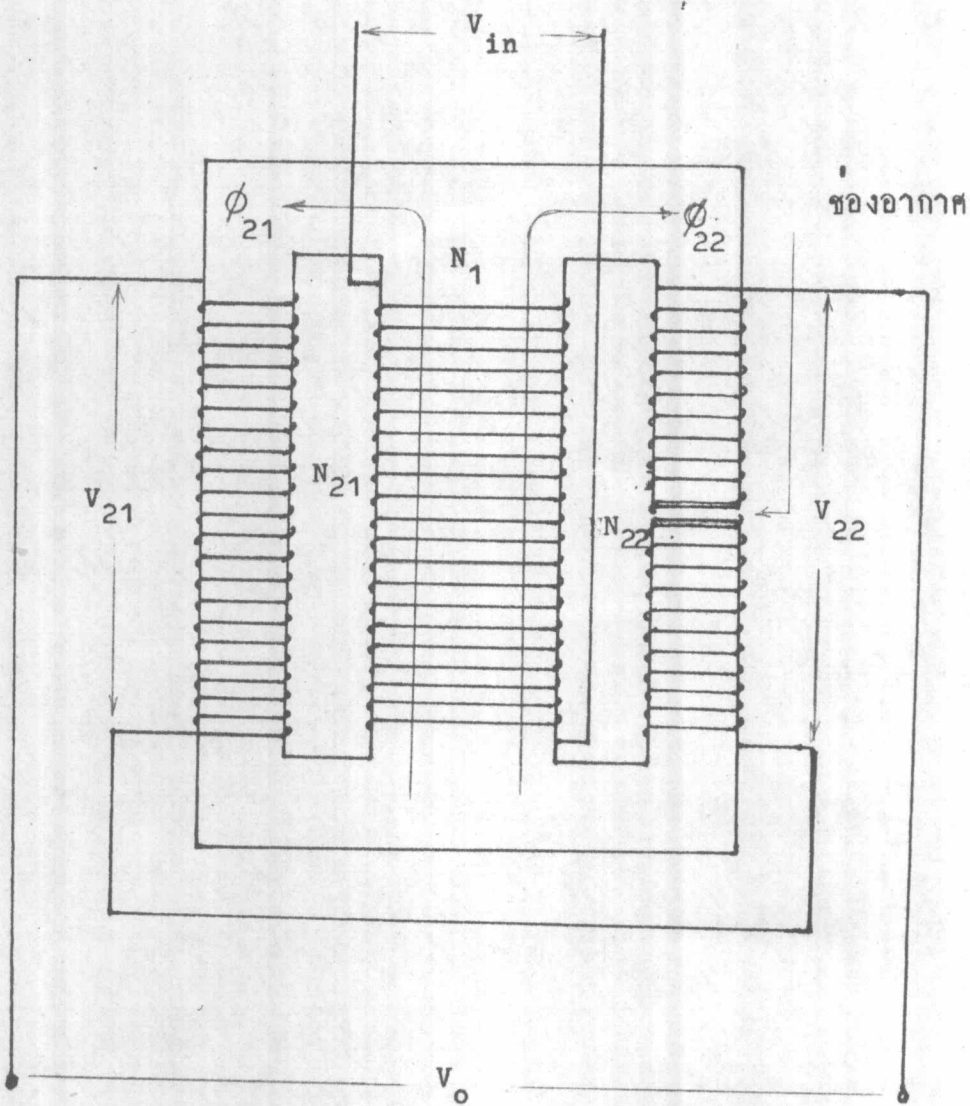
เสนองานวิจัยที่ไหลไม่สมบูรณ์

ในการทำวิจัยเรื่องหม้อแปลงแรงดันคงที่นั้น ก่อนที่จะทำการสร้างหม้อแปลง ในรูปแบบที่ได้อกล่าวไว้ตั้งแต่บทที่ 1 ถึงบทที่ 7 ใ้เคยมีแนวคิดอื่นมาก่อนถึง 2 รูปแบบ และได้นำมาทดลองสร้างแล้ว ปรากฏว่าไหลไม่สมบูรณ์ทั้ง 2 แบบ กล่าวคือ จะไ้แรงดันเอาต์พุตคงที่ เฉพาะสภาวะที่ไม่ต่อโหลดเท่านั้น แต่ภายหลังเมื่อทำการ ต่อโหลด แรงดันจะลดลงมากจนไม่สามารถนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ได้ แต่ได้นำ มากล่าวไว้ เพื่อต้องการให้เป็นอุทาหรณ์ สำหรับผู้ที่ทำงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้ ทราบถึงความผิดพลาดที่เคยเกิดขึ้นมาแล้ว หรืออาจเป็นแนวทางการศึกษา เพื่อนำไป ใช้อย่างงานที่เหมาะสมกับอันต่อไป

หม้อแปลงแบบที่ 1

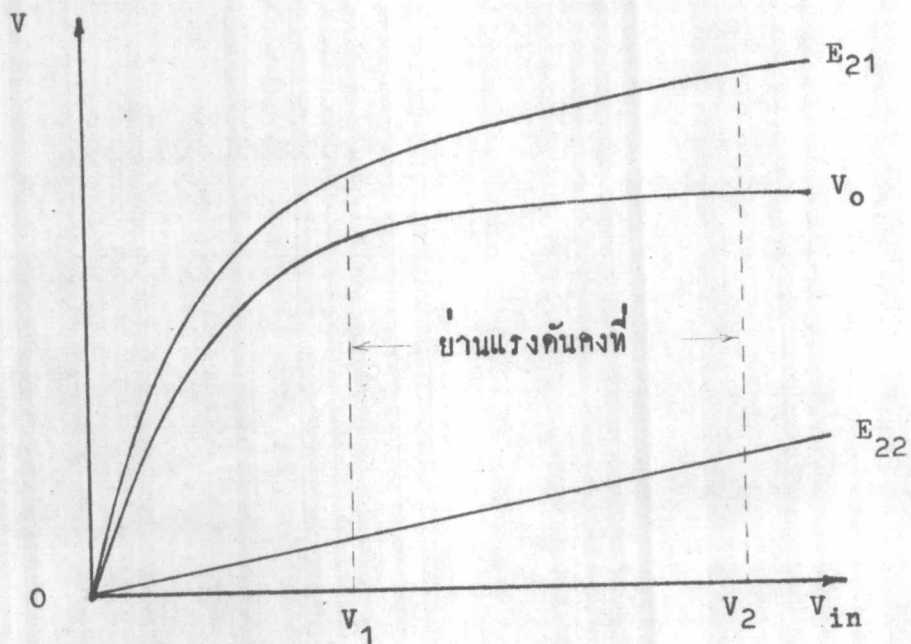
จากการศึกษาหม้อแปลงธรรมดาพบว่า การที่แรงดันเอาต์พุตแปรตามแรงดัน อินพุตนั้น เป็นเพราะความหนาแน่นฟลักซ์ (B) ในวงจรเท่ากันตลอด ถ้าจะให้ แรงดันเอาต์พุตไม่แปรตามแรงดันอินพุต ทำได้โดยการลดพื้นที่หน้าตัดแกนเหล็กทางคาน เอาต์พุตลง จะทำให้ความหนาแน่นฟลักซ์ในแกนนี้สูงขึ้น และถึงจุดอิ่มตัวเร็วกว่าทาง คานอินพุต เมื่อฟลักซ์ถึงจุดอิ่มตัวจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงต่ำ (คงจะเห็นได้จาก B - H curve ในช่วงอิ่มตัว) ทำให้แรงดันเอาต์พุตไม่แปรตามแรงดันอินพุตอีกต่อไป แต่ขณะที่แปรแรงดันอินพุต แรงดันเอาต์พุตยังคงเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย จำเป็นต้องสร้างชุดกึ่งกลางแรงดันที่เป็นส่วนเกินนี้ออก จากการศึกษเกี่ยวกับวงจรแม่ เหล็กทราบว่า แกนเหล็กที่ตัดให้มีช่องอากาศ จะมีค่ารีลักแตนซ์สูงมาก และฟลักซ์ที่ไหล ผ่านช่องอากาศจะมีค่าต่ำ แต่ฟลักซ์นี้จะแปรตรงกับอินพุต และอาจใช้ฟลักซ์ส่วนนี้เป็น

ตัวสร้างชุดหักล้างแรงดันได้ จากแนวความคิดนี้ จึงได้นำมาสร้างเป็นหม้อแปลงแรงดัน
คงที่ ตามแบบที่ 1 โดยมีโครงสร้างและหลักการตามรูป (ก) และ (ข)



(ก)

โครงสร้างของหม้อแปลง แบบที่ 1



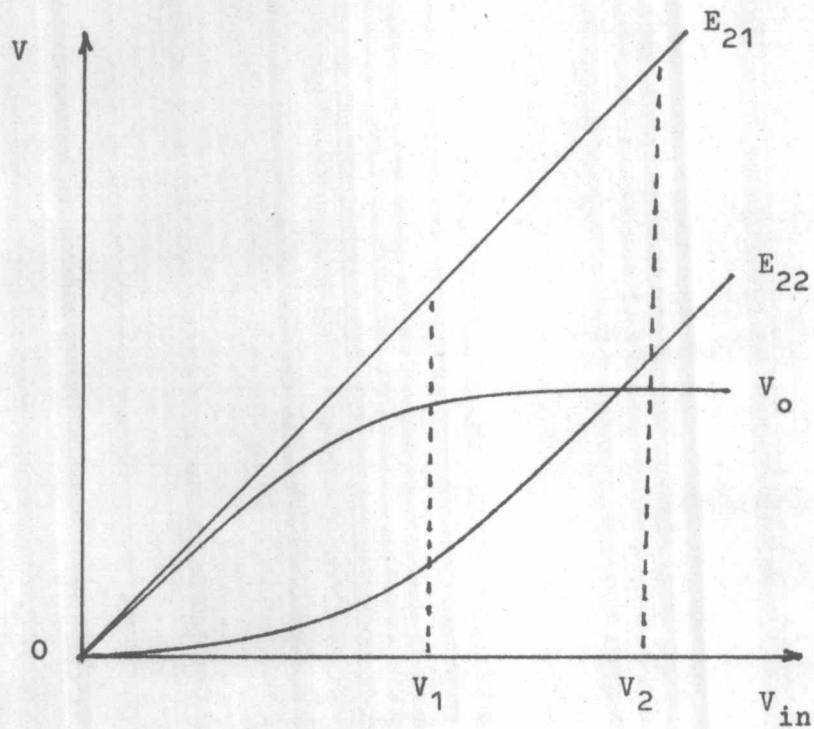
(ข)

ลักษณะสมบัติของหม้อแปลงแบบที่ 1

จากแนวความคิดนี้ได้สร้างหม้อแปลงต้นแบบขนาด 500 วัตต์. ขั้นตอนทดสอบปรากฏว่าหม้อแปลงชนิดนี้มีหลักการตรงตามแนวคิด แต่ขณะที่หม้อแปลงจ่ายโหลดแรงดันจะตกมากจนไม่สามารถใช้งานได้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าหม้อแปลงชนิดนี้มีรีแอคแตนซ์รั่ว (leakage reactance) สูงมาก หลังจากหม้อแปลงแบบแรกล้มเหลว จึงได้คิดหาแนวทางใหม่ต่อไป

หม้อแปลงแบบที่ 2

จากข้อบกพร่องของแบบที่ 1 ดังที่กล่าวมาแล้ว ทำให้คิดว่าถ้าออกแบบหม้อแปลงในช่วงที่ฟลักซ์ยังไม่อิ่มตัว ค่ารีแอคแตนซ์รั่ว (leakage reactance) ของขดลวดจะต่ำ แรงดันเรกกูเลชันจะดีขึ้น น่าจะประสบผลสำเร็จมากกว่า จึงได้ศึกษาหลักการของหม้อแปลง โดยเริ่มจากการเขียนลักษณะสมบัติขึ้นก่อน และออกแบบหม้อแปลงที่มีลักษณะสมบัตินั้น ๆ ตาม ซึ่งลักษณะสมบัติของหม้อแปลงดังกล่าว แสดงไว้ดังรูป (ค)

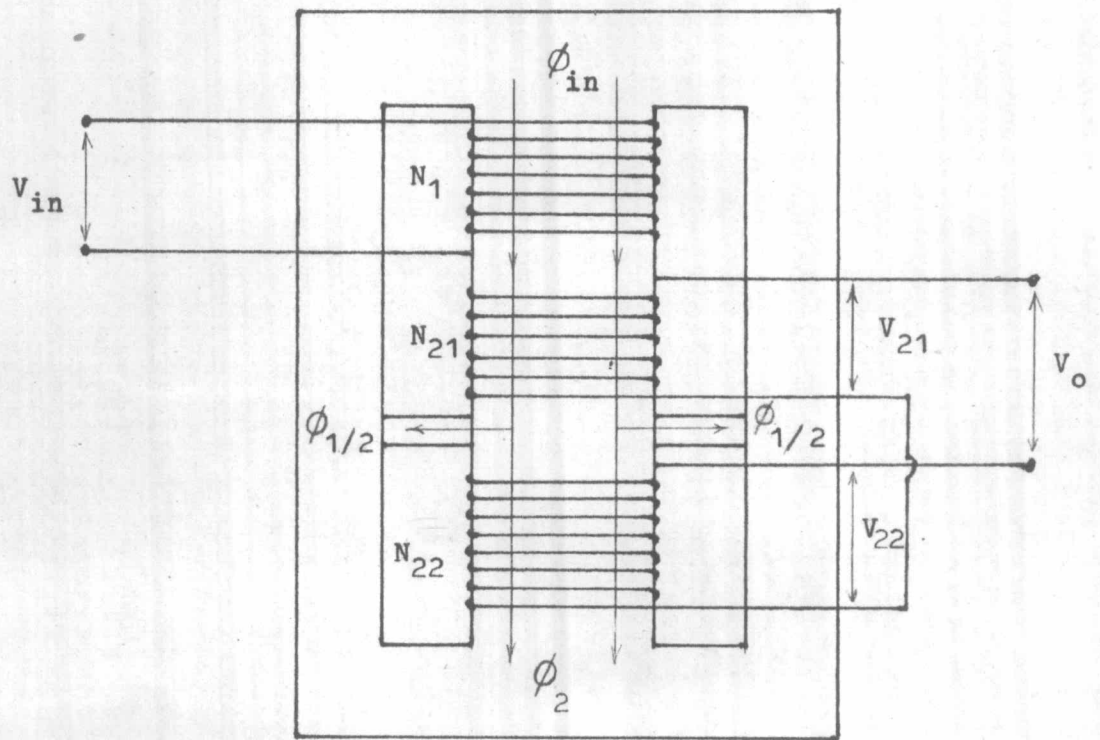


(ค)

ลักษณะสมบัติของหม้อแปลง แบบที่ 2

จากรูป (ค) แรงดันเอาต์พุต (V_o) ประกอบขึ้นจากผลต่างของแรงดัน 2 ส่วน กล่าวคือ แรงดัน E_{21} จะต้องมีค่าแปรตรงกับแรงดันอินพุต ส่วนแรงดัน E_{22} จะแปรค่าน้อยที่แรงดันอินพุตค่าต่ำ ๆ และจะแปรค่ามากจนกระทั่งความลาด (slope) ขนานกับ E_{21} ขณะที่แปรแรงดันอินพุตค่าสูง จึงจะทำให้แรงดันเอาต์พุต (V_o) คงที่ได้

จากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ นำมาสังเคราะห์หาส่วนประกอบหม้อแปลง ที่จะให้ผลสอดคล้องกับแนวความคิดดังกล่าว พบว่าหม้อแปลงต้องมีส่วนประกอบดังรูป (ง)



(ง)

โครงสร้างของหม้อแปลง แบบที่ 2

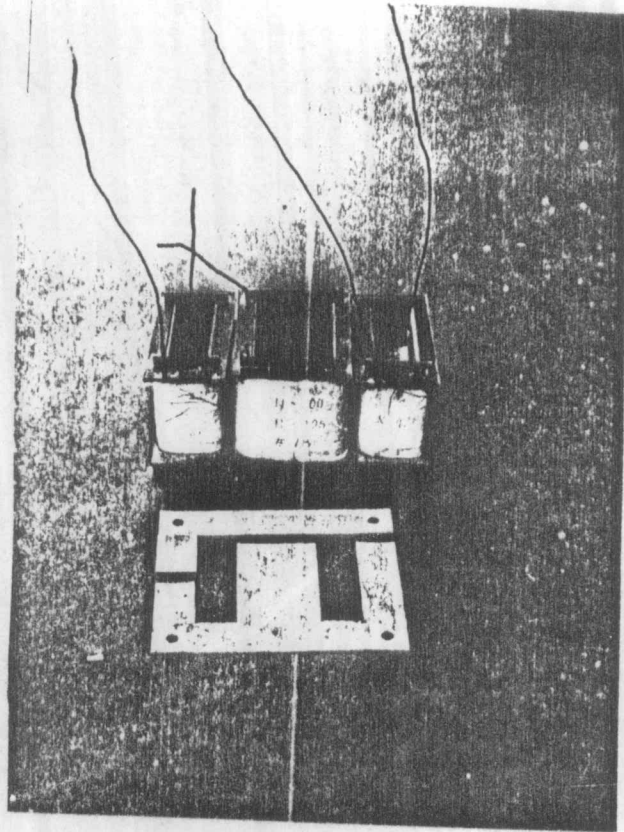
จากรูป (ง) การที่จะให้แรงดัน E_{21} แปรตาม v_{in} ได้คือเมื่อทำให้ความหนาแน่นฟลักซ์ในขดลวด N_1 และ N_{21} เท่ากัน ซึ่งในที่นี้ให้พันขดลวดไว้บนแกนตันเดียวกัน สำหรับขดลวด N_{22} จำเป็นต้องมีแกนเหล็กแบ่งฟลักซ์สอดคั่นไว้ ซึ่งแกนเหล็กนี้ต้องมีคุณสมบัติ 2 ประการคือ

1. มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำ เพื่อให้ฟลักซ์แยกผ่านได้มากในช่วงแรก และ
2. อิมพีวดีตีวสูง เพื่อให้ฟลักซ์ไหลผ่านได้น้อยในช่วงหลัง

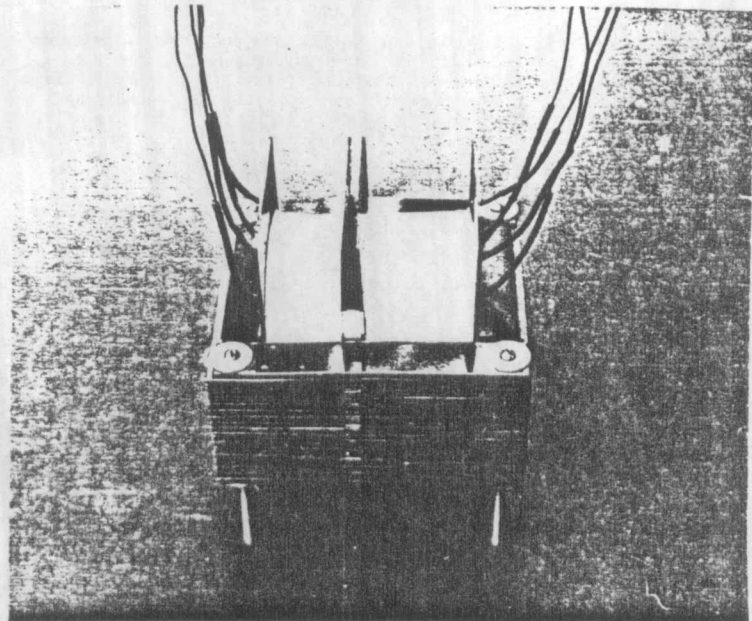
ถ้าแกนเหล็กที่สอดแบ่งฟลักซ์มีคุณสมบัติดังกล่าว จะทำให้ฟลักซ์ ϕ_2 มีค่าต่ำในช่วงแรก และมีค่าสูงในช่วงหลัง ซึ่งแรงดัน E_{22} จะแปรตามฟลักซ์ ϕ_2 เป็นไปตามรูป (ค) ได้ จากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ สามารถทำได้โดยให้แกนเหล็กที่สอดแบ่งฟลักซ์มีพื้นที่หน้าตัดเล็กและมีขนาดสั้น จึงจะทำให้รีลักแตนซ์ต่ำและฟลักซ์อิมพีวดีตีวสูง

จากหลักการดังกล่าว ได้ทำการออกแบบและสร้างหม้อแปลงขนาด 500 วัตต์ขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งหม้อแปลงชนิดนี้ก็มีหลักการตรงตามแนวคิดอีกเช่นกัน แต่เมื่อทดสอบขณะหม้อแปลงจ่ายโหลด แรงดันก็ตกมากเหมือนหม้อแปลงแบบที่ 1 แต่เกิดจากสาเหตุต่างกัน กล่าวคือ ขณะที่หม้อแปลงจ่ายโหลด กระแสโหลดที่ไหลผ่านขด N_{22} จะสร้างแอมแปร์เทอนเสริมกับอินพุท ทำให้ฟลักซ์ ϕ_2 มีค่าสูงขึ้น ซึ่งแรงดัน E_{22} จะสูงขึ้นตาม และทำให้แรงดัน v_o ลดลงขณะเพิ่มกระแสโหลด ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้

สำหรับหม้อแปลงทั้ง 2 แบบที่ได้สร้างขึ้นนี้ ได้แสดงให้เห็นดังรูปข้างล่าง



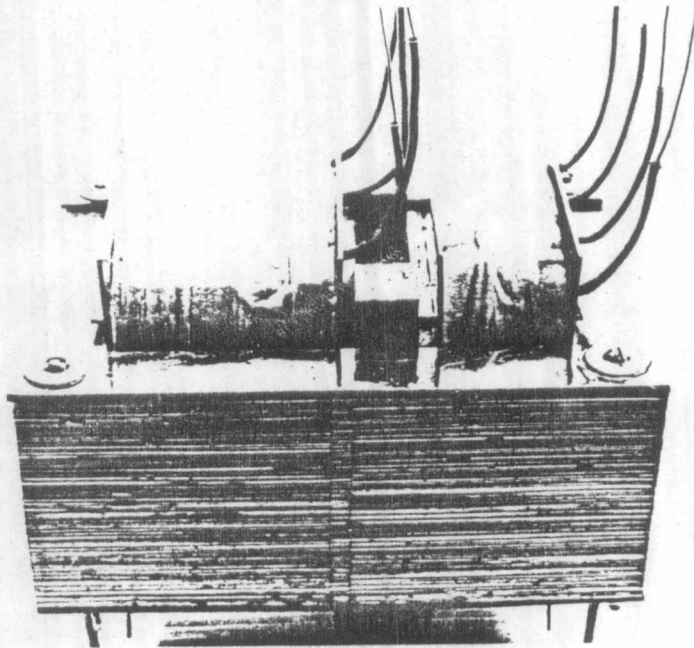
หม้อแปลงแบบที่ 1



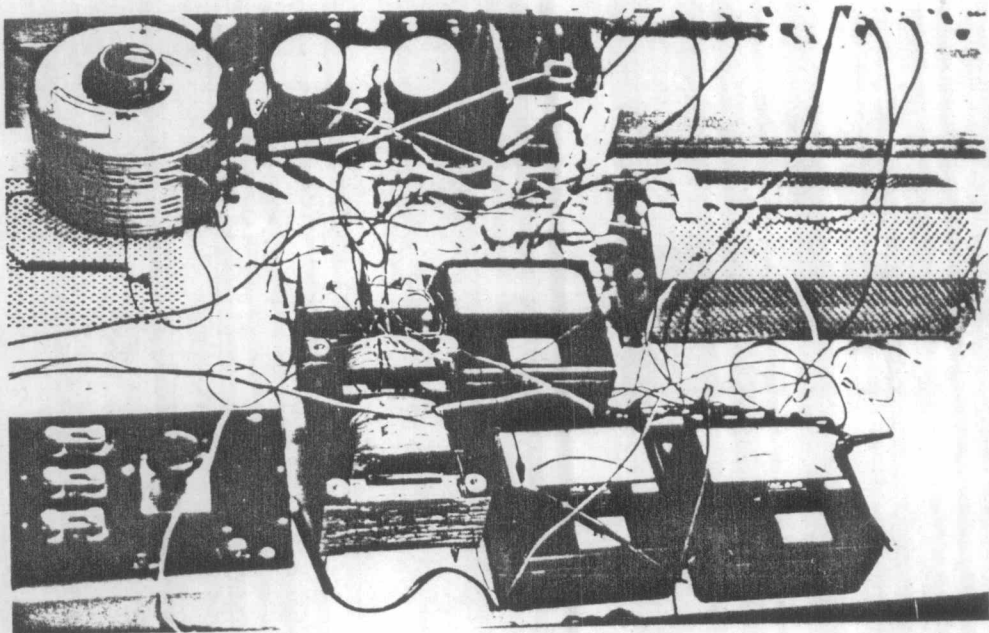
หม้อแปลงแบบที่ 2

ภาคผนวก ค

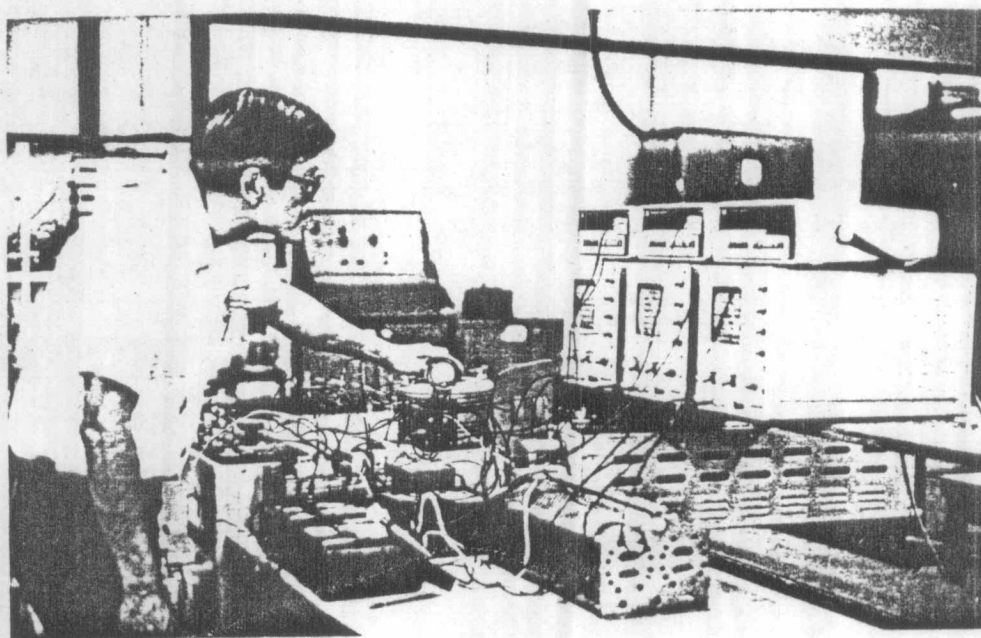
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่วิจัย



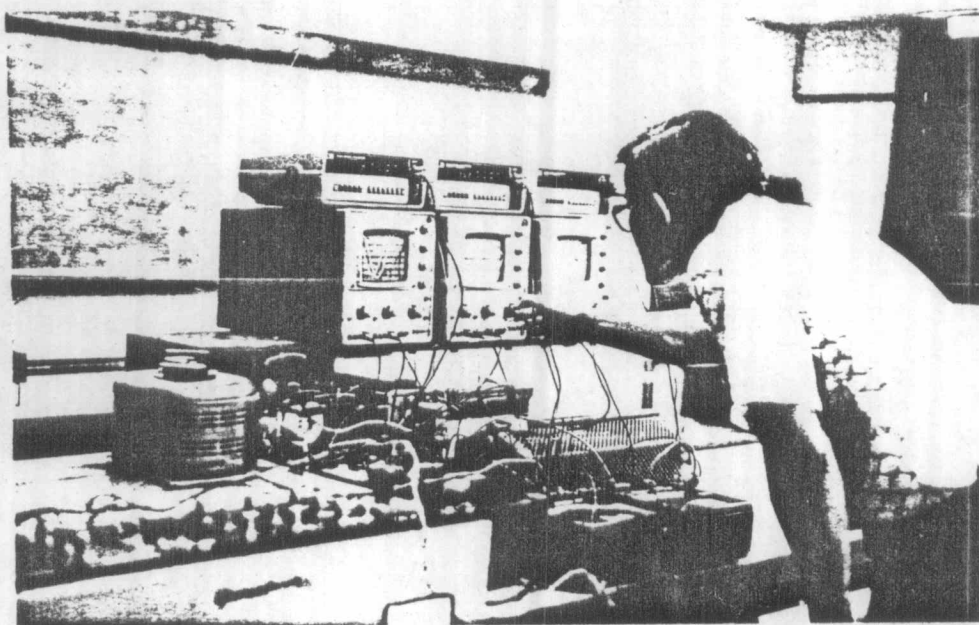
หม้อแปลงแรงดันคงที่ขนาด 1 เควีเอ.



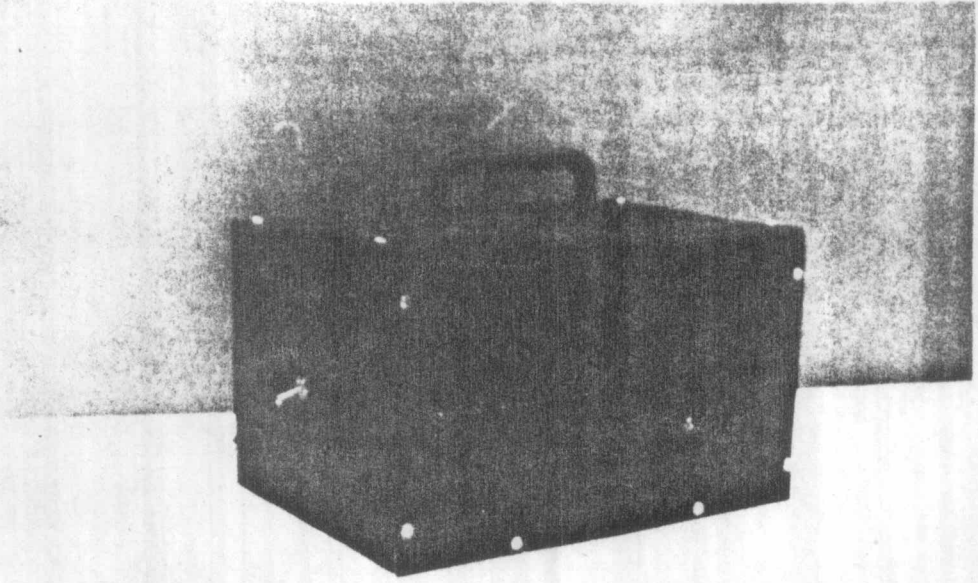
การต่อวงจรก่อนการทดสอบ



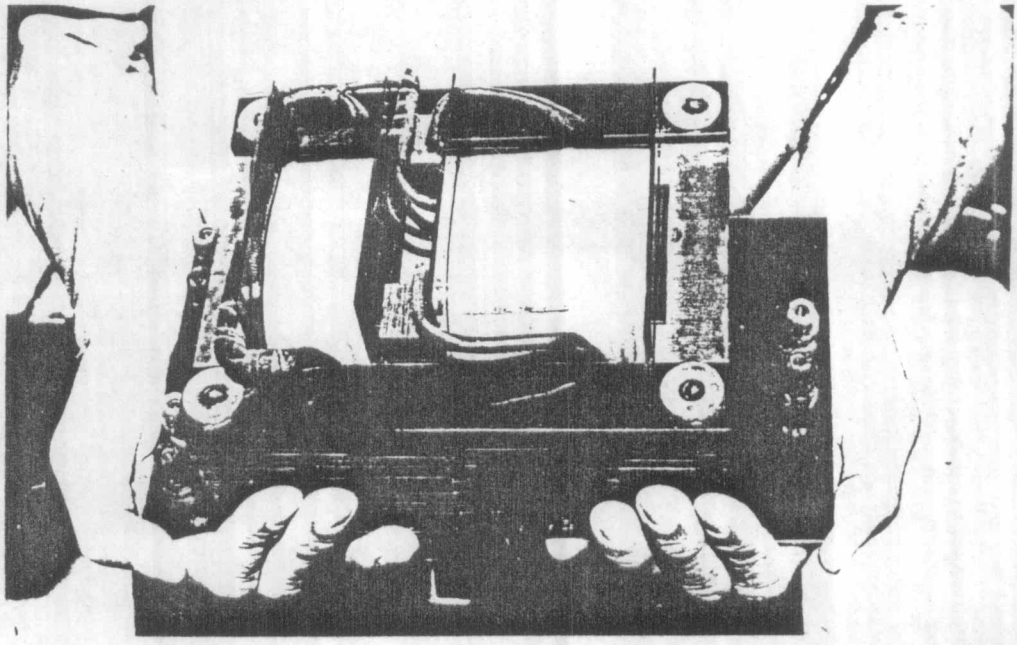
ปรับแรงดันเพื่อทดสอบ



ปรับเครื่องมือจذبคลื่น (C.R.O.)



หม้อแปลงที่ประกอบใส่กล่องแล้วโดยสมบูรณ์



หม้อแปลงแรงดันคงที่ขนาด 500 วัตต์. ที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบ
กฎเกณฑ์ที่โซ่ออกแบบ



ประวัติการศึกษา

นายชวลิต คำรงรัตน์ สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาไฟฟ้ากำลัง จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขต
ธนบุรี เมื่อปีการศึกษา 2514 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
กระทรวงศึกษาธิการ