บทที่ 5

การปรับเทียบและทดสอบฮอลล์เอฟเฟ็ควัดต์ทรานสดิวเซอร์

5.1 คำนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการปรับเทียบ และการทดสอบฮอลล์เอฟเฟ็ควัดต์ทรานสดิวเซอร์ โดยจะแบ่งเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้คือ

1. การทดสอบวงจรตัวคูณสัญญาณของฮอลล์
2. การทดสอบวงจรขยายสัญญาณวัด
3. การปรับเทียบและทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า
4. การทดสอบหาผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อวัดต์ทรานสดิวเซอร์

5.2 การทดสอบตัวคูณสัญญาณของฮอลล์

ในการทดสอบตัวคูณสัญญาณของฮอลล์จะทำเพื่อหาความเป็น เชิง เส้นของ สัญ ญาณ เอาท์พุท, ผลของอุณหภูมิที่มีต่อเอาท์พุท, คุณสมบัติทางความถี่ และเฟสชิฟท์ระหว่างกระแสเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก Im และแรงดันเอาท์พุทของฮอลล์ Vh ซึ่งได้ผลการทดลองตามหัวข้อ 5.2.1-5.2.4 ตามลำดับ

5.2.1 การทดสอบความเป็นเชิงเส้น

การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของตัวคูณสัญญาณนี้ จะทำการวัดเปรียบเทียบกระแส Im ที่ไหลผ่านวงจรสนามแม่เหล็ก กับแรงดันเอาท์พุทของฮอลล์ โดยคงที่ค่ากระแสควบคุม Ic ซึ่งในที่นี้คือคงที่ค่าแรงดันที่ป้อนเข้าที่ T1 ของวงจรตามรูปที่ 4.12 ให้มีค่าประมาณ 2.000 โวลท์ จะได้ค่า Ic ประมาณ

10.00 mA จากนั้นจึงป้อนกระแส Im ตั้งแต่ 0.00 - 5.00 แอมป์ ทั้ง DC และ AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่5.1 ตามตารางผลการทดลองที่ 5.1 ของภาคผนวก จ.

5.2.2 การทดสอบผลของอุณหภูมิ

การทดสอบหาผลของอุณหภูมิที่มีต่อเอาท์พุทของของตัวคูณสัญญาณ จะทำการทดลองเพื่อหาค่าความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณเอาท์พุทในฟังก์ชั่นของอุณหภูมิ โดยการทดลองด้วยสัญญาณรูปคลื่นไซน์ 50 Hz ที่ค่า Ic = 10 mA และ Im = 2.50 A ที่อุณหภูมิ 20 - 70 °C โดยให้อุณหภูมิห้องที่ 25 °C เป็นอุณหภูมิอ้างอิงผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5.2 ตามตารางผลการทดลองที่ 5.2 ของภาคผนวก จ.

5.2.3 การทดสอบคุณสมบัติทางความถี่

การทดสอบคุณสมบัติทางความถี่ของตัวคูณสัญญาณ จะทำการทดลองเพื่อหาความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณเอาท์พุทในฟังก์ชั่นของความถี่ โดยทดลองด้วยสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ที่ค่า Ic = 10.00 mA และ Im =2.50 A (B ≅ 0.045 T) ความถี่ 0, 50, 200, 400, 600, 1,000 และ 1,500 Hz ตามลำดับได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.3 ตามตารางผลการทดลองที่ 5.3 ของภาคผนวก จ.

5.2.4 การทดสอบหาค่าเฟสชิฟท์

เฟสชิฟท์ระหว่างกระแสเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก Im และ แรงดันเอาท์พุทของฮอลล์ Vh เป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุที่สำคัญสองประการคือ ฮีสเตอเรซีสของแกนแม่เหล็ก และ คาซีโรคอมโปเนนท์อินดัคแตนซ์ซึ่งทำให้มุมเฟสมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความถี่ ในการทดลองจึงต้องหาค่าเฟสชิฟท์ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน โดยป้อนกระแส DC 10.00 mA ให้กับด้านกระแสควบคุมของฮอลล์เยนเนอเรเตอร์ และป้อนกระแส Im รูปคลื่นไซน์ 2.50 A ที่ค่าความถี่ 0, 50, 200, 400, 600, 1,000, และ 1,500 Hz ตามลำดับ ให้กับวงจรสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ แล้ววัดค่ามุมเฟสระหว่างกระแส Im และแรงดันเอาท์พุท Vh ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 5.4

5.3 การทดสอบวงจรขยายสัญญาณวัด

การทดสอบวงจรขยายสัญญาณวัด จะกระทำเพื่อหาความเป็นเชิงเส้นของการขยายสัญญาณแบบดิฟเฟอเร็นเชียล และผลของอุณหภูมิต่อเอาท์พุทของวงจรขยายสัญญาณวัด ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 5.5-5.6 ตามตารางผลการทดลองที่ 5.5-5.6 ของภาคผนวก จ.

5.4 การปรับเทียบและทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการปรับเทียบวัตต์ทรานสดิวเซอร์ อันได้แก่การปรับค่าแรงดันออฟเซ็ทและอัตราการขยายของวงจรขยายสัญญาณวัด และการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าทั้ง AC, DC และทรานเซียนท์ เพื่อหาความเที่ยงตรงของวัตต์ทรานสดิวเซอร์ที่สร้างขึ้น

5.4.1 การปรับเทียบวัตต์ทรานสดิวเซอร์

ก่อนที่จะทำการปรับค่าอัตราขยายสัญญาณของออปแอมป์ A1 - A4 จำเป็นจะต้องปรับค่าแรงดัน DC ออฟเซ็ทของออปแอมป์ให้เป็นศูนย์เสียก่อน โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้า ± 15 โวลท์ ให้กับวงจรวัตต์ทรานสดิวเซอร์ แล้วทำการวัดและปรับค่าความต้านทานจนแรงดัน DC ที่วัดได้มีค่าประมาณ 0.000 โวลท์ ตามตารางที่ 5.1

ออปแอมป์	จุดวัด	จุดต่อลงดิน	จุดปรับ
A1A	ขา1	T1	R5
A2	ขา6	ขา2	R10
A3	T4	ขา5,10	R34
A4	T5	T4	R39

ตารางที่ 5-1 แสดงการปรับ ค่าแรงดัน DC ออฟเซ็ทของออปแอมป์

จากนั้นจึงทำการปรับระดับของสัญญาณ ณ.จุดต่าง ๆ ตามขั้นตอนดังนี้คือ

1. ปรับย่านวัด AC 230 โวลท์ ป้อนแรงดันกระแสสลับ 230.00 โวลท์ เข้าที่ขั้วแรงดันอินพุทวัดแรงดันที่ขา 1 ของ A1A ปรับค่า R4 จนอ่านค่าแรงดันได้ 2.000 โวลท์

2. ปรับย่านวัด DC 230 โวลท์ ป้อนแรงดันกระแสตรง 230.00 โวลท์ เข้าที่ขั้วแรงดันอินพุทวัดแรงดันที่ขา 1 ของ A1A ปรับค่า R20 จนอ่านค่าแรงดันได้ 2.000 โวลท์

3. ปรับย่านวัด AC 230 โวลท์ ป้อนแรงดันกระแสสลับ 230 โวลท์ เข้าที่ขั้วแรงดันอินพุท และป้อนกระแสสลับ 5.00 แอมป์ ที่มีเฟสเดียวกันกับแรงดันเข้าที่ขั้วกระแสอินพุท วัดแรงดัน DC ที่ขั้วเอาท์พุท T5ปรับค่า R34 จนอ่านค่าแรงดันได้ 5.000 โวลท์

5.4.2 การทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า

การทดสอบวัดกำลังไฟฟ้าจะทำการทดลองทั้ง DC และ AC 50 Hz ที่ตัวประกอบกำลัง 100%, 80 % และ 50 % ทั้งนำหน้าและล้าหลัง โดยใช้ดิจิตอลโวลท์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าของฮอลล์ที่ขั้วเอาท์พุทเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์มาตรฐานและค่าที่คำ นวณ ได้ จากกระ แส และแรงดันโหลด และโดยการวัดด้วยออสซิลโลสโคปเพื่อศึกษาสัญญาณกำลังไฟฟ้าชั่วขณะเปรียบเทียบกับสัญญาณกระแสและแรงดันโหลด และเพื่อศึกษาสัญญาณกำลังไฟฟ้าทรานเซียนท์ ขณะเริ่มเดินมอเตอร์, ในฟิวส์และเซอร์กิตเบรคเกอร์ขณะทำงาน

ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5.7 - 5.11 ตามตารางผลการทดลองที่ 5.7 - 5.11 ของภาคผนวก จ. และการวัดกำลังไฟฟ้าทรานเซียนท์ด้วยออสซิลโลสโคปของมอเตอร์ขณะเริ่มเดินและกำลังไฟฟ้าทรานเซียนท์ของฟิวส์และเซอร์กิตเบรคเกอร์ขณะทำงาน แสดงไว้ในรูปที่ 5.14 - 5.21

จากรูป 5.14 - 5.18 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคปเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณกำลังไฟฟ้าชั่วขณะ (p), กำลังไฟฟ้าประสิทธิผล (P) และแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ (v) ตามลำดับ ที่ค่าความถี่ในสาย (50 Hz) ในภาวะของโหลด

ต่าง ๆ กัน และรูปที่ 5.19 - 5.21 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าทรานเซียนท์ ที่จุด s ตามภาพ คือจุดที่เริ่มทำการวัด (START MEASURMENT) ซึ่งเป็นขณะเดียวกันกับ ที่เริ่มจ่ายกระแสให้กับวงจรทดสอบ ดังนั้นจะเห็นว่าสัญญาณกำลังไฟฟ้าประสิทธิผล P จะเริ่มจากศูนย์ขึ้นไปในขณะที่สัญญาณกำลังไฟฟ้าชั่วขณะ p มีค่าสูงสุด และสัญญาณ P ยังไม่ ลดลงเป็นศูนย์โดยทันที ในขณะที่เบรกเกอร์ หรือฟิวส์ทำงาน (TRIP) ที่จุด t ทั้งนี้เนื่องมาจาก TIME LAG ของวงจรตัวกรองความถี่ต่ำผ่านนั่นเอง จากการทดลองพบว่า TIME LAG ของวงจรมีค่าประมาณ 60 mS

5.5 การทดสอบผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อวัตต์ทรานสดิวเซอร์

การทดสอบผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อวัตต์ทรานสดิวเซอร์จะทำการทดลองเพื่อหาการ เปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลของอุณหภูมิ และเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันของวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

5.5.1 การทดสอบผลของอุณหภูมิ

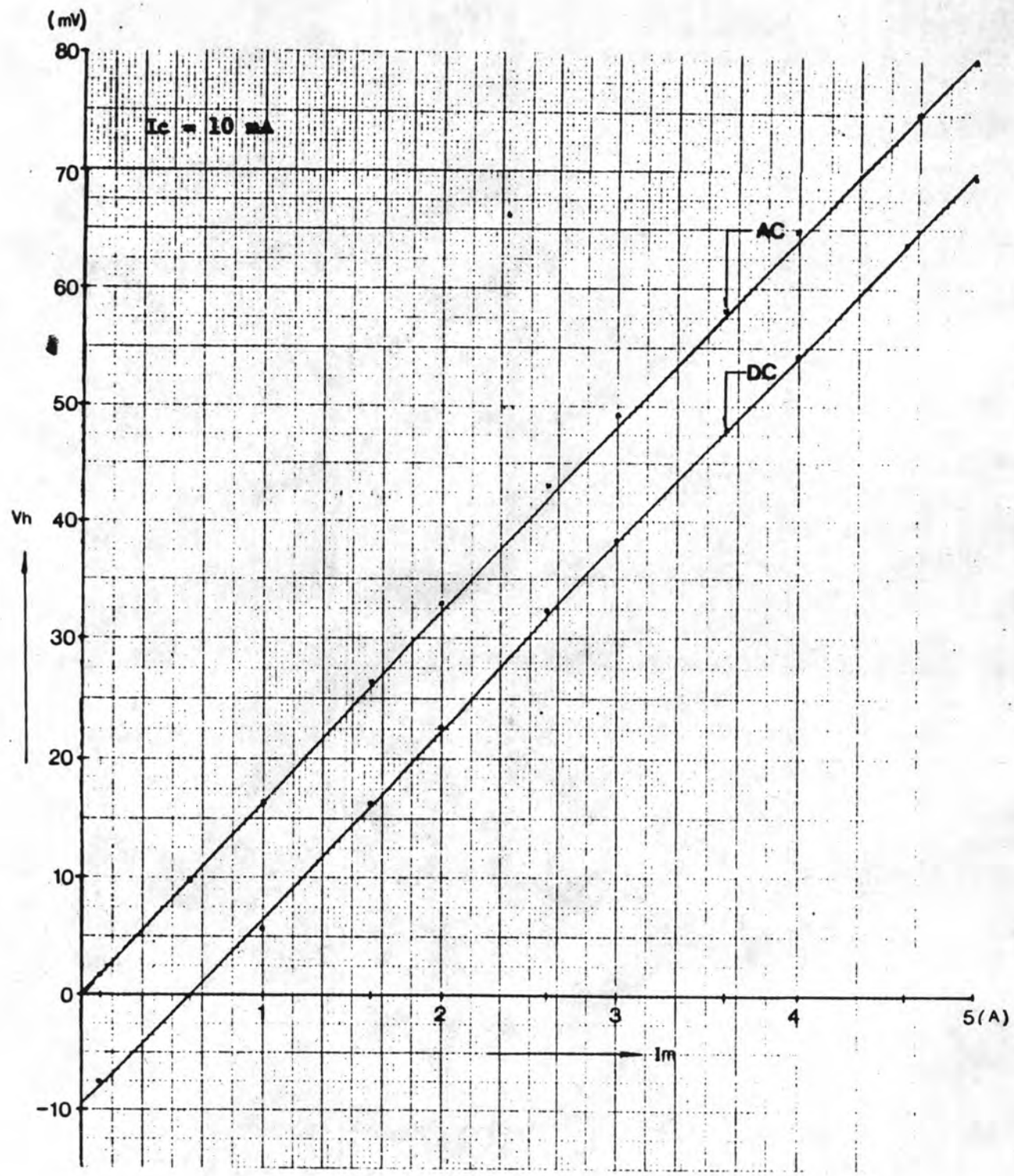
การทดสอบผลของอุณหภูมิที่มีต่อวัตต์ทรานสดิว เซอร์จะ ทำ การทดลอง โดยการปรับ ย่านวัดของวัตต์ทรานสดิวเซอร์ไว้ที่ AC 230.00 โวลท์ ป้อนสัญญานแรงดัน 230.00 โวลท์และกระแส 2.50 แอมป์ AC 50 Hz เข้าที่ขั้วอินพุทของทรานสดิวเซอร์ แล้ววัดสัญญาณเอาท์พุทที่อุณหภูมิตั้งแต่ 20 - 70 °C ผลการทดลองแสดงดังรูป 5.12 ตามตารางผลการทดลองที่ 5.12 ของภาคผนวก จ.

5.5.2 การทดสอบผลของการเปลี่ยนแปลงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

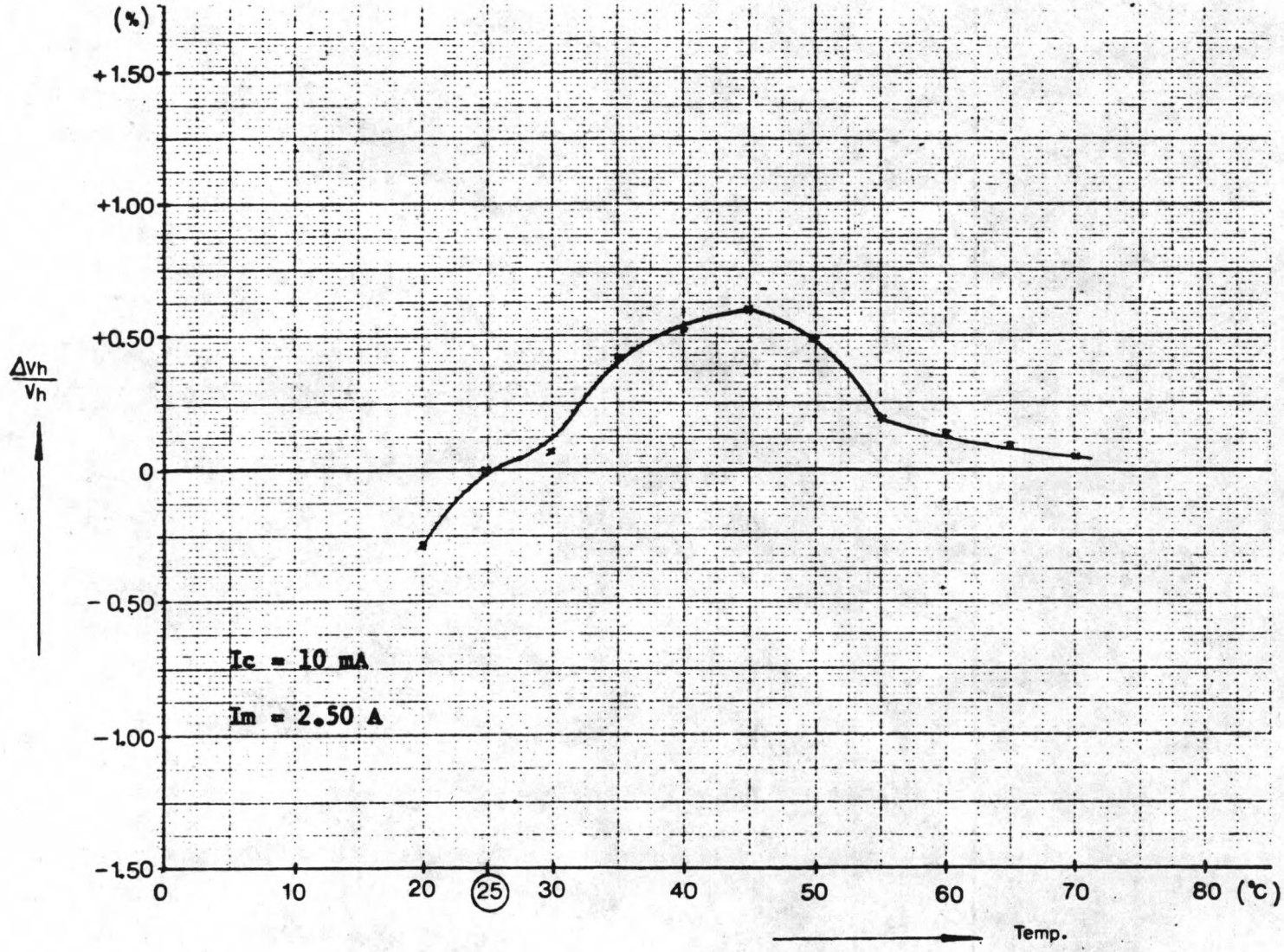
การทดสอบผลการเปลี่ยนแปลงระ ดับ แรงดัน ไฟ ฟ้า จะ ทำ การทดลอง โดยปรับ ย่านวัดของวัตต์ทรานสดิวเซอร์ไว้ที่ AC 230 โวลท์ ป้อนสัญญานแรงดัน 230.00 โวลท์ และกระแส 2.50 แอมป์ AC 50 Hz เข้าที่ขั้วอินพุทของทรานสดิวเซอร์ แล้ววัดสัญญานเอาท์พุทที่ได้ โดยการเปลี่ยนแปลงแรงดัน AC 230 โวลท์ ที่จ่ายให้กับวงจรแรงดัน ± 15 % ผลการทดลองแสดงรูปที่ 5.13 ตามตาราง

ผลการทดลองที่ 5.15 ของภาคผนวก จ.

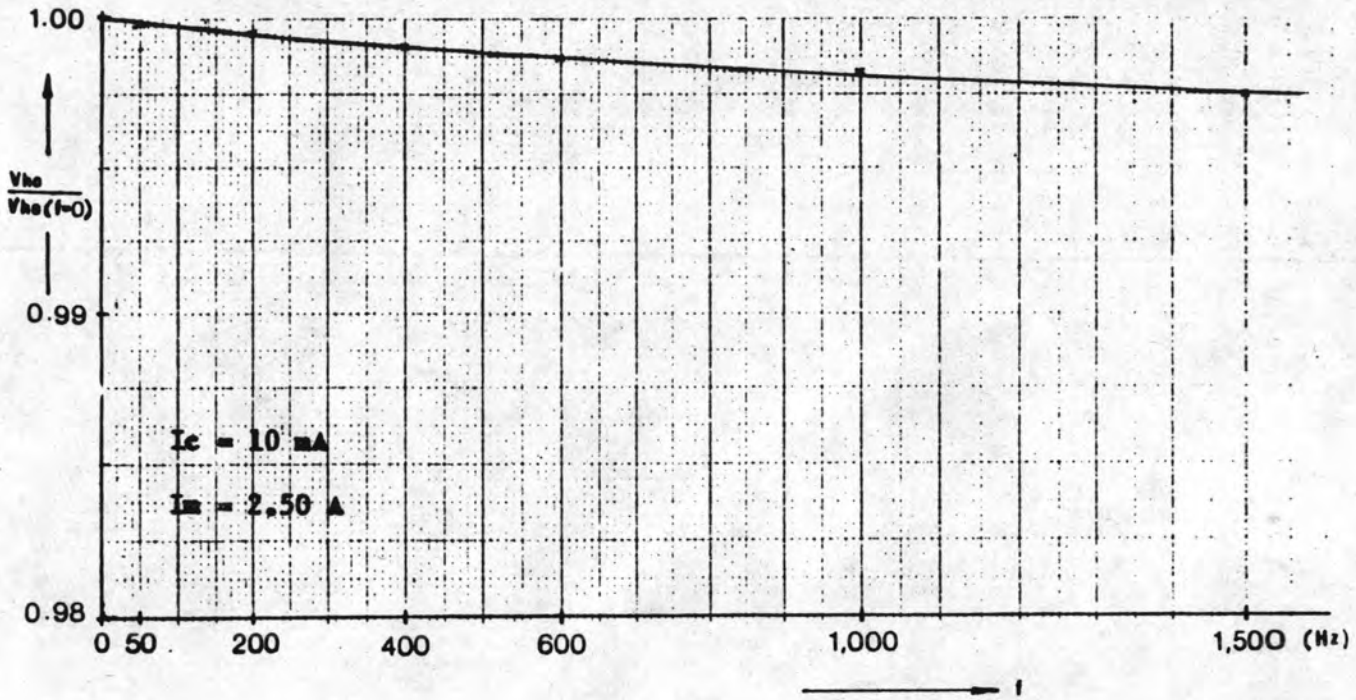
ในบทต่อไปจะกล่าวถึงตัวอย่างการใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ Z - 80 เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานของฮอลล์เอฟเฟ็ควัตต์ทรานสดิวเซอร์



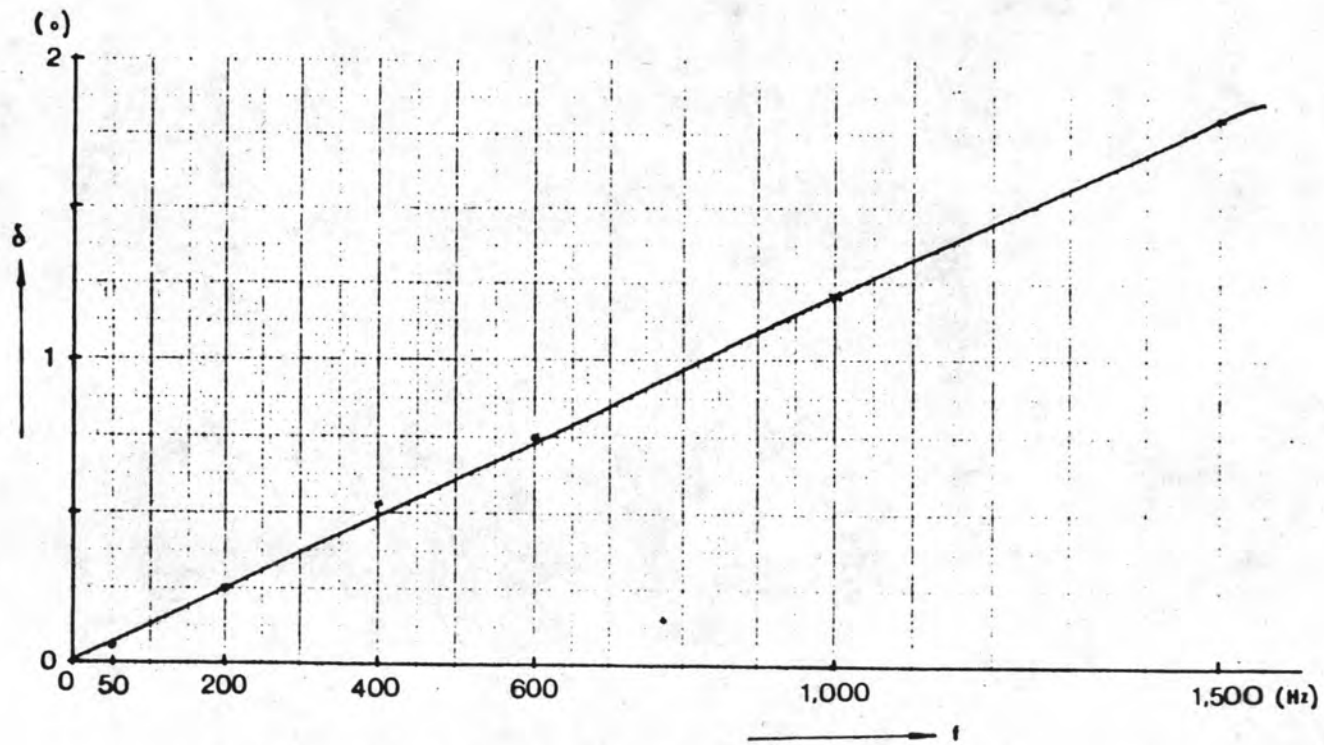
รูปที่ 5.1 แรงดันเอาท์พุทของตัวคูพสัญญาณในฟังก์ชันของกระแสเทียบน้ำสนามแม่เหล็ก



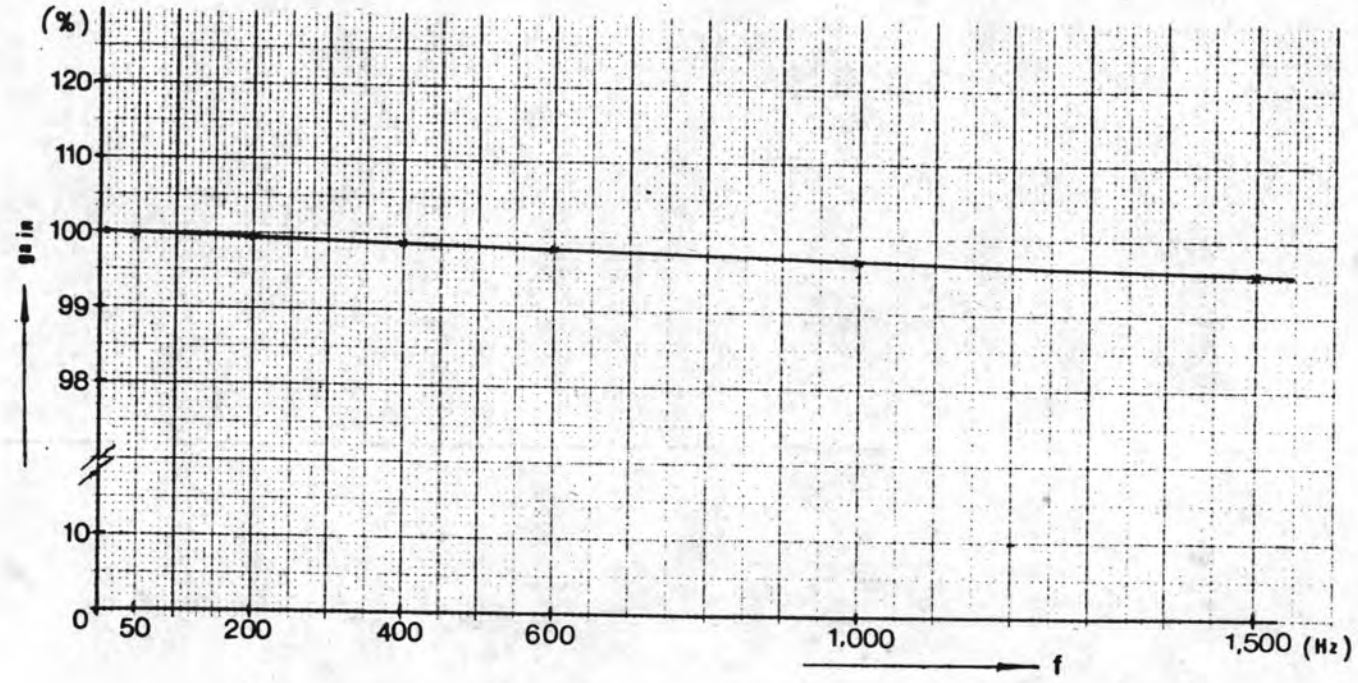
รูปที่ 5.2 ผลของอุณหภูมิต่อเอาท์พุทของตัวคณสัญญาณ



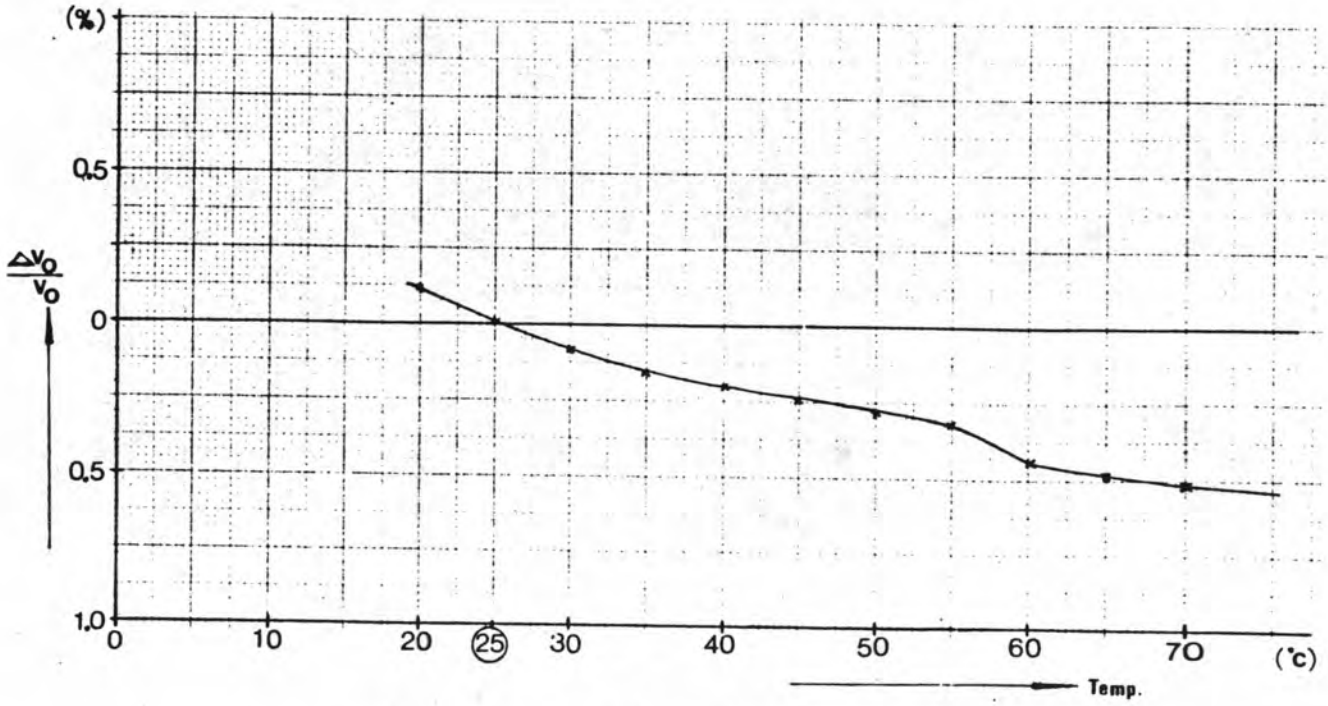
รูปที่ 5.3 ผลของความถี่ต่อแรงดันเอาท์พุทของตัวคูณสัญญาณ



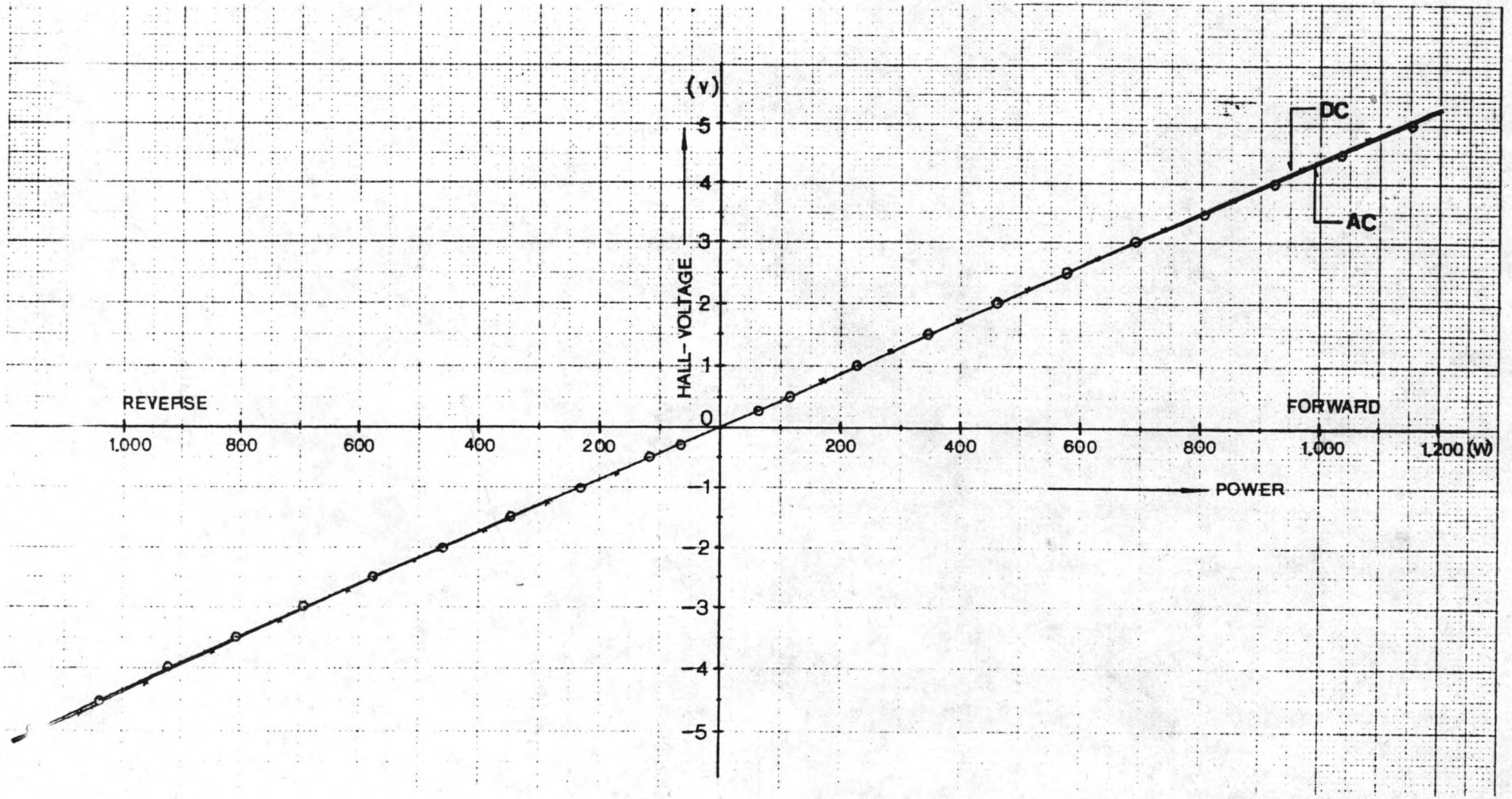
รูปที่ 5.4 แสดงค่าเฟสชิฟท์ของแรงดันเอาท์พุทของตัวคูณสัญญาณในฟังก์ชันของความถี่



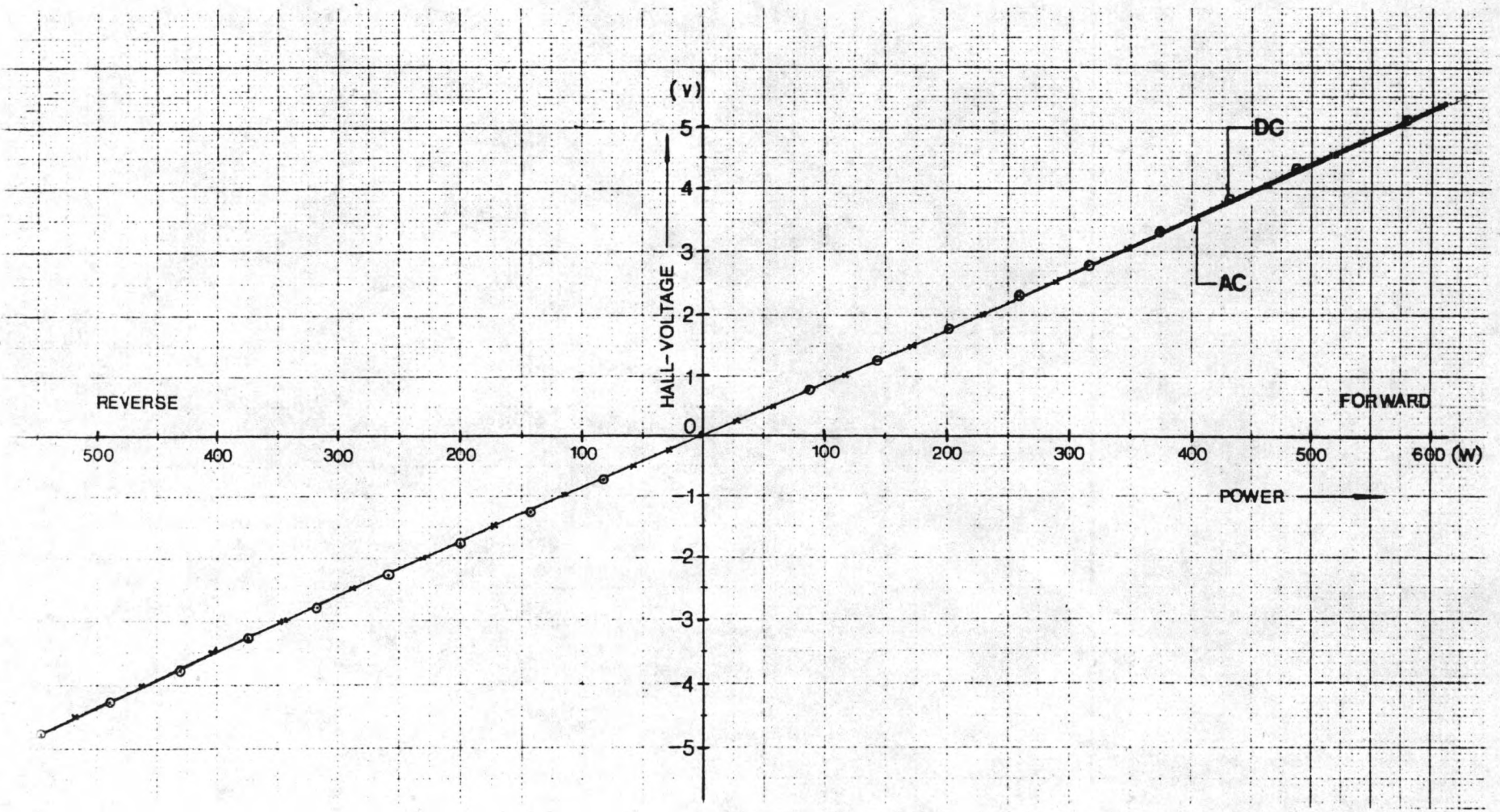
รูปที่ 5.5 แสดงอัตราขยายแบบคิฟเฟอเร็นเชียลของวงจรขยายสัญญาณวัดในฟังก์ชั่นของความถี่



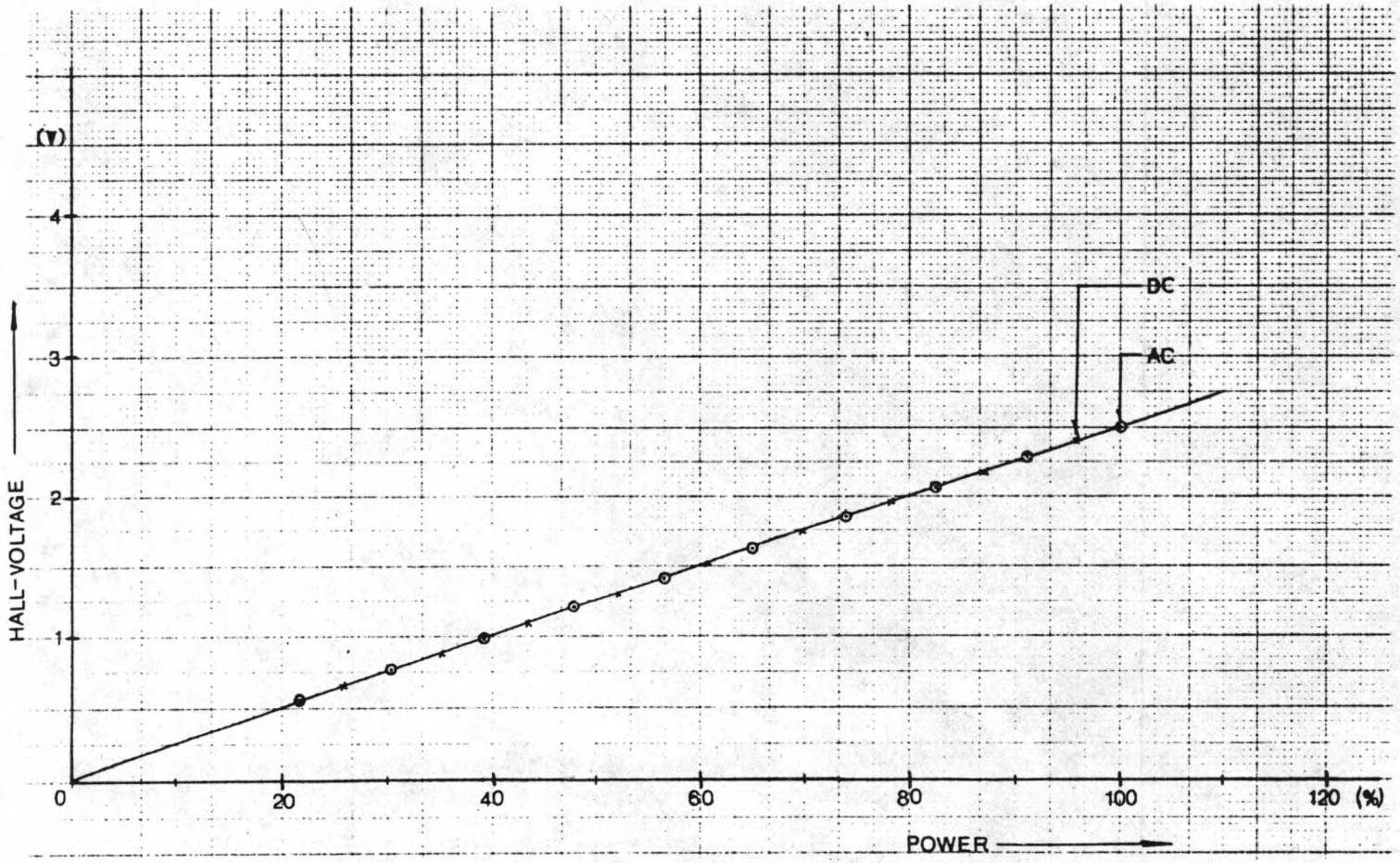
รูปที่ 5.6 ผลของอุณหภูมิต่ออาหารของวงจรขยายสัญญาณวัด



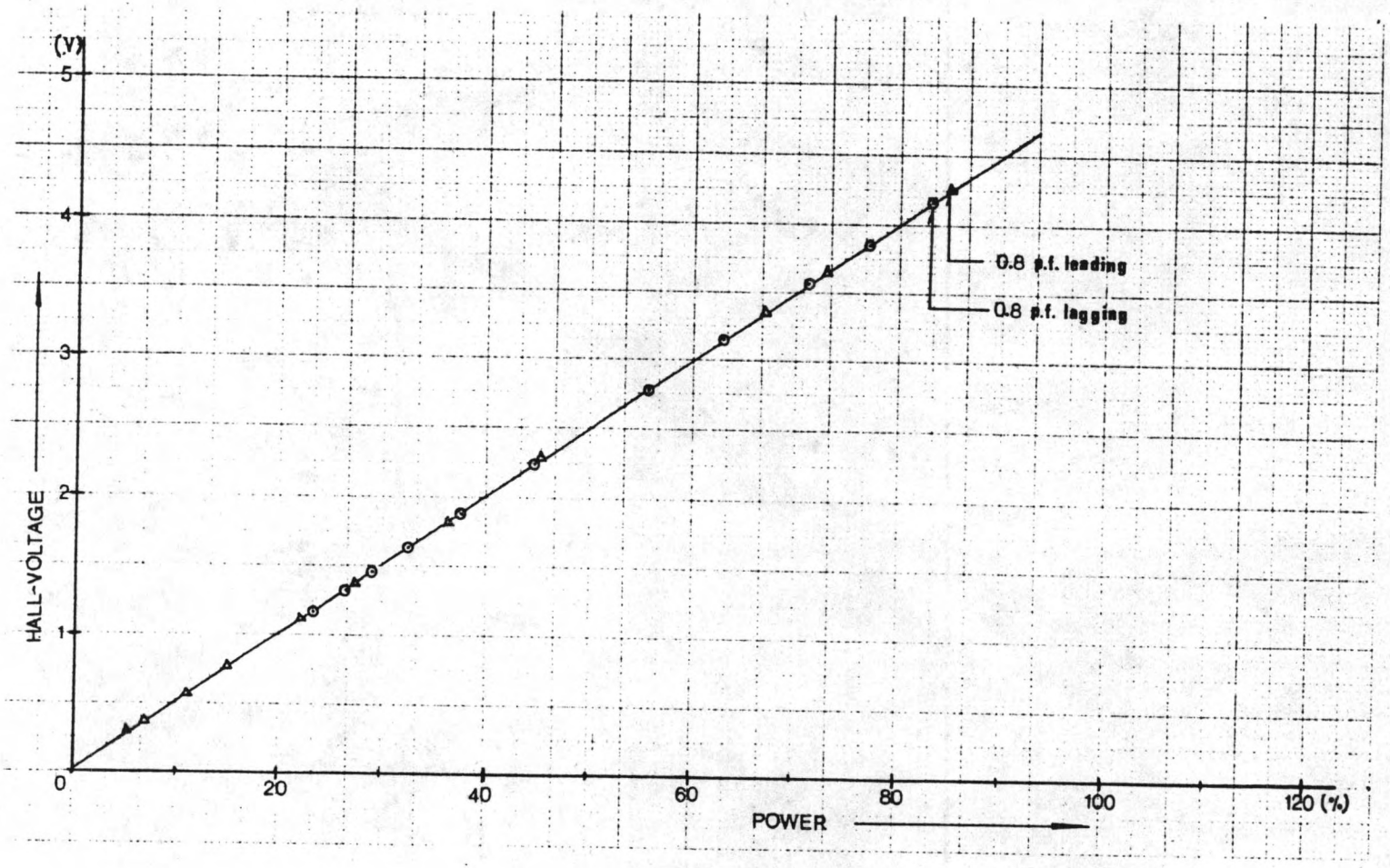
รูปที่ 5.7 CALIBRATION CURVE ของวัตต์ทรานสดิวเซอร์ ย่านวัด 230 โวลท์



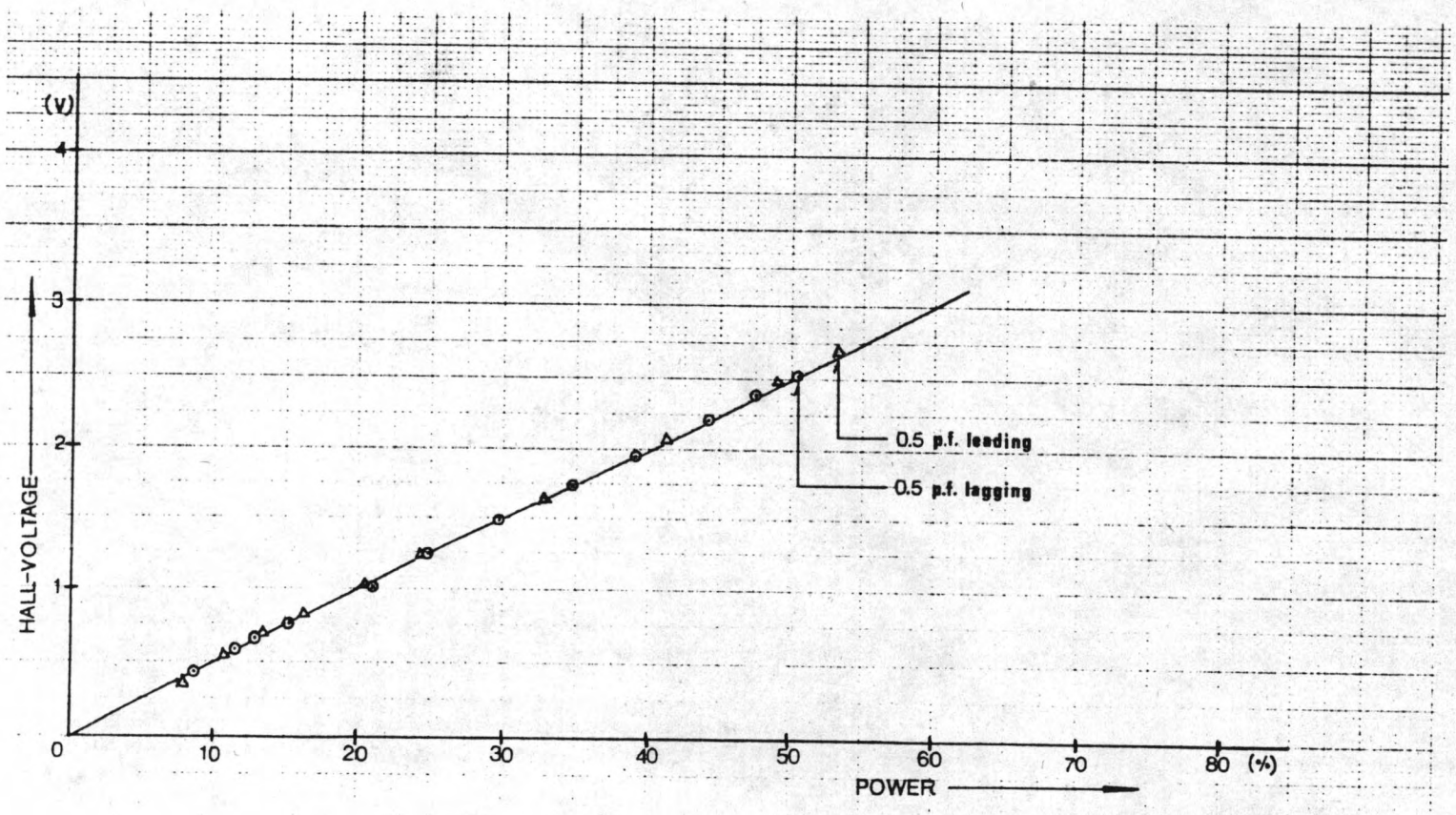
รูปที่ 5.8 CALIBRATION CURVE ของวัตต์ทรานสดิวเซอร์ ย่านวัด 115 โวลท์



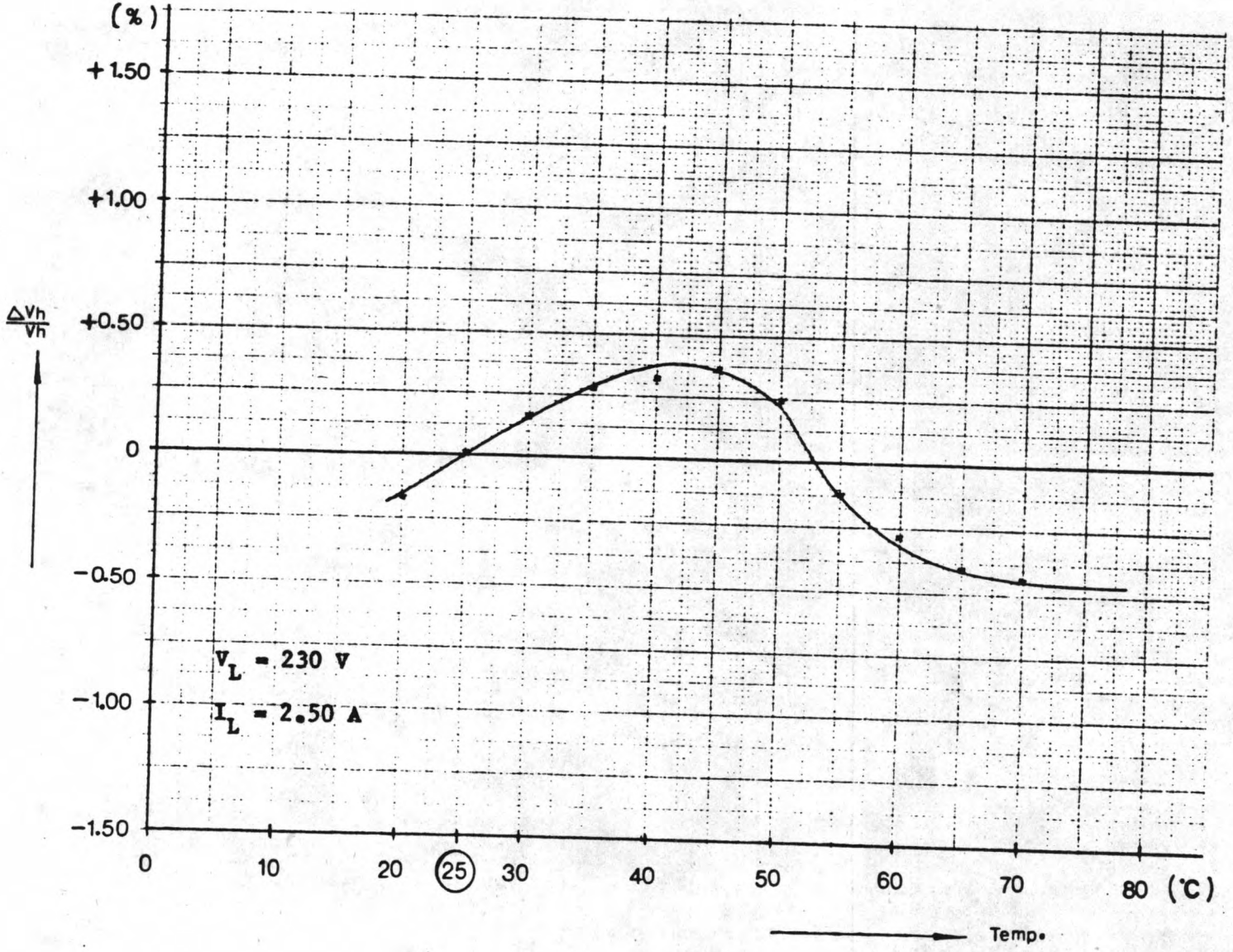
รูปที่ 5.9 CALIBRATION CURVE ของวัตต์ทรานสดิวเซอร์เมื่อคงที่กระแสอินพุท
ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1



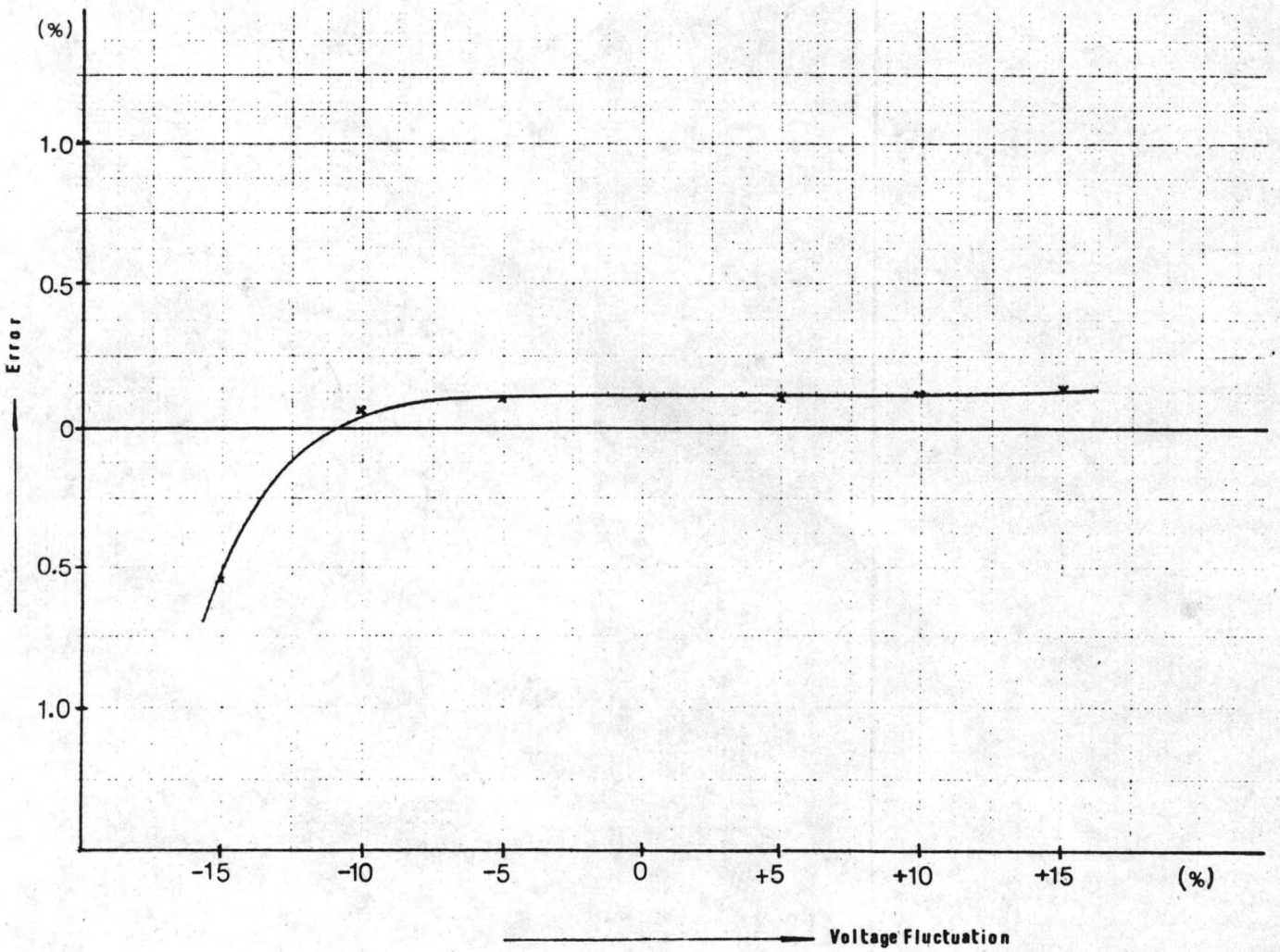
รูปที่ 5.10 CALIBRATION CURVE ของวัตต์ทรานสดิวเซอร์ที่ค่าตัวประกอบกำลัง 0.8



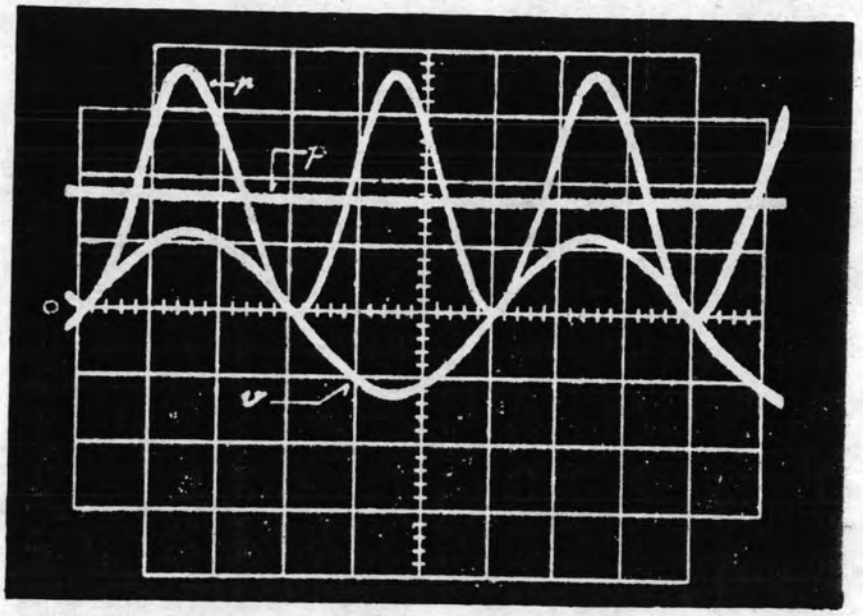
รูปที่ 5.11 CALIBRATION CURVE ของวัตต์ทรานสดิวเซอร์ที่ค่าตัวประกอบกำลัง 0.5



รูปที่ 5.12 ผลของอุณหภูมิต่อเอาทพุทของทรานสดิวเซอร์

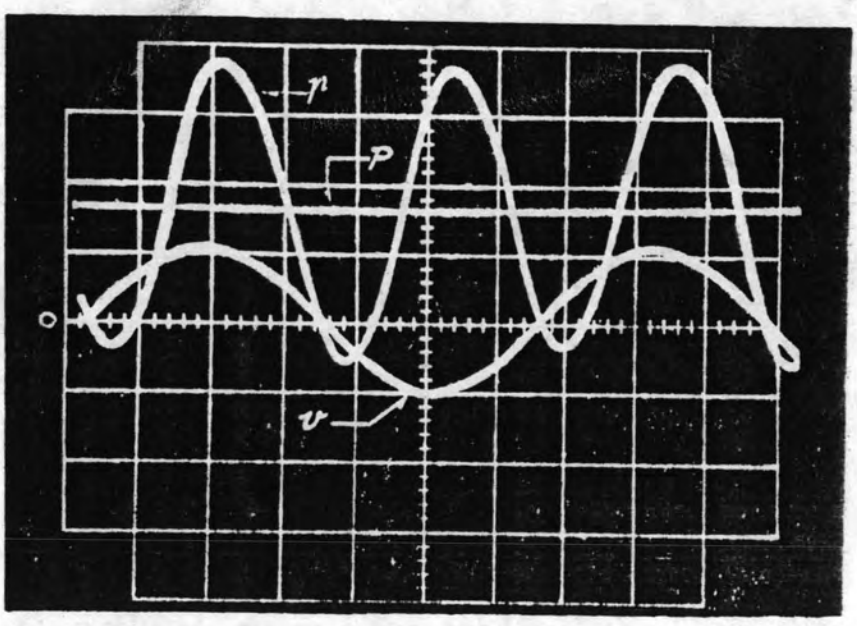


รูปที่ 5.13 ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุทของวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเอาท์พุท
ของทรานสดิวเซอร์



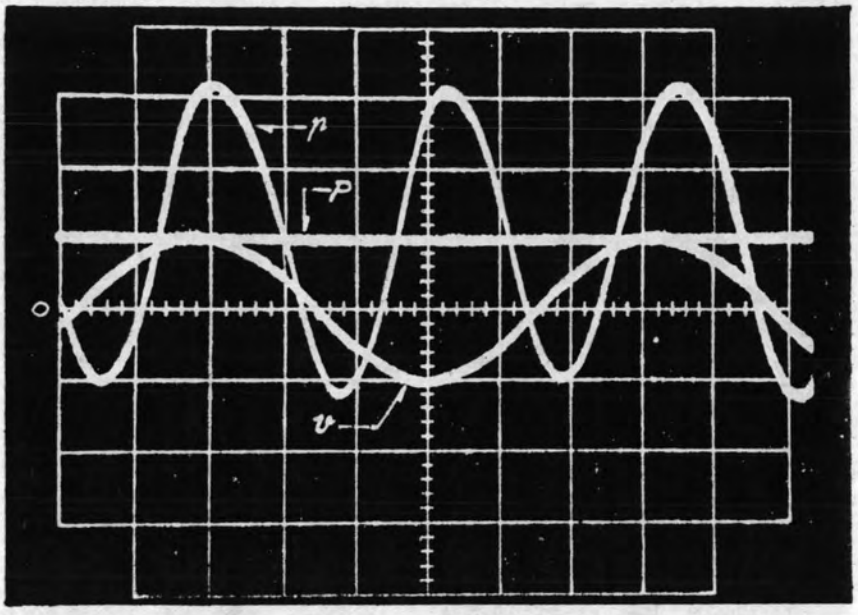
รูปที่ 5.14 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าของโหลดที่มีตัวประกอบกำลัง 100%

(สเกล 3.2 mS/DIV, v :220 V/DIV, p :1 V/DIV, P :1 V/DIV)



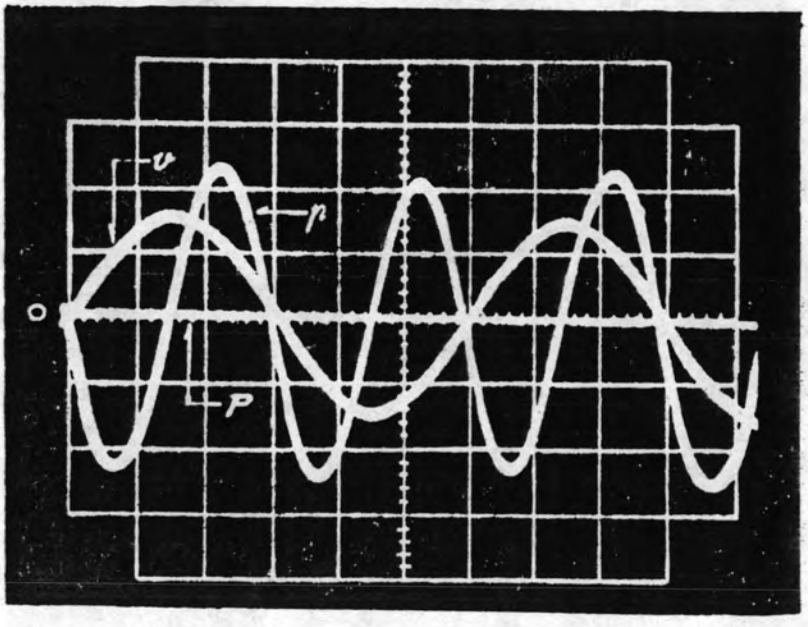
รูปที่ 5.15 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าของโหลดที่มีตัวประกอบกำลัง 80 % ล้าหลัง

(สเกล 3.2 mS/DIV, v:220 V/DIV, p:1 V/DIV,P :1 V/DIV)



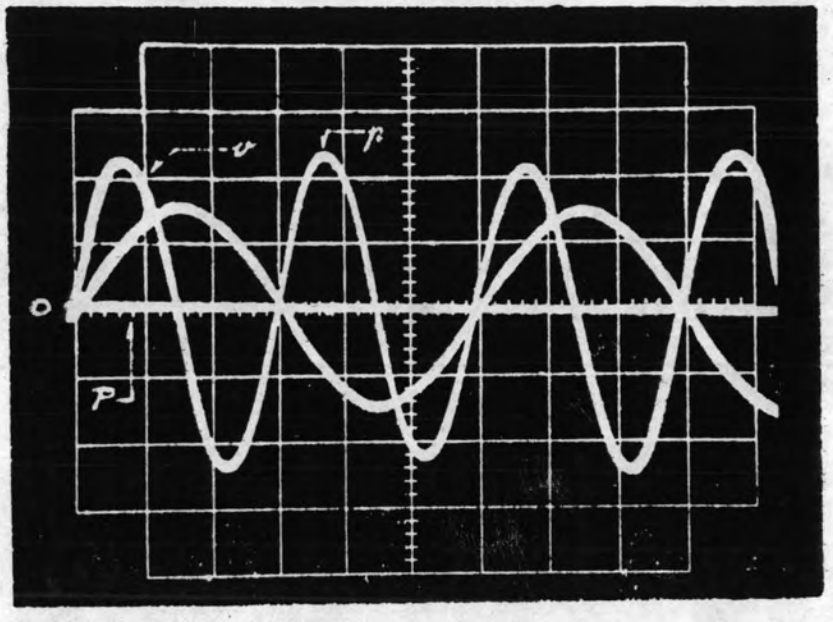
รูปที่ 5.16 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าของโหลด ที่มีตัวประกอบกำลัง 50 % ล้าหลัง

(สเกล 3.2 mS/DIV, v: 220 V/DIV, p: 1 V/DIV, P: 1 V/DIV)



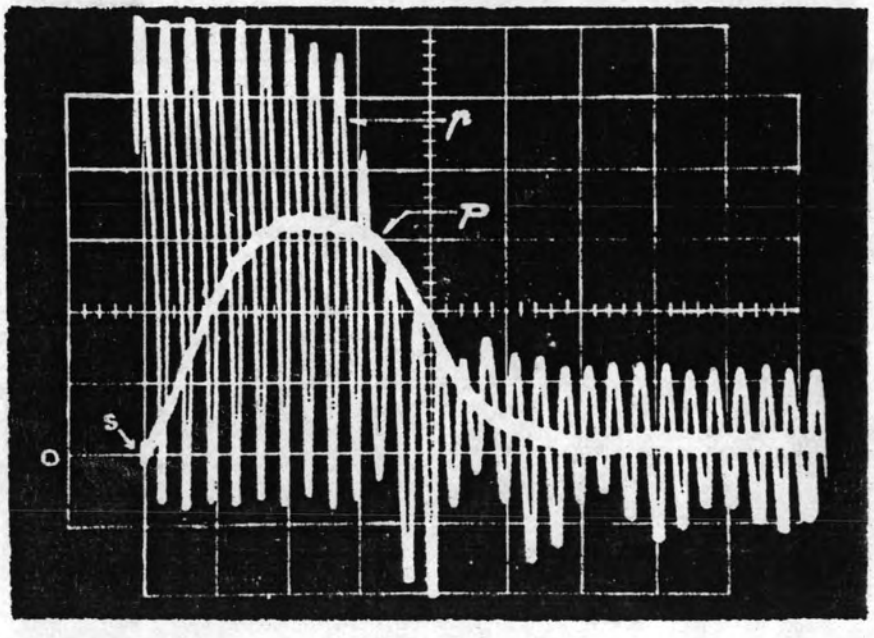
รูปที่ 5.17 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าอินดักเตอร์โหลด

(สเกล 3.2 mS/DIV, v: 220 V/DIV, p:1 V/DIV, P: 1 V/DIV)



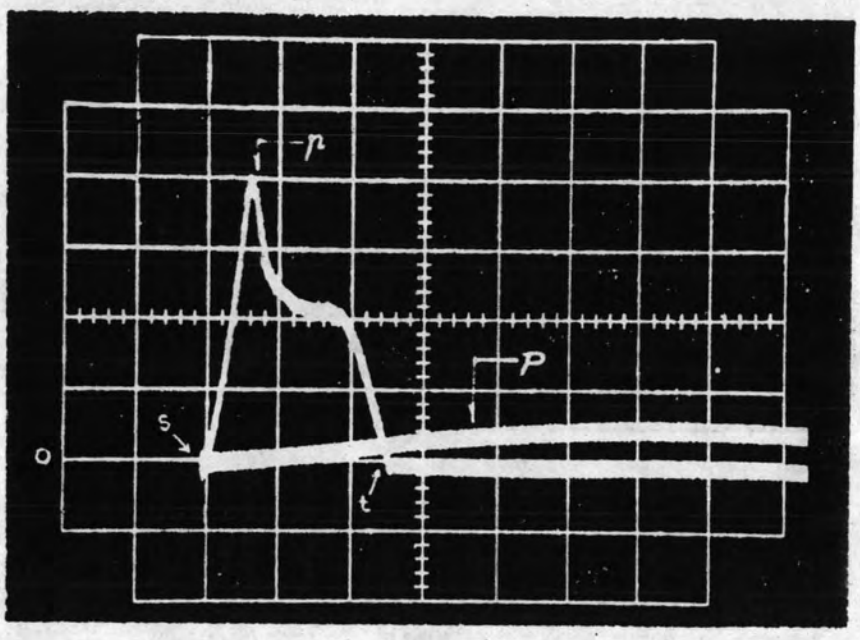
รูปที่ 5.18 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าของคาปาซิตีฟโหลด

(เสกล 3.2 mS/DIV, v : 220 V/DIV, p: 1 V/DIV, P : 1 V/DIV)



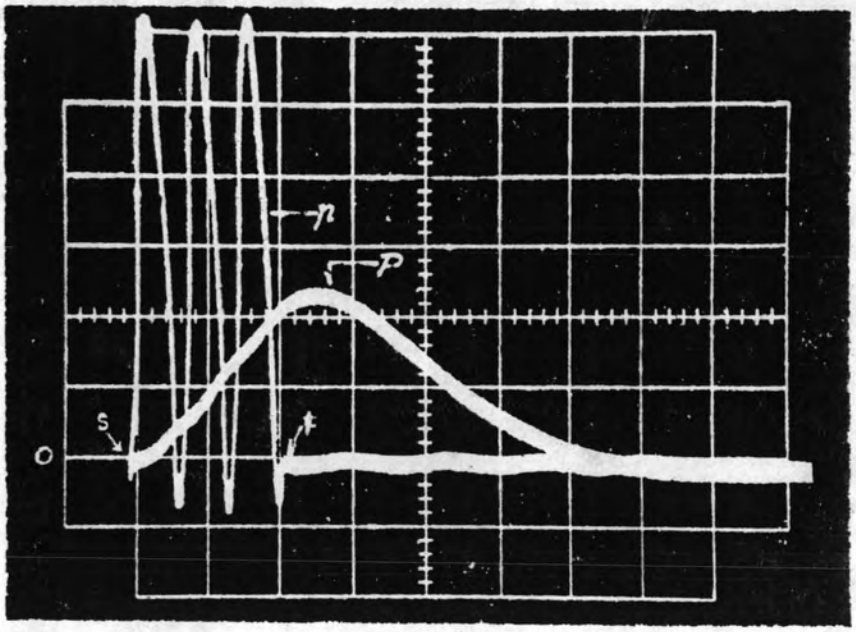
รูปที่ 5.19 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าของทรานเซียนท์และเริ่มเดินมอเตอร์

(เสกล 30 mS/DIV, 2 V/DIV)



รูปที่ 5.20 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าทรานเซียนท์และที่ไม่มีกำลังขาดออกจากกัน

(สเกล 2 mS/DIV, 2 V/DIV)



รูปที่ 5.21 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าทรานเซียนท์และที่เซอร์กิตเบรคเกอร์กำลังทำงาน

(สเกล 10 mS/DIV, 2 V/DIV)