การออกแบบและสร้างโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ

นายตนัย ศรีชัญญา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2521

000771

I15539148

A Design and Construction of an Alternating Current Potentiometer

MR. Danai Srithanya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1978

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ

โดย นายตนัย ศรีชัญญา

แผนกวิชา ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิยโย บันยารชุน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เล็งทะพันธุ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุทธ อัศวมาส)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ขจรยศ อยู่ดี)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิยโย บันยารชุน)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ

ชื่อนิสิต นายดนัย ศรีธัญญา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิยโย บันยารชุน

แผนกวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2521

บทคัดย่อ

โปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณทางกระแสสลับ หลักการของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับคือ การทำให้ขนาดและมุมเฟสของศักดาสลับที่ไม่ทราบค่ากับศักดาสลับที่ทำมาตรฐานไว้แล้วมีค่าเท่ากัน เพื่อให้เกิดการสมดุลย์ ทั้งนี้ศักดาสลับทั้งสองจะต้องมีความถี่และรูปคลื่นเหมือนกัน ในงานวิจัยนี้ได้สร้างโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต ชนิดลวดความต้านทานยาว 50 เซ็นติเมตร เครื่องมือนี้ประกอบด้วยโปเทนชิโอมิเตอร์สองส่วนคือ อินเฟสโปเทนชิโอมิเตอร์ และควอเดรเจอร์โปเทนชิโอมิเตอร์ ศักดาสลับที่ไม่ทราบค่าจะถูกวัดในเทอมของศักดาสลับสองชนิดตามแกนพิกัดฉาก ซึ่งแทนด้วยศักดาสลับที่คร่อมลวดความต้านทานของโปเทนชิโอมิเตอร์ทั้งสองที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา เมื่อใช้เครื่องมือนี้ทดลองวัดศักดาสลับพบว่า ความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 1 % ในช่วงการวัดตั้งแต่ 0.1 ถึง 1 โวลต์

Thesis Title	A Design and Construction of an Alternating Current Potentiometer
Name	Mr. Danai Srithanya
Thesis Advisor	Dr. Bhiyayo Panyarjun
Department	Physics
Academic Year	1978

ABSTRACT

The alternating current potentiometer is the instrument for alternating measurement. The principle of the alternating current potentiometer is that the magnitudes and phases angle of the unknown voltage and the standard voltage must be made equal for the balance to be obtained. It follows that the two voltages have to possess exactly the same frequency and wave form. In this research, the 50 c.m. resistance wire type coordinate alternating current potentiometer is constructed. The instrument consists of two parts, namely inphase potentiometer and quadrature potentiometer. The unknown voltage is measured in terms of two components along rectangular coordinate represented by the voltage drops on the resistance wires of the two potentiometers, which have the phase difference of 90°. In the experiment, the error is 1 % for the voltage measured by this instrument in the range from 0.1 to 1 volt.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ด้วยการให้คำแนะนำและคำปรึกษาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภิยโย บันยารชุน และได้รับความช่วยเหลือหลายประการจาก พ.จ.อ. พูน อาจปรุ จึงขอขอบคุณท่านทั้งสองไว้ ณ ที่นี้

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
4.1	คุณสมบัติประจำตัวของหลอด EL 84	28
5.1	การทดลองที่ 1	66
5.2	การทดลองที่ 2	69
5.3	การทดลองที่ 3	72
5.4	การทดลองที่ 4	75
5.5	การทดลองที่ 5	77
5.6	การทดลองที่ 6	79

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	วงจรที่มีตัวต้านทานอย่างเดียว	4
2.2	การเปลี่ยนแปลงของ e และ i	4
2.3	วงจรที่มีตัวจุอย่างเดียว	5
2.4	การเปลี่ยนแปลงของ e และ i	5
2.5	แสดง e ตามหลัง i เป็นมุม 90 องศา	5
2.6	วงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียว	6
2.7	แสดงการเปลี่ยนแปลงของ e และ i	6
2.8	แสดง e นำหน้า i เป็นมุม 90 องศา	7
2.9	ไฟฟ้ากระแสสลับในระนาบเวคเตอร์	8
2.10	ไฟฟ้ากระแสสลับในระนาบรูปคลื่น	8
2.11	ไฟฟ้ากระแสสลับแทนได้ด้วยเวคเตอร์หมุน A	8
2.12	R L C ต่ออนุกรมกัน	10
2.13	แสดงเฟสของศักดา	10
2.14	ตัวต้านทานต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	10
2.15	การเปลี่ยนแปลงของกระแส	10
2.16	การเปลี่ยนแปลงความร้อนและกระแส	11
3.1	แสดงหลักการของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสตรง	13
3.2	ศักดาสลับเขียนในรูปเวคเตอร์แบบโพลาร์	15
3.3	แสดงหลักการของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโพลาร์	15
3.4	วงจรเบื้องต้นของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต	17

รูปที่ หน้า

3.5 การจัดวงจรโดยอาศัยสวิทช์ผันกลับเป็นตัวเปลี่ยนเครื่องหมายศักดาสลับ 19

3.6 แสดงแผนผังของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต 20

4.1 แผนผังวงจรออสซิลเลเตอร์ 22

4.2 R - C เป็นตัวแยกเฟส 23

4.3 เส้นวงกลมบนออสซิลโลสโคป เมื่อ $R = \frac{1}{wC}$ 23

4.4 วงจรเครื่องแยกเฟส 24

4.5 แผนผังหลอดเพนโทด 25

4.6 วงจรขยายโดยใช้หลอดเพนโทด 26

4.7 วงจรขยายใช้หลอด EL 84 ความถี่ป้อน 1000 เฮิทซ์ 29

4.8 วงจรขยายคู่ใช้หลอด EL 84 30

4.9 วงจรโปเทนชิโอมิเตอร์ทั้งสอง 31

4.10 เส้นบนจอออสซิลโลสโคปแสดงเฟสต่างกัน 90 องศา 32

4.11 สวิทช์สองขั้วสองทางและสวิทช์ผันกลับ 32

4.12 สวิทช์ผันกลับเมื่อโยกขึ้นและลง 33

4.13 การใช้สวิทช์ผันกลับร่วมกับวงจรโปเทนชิโอมิเตอร์ 34

4.14 กระแสไหลผ่านไส้หลอดทำให้เกิดแสงสว่าง 35

4.15 วงจรวัดกระแสโดยใช้ แอล ดี อาร์ และโอห์มมิเตอร์ 35

4.16 กราฟระหว่างกระแสที่ผ่านหลอดกับความต้านทานของ แอล ดี อาร์ 36

4.17 วงจรวีทสโตนบริดจ์ 37

4.18 วงจรวีทสโตนบริดจ์เมื่อใช้หาความชัด 37

4.19 วงจรวีทสโตนบริดจ์เมื่อใช้หา E_o 38

4.20 วงจรสมมูลของวีทสโตนบริดจ์ 39

4.21 วงจรเครื่องเทียบกระแส 40

รูปที่ หน้า

4.22 รูปเครื่องเทียบกระแสภายนอก 41
4.23 เครื่องเทียบกระแสเปิดให้เห็น แอล ดี อาร์ และหลอดไฟ 41
4.24 กราฟแสดงกระแสที่ผ่านหลอดกับกระแสที่ผ่านไมโครแอมมิเตอร์ 41
4.25 แผนผังตัวกรอง 42
4.26 วงจรกรองทวินที 43
4.27 ผลตอบสนองต่อความถี่ของทวินที 44
4.28 สัญญลักษณ์ของออปแอมป์ 45
4.29 วงจรขยายออปแอมป์ที่มีการป้อนกลับแบบลบ 46
4.30 ตัวกรองกั้นแถบ 47
4.31 ตัวกรองแถบผ่าน 47
4.32 ตำแหน่งขาของ 741 48
4.33 วงจรกรองกั้นแถบแสดงความสัมพันธ์ของ R C และค่าอุปกรณ์ที่ใช้เมื่อ
f_o = 50 เฮิทซ์ 48
4.34 วงจรกรองแถบผ่านแสดงความสัมพันธ์ของ R C และค่าอุปกรณ์ที่ใช้เมื่อ
f_o = 1000 เฮิทซ์ 49
4.35 ตัวกรองทั้งสองต่อร่วมกันเพื่อใช้งาน 50
4.36 กราฟแสดงสัญญานป้อนต่อสัญญานคายของตัวกรอง
ในรูปที่ 4.35 ที่ความถี่ต่าง ๆ 50
4.37 รูปถ่ายตัวกรองภายนอกและอุปกรณ์ภายใน 51
4.38 แผนผังส่วนประกอบของออสซิลโลสโคป 52
4.39 วงจรโปเทนชิโอมิเตอร์รวมจากหัวข้อ 4.1 ถึง 4.9 54

รูปที่ หน้า

4.40 วงจรโปเทนชิโอมิเตอร์เมื่อเพิ่มสวิทช์หมายเลข 1 - 5 55

4.41 แสดงตำแหน่งสวิทช์และขั้วต่อต่าง ๆ ของรูปที่ 4.40 56

4.42 รูปถ่ายของจริงในรูปที่ 4.41 57

4.43 รูปถ่ายเครื่องมือทั้งหมดขณะใช้งาน 57

5.1 ลักษณะวงจรเมื่อทำมาตรฐาน 58

5.2 ลักษณะวงจรเมื่อต่อกับ T_1 59

5.3 ลักษณะวงจรเมื่อใช้ตัวแบ่งศักดา 60

5.4 ลักษณะวงจรเมื่อวัดศักดาสลับ 61

5.5 การต่อวงจรเพื่อวัดความชัด 62

5.6 การต่อวงจรเพื่อวัดกระแสสลับ 63

5.7 วงจรเทียบมาตรฐานโวลมิเตอร์กระแสสลับ 64

5.8 วงจรเทียบมาตรฐานแอมมิเตอร์กระแสสลับ 65

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

รายการตารางประกอบ ..... ช

รายการรูปประกอบ ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ไฟฟ้ากระแสสลับ 3

2.1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 3

2.2 แผนภาพกระแสสลับแบบเวคเตอร์ 7

2.3 โอเปอเรเตอร์ j 9

2.4 การใช้จำนวนเชิงซ้อนในไฟฟ้ากระแสสลับ 9

2.5 การกำหนดค่าของกระแส 10

บทที่ 3 โปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ 13

3.1 ข้อแตกต่างระหว่างโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสตรงกับโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ 13

3.2 ชนิดของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ 14

3.3 แบบของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับที่สร้างและความถี่ที่ใช้งาน 20

หน้า

บทที่ 4 ส่วนประกอบของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต 22

4.1 ออสซิลเลเตอร์ 22

4.2 เครื่องขยาย 23

4.3 เครื่องแยกเฟส 23

4.4 เครื่องขยาย 1 และเครื่องขยาย 2 25

4.5 วงจรโปเทนชิโอมิเตอร์ 30

4.6 การใช้สวิทช์ผันกลับเป็นตัวกลับเครื่องหมายศักดาสลับที่คร่อมลวดความต้านทานของโปเทนชิโอมิเตอร์ 32

4.7 เครื่องเทียบกระแส 34

4.8 ตัวกรอง 42

4.9 ออสซิลโลสโคป 51

4.10 วงจรรวมทั้งหมดของโปเทนชิโอมิเตอร์ 53

บทที่ 5 การวัดปริมาณไฟฟ้าสลับด้วยโปเทนชิโอมิเตอร์ 58

5.1 การทำมาตรฐาน 58

5.2 การวัดศักดาสลับ 61

5.3 การวัดความชัด 62

5.4 การวัดกระแสสลับ 63

5.5 การเทียบมาตรฐานโวลมิเตอร์กระแสสลับ 64

5.6 การเทียบมาตรฐานแอมมิเตอร์กระแสสลับ 65

5.7 การทดลอง 65

บทที่ 6 บทสรุป 81

6.1 ออสซิลเลเตอร์และเครื่องขยาย 81

6.2 เครื่องแยกเฟส 81

หน้า

6.3 เครื่องเทียบกระแส 82

6.4 ตัวกรอง 83

6.5 ผลการวัดและเปรียบเทียบปริมาณต่าง ๆ 83

เอกสารอ้างอิง 85

ประวัติผู้เขียน 87