

เทคนิคเชิงเลขในการวัดพลังงานแสงอาทิตย์



นายไพสิฐ คัตตุดพงษ์

004213

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

J16822432

A DIGITAL TECHNIQUE IN THE MEASUREMENT
OF SOLAR ENERGY

Mr. Paisith Tantulaphonges

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เทคนิคเชิงเลขในการวัดพลังงานแสงอาทิตย์


โดย นายไพสิฐ กัณฑ์ทองษ์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

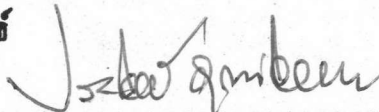
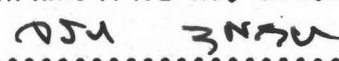
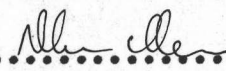
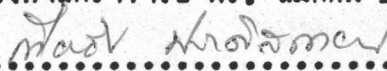
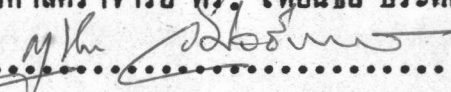
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จรวาย บุญยบุต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กฤษณา วิศวธีรานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำคมหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประสิทธิ์ บุญนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุนท์ไวยะยะ)
.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. จรวาย บุญยบุต)
.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)
.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เทียนรัช ประดิสดายน)
.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กฤษณา วิศวธีรานนท์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เทคนิคเชิงเลขในการวัดพลังงานแสงอาทิตย์
ชื่อ นายไพสิฐ กัญกุลพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จรวาย บุญบุบผ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กฤษณา วิชาชีรานนท์
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2524

บทคัดย่อ



วิทยานิพนธ์นี้แสดงเทคนิคเชิงเลขในการวัดพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการ
ออกแบบและสร้างเครื่องวัดการรับรังสีของดวงอาทิตย์โดยการใช่วงจรพวงกดจิกิตอลไอซี
ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงคือ SOLAREX Serial No. 074 AM 0 @
1.49 mV AM 1 @ 1.36 mV ซึ่งมีลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของเซลล์
อ้างอิงและค่าการรับรังสีของดวงอาทิตย์ได้ถูกปรับแต่งมาแล้วเพื่อใช้เป็นคิตเทคเตอร์
เครื่องวัดการรับรังสีของดวงอาทิตย์นี้ได้ออกแบบเพื่อใช้วัดค่าการรับรังสีของ
ดวงอาทิตย์ที่ค่า sampling rate ใหญ่และสามารถหาค่าเฉลี่ยของการรับรังสีของดวง-
อาทิตย์ในระยะเวลาดังกล่าว

นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงความผิดพลาดของการวัดการรับรังสีและค่าเฉลี่ยของ
การรับรังสีอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม และยังได้แสดงผล
ของ Cosine effect ตลอดจน Edge effect ของตัวเซลล์อ้างอิงที่ใช้ไว้ด้วย.

Thesis Title A Digital Technique in the Measurement of Solar Energy
Name Mr. Paisith Tantulaphonges
Thesis Advisor Associate Professor Charuay Boonyubol, Ph. D.
Assistant Professor Krisada Visavathiranont
Department Electrical Engineering
Academic Year 2524

ABSTRACT

This thesis presents a digital technique in solar energy measurement. A design and construction of a solar irradiance meter using digital integrated circuits proposed. In this research, the reference solar cell which is SOLAREX Serial No. 074 AM 0 @ 1.49 mV AM 1 @ 1.36 mV has been used. The characteristic of output voltage versus solar irradiance of this solar cell is calibrated in order to used as a detector.

This solar irradiance meter has been designed to measure the value of solar irradiance at any sampling rate. The average value of solar irradiance at any period of time can be calculated.

The accuracy of irradiance measurement and the value of average irradiance due to temperature change have been discussed. The cosine effect and edge effect of the reference cell are also presented.

กติกกรมประกาศ

ผู้แต่งขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนเงินทุนเพื่อ
การวิจัยนี้ ขอขอบคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญบุญด ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่
และให้คำแนะนำช่วยเหลือ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ กฤษณา วิศวธีรานนท์ ที่ให้คำแนะนำ
นำช่วยเหลือในการเขียนวิทยานิพนธ์

ผู้แต่งขอขอบคุณเพื่อนของผู้แต่งคือ นายวินัย อินทศรีรัตน์ และ นายวิศาล
คังเลิศไพบุลย์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการประกอบเครื่องมือนี้จนเป็นผลสำเร็จ.



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
รายชื่อตาราง	จ
รายชื่อรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 พื้นฐานสำคัญของการวัดและวิธีคำนวณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยประมาณ	5
บทที่ 3 โครงสร้างส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องวัดการ รับรังสีดวงอาทิตย์	13
บทที่ 4 การออกแบบส่วนประกอบของเครื่องวัดการรับรังสีดวงอาทิตย์	21
บทที่ 5 การวิเคราะห์เครื่องวัดการรับรังสีดวงอาทิตย์	80
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	129
เอกสารอ้างอิง	131
ภาคผนวก	133
ประวัติผู้เขียน	172



รายชื่อตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
5.1	ผลการทดสอบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดการรับรังสี	86
5.2	แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าการรับรังสีที่อ่านได้จากเครื่องวัดและค่าที่ได้จากการสอบเทียบจากเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิง	93
5.3	แสดงค่าการรับรังสีของดวงอาทิตย์ที่วัดได้โดยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงและเครื่องวัดการรับรังสีที่ติดตั้งขึ้น	98
5.4	แสดงผลการวัดค่าการรับรังสีภายในเวลาหนึ่งชั่วโมงเพื่อทดสอบค่าเฉลี่ย b	119
5.5	แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าที่วัดได้	122
5.6	แสดงการทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงเมื่อมุมตกกระทบของแสงมีค่าต่างๆกัน	124



รายชื่อรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงของรังสีควงอาทิตย์ในรอบวัน	11
2.2	แสดงลักษณะการแบ่งส่วนย่อยๆในแต่ละชั่วโมง	12
3.1	บล็อกโคตะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องวัดการรับรังสีของควงอาทิตย์	14
4.1	Connection diagram ของไอซีเบอร์ 4511	28
4.2	ลักษณะของแผงแสดงตัวเลข 7 ส่วน	29
4.3	การต่อเอาต์พุตของ 4511 เข้ากับ LED แบบ common cathode	29
4.4	วงจรถอดรหัสและวงจรถ่ายผล	31
4.5	ลักษณะการจิกขาไอซีและ Switching time waveforms ของ MM 2102 AN	33
4.6	แสดงการต่อวงจรหน่วยความจำ	34
4.7	Connection diagram ของไอซีเบอร์ 4016	35
4.8	แสดงการต่อวงจรของสวิตช์เลือกข้อมูล	36
4.9	แสดงลักษณะของไอซีเบอร์ 74LS90	37
4.10	แสดงการต่อวงจรนับ 2	39
4.11	แสดงการต่อวงจรหาค่าเฉลี่ย	42
4.12	Connection diagram ของไอซีเบอร์ 4040	43
4.13	วงจรรอแป้น	44
4.14	วงจรมุมมูลย์ของออปแอมป์ เมื่อคิกเฉพาะสัญญาณค้าง	45
4.15	วงจรถ่ายแบบลบที่ใช้ออปแอมป์	46
4.16	วงจรถ่ายแบบบวกที่ใช้ออปแอมป์	47
4.17	วงจรถ่ายสัญญาณแบบอินสกรูเมนเตชัน	49

4.18	วงจร A/D Converter โดยวิธี R-2R ladder	50
4.19	วงจรสมมูลย์ของ D-to-A Converter	51
4.20	วงจร D-to-A Converter ที่ใช้งานจริง	52
4.21	วงจรสร้างแรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันได	54
4.22	วงจรภาคขยายสัญญาณ	56
4.23	วงจรเปรียบเทียบ	58
4.24	วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา	60
4.25	ลักษณะความผิดพลาดของแรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันไดเมื่อใช้งานที่ ความถี่สูง	60
4.26	วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 เฮิรตซ์	64
4.27	ลักษณะของสัญญาณความถี่ 1 เฮิรตซ์	65
4.28	วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา P _{2s} . และ P _{30s} .	67
4.29	ลักษณะของสัญญาณนาฬิกา P _{2s} . และ P _{30s} .	68
4.30	ลักษณะของสัญญาณขณะทำการเก็บข้อมูลที่วัคไค้	71
4.31	ลักษณะของสัญญาณในช่วงระหว่างการเก็บข้อมูลชุดสุดท้ายและ ขณะทำการเก็บข้อมูลเฉลี่ย	73
4.33	ลักษณะของสัญญาณขณะทำการอ่านข้อมูล	76
4.34	วงจรควบคุม 2	79
5.1	วงจรแหล่งจ่ายไฟ	81
5.2	ลักษณะของสัญญาณแรงดันรูปขั้นบันได	84
5.3	กราฟแสดง Linearity ของภาค A/D	88
5.4	แสดงการต่อวงจรเพื่อทดสอบค่าของการรับรังสีของควางอาทิตย์ ที่วัคไค้จากเครื่องวัคไค้ที่สร้างขึ้น	92
5.5	ค่าการรับรังสีที่วัคไค้เปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิง	95

- 5.6 กราฟแสดงค่าการรับรังสีของดวงอาทิตย์ในรอบวันบันทึกโดยใช้
Pyranometer และ X-Y recorder 96
- 5.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของการรับรังสีของดวงอาทิตย์บันทึกโดยใช้
ใช้เซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงและเครื่องวัดการรับรังสีที่สร้างขึ้น 97
- 5.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่า $\text{Cosine } \theta$ และค่า
แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงเมื่อมุมตกกระทบ
ของแสงมีค่าต่างๆกัน 125