

การวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบสูบน้ำโดยใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์



นายวีรชัย แสงอุคม

007412

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำถามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-617-6

1 17087A05

A BEHAVIORAL ANALYSIS OF SOLAR PHOTOVOLTAIC-POWERED
WATER PUMPING SYSTEM

Mr. Ratchai Saeng-Udom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบสูบน้ำโดยใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์
โดย นายรัชชัย แสงอุคม
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.จรรยา บุญยุบล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประคิษฐ์ มุขนาค) คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพฑูย์ ไชยนิล) ประธานกรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.จรรยา บุญยุบล) กรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชุมวิทย์ ภูมิวิจิตร) กรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษนา กุลวิหิต) กรรมการ

อธิสสิทธ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบสูบน้ำโดยใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์
ชื่อนิสิต นายรัชชัย แสงอุคม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.จรววย บุญยบุณ
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2525

บทคัดย่อ

ระบบสูบน้ำโดยใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการวิเคราะห์และทดลองในวิทยานิพนธ์นี้ ประกอบด้วยสิ่งสำคัญสามสิ่ง คือ แดวแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งคงที่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรและเครื่องสูบน้ำแบบหยอโซ่ง คุณลักษณะการทำงานของสิ่งทั้งสามได้ถูกวิเคราะห์ออกมาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ จากสมการทางคณิตศาสตร์ของสิ่งทั้งสามนำมาหาพฤติกรรมและคุณลักษณะการทำงานของระบบสูบน้ำ โดยมีค่าการรับรังสีหรือกำลังงานจากแสงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่เป็นกำลังงานเข้าสู่ระบบ และกำลังงานของน้ำเป็นกำลังงานที่ออกจากระบบ ชนิดของท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ ความยาวของท่อ และหัวทางสะแทติก เป็นส่วนหนึ่งในการเลือกหาระบบสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง ระบบสูบน้ำได้ถูกปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยหาวิธีการที่จะนำกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดจากแดวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ค่าการรับรังสีหนึ่ง ๆ มาใช้กับชุดมอเตอร์กับเครื่องสูบน้ำ ผลการทดลองเก็บข้อมูลจากระบบสูบน้ำขนาดเล็กมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะการทำงานและพฤติกรรมของระบบสูบน้ำที่หาได้จาก การวิเคราะห์

Thesis Title A Behavioral Analysis of Solar Photovoltaic-
 Powered Water Pumping System.

Name Mr. Ratchai Saeng-Udom

Thesis Advisor Associate Professor Charuay Boonyubol, Ph.D

Department Electrical Engineering

Academic Year 1982

ABSTRACT

This solar photovoltaic-powered water pumping system consists of a fixed solar cell array, a permanent magnet-d.c.-motor and a centrifugal pump. Each element is mathematically analyzed. The solutions of the non-linear equations yield a method for determination of the rate of volume flow, the head of water and the efficiency of the system. Solar energy is considered as input power of the system while the rate of volume flow and the head of water are output power of the system. The analysis shows that the type, the dimension of the pipe and the static head must be selected in order to establish an efficient system. By analysis, adding some resistance to armature resistance at right radiation levels is found to be a way of increasing electrical input to the motor. The experimental results show that the behavior and performance of the system follow the theoretical trend as stated in chapter IV.

กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยคำปรึกษาแนะนำอย่างดียิ่งจาก ดร.จรรยา บุญบุบผ
รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำ
ที่เป็นประโยชน์มาโดยตลอด และเป็นพี่ปรึกษาในการดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ อย่างดียิ่ง
อีกทั้ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คำรงค์ศักดิ์ มะลิลา แห่งภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย ผู้ให้คำปรึกษาทางคานอุปกรณ์และเทคนิคการวัดในระบบสูบน้ำ ผศ. ดร.บุษณา
กุลวิติก และ ผศ. ดร.มนตรี สวัสดิศตฤงฆาร ผู้ให้คำปรึกษาในการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า ของ
แผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขอขอบคุณ ดร.อาจอง ชุมสาย ณ อยุธยา และบริษัทกาลเท็กซ์แห่งประเทศไทย
ที่ได้มอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการวิจัยนี้ อีกทั้งโครงการผลิตและพัฒนาอาจารย์ ทบวง
มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยส่วนหนึ่ง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ไพบุลย์ ไชยนิล รศ.ดร.สุชุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร รศ.ดร.
จรรยา บุญบุบผ และ ผศ.ดร.บุษณา กุลวิติก ในฐานะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้
แนะนำและตรวจสอบให้วิทยานิพนธ์เรื่องนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีส่วนช่วยในการประกอบชุดทดลอง และขอขอบคุณ คุณศรีฑูรย์
ซอดแสงมา ในงานพิมพ์ฉบับวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ด้วยความแข็งขัน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. แฉวแฉงเซลแสงอาทิตย์	3
เซลแสงอาทิตย์	3
แฉงเซลแสงอาทิตย์	10
แฉวแฉงเซลแสงอาทิตย์	16
3. ชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรและเครื่องสูบน้ำหอย-	
โซ่ง	18
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร	18
เครื่องสูบน้ำหอยโซ่ง (บี้มหอยโซ่ง)	19
4. การวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบสูบน้ำขนาดเล็ก	30
ข้อกำหนดในการวิเคราะห์	30
วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์	30
การคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์	52
การปรับปรุงระบบสูบน้ำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น	100
5. การทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็กที่ใช้กำลังงานจากเซลแสงอาทิตย์..	109
อุปกรณ์ที่ใช้เป็นชุดทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็ก	109
วิธีการวัดและคำนวณค่าต่าง ๆ	112
การทดลองหาคณะลักษณะต่าง ๆ ของแฉงเซลแสงอาทิตย์	116

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็กโดยใช้กำลังงานจากเซลล์ แสงอาทิตย์	130
6. สรุปการวิจัยและขอเสนอแนะ	143
เอกสารอ้างอิง	146
ประวัติ	148

ตารางที่	สารบัญตาราง	หน้า
2.1	แสดงคุณสมบัติของแสงอาทิตย์ของบริษัทผลิตแห่งหนึ่ง.....	16
4.1	ตัวประกอบความถี่ของผิวในท่อ	48
4.2	หาจุดทำงานของเครื่องสูบน้ำที่ให้กำลังงานของน้ำสูงสุด	62
4.3	แสดงหมายเลขของตารางอันเป็นผลจากการวิเคราะห์ ระบบสูบน้ำแบบต่าง ๆ	64
4.4 - 4.51	ผลการวิเคราะห์ระบบสูบน้ำแบบต่าง ๆ	69 - 95
4.52	ระบบสูบน้ำที่ให้กำลังงานของน้ำมีค่าสูง	96
4.53	ระบบสูบน้ำที่ให้กำลังงานของน้ำมีค่าสูง	98
4.5.4 - 4.65	ผลการวิเคราะห์ระบบสูบน้ำแบบต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง $R = 0.2$ โหมด กับ $R = 0.4$ โหมด	101 - 106
5.1	แสดงคุณลักษณะการทำงานของแฉงที่ภาวะทดสอบต่าง ๆ (จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิต)	110
5.2	ผลการทดลองลัดวงจรแฉง	117
5.3	ผลการทดลองเปิดวงจรแฉง	120
5.4	ผลจากการทดลองหาคุณลักษณะของแฉงแสงอาทิตย์ ขณะมีภาระไฟฟ้า (10 มี.ค.2525)	126
5.5	ผลการทดลองหาค่าคงที่ของมอเตอร์	130
5.6	ผลการทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็กโดยใช้กำลังงานจาก แสงอาทิตย์ (9 มี.ค.2525)	133
5.7	ผลการทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็กโดยใช้กำลังงานจาก แสงอาทิตย์ที่ค่าการรับรังสีใกล้เคียงกับค่าการรับรังสี ของเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันที่มีอยู่แล้ว	135

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	วงจรมุมมูลย์ของเซลแสงอาทิตย์	3
2.2	วงจรมุมมูลย์ของเซลแสงอาทิตย์ที่มีภาระไฟฟ้าที่อยู่	4
2.3	วงจรวิเคราะห์หาสมการของเซลแสงอาทิตย์ ก. ข.	5
2.4	แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงค่าการรับรังสีต่อเส้นคุณลักษณะกระแส และแรงดันของเซลแสงอาทิตย์ จุดกลมแสดงถึงค่าเซลที่แสงอาทิตย์ ให้กำลังงานสูงสุดที่ค่าการรับรังสีนั้น ๆ	8
2.5	ผลของอุณหภูมิต่อเซลแสงอาทิตย์	9
2.6	วงจรวแทนเซลแสงอาทิตย์อย่างง่าย	9
2.7	แฉงเซลแสงอาทิตย์แบบเซลต่อกันอนุกรมกัน	11
2.8	แฉงเซลแสงอาทิตย์ที่ต่อบายพาสไดโอดไว้	12
2.9	แสดงกระแสที่ไหลในแฉงเซลแสงอาทิตย์ขณะที่เซลหนึ่งถูกบังแสง	12
2.10	ก) การถูกไบอัสตามของเซลที่ถูกบังแสงในแฉงเซลต่อขนาน	13
	ข) วงจรมุมมูลย์ของ ก)	13
3.1	แสดงแผนภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร	18
3.2	แสดงสามเหลี่ยมความเร็วของน้ำที่ใบพัดเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง	20
3.3	แสดงแนวเคอร์ของความเร็วที่จุดน้ำเข้าใบพัดของเครื่องสูบน้ำ	22
3.4	แสดงใบพัดของเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง	22
3.5	แสดงสามเหลี่ยมความเร็ว ณ จุดน้ำเข้าใบพัด	23
3.6	ผลการทดลองหาค่า R_b	28
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงมุม (ω) กับค่าทาง ความฝืด	40
4.2	แสดงเส้นคุณลักษณะหัวจริงและอัตราการไหลที่ค่าการรับรังสีต่าง ๆ ..	41
4.3	แสดงจุดกำลังงานของน้ำสูงสุดบนเส้นคุณลักษณะหัวจริงและอัตรา การไหล	43

4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหัวสูญเสียบกั้อักรากการไหลของน้ำ	46
4.5	แสดงจุดทำงานของระบบสูบน้ำ	46
4.6	กราฟที่ใช้หาค่าตัวคูณเนื่องจากความเฉื่อย	49
4.7	แสดงเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ..	58
4.8	แสดงเส้นคุณลักษณะหัวจริงและอัตรากการไหลของระบบสูบน้ำที่ใช้ มอเตอร์ R = 0.4 โหล้ม KR = 0.004 โวลต์/รอบต่อนาที	97
4.9	แสดงเส้นคุณลักษณะหัวจริงและอัตรากการไหลของระบบสูบน้ำที่ใช้ มอเตอร์ ซึ่ง R = 0.2 โหล้ม KR = 0.003 โวลต์/รอบต่อนาที ..	99
4.10	แสดงเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของมอเตอร์ที่มี KR = 0.004 โวลต์/รอบต่อนาที	107
4.11	แสดงเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของมอเตอร์ที่มี KR = 0.003 โวลต์/รอบต่อนาที	107
5.1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 30 วัตต์	109
5.2	แสดงคุณลักษณะกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการ รับรังสีต่าง ๆ ณ อุณหภูมิ 28 °ซ	110
5.3	แสดงพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งเซลล์	111
5.4	แสดงภาพการหาหัวจริงของระบบสูบน้ำ	113
5.5	แสดงการติดตั้งแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม ณ กรุงเท- มมหานคร	114
5.6	มุมเอียงที่เหมาะสมในแต่ละเดือน เวลาเที่ยงวัน ณ กรุงเทฯ	115
5.7	การทดลองลัดวงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์	116
5.8	การทดลองเปิดวงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์	119
5.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสลัดวงจรของแผงที่ 1, 2, 3 และ 4 กับค่าการรับรังสี	122

5.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเปิดวงจรของแผงที่ 1, 2, 3 และ 4 กับค่าการรับรังสี	123
5.11	การทดลองแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะมีภาระไฟฟ้าคั่งอยู่	125
5.12	แสดงวงจรที่ใช้หาค่าคงที่ของมอเตอร์	129
5.13	ก) แสดงชุดทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็ก	132
	ข) แสดงระบบสูบน้ำที่ใช้ทดลอง ณ ค่ายฟ้าศึกษาศาสตร์วิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	132
5.14	แสดงเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์และของมอเตอร์	138
5.15	แสดงการเปลี่ยนแปลงโดยประมาณของค่าการรับรังสีจากเวลา 8.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. วันที่ 9 มีนาคม 2525	139
5.16	แสดงค่าการรับรังสีเฉลี่ยของแต่ละชั่วโมงในวันที่ 9 มีนาคม 2525 ..	140
5.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการรับรังสีกับกำลังงานเข้ามอเตอร์ กำลังงานของน้ำ และอัตราการไหลของน้ำ	141