ต้นแบบโมบายจากพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมและเครื่องกำเนิดดีเซล สำหรับพื้นที่ห่างไกล

A MOBILE PV-WIND-BATTERY-DIESEL HYBRID SYSTEM PROTOTYPE FOR ISOLATED ELECTRIFICATION

กฤษฎา พรหมพินิจ

KRISADA PROMPINIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2553

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายกฤษฎา พรหมพินิจ

COPYRIGHT © 2010 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2553
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ต้นแบบโมบายจากพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมและเครื่องกำเนิดดีเซลสำหรับพื้นที่ห่างไกล
นักศึกษา	นายกฤษฎา พรหมพินิจ
รหัสประจำตัว	115070402018-1
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอต้นแบบโมบายจากพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมและเครื่องกำเนิดดีเซลสำหรับพื้นที่ห่างไกล ระบบไฮบริดจ์ประกอบด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลม แบตเตอรี่ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถจ่ายไฟฟ้าแก่ภาระโหลดได้โดยตรงและประจุแบตเตอรี่จากพลังงานที่เหลือจากการจ่ายโหลด ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในเวลากลางคืน ระบบจะจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดบ้านที่อยู่อาศัยตลอดเวลา เมื่อพลังงานแบตเตอรี่ต่ำลงตามพิกัด เครื่องกำเนิดจะถูกสตาร์ทโดยอัตโนมัติและจ่ายพลังงานให้กับระบบและประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานที่เหลือจนเต็มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงจะหยุดการทำงาน

จากการออกแบบต้นแบบโมบายจากพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมและเครื่องกำเนิดดีเซลสำหรับพื้นที่ห่างไกล ด้วยการคำนวณและ Simulation โดยโปรแกรม ได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์พิกัดขนาด 2 kWp กังหันลมขนาด 1 kW แบตเตอร์รี่ขนาด 20 kWh และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลขนาด 5 kW หลังจากการคำนวณระบบจึงได้ถูกสร้างตามการออกแบบ ระบบประกอบด้วย ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) ใช้สำหรับวัดรังสีแสงอาทิตย์รวม เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) เซลล์แสงอาทิตย์ 130 W 16 แผง ชนิด Cystalline Silicon พิกัดขนาด 2 kWp กังหันลม (Wind Turbine) พิกัดขนาด 1 kW แบตเตอรี่ OPzS 2 V 1000 Ah 12 ลูก พิกัดขนาด 24 kWh เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลพิกัดสูงสุดขนาด 5 kW และระบบวัดบันทึกแสดงผลที่ออกแบบเป็นพิเศษแบบ Real-time สามารถที่จะบันทึกค่าต่างๆ ได้

จากการทดสอบระบบไฮบริดจ์สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบจริง เมื่อแบตเตอรี่มีระดับแรงดันลดต่ำลงตามพิกัดที่ตั้งไว้ ระบบควบคุมจะสั่งการให้เครื่องกำเนิดสตาร์ทการทำงานทำหน้าที่จ่ายพลังงานไปยังโหลดได้อย่างต่อเนื่อง และระบบไฮบริดจ์สามารถเคลื่อนย้ายได้ จึงสรุปได้ว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่ออกแบบด้วยวิธีการที่นำเสนอ

คำสำคัญ: ไฮบริดจ์, ระบบพลังงานจากแสงอาทิตย์, ระบบวัดและบันทึกผล

Thesis Title :	A MOBILE PV-WIND-BATTERY-DIESEL HYBRID SYSTEM PROTOTYPE FOR ISOLATED ELECTRIFICATION
Student Name :	Mr.Krisada Prompinit
Student ID :	115070402018-1
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Electrical Engineering
Academic Year :	2009
Thesis Advisor	Dr. Boonyang Plangklang

ABSTRACT

This research presents the design and construction of a prototype of Mobile PV-Hybrid for isolated electrification. The hybrid system consists of PV-wind-battery and diesel generator. The system will supply power directly to the load. The surplus energy from solar and wind will be stored in the battery which will be used at the night time to give constant power supply to the household load all the time. When the battery is low, the diesel generator will be automatically started to supply power to the system and charge the battery at the same time when the battery is full, the generator will stop to supply power to the system.

The design of Mobile PV-Wind-Battery-Diesel Hybrid System is used calculation Method and Simulation by program. The results of system include 2 kWp PV, 1 kW wind turbine, 20 kWh battery and 5 kW diesel generator After the calculation, The system is constructed accordingly to the design. The System includes Pyranometer to measure Solar radiation, Temperature Sensor, and Anemometer. The select Solar panel is 130 W×16 Modules cystalline silicon, Battery OPzS 2 V 1000 Ah×12 Unit rated 24 kWh, Generator rated 5 kW, and Monitoring System Which is specially designed form Real-time record.

From the Mobile hybrid system can work properly as the design. When the battery voltage low at the set-point value, system will start generator to power supply to the load continuously and the hybrid system can be movable for mobility in remote area.

Keyword : PV, Hybrid, Monitoring system

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยเป็นอย่างดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือและคำแนะนำจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ คือ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำอันมีค่ายิ่ง ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมาไว้ ณ โอกาสที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ผู้ที่ให้คำชี้แนะ แนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ต่อการทำงานวิจัย และขอกราบขอบพระคุณกองทุนวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของ กฟภ. ที่ให้ทุนในการทำวิทานิพนธ์ บริษัทและห้างร้านต่างๆ ที่ให้การสนับสนุนในด้านอุปกรณ์ เพื่อนๆ และอาจารย์ สำหรับคำปรึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความเข้าใจดีสำหรับเวลาที่ข้าพเจ้าต้องใช้สำหรับการศึกษาเพื่ออนาคตในครั้งนี้ รวมทั้งพี่ ๆ และทีมงานวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ร่วมแรง ร่วมใจ อยู่ด้วยกันปฏิบัติงานตลอดมา

กฤษฎา พรหมพินิจ

25 เมษายน 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนและการดำเนินงานวิจัย	4
1.6 ข้อจำกัดของการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	6
2.3 เทคโนโลยีพลังงานลม	17
2.4 แบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน	23
2.5 อินเวอร์เตอร์	34
2.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล	41
2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน	45
2.8 สรุปผลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
บทที่ 3 การออกแบบและวิธีดำเนินการ	51
3.1 การกำหนดลักษณะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน	51
3.2 หลักการออกแบบและการจำลองการทำงานของระบบไฮบริดจ์	56
3.3 การคำนวณขนาด PV (โซล่าเซลล์) และ แบตเตอรี่	57
3.4 การทดสอบด้วยการ Simulation	61
3.5 การออกแบบและติดตั้งชุด Mobile Hybrid System	63
3.6 วงจรการต่อของระบบไฮบริดจ์	67

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 สรุป	69
บทที่ 4 การดำเนินการและการทดสอบวิเคราะห์ผล	70
4.1 โครงสร้างการประกอบ Hybrid	70
4.2 การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ Hybrid	74
4.3 การวิเคราะห์สมรรถนะต้นแบบโมบายจากพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมและเครื่องกำเนิดดีเซลสำหรับพื้นที่ห่างไกล	76
4.4 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบโมบายจากพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมและเครื่องกำเนิดดีเซลสำหรับพื้นที่ห่างไกล	87
4.5 สรุป	91
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	92
5.1 สรุป	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก ก ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์	96
ภาคผนวก ข การสำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าต้นแบบโมบายจากพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมและเครื่องกำเนิดดีเซลสำหรับพื้นที่ห่างไกล	108
ภาคผนวก ค ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่	118
ประวัติผู้เขียน	177

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดเพื่อที่จะเลือกแบตเตอรี่มาใช้งาน	25
2.2	เปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแต่ละประเภท	49
3.1	ตารางโหลดที่ใช้ในการพิจารณา	56
3.2	ค่าคุณภาพไฟฟ้าของระบบ ที่ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน	59
4.1	ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เซลล์แสงอาทิตย์ รุ่น Sunny Boy 2500	77
4.2	ราคาของส่วนประกอบระบบต่างๆ ที่ต้องลงทุน ณ (ปี 2553)	89
4.3	องค์ประกอบของเงินรายปีและเงินรายปี (5.97kWh/d mixed load profile)	90

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ระบบต้นแบบผลิตไฟฟ้าไฮบริดจ์จากเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลแบบขนาน	2
1.2	ระบบไฮบริดจ์แบบ Centralized system และ Distribute system	3
2.1	หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	7
2.2	กระบวนการพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.3	ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ	10
2.4	ตัวอย่างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน	11
2.5	ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.6	Solar Modules หรือ Solar Panel	12
2.7	แผนภาพวงจรจรเทียบเคียงของเซลล์แสงอาทิตย์	13
2.8	I-V curve ที่ระดับการแผ่รังสีที่แตกต่างกัน	14
2.9	โซล่าเซลล์ต่อขนานกับการ bypass diodes	15
2.10	คุณลักษณะ IV Curve ของการต่ออนุกรมกัน	15
2.11	การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	16
2.12	การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย	17
2.13	การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	17
2.14	การเปลี่ยนรูปพลังงานในระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า	19
2.15	กังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนและแบบแกนตั้ง	20
2.16	กำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบ Stall limit	22
2.17	กระบวนการคายประจุในแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	26
2.18	กระบวนการคายประจุในแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	27
2.19	กระบวนการอัดประจุในแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	27
2.20	วงจรเปรียบเทียบของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	28
2.21	จุดทำงานของแบตเตอรี่สำหรับความต้านทานโหลดที่แตกต่าง	29
2.22	วงจรแบตเตอรี่กับกระบวนการ Dynamic และ Quasi-static	29
2.23	วงจรเปรียบเทียบ Quasi-static กับวงจรการเกิด Gassing	31
2.24	การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน	32
2.25	การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม	32
2.26	การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม-ขนาน	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.27	การต่ออินเวอร์เตอร์ในระบบ 3 เฟส	34
2.28	ตัวอย่างของคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์	35
2.29	โครงสร้างทั่วไปของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า	36
2.30	ลักษณะของอินเวอร์เตอร์	36
2.31	วงจรของอินเวอร์เตอร์กระแสสลับเอาท์พุตแบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยม	37
2.32	อินเวอร์เตอร์แบบ H-Type Bridge	37
2.33	การรวมของ Step-Down Converter กับ Invertors จากรูปที่ 2.31, 2.32	38
2.34	Digital Waveform Synthesis Inverter	39
2.35	Pulse-width modulated H-Type Bridge Inverter	40
2.36	ตัวประกอบกำลังของ Grid-Connected Inverters	41
2.37	แสดงสัดส่วนในการใช้งานของเครื่องกำเนิดดีเซลขนาด 80 kW	45
2.38	ระบบผสมผสานแบบต่ออนุกรม	47
2.39	ระบบผสมผสานแบบสวิทช์เลือก	48
2.40	ระบบผสมผสานแบบต่อขนาน	49
3.1	ระบบไฮบริดจ์ที่เสนอสำหรับงานวิจัย	52
3.2	ไดอะแกรมของระบบการจัดการพลังงาน	54
3.3	วิธีการประจุแบตเตอรี่	55
3.4	แสดงแผนภาพของการเปลี่ยนการทำงานขึ้นอยู่กับ SOC	55
3.5	โหลดไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัยที่พิจารณา	57
3.6	ความสัมพันธ์ของความจุของแบตเตอรี่และพลังงานสูงสุดของPV	60
3.7	แสดงการใช้โปรแกรม Homer ในการ Simulation	61
3.8	แสดงผลการ Simulation Load	62
3.9	กระบวนการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน	62
3.10	แบตเตอรี่ State of Charge	63
3.11	แผนภาพกรอบของระบบ PEA & RMUTT Mobile Hybrid System–Project	64
3.12	การออกแบบโครงสร้างภายในของ Mobile Hybrid System	65
3.13	การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ทำงานภายในของ Mobile Hybrid System	65
3.14	(ก) โครงสร้างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมที่สามารถพับเก็บได้	66
3.14	(ข) โครงสร้างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมที่สามารถพับเก็บได้	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.15	การออกแบบ Mobile Hybrid System ที่พร้อมทำการสร้างและติดตั้งระบบ	67
3.16	วงจรการต่อสายของระบบไฮบริดจ์	68
4.1	การติดตั้งชุดแบตเตอรี่เซลล์แสงอาทิตย์	71
4.2	การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	71
4.3	การติดตั้งกังหันลม	72
4.4	การติดตั้งชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	72
4.5	การติดตั้ง Sunny Island 3324	73
4.6	การติดตั้ง Sunny Boy 2500และ Windy Boy	73
4.7	การติดตั้งชุดเครื่องมือวัด	74
4.8	หน้าต่างหลักของโปรแกรม Sunny Data Control	75
4.9	การแสดงผลการจัดเก็บข้อมูลและการเก็บค่าในรูป Excel Files	76
4.10	แผนภาพการทดสอบประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เซลล์แสงอาทิตย์ Sunny Boy 2500	76
4.11	ความเข็มรังสีแสงอาทิตย์ (W/m^2)	83
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์กับความเข็มรังสีแสงอาทิตย์	83
4.13	ความเข็มแสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และอุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์	84
4.14	แรงดันแบตเตอรี่และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิด	85
4.15	กำลังไฟฟ้าแบตเตอรี่ กำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิด และอุณหภูมิแบตเตอรี่	85
4.16	กำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ เซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	86
4.17	กำลังไฟฟ้าที่ Wind Turbine และความเร็วลม	87