



การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ชนบท
The Application of Solar Energy in Rural Area

นายเกรียงศักดิ์ ไตสุข

นายชยุต วิเศษสิงห์

นายวรพล ศิริสุขโขดม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ชนบท
โดย	นายเกรียงศักดิ์ โตสุข นายชยุต วิเศษสิงห์ นายวรพล ศิริสุขโขดม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกแบบและการสร้างชุดควบคุมการใช้ พลังงานไฟฟ้าจาแสงอาทิตย์ ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบทแบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานไฟฟ้าปกติการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้านับเป็นกระบวนการที่สะอาดและไร้มลภาวะและเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งในด้านการลงทุนเพื่อให้ได้ มาซึ่งพลังงานโดยรวมถึง ผลกระทบที่อาจมีต่อสิ่งแวดล้อมด้วยแล้วนับเป็นพลังงานที่คุ้มค่ามีความยั่งยืน ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไป จะออกแบบให้มีการประจุพลังงานไฟฟ้าไว้ที่แบตเตอรี่ ต่อการใช้งานหนึ่งวัน โดยที่มีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันในบางครั้งเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงทั้งวันหรือวันที่ฝนตกจึงเกิดปัญหาพลังงานที่ เก็บในแบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้งานระบบควบคุมแบบผสมผสานนี้ สามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานระบบไฟฟ้าปกติได้ตลอดทั้งวันอย่างต่อเนื่อง

(ปริญญานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 63 หน้า)

คำสำคัญ : เซลล์แสงอาทิตย์, อินเวอร์เตอร์, มอสเฟต

.....อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญานิพนธ์

Project Report Title : The Application of Solar Energy in Rural Area
By : Mr.Kriangsak Tosuk
 Mr.Chayut Wisessing
 Mr.Worapon Sirisukodom
Project Advisor : Dr.Nattachote Rugthaicharoencheep
Project Co-Advisor : Mr.Jaturonk Jaturacherdchaiskul
Department of : Electrical Engineering
Faculty : Engineering
Academic Year : 2012

Abstract

This research is studied the design and contract the electronic generator from Solar cell integrated with electrical at home in the rural area. The design is combined between solar cell and electrical at home. The mutation from solar cell to electric power is the clean and green energy when it is compared with normal processes to generate the electric power. Additionally, it's also less impacts to environment and sustainable. In the normal architectural model of solar cell generator, the engineer will design the power storage at its battery for one day using with condition of the solar cells need to receive the sun light in the whole day. If some days the cell cannot get enough sunlight when it's bad weather ,the battery also cannot supply power as in its usual. With this new innovative energy supply integration between solar cell and electrical at home, it benefits to the energy consumers, to get the energy for whole day continually and also reduce the pollution from the normal process electric generation.

(Total 63 pages)

Keywords: solar panels, inverters, mosfet

.....Advisor

.....Joint Advisor

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จจุล่งไปด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากอาจารย์ทุกท่าน ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาอาจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการปริญญาานิพนธ์ อาจารย์จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ รวมทั้งให้คำแนะนำแนวคิด , ความรู้ต่างๆ และแนวทางแก้ไขปัญหาในเรื่องการจัดทำปริญญาานิพนธ์และขอขอบคุณห้องสมุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูลต่างๆ

ขอขอบคุณ สำนักงานสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนเงินทุนในการจัดทำโครงการ ขอขอบคุณ รุ่นพี่ รุ่นน้องและเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการทำโครงการจนสำเร็จจุล่งไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นผู้ที่ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย



เกรียงศักดิ์ โตสุข
 ชยุต วิเศษสิงห์
 วรพล ศิริสุขโขดม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 แนวทางการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 บทนำ	4
2.2 ศักยภาพของปริมาณแสงอาทิตย์ในประเทศไทย	4
2.3 เซลล์แสงอาทิตย์	9
2.4 แบตเตอรี่	14
2.5 ออปแอมป์	18
2.6 อินเวอร์เตอร์	23
บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง	28
3.1 บทนำ	28
3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	28
3.3 กรอบแนวคิด	29
3.4 การออกแบบชุดตรวจจับแรงดัน	32
3.5 การออกแบบวงจรกำลัง	35
3.6 การออกแบบระบบอินเวอร์เตอร์	36
3.7 การสร้างชิ้นงาน	38

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 วิธีการทดลองและบันทึกผล	42
4.1 บทนำ	42
4.2 การทดลองการประจุพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์	42
4.3 การทดลองการใช้พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์	44
4.4 การทดลองประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์	46
4.5 การทดลองการทำงานของระบบควบคุม	47
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	50
5.1 บทนำ	50
5.2 สรุปผลการทดลอง	50
5.3 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา	50
5.4 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก	53
คู่มือการใช้ชุดควบคุมพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์	54
บทความวิจัย การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ชนบท	56
ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	61

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	รายละเอียดคุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติกับออปแอมป์ที่ใช้งานทั่วไป	23
ตารางที่ 2.2	รายละเอียดไอซี SG3524	27
ตารางที่ 4.1	ความเข้มของแสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ จากเซลล์แสงอาทิตย์	43
ตารางที่ 4.2	การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากอินเวอร์เตอร์ด้วยโหลดไส้ 100 วัตต์ 2 หลอด	45
ตารางที่ 4.3	ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ขนาด 600 วีเอ	47
ตารางที่ 4.4	สถานะของหลอดไฟหน้าตู้เริ่มจาก 26 โวลต์	48
ตารางที่ 4.5	สถานะของหลอดไฟหน้าตู้เริ่มจาก 21 โวลต์	49



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนมกราคม	5
ภาพที่ 2.2 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนกุมภาพันธ์	5
ภาพที่ 2.3 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนมีนาคม	5
ภาพที่ 2.4 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนเมษายน	5
ภาพที่ 2.5 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนพฤษภาคม	6
ภาพที่ 2.6 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนมิถุนายน	6
ภาพที่ 2.7 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนกรกฎาคม	6
ภาพที่ 2.8 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนสิงหาคม	6
ภาพที่ 2.9 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนกันยายน	7
ภาพที่ 2.10 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนตุลาคม	7
ภาพที่ 2.11 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนพฤศจิกายน	7
ภาพที่ 2.12 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรงของเดือนธันวาคม	7
ภาพที่ 2.13 แผนที่การกระจายของพลังงานจากรังสีตรงรวมตลอดทั้งปี (kWh/m ² -yr) โดยเฉลี่ยจากข้อมูล 11 ปี	8
ภาพที่ 2.14 การแจกแจงของรังสีตรงตามพื้นที่	9
ภาพที่ 2.15 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Single Crystalline Silicon Solar Cell	10
ภาพที่ 2.16 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Polycrystalline Silicon Solar Cell	10
ภาพที่ 2.17 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous Silicon Solar Cell	10
ภาพที่ 2.18 ส่วนประกอบต่างๆของเซลล์แสงอาทิตย์	11
ภาพที่ 2.19 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่ถูกแสงอาทิตย์	12
ภาพที่ 2.20 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ถูกแสงอาทิตย์	12
ภาพที่ 2.21 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์สร้างกระแสไฟฟ้า	13
ภาพที่ 2.22 ภาพแสดงโครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว-กรด แผ่นอาโนดและคาโทด จะวางสลับกันเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวระหว่างกัน	15
ภาพที่ 2.23 แสดงไอออนบวกของตะกั่วจะออกมา อาโนดเข้าไปในอิเล็กโทรไลต์ อิเล็กตรอน จะมีอิสระที่จะเข้าไปวงจรที่นำมาต่อภายนอก ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโทด ไปยังอาโนด	15

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.24 โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ที่มีการปิดผนึกซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถจะใช้ที่ใดก็ได้โดยจะไม่ปล่อยอิเล็กโทรไลต์ออกมา	16
ภาพที่ 2.25 แบตเตอรี่ต่อกันแบบขนานเพื่อให้ได้กระแสเพิ่มขึ้น	17
ภาพที่ 2.26 แบตเตอรี่ต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้น	17
ภาพที่ 2.27 แบตเตอรี่ต่อกันแบบอนุกรมกับแบบขนาน	17
ภาพที่ 2.28 บล็อกไดอะแกรมของออปแอมป์	19
ภาพที่ 2.29 วงจรภายในโดยทั่วไปของออปแอมป์	19
ภาพที่ 2.30 สัญลักษณ์และขาใช้งานต่าง ๆ ของออปแอมป์	20
ภาพที่ 2.31 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของออปแอมป์ในทางอุดมคติ	21
ภาพที่ 2.32 การเปิด-ปิด สวิตช์ทั้ง 4 เป็นจังหวะ	23
ภาพที่ 2.33 การใช้มอสเฟตแทนสวิตช์	24
ภาพที่ 2.34 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของมอสเฟต	25
ภาพที่ 2.35 ขาของไอซี SG3524	26
ภาพที่ 2.36 ภายในไอซี SG3524	26
ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	28
ภาพที่ 3.2 แผนที่จังหวัดกาญจนบุรี	30
ภาพที่ 3.3 หลักการทำงานของชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท	30
ภาพที่ 3.4 Block diagram แสดงหลักการทำงานของชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท	31
ภาพที่ 3.5 วงจรตรวจจับแรงดัน	32
ภาพที่ 3.6 Block diagram แสดงหลักการทำงานโดยเริ่มจากตรวจจับแรงดันแบตเตอรี่	33
ภาพที่ 3.7 การสร้างสัญญาณไปยังรีเลย์กำลัง	33
ภาพที่ 3.8 สถานะแบตเตอรี่เต็ม	34
ภาพที่ 3.9 สถานะแบตเตอรี่ปานกลาง	34
ภาพที่ 3.10 สถานะแบตเตอรี่ต่ำ	34
ภาพที่ 3.11 สถานะแบตเตอรี่ปานกลาง	34

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 3.12 สถานะแบตเตอรี่เต็ม	35
ภาพที่ 3.13 วงจรกำลังขณะใช้พลังงานแสงอาทิตย์	35
ภาพที่ 3.14 วงจรกำลังขณะใช้พลังงานไฟฟ้าปกติ	35
ภาพที่ 3.15 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ PWM	36
ภาพที่ 3.16 Block diagram แสดงหลักการทำงานชุดอินเวอร์เตอร์ 500 วีเอ	37
ภาพที่ 3.17 ทดสอบชุดตรวจจับแรงดันที่แบตเตอรี่	38
ภาพที่ 3.18 ชุดตรวจจับแรงดันที่แบตเตอรี่	39
ภาพที่ 3.19 ชุดรีเลย์กำลัง	39
ภาพที่ 3.20 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 วีเอ กับแผ่นระบายความร้อน	40
ภาพที่ 3.21 ลายวงจรอินเวอร์เตอร์	40
ภาพที่ 3.22 แผ่นปริ้นท์ที่กัดลายวงจรแล้ว	40
ภาพที่ 3.23 ชุดอินเวอร์เตอร์เสร็จสมบูรณ์	41
ภาพที่ 3.24 แผงเซลล์แสงอาทิตย์	41
ภาพที่ 3.25 ชุดควบคุมเสร็จสมบูรณ์	41
ภาพที่ 4.1 กระแสไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ต่อเวลา	44
ภาพที่ 4.2 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขณะใช้งาน	46

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากภาวะวิกฤติการณ์โลกร้อนในปัจจุบัน พบว่าพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ได้ถูกใช้ไปเป็นจำนวนมากมหาศาลไม่ว่าจะเป็น พลังงานน้ำมัน พลังงานน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาด้านพลังงานทั้งในระดับประเทศ และในระดับโลก ส่งผลกระทบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ อีกทั้งประเทศไทยนำเข้าพลังงานน้ำมันเกือบทั้งหมด ดังนั้น จึงต้องให้ความสำคัญในการหาพลังงานทดแทนมาใช้งาน เพื่อนำพาประเทศให้สามารถพึ่งพาตนเองได้

กระบวนการผลิตและใช้พลังงานจากฟอสซิลนั้น ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมติดตามมาอย่างมากมาย เช่น มลพิษทางอากาศ ฝนกรด และ สภาวะเรือนกระจก ซึ่งมีผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อทั้งระบบนิเวศน์ และ ความเป็นอยู่ของมนุษย์ การนำพลังงานในรูปแบบอื่นมาใช้ เช่น พลังงานไฟฟ้าจาก นิวเคลียร์ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน ในการก่อสร้าง และ ถอดทิ้ง ทำลายเตาปฏิกรณ์สูงมาก ปัจจุบันมีการส่งเสริมให้ใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล และการแปรรูปจากมูลฝอย ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาสู่ปัจจุบัน กระบวนการแปรรูป พลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า นับเป็นกระบวนการที่สะอาดและไร้มลภาวะ และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งในด้านการลงทุน เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน โดยรวมถึงผลกระทบที่อาจมีต่อสิ่งแวดล้อมด้วยแล้ว นับเป็นพลังงานที่คุ้มค่า มีความยั่งยืน และไม่มีที่สิ้นสุด จึงได้เล็งเห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีอยู่ประมาณมากเนื่องจากประเทศไทยเป็นภูมิภาคเขตร้อนชื้นสามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานอื่น ๆ ได้ การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะออกแบบให้ประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่ขณะที่มีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน จึงเกิดปัญหาเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงทั้งวันหรือวันที่มีแสงน้อย พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงจะถูกจ่ายให้ไหลด การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะคำนวณในขณะที่มีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน แต่จะเกิดปัญหาเมื่อวันไหนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงอาทิตย์และไฟที่เก็บประจุในแบตเตอรี่หมด ดังนั้นจึงออกแบบระบบควบคุมแบบผสมผสานการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าปกติเพื่อให้สามารถใช้ไฟฟ้าได้ตลอดทั้งวันอย่างต่อเนื่อง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อออกแบบชุดควบคุมพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านพักอาศัย
- 1.2.2 เพื่อประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในบ้านพักอาศัยในชนบท
- 1.2.3 เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในบ้านพักอาศัยในชนบท

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 watt
- 1.3.2 สามารถใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้เฉลี่ยวันละ 500 watt-hour ตามสภาพกำลังไฟฟ้าที่ประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่
- 1.3.3 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุดที่ผ่านอินเวอร์เตอร์ไม่เกิน 500 VA
- 1.3.4 กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถผ่านหม้อแปลงที่แปลงแรงดัน 220 volt เป็น 24 volt ได้ไม่เกิน 5 amp

1.4 แนวทางการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการ
- 1.4.2 ออกแบบและคำนวณชุดควบคุมการทำงาน
- 1.4.3 จัดหาอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบและคำนวณไว้
- 1.4.4 สร้างชุดควบคุมการทำงาน
- 1.4.5 ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขการทำงานอุปกรณ์และชุดควบคุม
- 1.4.6 ติดตั้ง ทดสอบและบันทึกผล
- 1.4.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- 1.4.8 เรียบเรียงเอกสาร
- 1.4.9 จัดทำปฏิญานินพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ชุดควบคุมพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านพักอาศัย

1.5.2 ได้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ในบ้านพักอาศัยในชนบท

1.5.3 ช่วยส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในบ้านพักอาศัยในชนบท



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

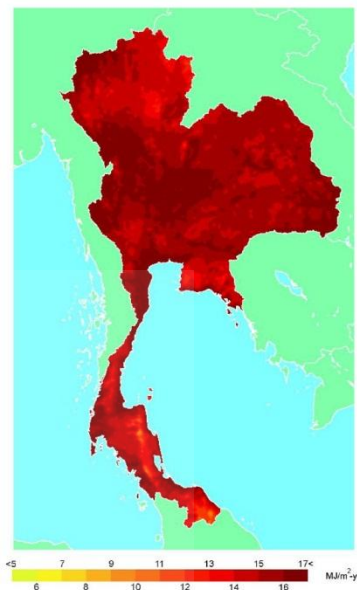
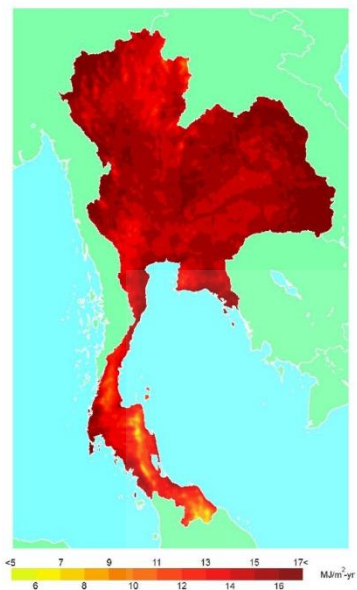
2.1 บทนำ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ควรรู้ก่อนเริ่มทำโครงการ โดยทฤษฎีที่อยู่ในส่วนนี้ จะกล่าวถึงศักยภาพของปริมาณแสงอาทิตย์ในประเทศไทย, เซลล์แสงอาทิตย์, แบตเตอรี่, ออปแอมป์ และอินเวอร์เตอร์ เนื้อหาดังกล่าวเป็นเพียงพื้นฐานสำหรับการออกแบบและสร้างโครงการ

2.2 ศักยภาพของปริมาณแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

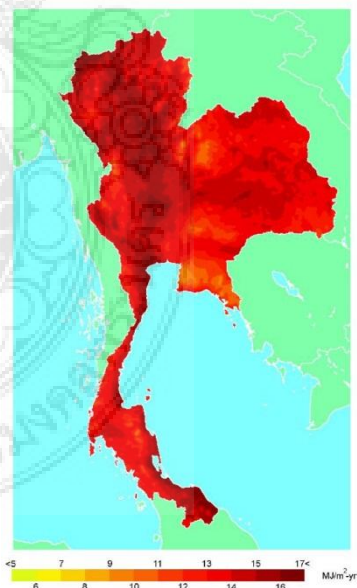
จากการทดสอบของผู้วิจัยได้ทำการคำนวณความเข้มรังสีตรงที่ตกตั้งฉากกับทิศของรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Normal Irradiance) รายชั่วโมงทั่วประเทศ จากนั้นนำข้อมูลความเข้มรังสีตรงรายชั่วโมงที่ได้มาแปลงให้เป็นค่ารายวันแล้วแสดงผลการคำนวณที่ได้ในภาพของแผนที่ความเข้มรังสีตรงที่ตกตั้งฉากกับพื้นผิวกับทิศของรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนทั่วประเทศและแผนที่ความเข้มรังสีตรงรายวันเฉลี่ยต่อปี

แผนที่ความเข้มรังสีตรงรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ดังแสดงในภาพที่ 2.1-2.12 จะเห็นว่าในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายนพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีค่อนข้างสูง ($14-17 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$) ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาดังกล่าว เป็นช่วงฤดูแล้ง (Dry Season) ท้องฟ้าส่วนใหญ่แจ่มใสปราศจากเมฆ รังสีส่วนใหญ่จึงเป็นรังสีตรง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป รังสีตรงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงเดือนกันยายน ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาดังกล่าวของประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ท้องฟ้าจะมีเมฆมาปกคลุมทำให้รังสีตรงมีค่าลดลง หลังจากนั้นรังสีตรงในตอนกลางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากเดือนตุลาคมจนถึงเดือนธันวาคม เพราะช่วงเวลาดังกล่าวของประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ท้องฟ้าส่วนใหญ่ในภาคกลางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือค่อนข้างแจ่มใส รังสีตรงที่รับจึงมีค่าสูง สำหรับช่วงเวลาเดียวกัน ภาคใต้ยังคงมีรังสีตรงต่ำ เนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทยจะนำความชื้นมายังภาคใต้ ทำให้เมฆมากและมีฝนตก รังสีจึงมีค่าต่ำ แสดงดังภาพที่ 2.1-2.12



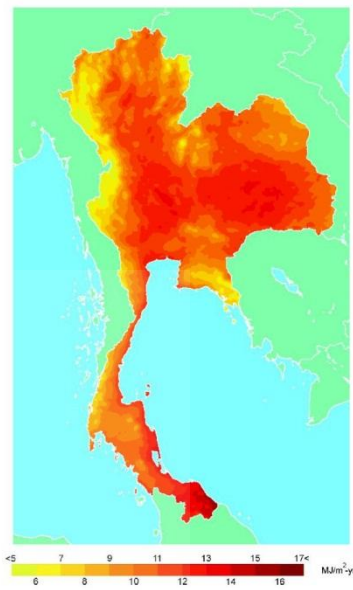
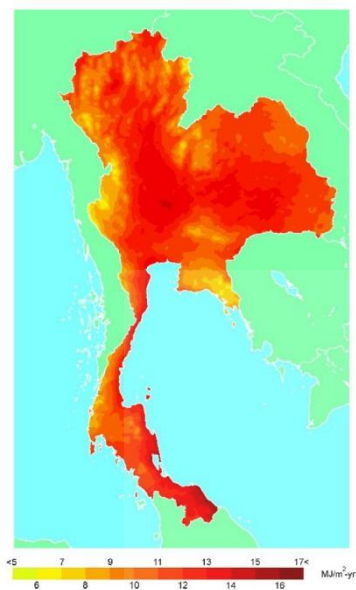
ภาพที่ 2.1 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนมกราคม

ภาพที่ 2.2 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนกุมภาพันธ์



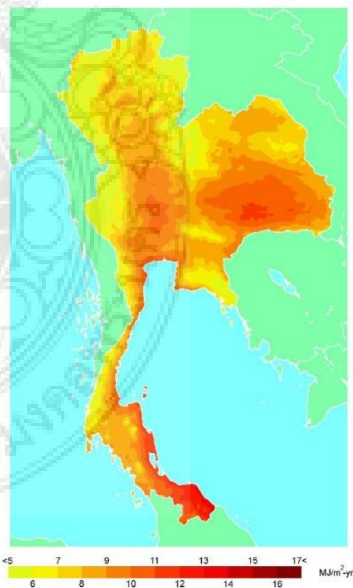
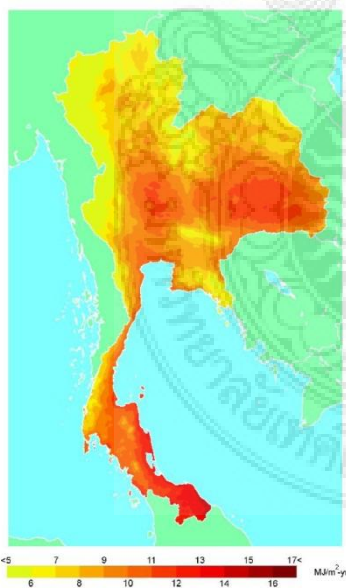
ภาพที่ 2.3 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนมีนาคม

ภาพที่ 2.4 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนเมษายน



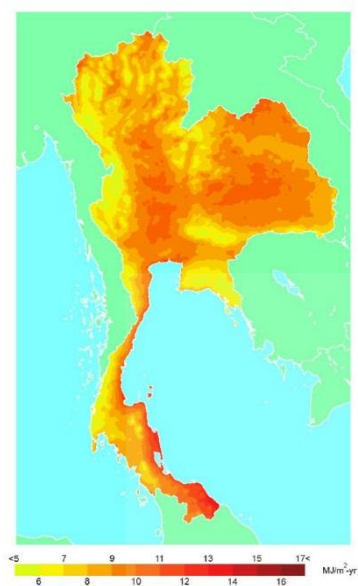
ภาพที่ 2.5 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนพฤษภาคม

ภาพที่ 2.6 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนมิถุนายน

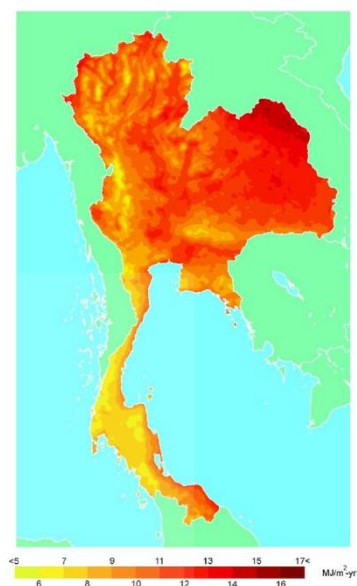


ภาพที่ 2.7 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนกรกฎาคม

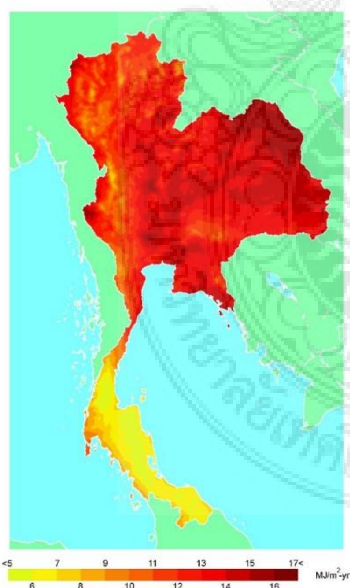
ภาพที่ 2.8 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนสิงหาคม



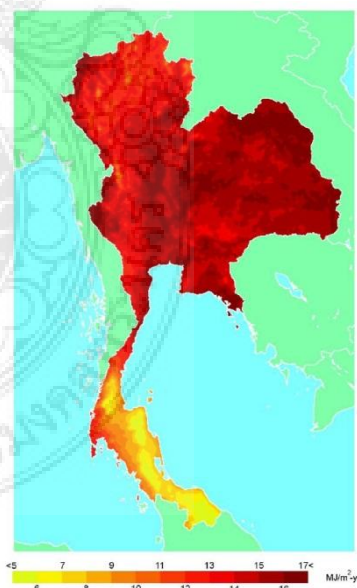
ภาพที่ 2.9 การกระจายตามพื้นที่ของรังสีตรง
ของเดือนกันยายน



ภาพที่ 2.10 การกระจายตามพื้นที่ของรังสี
ตรงของเดือนตุลาคม

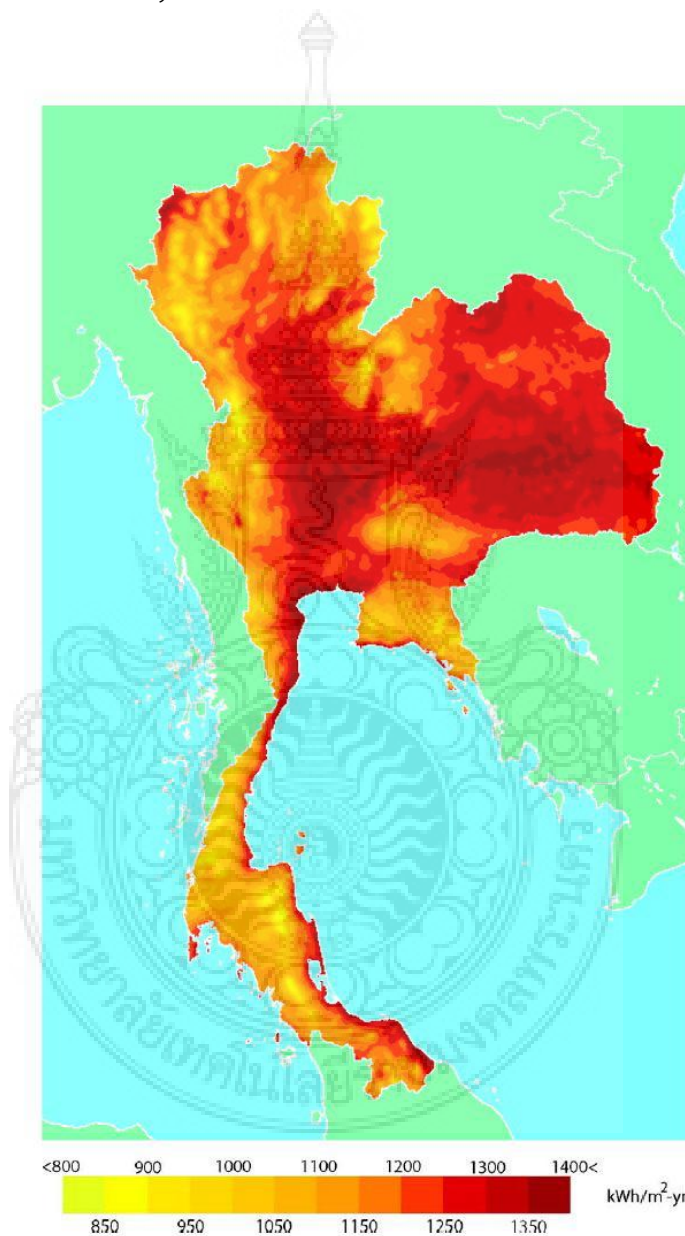


ภาพที่ 2.11 การกระจายตามพื้นที่ของรังสี
ตรงของเดือนพฤศจิกายน

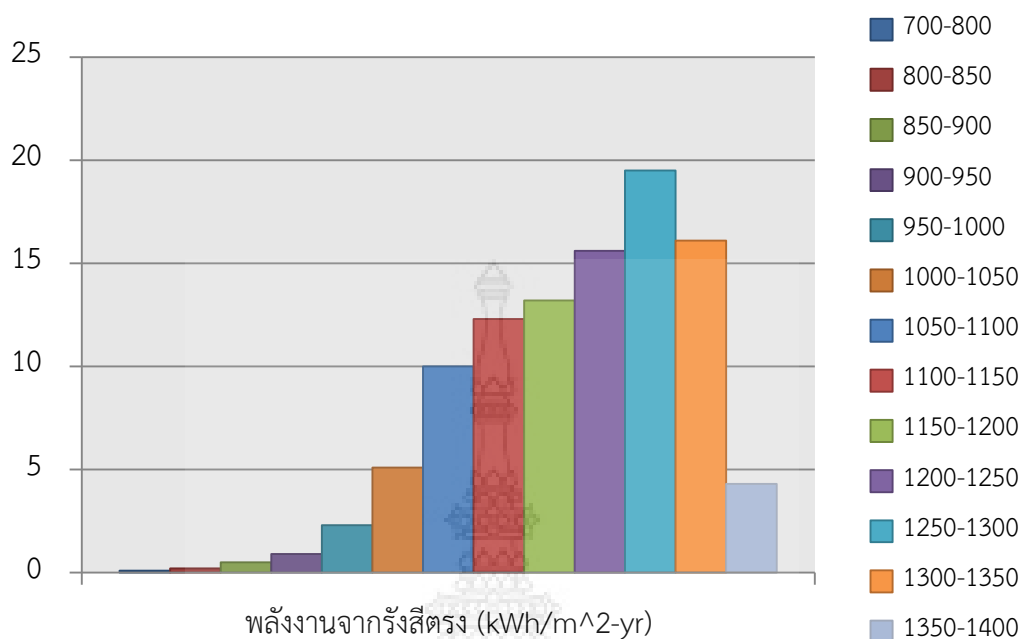


ภาพที่ 2.12 การกระจายของพลังงานจาก
รังสีตรงของเดือนธันวาคม

เมื่อพิจารณาพลังงานจากรังสีตรงที่ได้รับรวมทั้งปี ดังแสดงในภาพที่ 2.13 จะเห็นได้ว่าตรงบริเวณที่ได้รับรังสีตรงที่สุด จะอยู่ในภาคกลางโดยควบคุมบางส่วนของจังหวัดสิงห์บุรี ชัยนาท ลพบุรี นครสวรรค์ กาญจนบุรี และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในพื้นที่บางส่วนของจังหวัด นครราชสีมา ชัยภูมิ ร้อยเอ็ด ยโสธร สุรินทร์ และอุบลราชธานี โดยพื้นที่ดังกล่าวได้รับรังสีตรงต่อปี ในช่วง 1,350-1,400 kWh/m²-yr แสดงดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 แผนที่การกระจายของพลังงานจากรังสีตรงรวมตลอดทั้งปี (kWh/m²-yr) โดยเฉลี่ยจากข้อมูล 11 ปี



ภาพที่ 2.14 การแจกแจงของรังสีตรงตามพื้นที่

จากในภาพที่ 2.14 ทำการแจกแจงระดับของรังสีตรงในช่วงต่างๆ โดยหาว่ารังสีตรงในระดับนั้นๆ ครอบคลุมพื้นที่กี่เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ผลที่ได้พบว่าการแจกแจงดังกล่าวมีลักษณะไม่สมมาตร โดยไปทางค่ารังสีตรง ที่มีค่ามาก และบริเวณที่มีค่าความเข้มรังสีตรงสูงสุด (1,350-1,400 kWh/m²-yr) ครอบคลุมพื้นที่ 4.3 % ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่บางส่วนของภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้ ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถแบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ แสดงดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 เซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด Single Crystalline Silicon Solar Cell

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก แสดงดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 เซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด Polycrystalline Silicon Solar Cell

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) นาน้ำหนักเบา และประสิทธิภาพเพียง 5-10% แสดงดังภาพที่ 2.17

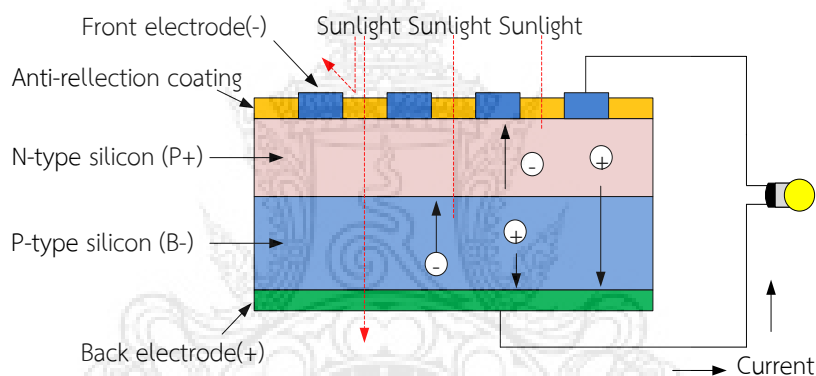


ภาพที่ 2.17 เซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด Amorphous Silicon Solar Cell

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลลูไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะทำให้ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์สูงถึง 20-25%

2.3.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

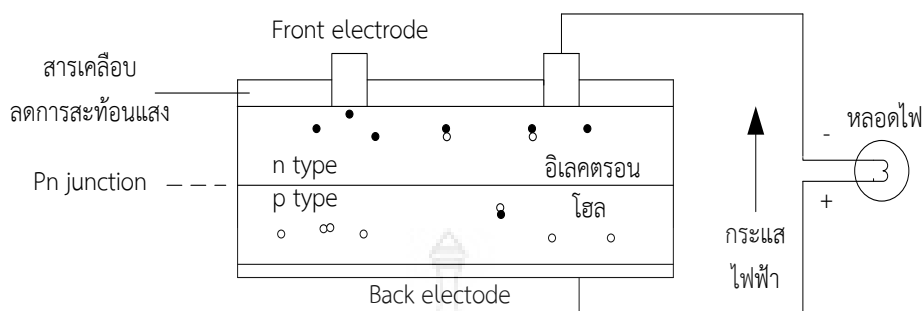
การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกันพลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ แสดงดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 ส่วนประกอบต่างๆของเซลล์แสงอาทิตย์

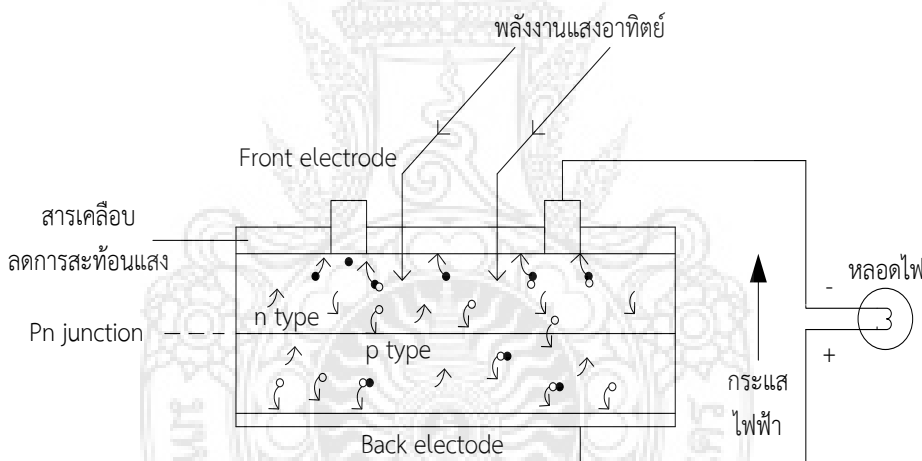
การทำงานจะมี 3 ขั้นตอนดังนี้ คือ

1) N-Type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารฟอสฟอรัสมีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ P-Type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน(โฮล)เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย P-N junction จึงทำให้เกิดเป็น " เซลล์แสงอาทิตย์ " ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮล ปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ N-Type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน P-Type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ P-Type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล แสดงดังภาพที่ 2.19



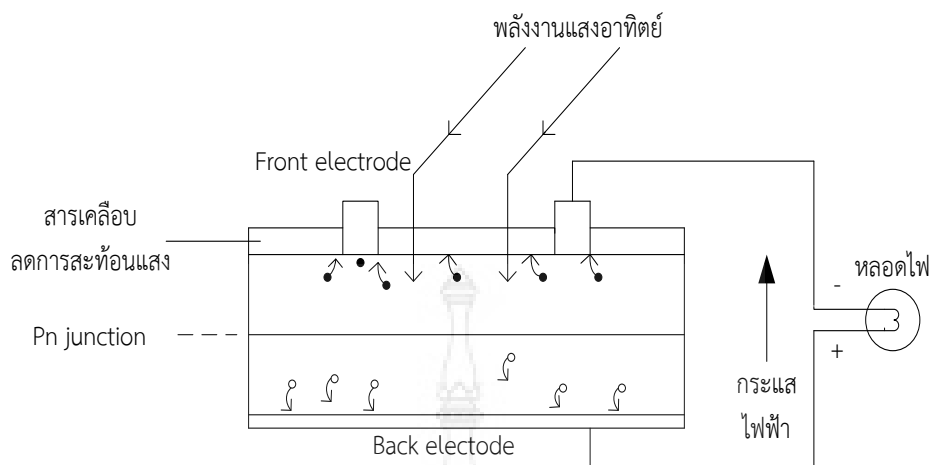
ภาพที่ 2.19 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่ถูกแสงอาทิตย์

2) เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังงานสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น N-Type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น P-Type แสดงดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ถูกแสงอาทิตย์

3) อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน แสดงดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์สร้างกระแสไฟฟ้า

2.3.2 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

- 2.3.2.1 ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
- 2.3.2.2 เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้
- 2.3.2.3 สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลกและได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรง
- 2.3.2.4 ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ
- 2.3.2.5 ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม
- 2.3.2.6 ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง
- 2.3.2.7 เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงานจึงไม่เกิดการสึกหรอ
- 2.3.2.8 ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก
- 2.3.2.9 ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

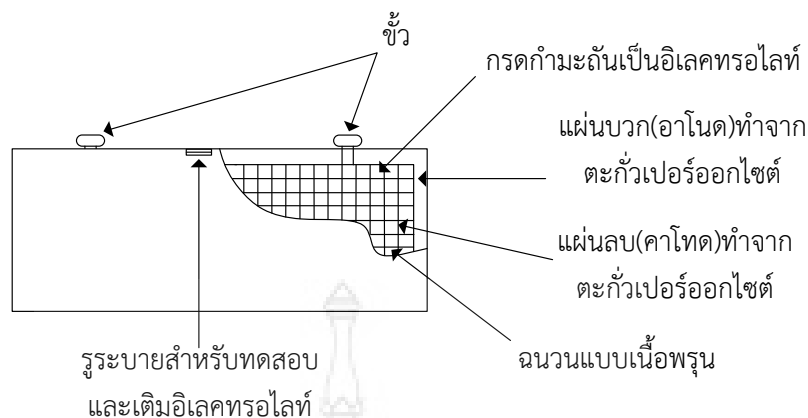
2.4 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าโดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก(Galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์(Electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้าสามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุและจ่ายประจุนั่นเอง

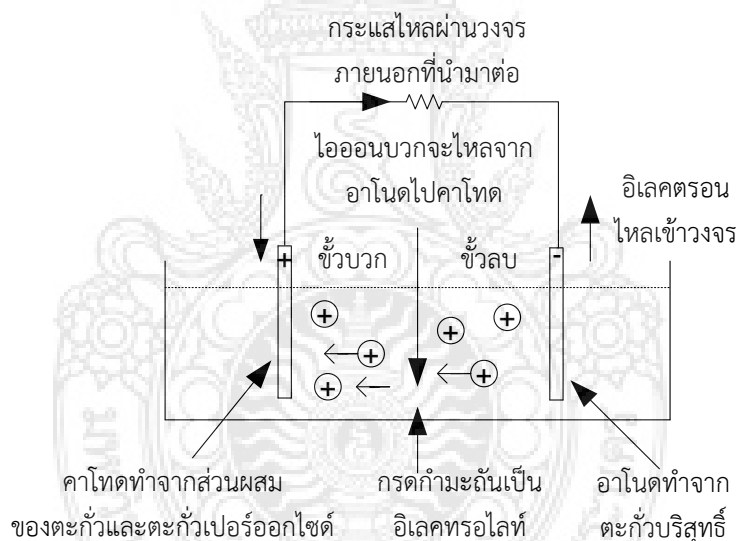
2.4.1 โครงสร้างแบตเตอรี่

เซลล์แบบสังกะสี-ถ่านแบบอัลคาไลน์แมงกานีส แบบปรอท แบบซิลเวอร์ แบบสังกะสี-อากาศและแบบลิเธียม ซึ่งเซลล์ต่างๆ ที่กล่าวมานี้ถูกจัดอยู่ในเซลล์แบบปฐมภูมิ เมื่อพลังงานเคมีในตัวเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าหมดแล้ว ก็หมดสภาพในการเป็นแหล่งจ่ายไฟอีก แต่ยังมีเซลล์อีกแบบหนึ่ง เรียกว่าเซลล์แบบทุติยภูมิ(Secondary cell) สามารถที่จะประจุไฟกลับใหม่ได้ โดยที่ปฏิกิริยาเคมี ซึ่งจ่ายเป็นพลังงานไฟฟ้าออกมานั้นเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ การใช้เซลล์แบบทุติยภูมินี้ ทำให้เหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟมาก เนื่องจากถ้าเซลล์ถูกใช้ไฟไปจนหมดแล้ว สามารถจะประจุกลับไปใหม่เพื่อจะได้ใช้ต่อไปได้ เซลล์แบบทุติยภูมินี้มีราคาแพงกว่าเซลล์แบบปฐมภูมิ ในการลงทุนซื้อมาตอนแรก เนื่องจากจำเป็นที่จะต้องซื้อเครื่องประจุไฟมาด้วย แต่เมื่อคิดในระยะยาว แล้วเซลล์แบบทุติยภูมิ จะมีค่าใช้จ่ายถูกกว่า

เซลล์แบบตะกั่ว-กรด (Lead Acid) เซลล์แบบทุติยภูมิชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันมากคือเซลล์แบบตะกั่วกรด ซึ่งใช้กันทั่วไปในรถยนต์ ตัวอย่างเซลล์ชนิดนี้แสดงในภาพที่ 2.12 ซึ่งเราจะเห็นมันประกอบด้วยแผ่นคาโทด และแผ่นแอนโนดวางสลับกันจุ่มอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน แผ่นเพลทจะวางสลับกันเพื่อจะได้มีที่ผิวสัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ได้มาก ในขณะที่รักษาปริมาตรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สารที่มีพื้นผิวสัมผัสระหว่างแผ่นอิเล็กโทด และอิเล็กโทรไลต์มากเท่าไร ปฏิกิริยาเคมีก็จะเกิดขึ้นมากเท่านั้น นอกจากนี้ค่าความต้านทานภายในเซลล์จะยังมีค่าน้อยลงด้วย ดังนั้นในการค้นคว้าจึงมุ่งทางด้านเพิ่มที่ผิวสัมผัส วิธีที่นิยมใช้กันก็คือใช้แผ่นเพลทบางๆ คั่นด้วยฉนวนแบบมีรูพรุน อิเล็กโทดเป็นแอนโนดจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่คาโทดจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ในขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมานั้น อะตอมของตะกั่วจากแผ่นแอนโนดจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ และทิ้งอิเล็กตรอนให้ไหลสู่วงจรที่นำมาต่อภายนอก ดังแสดงในภาพที่ 2.22 - 2.23



ภาพที่ 2.22 ภาพแสดงโครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว-กรด แผ่นอาโนดและคาโทดจะวางสลับกันเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวระหว่างกัน



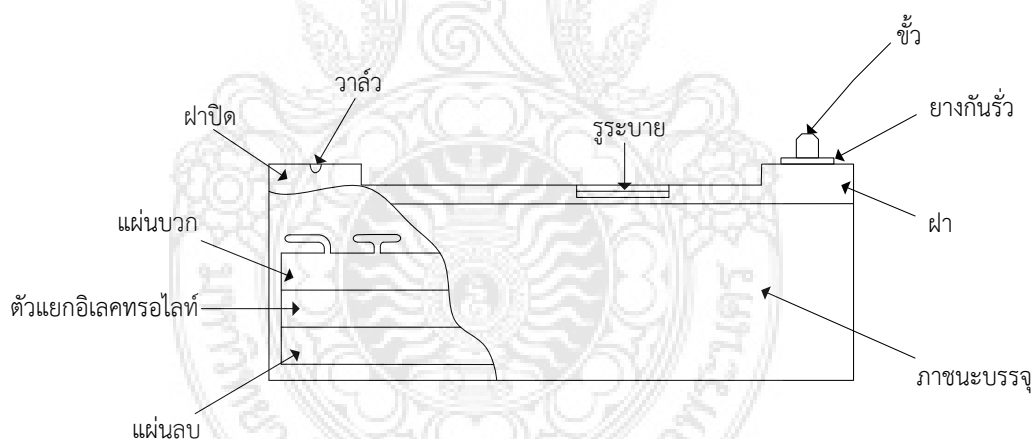
ภาพที่ 2.23 แสดงไอออนบวกของตะกั่วจะออกมา อาโนดเข้าไปในอิเล็กโทรไลต์ อิเล็กตรอนจะมีอิสระที่จะเข้าไปวงจรที่นำมาต่อภายนอก ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโทดไปยังอาโนด

ที่คาโทดตะกั่วเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่ว ซึ่งมีประจุบวกสูงและเป็นไอออนที่มีประจุสูง ไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเล็กตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภายนอกเพื่อรวมตัวกลายเป็นไอออนตะกั่วที่มีประจุบวก ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับอาโนดทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโทดผ่านไปยังวงจรภายนอก ไอออนของตะกั่วจากแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองจะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน ซึ่งเป็นอิเล็กโทรไลต์ กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต(Lead sulphate) ซึ่งจะเห็นเป็นตะกอนสีขาว

เกาะอยู่ที่อิเล็กโทรดทั้งสอง และก๊าซไฮโดรเจน (ซึ่งจะรวมกับอ็อกซิเจนของออกซิเจนจากคาโทดกลายเป็นน้ำ)

สูตรทางเคมีแสดงให้เห็นว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเจือจางลงโดยโมเลกุลของน้ำที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นขณะเดียวกับที่เซลล์คายประจุ ทำให้เราสามารถใช้เป็นวิธีการหาสถานะ การประจุและคายประจุของเซลล์ได้ โดยการวัดความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งจะบอกว่าเซลล์ใกล้จะถึงสถานะคายประจุหมดหรือยัง เพื่อจะได้ประจุไฟฟ้ากลับเข้าไปใหม่ โดยค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ที่ประจุมาเต็มที่จะมีค่าประมาณ 1.25 และค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ที่คายประจุหมดจะมีค่าระบุไว้ประมาณ 1.2 เราใช้ไฮโดรมิเตอร์ในการวัด แรงดันของเซลล์โดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 2 โวลต์

เซลล์แบบตะกั่ว-กรดนี้มีโครงสร้างแบบที่กล่าวมาเป็นระยะเวลานานแล้ว การปรับปรุงให้เซลล์มีอายุการใช้งานนานขึ้น โดยที่แบตเตอรี่ที่มีการผนึกอย่างดี และมีอิเล็กโทรไลต์เป็นของแข็งได้ถูกผลิตขึ้นมาแล้ว ซึ่งไม่ต้องมีการบำรุงรักษาเลย จึงสามารถนำไปใช้ได้ทันที นับว่ามีประโยชน์ในการใช้แทนหรือใช้อย่างปกติแทนเซลล์แบบบรูมูมิในเครื่องมือวัดแบบกระเป่าหิ้ว เนื่องจากมันสามารถประจุไฟใหม่ได้ โครงสร้างของเซลล์แบบนี้ในแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ แสดงไว้ในภาพที่ 2.24

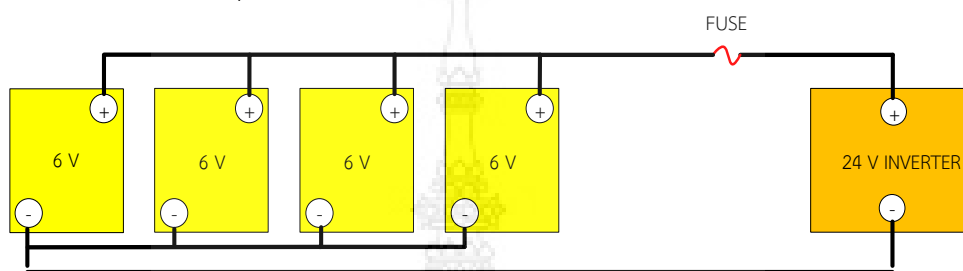


ภาพที่ 2.24 โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ที่มีการปิดผนึกซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถจะใช้ที่ใดก็ได้โดยจะไม่ปล่อยอิเล็กโทรไลต์ออกมา

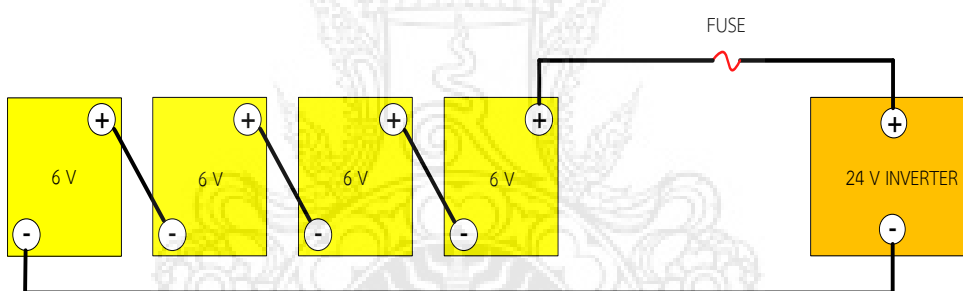
2.4.2 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ในทางปฏิบัติแล้วแบตเตอรี่ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-acid battery) ด้วยเหตุผลไม่ว่าจะเป็นราคาที่ถูกกว่าและหาซื้อได้ง่าย แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีส่วนประกอบสำคัญเป็นแผ่นตะกั่วที่เป็นขั้วบวก

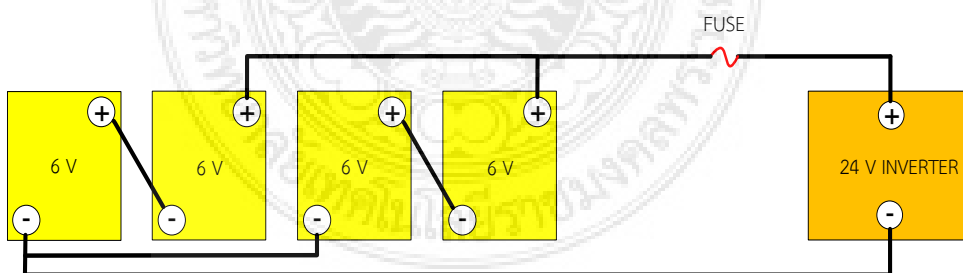
และลบล่มอยู่ในสารละลายกรดซัลฟูริกหรือเรียกว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โมเลกุลของซัลเฟอร์จากสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่วและปล่อยอิเล็กตรอนออกมามากมาย เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ อิเล็กตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันได้จากปฏิกิริยาเคมีนี้เอง และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2 โวลต์ แบตเตอรี่ 12 โวลต์ จึงมี 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรม



ภาพที่ 2.25 แบตเตอรี่ต่อกันแบบขนานเพื่อให้ได้กระแสเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2.26 แบตเตอรี่ต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้น



ภาพที่ 2.27 แบตเตอรี่ต่อกันแบบอนุกรมกับแบบขนาน

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย คุณสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% โดยแบตเตอรี่ไม่ได้

รับความเสียหาย (แบตเตอรี่ทั่วไปที่ใช้ในการติดเครื่องยนต์ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่า 20-30% ของพลังงานที่เก็บอยู่ จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงได้) ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่เหมาะสมได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่า แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (Maintenance free หรือ Sealed battery)

2.4.3 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน

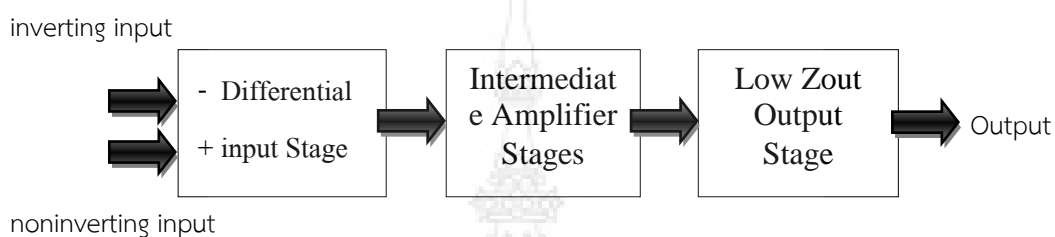
ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour; Ah) พลังงานในแบตเตอรี่ 12V 100Ah เท่ากับ 12Vx100Ah หรือ12Vx100Ax3600s จะได้เท่ากับ 4.32MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง หรือแบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่ายกระแสเท่ากับ 100Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ ดังนั้นการจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึงอัตราการจ่ายกระแสด้วย มักจะกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเต็มที่ การกำหนดขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน, อัตราการจ่ายประจุสูงสุด, อัตราการประจุสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่จะนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน (อุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือ 77°F หรือประมาณ 60-80°C)

2.5 ออปแอมป์ (Op-Amp)

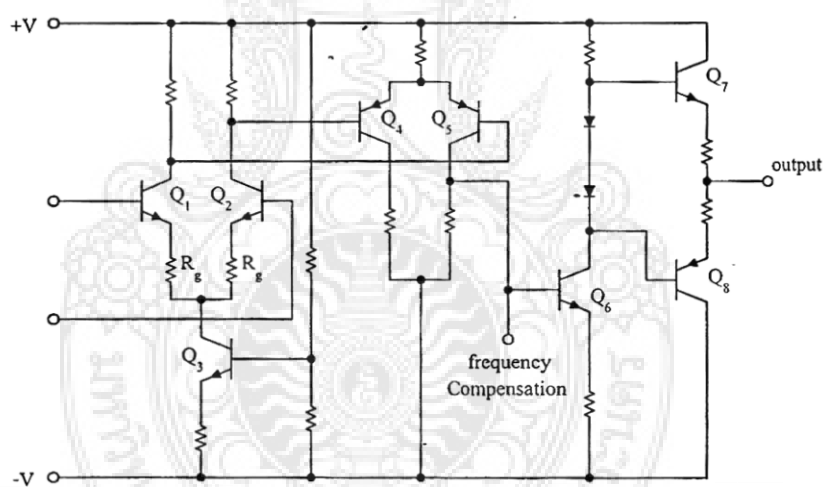
ออปแอมป์เป็นวงจรรขยายสัญญาณซึ่งออกแบบในรูปของวงจรรวม หรือเรียกย่อๆ ว่า ไอ.ซี. โดยถูกออกแบบบรรจุในภาชนะ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบโลหะซึ่งมี 8 ขา และแบบพลาสติกซึ่งมี 8 ขา หรือ 14 ขา โดยการจัดวางขาเป็นแบบขาตะขาบ (Dual in Line Package, DIP) ลักษณะวงจรรภายในของออปแอมป์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนด้วยกัน คือ ภาคสัญญาณเข้า ภาคขยายสัญญาณ และภาคสัญญาณออก ดังบล็อกไดอะแกรมแสดงลักษณะวงจรรภายในของออปแอมป์ในภาพที่ 2.28

ภาคสัญญาณเข้าของออปแอมป์นั้นส่วนใหญ่จะใช้เป็นวงจรรขยายสัญญาณแบบผลต่าง (differential amplifier) หรือเรียกว่า ดิฟแอมป์ (diff. amp.) ซึ่งมีอัตราขยายสัญญาณอินพุตผลต่าง(differential input voltage gain, A_d) ที่สูง ในทางกลับกันจะมีอัตราขยายสัญญาณอินพุตร่วมที่ต่ำ (common-mode input voltage gain, A_{cm}) นอกจากนี้วงจรภาคดิฟแอมป์นี้จะต้องมี

อิมพีแดนซ์ขาเข้าของวงจรสูงมากอีกด้วย (ทั่วไปมีค่าประมาณ 1 M Ω) ภาคขยายสัญญาณเป็นส่วน
ของวงจรที่รับสัญญาณหนึ่งหรือสองภาคขยายก็ได้ทั้งนี้เพื่อให้ได้อัตราขยายสัญญาณรวมมีค่ามากๆ
ก่อนที่จะป้อนให้กับภาคสัญญาณออก ภาคสัญญาณออกมักจะจัดเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบ
อิมิตเตอร์ร่วม (emitter follower) เพื่อให้อิมพีแดนซ์ขาออกของวงจรมีค่าต่ำมากๆ และสามารถขับ
กระแสโหลดได้เพียงพอ



ภาพที่ 2.28 บล็อกไดอะแกรมของออปแอมป์



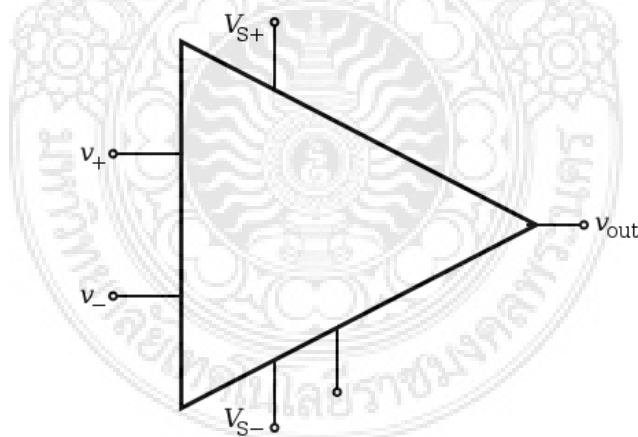
ภาพที่ 2.29 วงจรภายในโดยทั่วไปของออปแอมป์

ส่วนวงจรภายในของออปแอมป์โดยทั่วไปจะมีรายละเอียดดังภาพที่ 2.29 ซึ่งประกอบด้วย
ส่วนสำคัญต่างๆ ได้ 3 ส่วนดังได้กล่าวไปแล้ว ในภาพที่ 2.29 จะเห็นว่าภาคสัญญาณเข้า
ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q₁, Q₂ และ Q₃ โดยมีตัวต้านทานที่ขาอิมิตเตอร์ของ Q₁ และ Q₂ เป็น
ตัวทำให้อิมพีแดนซ์สูง กระแสคอลเลกเตอร์ของภาคอินพุตนี้โดยปกติจะต่ำมากดังนั้นความต้านทาน
ไฟสลับ (ac resistance) ระหว่างขาอิมิตเตอร์กับขาเบสจะสูง ทำให้ภาคอินพุตนี้สามารถขยาย
สัญญาณอินพุตกระแสต่ำๆ ได้แต่จะทำให้อัตราการขยายแรงดันต่ำซึ่งสามารถใช้ภาคขยายสัญญาณ
มาช่วยได้ทรานซิสเตอร์ Q₃ จัดเป็นวงจรจ่ายกระแสคงที่ (constant current source) ให้กับ

กระแสอิมิตเตอร์ของภาคอินพุทเพื่อลดความไวในการขยายสัญญาณแบบโหมตรงร่วม (common-mode signal, Acm) สัญญาณแบบโหมตรงร่วมของภาคอินพุทแบบดิฟเฟอเรนเชียลต่ำมากๆ

เพื่อให้ภาคอินพุทของออปแอมป์สามารถรับสัญญาณกระแสต่ำมากๆ ได้ และมีอินพุทอิมพีแดนซ์สูงมากๆ ดังนั้นทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 อาจจะใช้เป็นแบบดาร์ลิงตัน (Darlington pairs) หรือเป็นแบบเฟส (Field-Effect Transistors, FET) ในกรณีที่ภาคอินพุทใช้เฟตจะทำให้อิมพีแดนซ์ของออปแอมป์สูงมากๆ แต่ค่าแรงดันอินพุทออฟเซต (Input offset voltage, Vos) และการเปลี่ยนแปลงของแรงดันนี้ต่ออุณหภูมิจะสูงกว่ากรณีใช้ทรานซิสเตอร์ธรรมดา ซึ่งสามารถแก้ไขให้ลดลงได้โดยการจัดวงจรชดเชยแบบป้อนไว้ภายในของออปแอมป์ ส่วนการใช้วงจรดาร์ลิงตันก็มีผลทำให้แรงดันอินพุทออฟเซตและการเปลี่ยนแปลงของแรงดันนี้ต่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

ภาคถัดมาของวงจรก็คือส่วนของวงจรที่จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณซึ่งรับมาจากภาคอินพุท โดยประกอบด้วยสองภาคคือวงจรขยายสัญญาณผลต่าง Q4, Q5 และวงจรขยายสัญญาณแบบอิมิตเตอร์ร่วม Q6 (Common-emitter amplifier) อัตราขยายสัญญาณจากวงจรส่วนนี้จะต้องมีค่าสูงมากเพื่อให้อัตราขยายสัญญาณของออปแอมป์มีค่าใกล้เคียงกับอุดมคติ จากนั้นสัญญาณเอาต์พุทจากคอลเลคเตอร์ของ Q6 จะถูกป้อนให้กับวงจรภาคสุดท้ายของออปแอมป์ คือ ภาคเอาต์พุทซึ่งเป็นวงจรขยายสัญญาณกำลัง (complementary power amplifier) Q7 และ Q8 วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่ขับกระแสจ่ายให้กับโหลดได้อย่างเพียงพอ และนอกจากนี้ยังทำให้เอาต์พุทอิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าต่ำอีกด้วย



ภาพที่ 2.30 สัญลักษณ์และขาใช้งานต่าง ๆ ของออปแอมป์

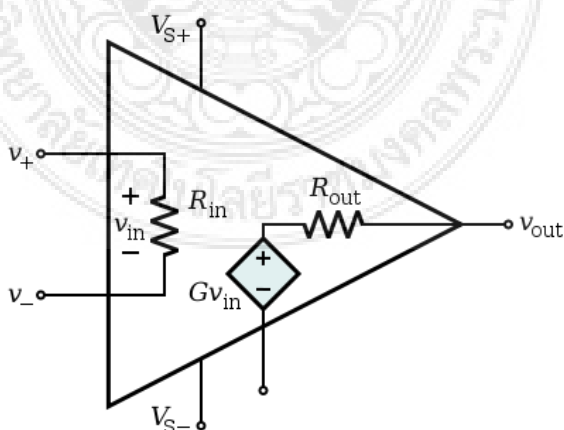
ลักษณะการจัดขาต่างๆ ของออปแอมป์ และรายละเอียดการใช้งานของแต่ละขาได้แสดงดังในภาพที่ 2.30 มีรายละเอียดดังนี้

- 1) $+V, -V$: สองขั้วนี้เป็นขาสำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงให้กับออปแอมป์ โดยปกติจะจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงเป็นแบบสองขั้ว (dual-polarity power supply)

- 2) Frequency Compensation : สองขั้วนี้ใช้ต่ออุปกรณ์เพื่อป้องกันการออสซิลเลตของออปแอมป์โดยปกติออปแอมป์ส่วนใหญ่ได้ออกแบบไว้ภายในตัวออปแอมป์แล้ว
- 3) Output : ขั้วนี้เป็นสัญญาณออกหรือเอาต์พุต โดยปกติแรงดันเอาต์พุตที่ขั้วนี้จะมีค่าสูงสุดไม่เกินค่าของแรงดันไฟที่จ่ายให้กับออปแอมป์ และกระแสเอาต์พุตที่ไหลเข้าหรือไหลออกจากขั้วนี้ไม่ควรเกิน 20 mA
- 4) Inverting input (ขั้วอินพุตกลับเฟส) : เป็นขั้วอินพุตหนึ่งของออปแอมป์ ถ้าป้อนสัญญาณเข้าที่ขาอินพุตนี้โดยต่อขั้วอินพุตไม่กลับเฟส (noninverting input) ซึ่งเป็นอีกอินพุตหนึ่งของออปแอมป์ลงกราวด์จะได้สัญญาณเอาต์พุตต่างเฟสกับอินพุตเป็นมุม 180 องศาหรือที่เรียกว่ากลับเฟส ดังนั้นขาอินพุตนี้จึงได้ชื่อว่าขั้วอินพุตกลับเฟส
- 5) Noninverting input (ขั้วอินพุตไม่กลับเฟส) : เป็นขั้วอินพุตของออปแอมป์ เมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่ขั้วนี้โดยต่อขั้วอินพุตกลับเฟสลงกราวด์ จะได้สัญญาณเอาต์พุตอินเฟสกับอินพุต

2.5.1 คุณสมบัติของออปแอมป์ตามอุดมคติ (Ideal OP AMP)

ออปแอมป์ตามอุดมคตินั้นไม่มีจริง แต่ที่กล่าวถึงก็เพราะต้องใช้คุณสมบัติของออปแอมป์ตามอุดมคติ (ตามที่สมมุติว่าสร้างได้ใกล้เคียง) ช่วยในการออกแบบวงจรใช้งานต่าง ๆ ซึ่งวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของออปแอมป์ในทางอุดมคตินั้นสามารถเขียนอธิบายได้ดังภาพที่ 2.31



ภาพที่ 2.31 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของออปแอมป์ในทางอุดมคติ

คุณสมบัติที่สำคัญของออปแอมป์ในอุดมคติมีดังต่อไปนี้คือ

- 1) อัตราการขยายแรงดันลูปเปิด (Open loop voltage gain, AOL) จะต้องมีค่าสูงมากเป็นอนันต์ (infinite)
- 2) อินพุทอิมพีแดนซ์ (Input impedance, Z_{in}) จะต้องมีค่าสูงมากเป็นอนันต์
- 3) เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ (Out impedance, Z_{out}) จะต้องมีค่าต่ำมากเป็นศูนย์
- 4) ช่วงความถี่แบนด์วิดท์ (Bandwidth, BW) จะต้องมีค่ามากเป็นอนันต์
- 5) แรงดันอินพุทออฟเซต (Offset input voltage, V_{os}) จะต้องมีค่าต่ำมากเป็นศูนย์ (ในทางปฏิบัติสาเหตุที่ทำให้แรงดันอินพุทออฟเซตไม่เท่ากับศูนย์ อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ในส่วนวงจรทางอินพุทที่ไม่ตรงกัน (match) กันนั่นเอง)

ในทางปฏิบัตินั้นไม่สามารถสร้างออปแอมป์ตามอุดมคติได้จริง แต่สามารถสร้างได้ใกล้เคียงมากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งเปรียบเทียบคุณสมบัติของออปแอมป์เบอร์ต่างๆ และจากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกับออปแอมป์อุดมคติ และนำคุณสมบัติมาออกแบบวงจรในงานต่างๆ คุณสมบัติที่จำเป็นในการออกแบบวงจรขยายมีดังนี้คือ

- 1) ความแตกต่างแรงดันอินพุท (differential input voltage) มีค่าประมาณเท่ากับศูนย์ ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่ใช้งานปกติแรงดันเอาท์พุท V_{out} มีค่าแน่นอนและค่าอัตราขยายลูปเปิด AOL มีค่าสูงเป็นอนันต์ ดังนั้น $V_i = V_{out} / AOL$ จะมีค่าน้อยมากเข้าใกล้ศูนย์นั่นคือ $V_1 = V_2$ (การสมมุตินี้จะไม่เป็นจริงถ้าเอาท์พุทของวงจรอยู่ในภาวะอิ่มตัว)
- 2) กระแสที่ไหลเข้าไปในอินพุทแต่ละขั้วมีค่าประมาณศูนย์ (IB น้อยกว่ามาก ๆ) ทั้งนี้เพราะว่าค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์สูงมากเป็นค่าอนันต์
- 3) ในขณะที่ออปแอมป์ต่อแบบลูปปิด (Closed loop) จะทำให้แรงดันที่ขั้วอินพุททั้งสองค่าประมาณเท่ากัน

ในการคำนวณและหาค่าอัตราการขยายลูปปิดของออปแอมป์จะใช้คุณสมบัติทั้งสามข้อนี้ช่วยในการพิจารณาเขียนสมการอัตราการขยายลูปปิด ACL

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดคุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติกับออปแอมป์ที่ใช้งานทั่วไป

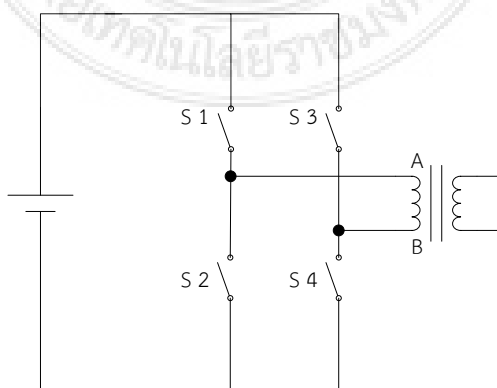
Parameter	Ideal	General purpose 741	High Speed 715	Low Noise 5534
Open Loop Voltage Gain, AOL	∞	100 k	30 k	100 k
Input Offset Voltage, Vos	0	2 mV	10 mV	5 mV
Input Offset Current, Ios	0	20 nA	250 nA	300 nA
Output Impedance, Zout	0	75 Ω	75 Ω	0.3 Ω
Input impedance, Zin	∞	2M Ω	1M Ω	100k Ω
Bandwidth, BW	∞	1MHz	65MHz	10MHz
Slew Rate, SR	∞	0.7V/mS	100V/mS	13V/mS

2.6 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่จะนำมาทำการแปลงนั้นมาจากแบตเตอรี่ โดยไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มานั้น จะคล้ายกับไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากเต้ารับตามบ้าน โดยอินเวอร์เตอร์สามารถทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น หลอดไฟ พัดลม วิทยุ หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ได้

2.6.1 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ โดยจะนำไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับสวิทช์ 4 ตัว และทำการเปิด-ปิด สวิทช์ทั้ง 4 เป็นจังหวะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับ

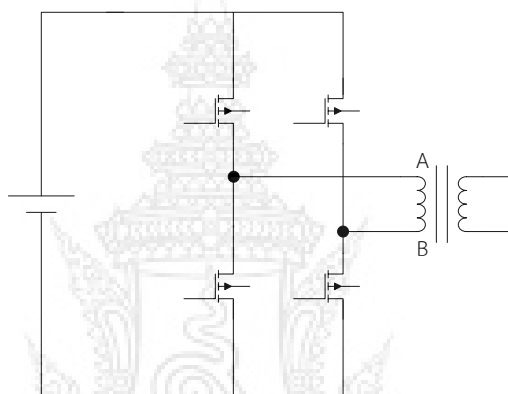


ภาพที่ 2.32 การเปิด-ปิด สวิทช์ทั้ง 4 เป็นจังหวะ

- เมื่อปิดสวิตช์ S1 และ S4 ทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทางจากจุด A ไปยังจุด B
- เมื่อปิดสวิตช์ S2 และ S3 ทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทางจากจุด B ไปยังจุด A

ดังนั้นถ้าเปิด-ปิดสวิตช์ S1 และ S4 สลับกับสวิตช์ S2 และ S3 จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นนั่นเอง โดยถ้ามีการควบคุมเวลาในการเปิด-ปิดสวิตช์ที่ต่างกัน ก็จะได้ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่แตกต่างกันไป

ในความเป็นจริงแล้วอินเวอร์เตอร์จะใช้มอสเฟตแทนสวิตช์ เนื่องจากมอสเฟตสามารถเปิด-ปิด ได้ในความเร็วที่สูงกว่าสวิตช์



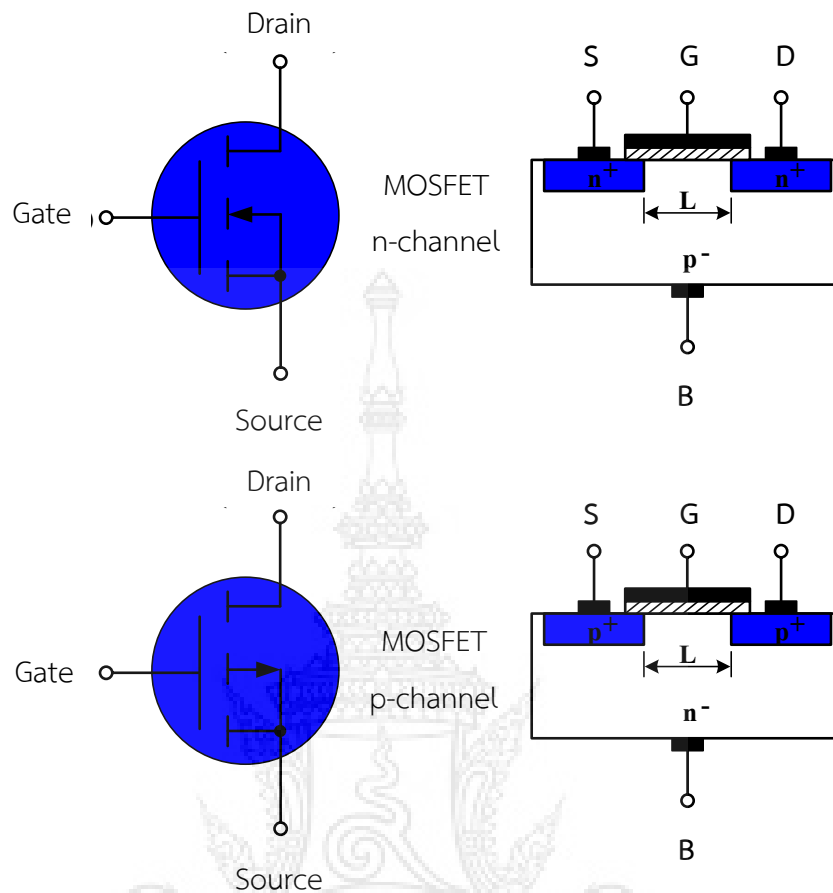
ภาพที่ 2.33 การใช้มอสเฟตแทนสวิตช์

การเปลี่ยนขนาดแรงดันของอินเวอร์เตอร์ตามความถี่ โดยวิธีการแปรรูปคลื่นของแรงดัน สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. วิธีแปรขนาดแรงดันของไฟตรง (PAM : Pulse Amplitude Modulation)
2. วิธีแปรความกว้างของพัลส์ที่ใช้เปิด-ปิดทรานซิสเตอร์ (PWM : Pulse Width Modulation)

2.6.2 เพาเวอร์มอสเฟต (Power MOSFET)

POWER MOSFET จะเหมือน MOSFET ธรรมดาเป็นอุปกรณ์ควบคุมโดยใช้แรงดัน โดยแรงดันที่ GATE-SOURCE จะควบคุมกระแส DRAIN ดังภาพที่ 2.34 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของมอสเฟต แบบ N-CHANNEL และ P-CHANNEL



ภาพที่ 2.34 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของมอสเฟต

การวัดหาเกต (G)

1. ตั้งมิเตอร์ไปที่ย่านการวัดค่าความต้านทาน R ย่าน $\times 1K$ หรือ $\times 10K$
2. ทำการวัดหาของ MOSFET ที่ละคู่จนครบ 6 ครั้ง จะพบว่ามียู่ 1 คู่ จะมีความต้านทานขึ้น นั้นหมายความว่าขาคู่นั้นคือขา D และ S
3. ส่วนขาที่เหลือคือขา G เพราะ MOSFET ถูกสร้างให้ G เป็นขาลอย คือไม่มีการต่อขาเกตเข้ากับเนื้อสารใด ๆ เลยดังนั้นเมื่อวัดเทียบกับขาอื่น ๆ เซมิมิเตอร์จึงไม่ขึ้น

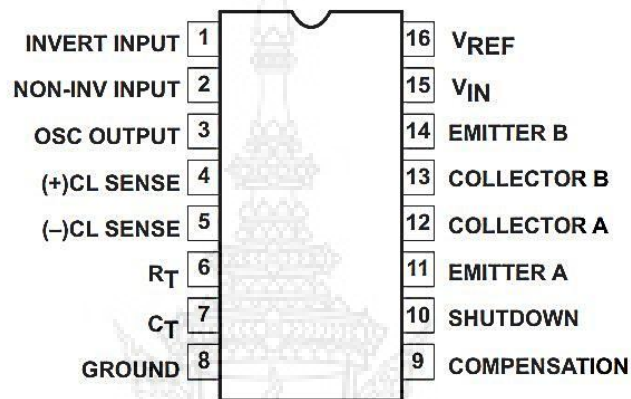
การหาขา DRAIN และ SOURCE

1. ตั้งมิเตอร์ไปที่ย่านการวัดค่าความต้านทาน R ย่าน $\times 1K$ หรือ $\times 10K$
2. วัดคร่อมไปที่ขา D และ S เซมิมิเตอร์จะขึ้น จากนั้นให้ย้ายสายวัดสายใดสายหนึ่งไปแตะที่ขา G
3. จากนั้นให้นำสายวัดไปแตะที่ขา G นำกลับมาจับที่ขาเดิม แล้วสังเกตเข็มของมิเตอร์

- * หากค่าความต้านทานที่วัดได้มีค่าลดลงจากเดิมจนใกล้ศูนย์ แสดงว่าขานั้นคือขา D
- * หากค่าความต้านทานที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม แสดงว่าขานั้นคือขา S

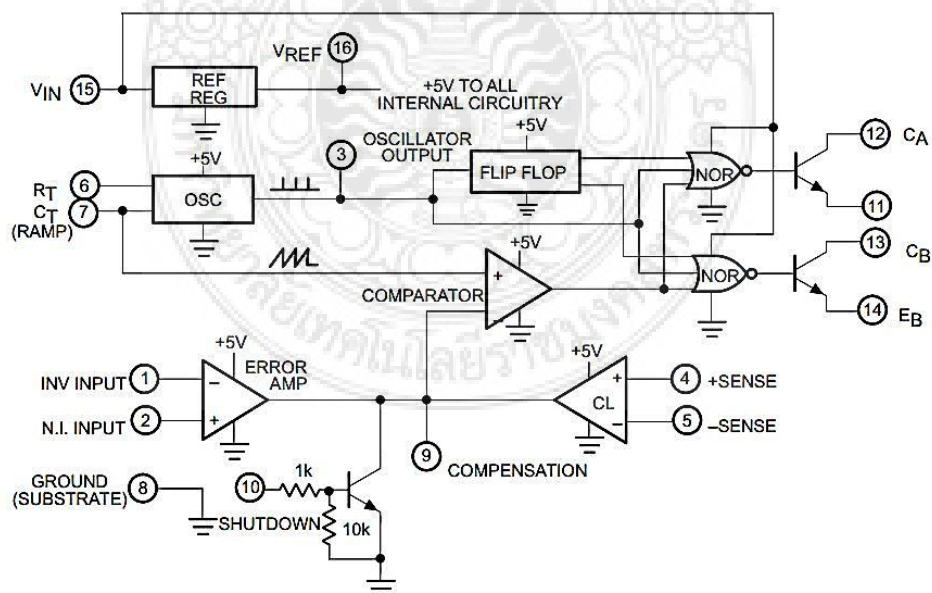
2.6.3 โครงสร้างไอซี SG3524

ไอซี SG3524 REGULATING PULSE WIDTH MODULATOR. ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ ควบคุมความกว้างของพัลส์ และควบคุมความถี่



ภาพที่ 2.35 ขาของไอซี SG3524

Function Block Diagram (FBD)



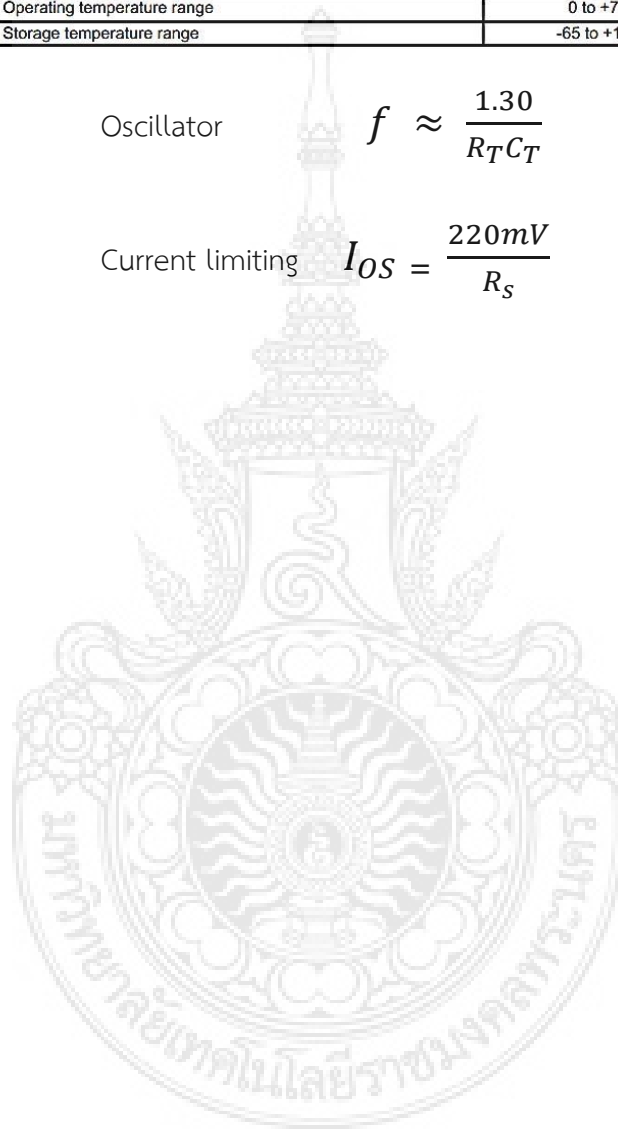
ภาพที่ 2.36 ภายในไอซี SG3524

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดไอซี SG3524

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V _{IN}	Input voltage	40	V
I _{OUT}	Output current (each output)	100	mA
I _{REF}	Reference output current	50	mA
	Oscillator charging current	5	mA
P _D	Power dissipation		
	Package limitation	1000	mW
	Derate above 25°C	8	mW/°C
T _A	Operating temperature range	0 to +70	°C
T _{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C

Oscillator $f \approx \frac{1.30}{R_T C_T}$

Current limiting $I_{OS} = \frac{220mV}{R_S}$



บทที่ 3

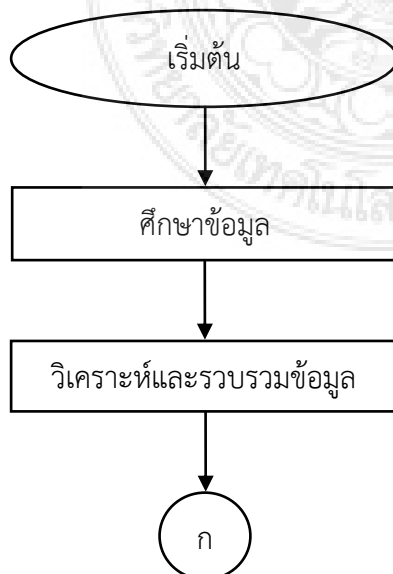
การออกแบบและสร้าง

3.1 บทนำ

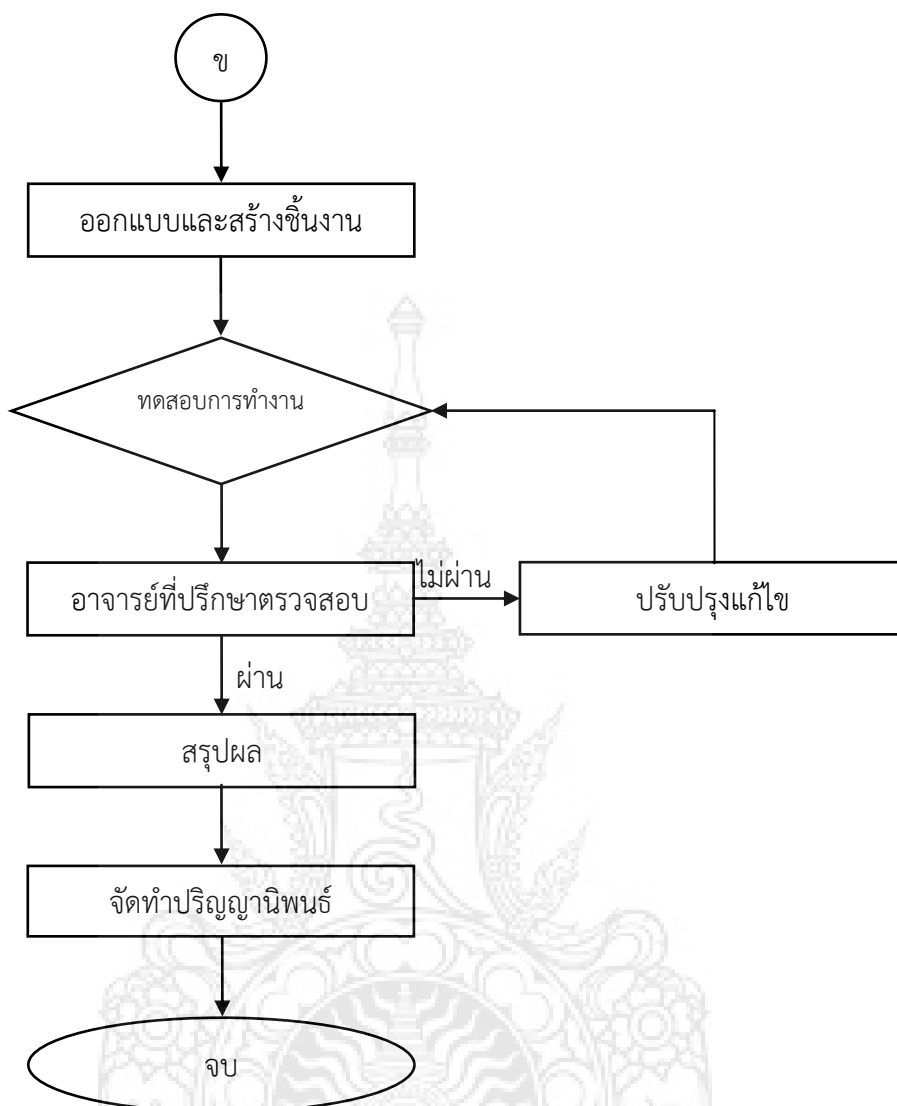
บทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท พลังงานที่ได้จะมาจากเซลล์แสงอาทิตย์และระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัย พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสไฟตรง (DC) แต่ระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยจะเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จึงต้องเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อที่จะใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้อย่างปกติ สำหรับโครงการนี้มีวัตถุประสงค์คือสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้ในบ้านพักอาศัยในชนบทได้ และเมื่อวันไหนไม่มีแสงอาทิตย์ก็สามารถใช้ไฟฟ้าได้ปกติ โดยใช้ระบบไฟฟ้าบ้านพักอาศัยเดิม

3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

จากภาพที่ 3.1 จะเป็น Block diagram แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน



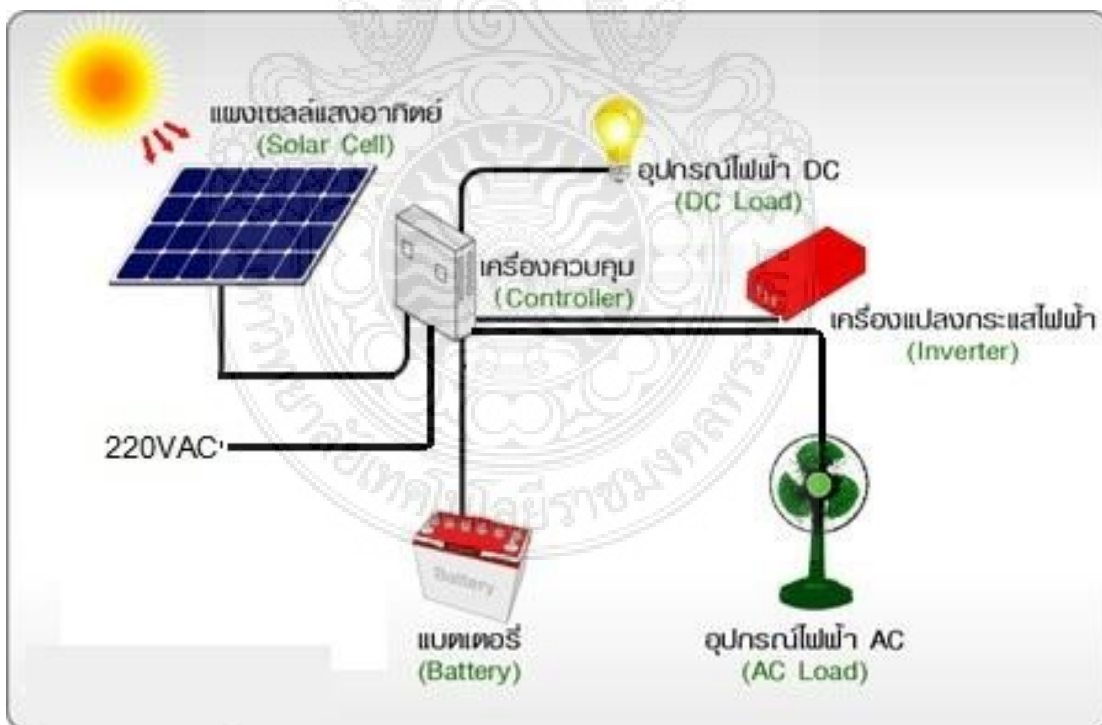
ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน(ต่อ)

3.3 กรอบแนวคิด

จากการศึกษาพบว่าประเทศไทยบริเวณจังหวัดกาญจนบุรีมีปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงจึงเหมาะที่จะใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงได้ออกแบบและสร้างชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท

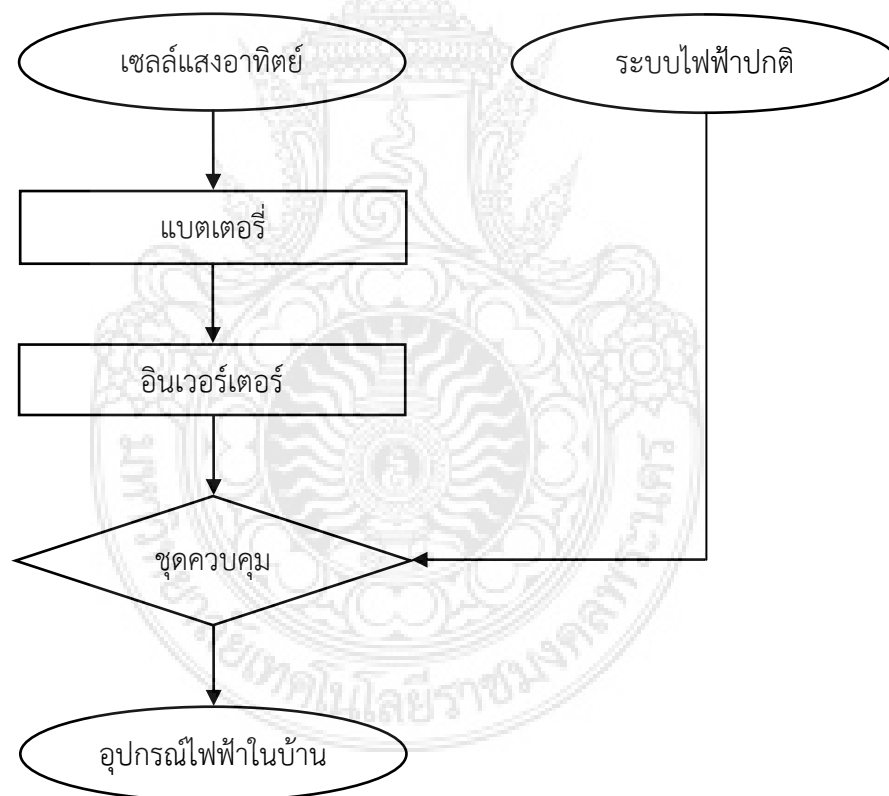


ภาพที่ 3.2 แผนที่จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 3.3 หลักการทำงานของชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท

จากภาพที่ 3.4 จะเป็น Block diagram แสดงหลักการทำงานของชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท โดยเริ่มจากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งจะเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง และส่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไปประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่แบตเตอรี่ส่งไปยังอินเวอร์เตอร์ เพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปยังชุดควบคุม และมีระบบไฟฟ้าปกติกระแสสลับ 220 V เข้ามาด้วย ชุดควบคุมจะเลือกพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากทางใดทางหนึ่ง โดยถ้าในแบตเตอรี่มีพลังงานชุดควบคุมจะเลือกพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากแบตเตอรี่ แต่ถ้าในแบตเตอรี่มีพลังงานน้อย ชุดควบคุมจะเลือกพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากระบบไฟฟ้าปกติ

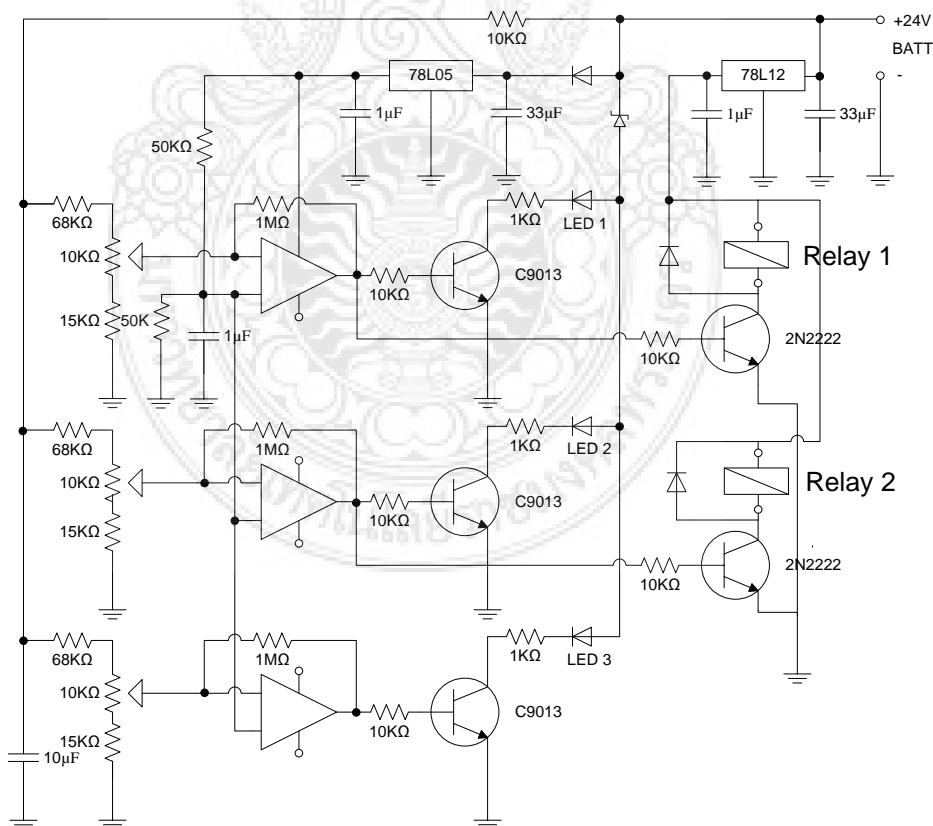


ภาพที่ 3.4 Block diagram แสดงหลักการทำงานของชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท

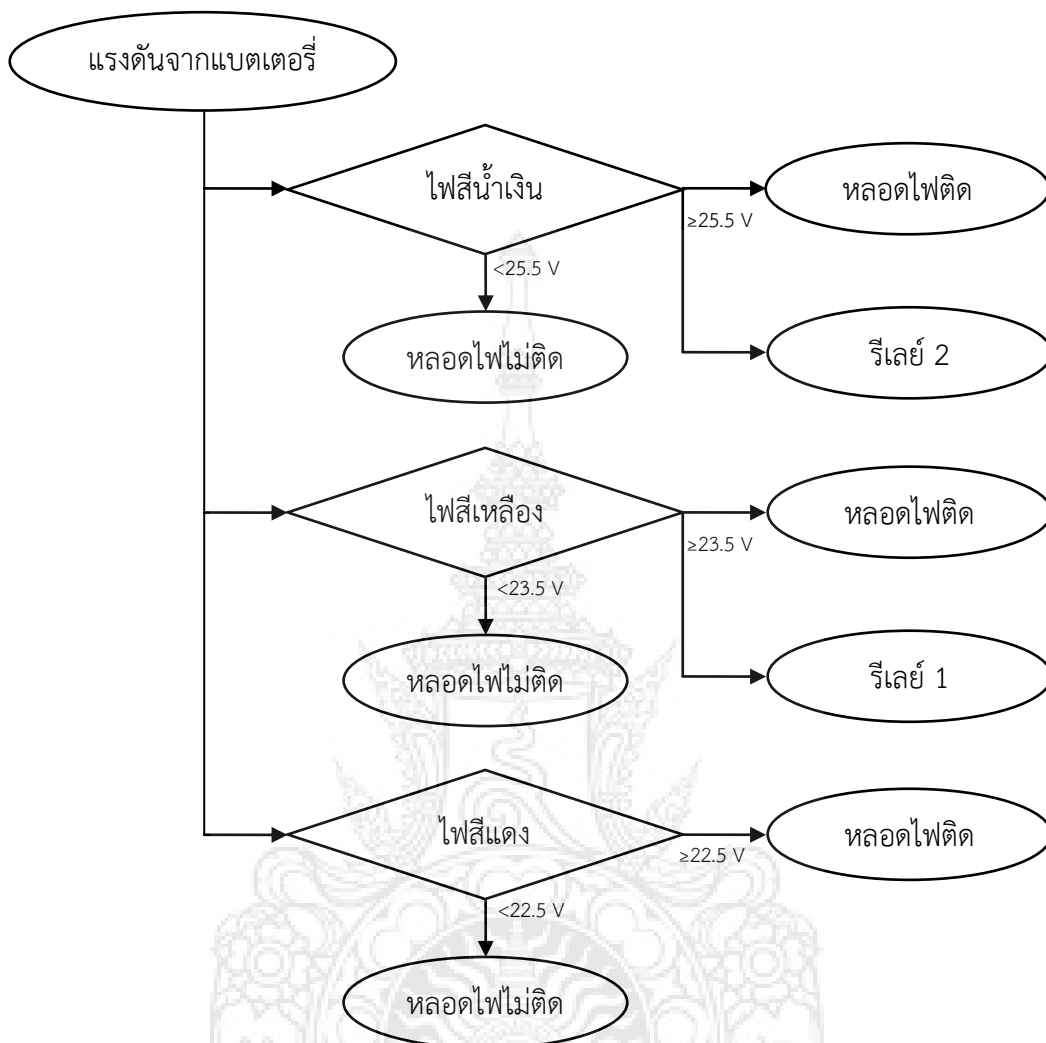
ในส่วนของการออกแบบชิ้นงานชิ้นนี้ จะแบ่งส่วนในออกแบบเป็น 3 ส่วนหลัก คือส่วนแรก การออกแบบชุดตรวจจับแรงดัน ส่วนสองคือการออกแบบวงจรกำลัง และส่วนที่สามคือการ ออกแบบระบบอินเวอร์เตอร์ เมื่อการออกแบบทั้ง 3 ส่วนนี้เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงจะทำการสร้างเป็น ตัวชิ้นงานขึ้นมา การออกแบบและการสร้างมีวิธีการดังนี้

3.4 การออกแบบชุดตรวจจับแรงดัน

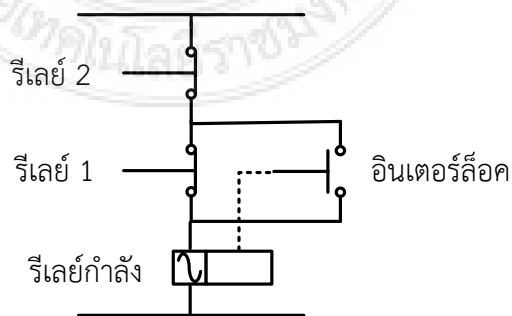
จากภาพที่ 3.6 จะเป็น Block diagram แสดงหลักการทำงานโดยเริ่มจากตรวจจับแรงดัน แบตเตอรี่ ถ้าแรงดันแบตเตอรี่มีมากกว่าหรือเท่ากับ 22.5 V หลอดไฟสีแดงจะติดเพียงหลอดเดียว แรงดันแบตเตอรี่มีมากกว่าหรือเท่ากับ 23.5 V หลอดไฟสีเหลือง สีแดงจะติด และรีเลย์ 2 จะทำงาน และถ้าแรงดันแบตเตอรี่มีมากกว่าหรือเท่ากับ 25.5 V หลอดไฟสีน้ำเงิน สีเหลือง สีแดงจะติด และ รีเลย์ 1 และ 2 จะทำงาน โดยจะใช้ไอซี Op-Amp LM324 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด



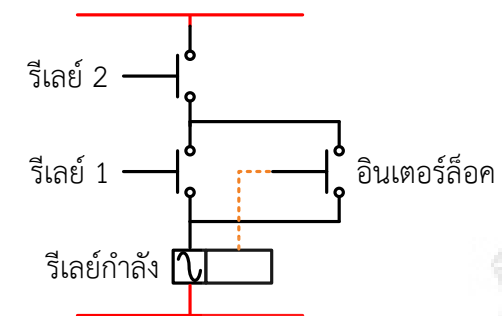
ภาพที่ 3.5 วงจรตรวจจับแรงดัน



ภาพที่ 3.6 Block diagram แสดงหลักการทำงานโดยเริ่มจากตรวจจับสนแรงดันแบตเตอรี่

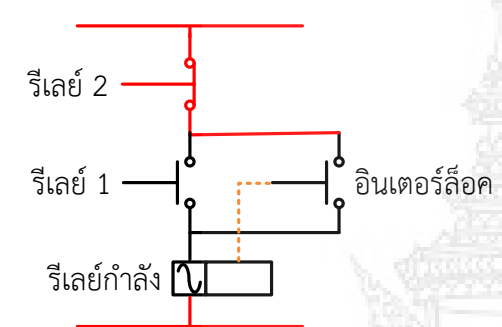


ภาพที่ 3.7 การสร้างสัญญาณไปยังรีเลย์ก้ำลั้ง



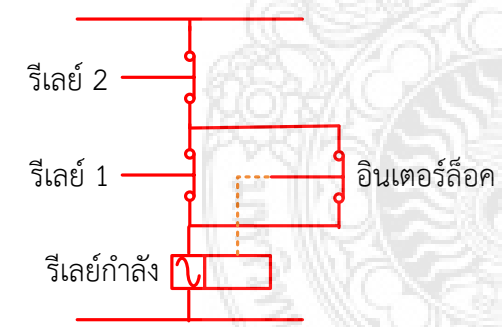
ภาพที่ 3.8 สถานะเบตเตอรีเต็ม

สถานะเบตเตอรีเต็มคือแรงดันมากกว่าหรือเท่ากับ 25.5 V รีเลย์ 1 และ 2 จะทำงานทำให้รีเลย์กำลังไม่ทำงาน



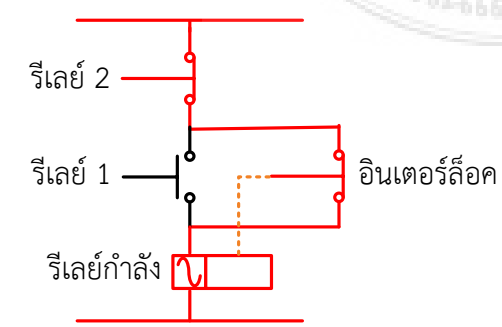
ภาพที่ 3.9 สถานะเบตเตอรีปานกลาง

เมื่อแรงดันลดน้อยกว่า 25.5 V สถานะเบตเตอรีอยู่ที่ปานกลาง รีเลย์ 2 จะหยุดทำงาน รีเลย์ 1 ยังคงทำงาน และทำให้รีเลย์กำลังยังไม่ทำงาน



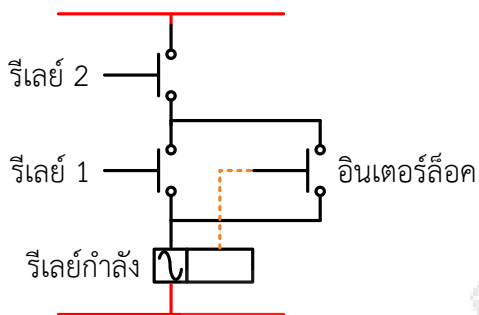
ภาพที่ 3.10 สถานะเบตเตอรีต่ำ

เมื่อแรงดันลดน้อยกว่า 23.5 V สถานะเบตเตอรีอยู่ที่ต่ำ รีเลย์ 1 และ 2 จะหยุดทำงาน ทำให้รีเลย์กำลังทำงาน และรีเลย์อินเตอร์ล๊อคทำงาน



ภาพที่ 3.11 สถานะเบตเตอรีปานกลาง

เมื่อแรงดันเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ แต่ยังไม่ถึง 25.5 V สถานะเบตเตอรีอยู่ที่ปานกลาง รีเลย์อินเตอร์ล๊อคยังคงทำงานอยู่ รีเลย์ 1 จะกลับมาทำงาน แต่รีเลย์ 2 ยังไม่ทำงาน รีเลย์กำลังยังคงทำงานอยู่

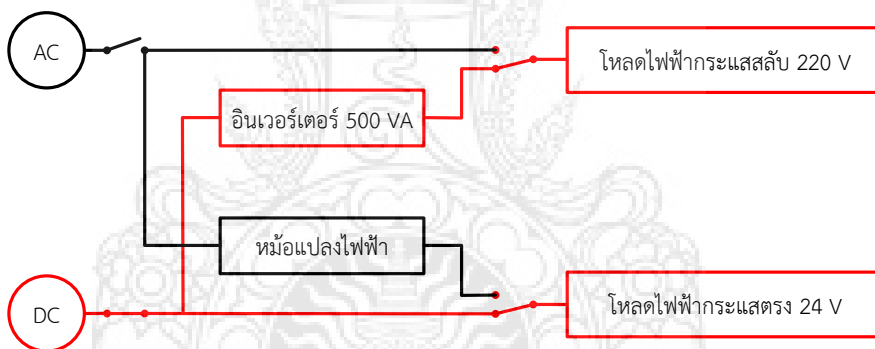


เมื่อแรงดันเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนเกิน 25.5 V สถานะเบตเตอร์อยู่ที่เต็ม รีเลย์ 1 ยังคงทำงาน รีเลย์ 2 จะกลับมาทำงาน ทำให้รีเลย์กำลัง และ อินเตอร์ล๊อคหยุดทำงาน

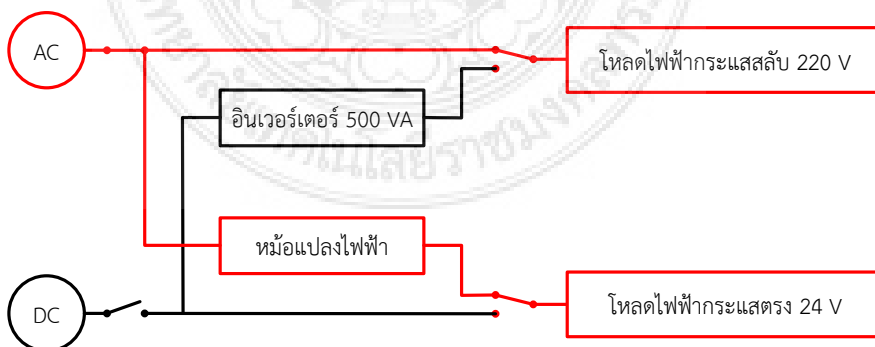
ภาพที่ 3.12 สถานะเบตเตอร์ี่เต็ม

3.5 การออกแบบวงจรกำลัง

ในขณะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์อยู่คอยล์รีเลย์กำลังจะไม่ทำงาน พลังงานไฟฟ้าจะไหลผ่านหน้าสัมผัสปกติปิดของรีเลย์ เพื่อลดกำลังไฟฟ้าที่ส่งไปยังคอยล์รีเลย์กำลังในขณะที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพราะจะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก



ภาพที่ 3.13 วงจรกำลังขณะใช้พลังงานแสงอาทิตย์

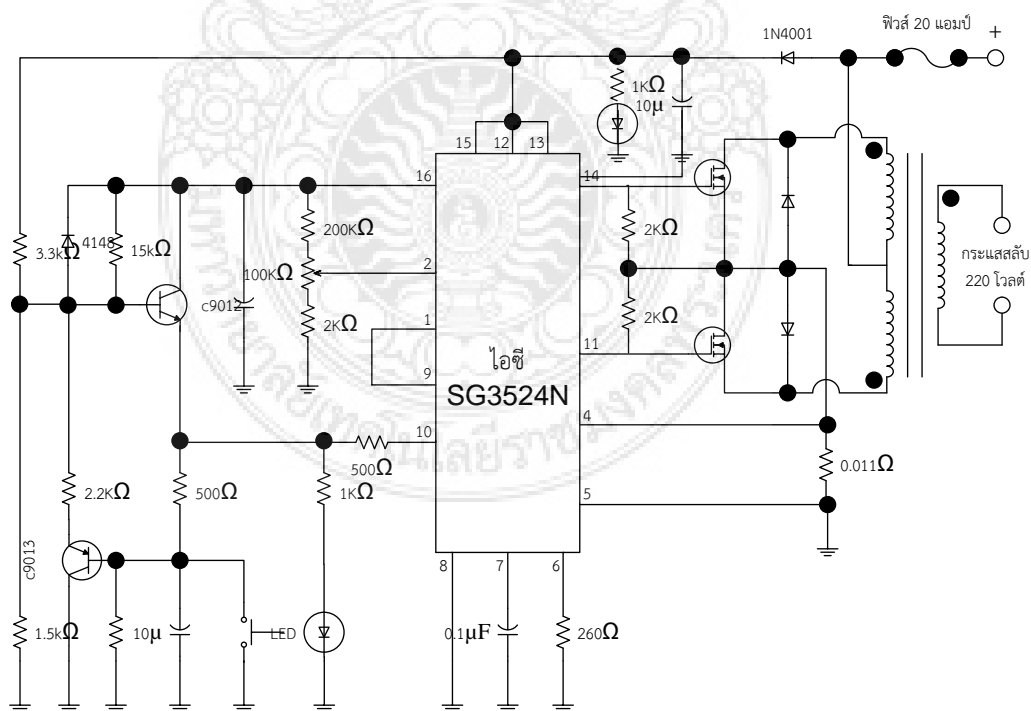


ภาพที่ 3.14 วงจรกำลังขณะใช้พลังงานไฟฟ้าปกติ

จากภาพที่ 3.13 แสดงการทำงานขณะใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยเริ่มจากไฟฟ้าแบตเตอรี่ไปยังโหนดไฟฟ้ากระแสตรง 24V และอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์ก็จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220V ไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และเมื่อแบตเตอรี่หมดดังภาพที่ 3.14 คอลรีเลย์กำลังก็จะทำงานทำให้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะหยุดจ่ายทันที ไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าปกติจะถูกส่งมายังโหนดภายในบ้าน และส่งไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าแปลงเป็น 24 V ผ่านการเรียงกระแสเป็นกระแสตรงไปยังโหนดไฟฟ้ากระแสตรง

3.6 การออกแบบระบบอินเวอร์เตอร์

ออกแบบอินเวอร์เตอร์ขนาด 500 VA แบบ PWM : Pulse Width Modulation คือนำเพาเวอร์มอสเฟต (Power MOSFET) เป็นตัวเปิดปิดทำให้เกิดกระแสสลับ การออกแบบนี้ใช้ MOSFET IRF3205 ที่สามารถทนกระแสสูงสุดที่ 110 A แรงดันกระตุ้นขาเกตไม่เกิน 20 V และนำไอซีเบอร์ SG3524 REGULATING PULSE WIDTH MODULATOR. ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ ควบคุมความกว้างของพัลส์ และควบคุมความถี่ของวงจร ดังนั้นรายละเอียดของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบ PWM มีดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ PWM

คุณสมบัติของวงจร

- มีวงจรป้องกันกระแสเกิน
- จ่ายไฟฟ้าได้สูงสุด 500 VA (ขึ้นอยู่กับขนาดหม้อแปลงและมอสเฟต)
- มีสวิตช์รีเซ็ตไว้สำหรับเซตวงจร เมื่อวงจรหยุดการทำงานอันเนื่องมาจากการช็อต

ภาพที่ 3.16 เป็น Block diagram แสดงหลักการทำงานโดยเริ่มจากแบตเตอรี่ 24V นำมาแปลงแรงดันจากกระแสตรง 24V เป็น 12V โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7812 เพื่อนำไปใช้ในการสร้างสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมโดยใช้ไอซีเบอร์ SG3524 สัญญาณที่ได้เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมีแรงดันขนาด 10V 50Hz โดยสามารถปรับความกว้างดิวตี้ไซเคิลได้ จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปกระตุ้นมอสเฟต ที่มอสเฟตจะมีแรงดัน 24V จากแบตเตอรี่รออยู่เมื่อมีสัญญาณมากระตุ้น มอสเฟตจะยอมให้กระแสไหลผ่าน กระแสที่ไหลผ่านนั้นจะไหลเข้าหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจากหม้อแปลงจะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมีแรงดันขนาด 220V 50Hz



ภาพที่ 3.16 Block diagram แสดงหลักการทำงานชุดอินเวอร์เตอร์ 500 VA

ชุดอินเวอร์เตอร์สามารถปรับความถี่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุของขาไอซีขาที่ 6 และ 7 ของรูปวงจร โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{Oscillator} \quad f \approx \frac{1.30}{R_T C_T}$$

$$\text{แทนค่า} \quad 0.05 = \frac{1.30}{260 \cdot 0.1}$$

ในสมการ f มีหน่วยเป็น kHz ค่าความต้านทาน R_T มีหน่วยเป็น $\text{k}\Omega$ และค่าตัวเก็บประจุ C_T มีหน่วยเป็น μF วงจรป้องกันกระแสเกินจะเช็คแรงดันตกคร่อมที่ขาไอซี ขาที่ 4 และ 5 ดังภาพวงจรที่ 3.15 โดยจะตัดการทำงานของวงจรเมื่อมีแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานมากกว่า 220 mV โดยใช้สมการดังนี้

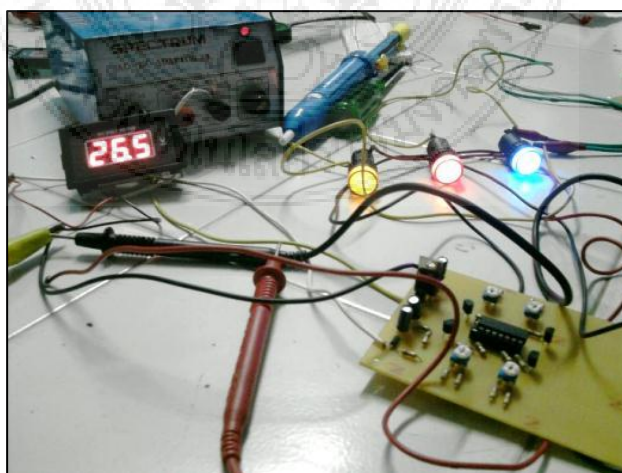
$$\text{Current limiting} \quad I_{OS} = \frac{220\text{mV}}{R_S}$$

$$\text{แทนค่า} \quad 20\text{A} = \frac{220\text{mV}}{0.011\Omega}$$

ค่าความต้านทานที่ใช้คือ 0.011Ω เมื่อกระแสไหลผ่าน 20 A จะมีแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานที่ 220 mV ทำให้วงจรตัดการทำงาน

3.7 การสร้างชิ้นงาน

การสร้างชิ้นงานโดยเริ่มจากสร้างชุดตรวจจับแรงดันที่แบตเตอรี่ เมื่อสร้างเสร็จแล้วมีลักษณะดังภาพที่ 3.18

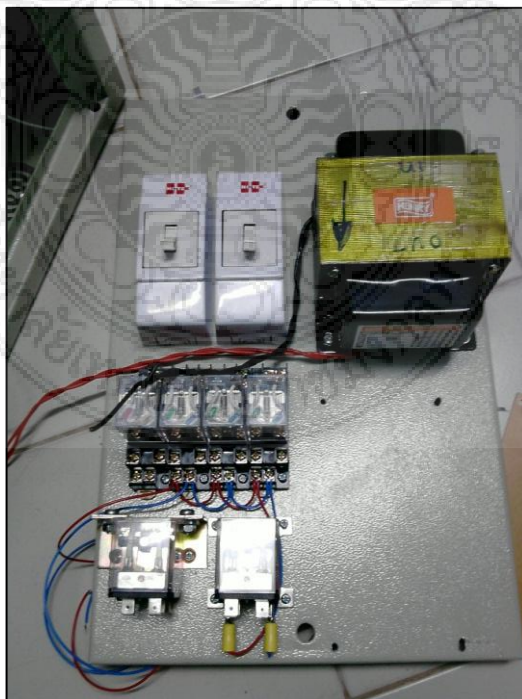


ภาพที่ 3.17 ทดสอบชุดตรวจจับแรงดันที่แบตเตอรี่



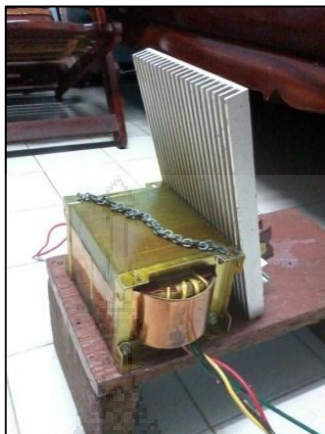
ภาพที่ 3.18 ชุดตรวจจับแรงดันที่แบตเตอรี่

ประกอบชุดรีเลย์กำลัง ดังภาพที่ 3.19



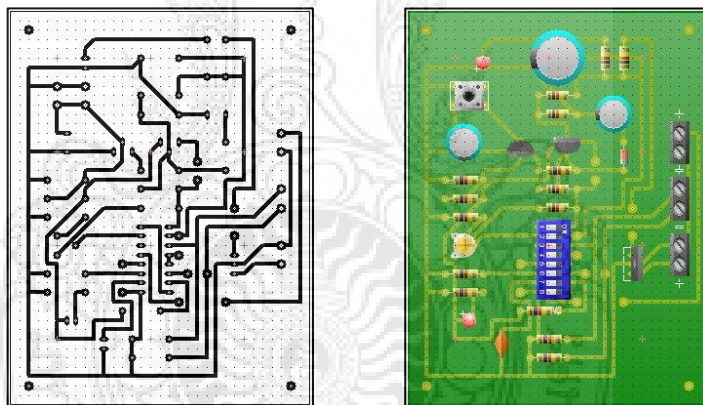
ภาพที่ 3.19 ชุดรีเลย์กำลัง

การสร้างอินเวอร์เตอร์เริ่มจากสิ่งพิมพ์หม้อแปลง 220 V to 24 V ขนาด 500 VA



ภาพที่ 3.20 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 VA กับแผ่นระบายความร้อน

การออกแบบลายวงจรอินเวอร์เตอร์โดยใช้โปรแกรม PCB Wizard 3

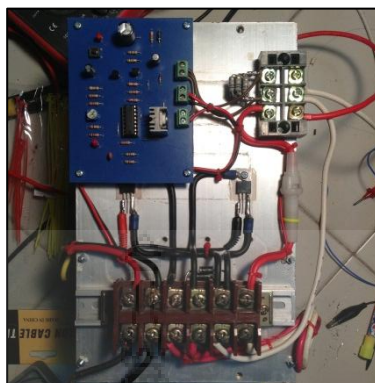


ภาพที่ 3.21 ลายวงจรอินเวอร์เตอร์

นำลายวงจรที่ออกแบบมากัดลาย และลงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นปริ้น



ภาพที่ 3.22 แผ่นปริ้นที่กัดลายวงจรแล้ว



ภาพที่ 3.23 ชุดอินเวอร์เตอร์เสร็จสมบูรณ์

เมื่อทำการสร้างทั้ง 3 ส่วนคือ ชุดเปรียบเทียบแรงดัน ชุดรีเลย์กำลัง และอินเวอร์เตอร์เรียบร้อยแล้ว ต่อไปคือการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และติดตั้งชุดควบคุม



ภาพที่ 3.24 แผงเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.25 ชุดควบคุมเสร็จสมบูรณ์

บทที่ 4

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองและผลการทดลองอุปกรณ์ ซึ่งจะทดลองเกี่ยวกับเรื่องดังต่อไปนี้ การทดลองการประจุพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์, การทดลองการใช้พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์, การทดลองประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ และการทำงานของระบบควบคุม การทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และเก็บค่าต่างๆ และเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงให้ง่ายขึ้น จึงนำเสนออยู่ในรูปแบบของกราฟ

4.2 การทดลองการประจุพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

จุดประสงค์ของการทดลองการประจุพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อต้องการที่จะทราบว่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นี้มีปริมาณเท่าไรในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวัน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 280 วัตต์ 1 แผง
2. แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมป์-ชั่วโมง 2 ลูก
3. ช็อกกี้ไดโอด 1 ตัว
4. มัลติมิเตอร์ 3 เครื่อง
5. ลักซ์มิเตอร์ 1 เครื่อง
6. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน

4.2.1 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ โดยทำมุมเอียง 15 องศา กับพื้นดินต่อเข้ากับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมป์-ชั่วโมง 2 ลูก ที่นำมาต่ออนุกรมกันโดยระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่มีช็อกกี้ไดโอดต่ออนุกรมอยู่เพื่อกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับ

ในเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสง แล้วเก็บค่าของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความเข้มของแสงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 8.00น.-16.00น. เพื่อศึกษาการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่

ขั้นตอนการทดลอง

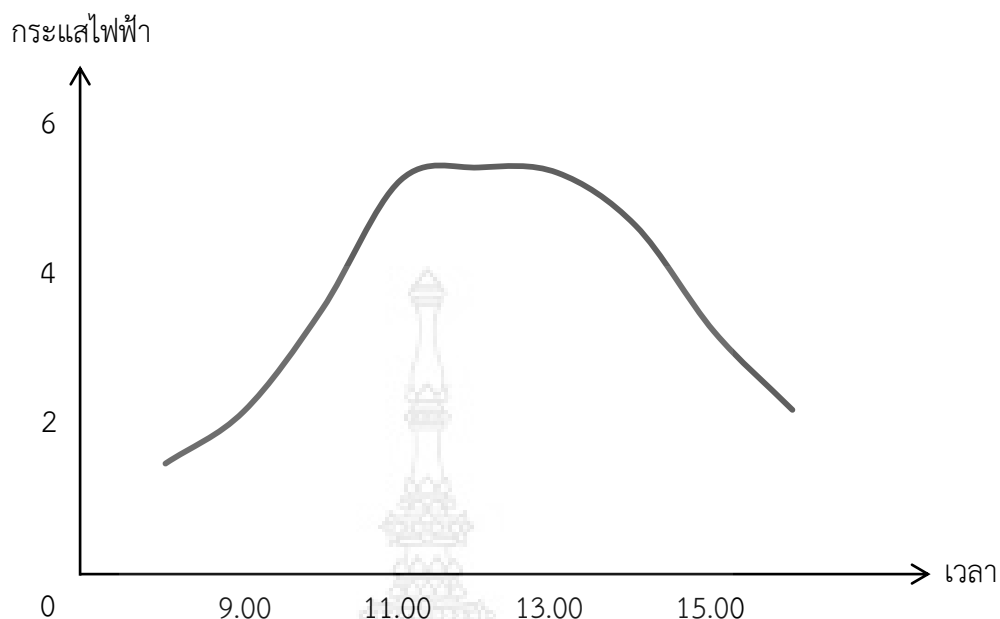
1. ทำการเก็บค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึงเวลา 16.00 น.
2. เก็บค่าความเข้มแสง กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่
3. คำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย และพลังงานไฟฟ้าที่ได้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ความเข้มของแสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่จากเซลล์แสงอาทิตย์

การวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องวัดแสงและพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์							
เวลา	ความเข้ม (ลักซ์)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	กระแสไฟฟ้า ที่วัดได้	แรงดันที่ เซลล์แสงอาทิตย์	แรงดันที่ แบตเตอรี่	พลังงาน ไฟฟ้า สูญเสีย	พลังงาน ไฟฟ้าที่ ได้
8.00	13800	0	1.43	24	23.6	0.000	0.000
9.00	16540	1	2.13	24.4	24.0	0.572	33.748
10.00	28400	2	3.50	24.9	24.5	0.852	51.120
11.00	62700	3	5.23	25.6	25.2	1.400	85.750
12.00	84800	4	5.40	26.2	25.8	2.092	131.796
13.00	76000	5	5.33	26.7	26.3	2.160	139.320
14.00	52100	6	4.62	27.2	26.8	2.132	140.179
15.00	23100	7	3.20	27.8	27.4	1.848	123.816
16.00	16800	8	2.15	27.7	27.3	1.280	87.680
รวม						12.336	793.409

จากตารางผลการทดลองแสดงได้เป็นกราฟแสดงผลการทดลองระหว่างกระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ต่อเวลา



ภาพที่ 4.1 กระแสไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ต่อเวลา

จากการทดลองเก็บค่าความเข้มแสง กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์และแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ ทำการเก็บค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึงเวลา 16.00 น. กระแสไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่จะสูงสุดช่วงเวลา 11.00น. จนถึง 14.00น. กระแสไฟฟ้าที่ได้ประมาณ 5 แอมป์ พลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ซ็อกเก็ตไดโอด 12.336 วัตต์-ชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ 793.409 วัตต์-ชั่วโมง

4.3 การทดลองการใช้พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

จุดประสงค์ของการทดลองการใช้พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อต้องการที่จะทราบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประจุไว้ในแบตเตอรี่ของหนึ่งวันจะสามารถใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับได้นานเท่าใด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการใช้พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

1. แบตเตอรี่ 12 โวลท์ 45 แอมป์-ชั่วโมง 2 ลูก
2. อินเวอร์เตอร์แปลงไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลท์ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์
3. โวลท์มิเตอร์ 2 เครื่อง
4. แอมป์มิเตอร์ 2 เครื่อง

5. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
6. หลอดไส้ 100 วัตต์ 2 หลอด

4.3.1 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับจากแบตเตอรี่ที่ได้ประจุพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน โดยจะทำการทดลองด้วยการใช้ไฟฟ้าด้วยหลอดไส้ 100 วัตต์ 2 หลอด

ขั้นตอนการทดลอง

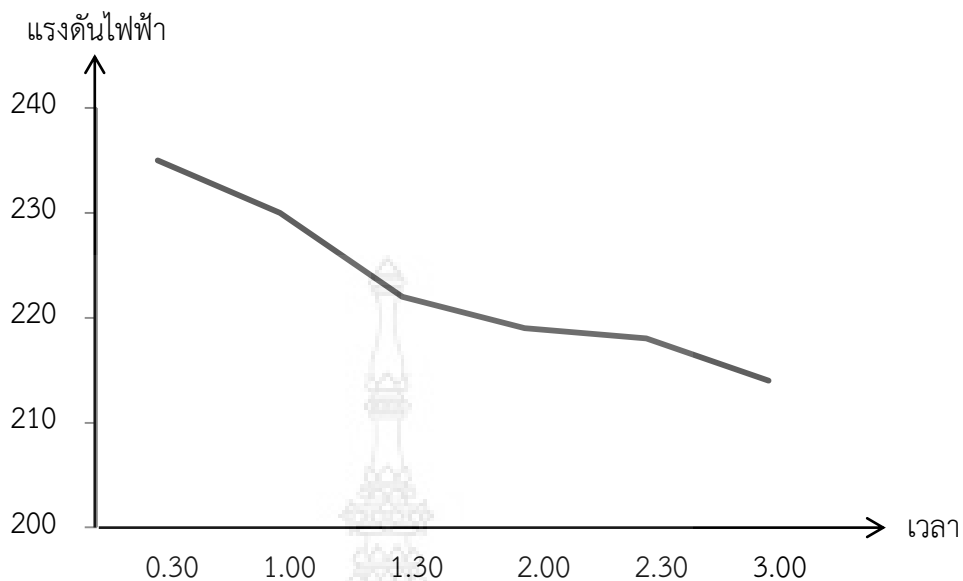
1. ทำการเก็บค่าทุกๆ 0.30 ชั่วโมง
2. เก็บค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่
3. เก็บค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่อินเวอร์เตอร์

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากอินเวอร์เตอร์ด้วยหลอดไส้ 100 วัตต์ 2 หลอด

การวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน						
ระยะเวลา (ชั่วโมง)	กระแสไฟฟ้าที่ แบตเตอรี่	แรงดันไฟฟ้า ที่แบตเตอรี่	กระแสไฟฟ้า ที่โหลด	แรงดันไฟฟ้า ที่โหลด	พลังงาน ไฟฟ้าที่ สูญเสีย	พลังงาน ไฟฟ้าที่โหลด
0.00	9.50	26.3	0.85	235	-	-
0.30	9.50	26.1	0.86	233	50.10	199.75
1.00	9.50	25.9	0.87	231	47.57	200.38
1.30	9.50	25.5	0.88	228	45.08	200.97
2.00	9.49	24.8	0.88	221	41.61	200.64
2.30	9.49	24.4	0.87	218	40.87	194.48
3.00	9.49	23.5	0.87	210	41.90	189.66
				รวม	133.57	592.94

จากตารางผลการทดลองแสดงได้เป็นกราฟแสดงผลการทดลองระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ต่อระยะเวลาการใช้งานด้วยหลอดไส้ 100 วัตต์ 2 หลอด



ภาพที่ 4.2 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขณะใช้งาน

จากการทดลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุดอยู่ที่ 235 โวลต์ เมื่อใช้พลังงานไปเรื่อยๆ แรงดันจะค่อยๆลดลง และเมื่อใช้งานเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แรงดันจะลดลงเหลือ 210 โวลต์

4.4 การทดลองประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์

การทดลองประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ เพื่อต้องการที่จะทราบค่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ และความสูญเสียภายในอินเวอร์เตอร์ ความสูญเสียภายในอินเวอร์เตอร์ส่วนใหญ่อยู่ที่หม้อแปลงไฟฟ้า และมอสเฟต

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์

1. แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมป์-ชั่วโมง 2 ลูก
2. อินเวอร์เตอร์แปลงไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
3. โวลต์มิเตอร์ 2 เครื่อง
4. แอมป์มิเตอร์ 2 เครื่อง
5. วัตต์มิเตอร์ 1 เครื่อง
6. ออสซิลโลสโคป 1 เครื่อง
7. วารี่แอก 20 แอมป์
8. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
9. หลอดไส้ 100 วัตต์ 2 หลอด

4.4.1 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการหาประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ โดยเริ่มจากการหา Copper loss และ Core loss ในหม้อแปลงขนาด 600 วีเอ การหา Copper loss โดยการนำขดลวดทั้ง 2 ปลาย ด้านทุติยภูมิมาต่อกัน และใช้วารีแอกที่มีขนาดมากกว่า 12.5 แอมป์ ค่อยๆจ่ายไฟเข้าทางขดลวดปฐมภูมิ จนกระแสเท่ากับ 12.5 แอมป์ และอ่านค่าวัตต์ที่จ่ายเข้าไปในหม้อแปลง การหา Core loss โดยการจ่ายไฟเข้าด้านปฐมภูมิ 48 โวลต์ และอ่านค่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียจากวัตต์มิเตอร์ และการหากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่มอสเฟตในขณะที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับด้วยโหลดไส้ 100 วัตต์ 2 หลอด โดยทำการวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านมอสเฟต และใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดันที่ตกคร่อมมอสเฟตที่ขา Drain และ Source

ขั้นตอนการทดลอง

1. หา Copper loss โดยการนำขดลวดทั้ง 2 ปลาย ด้านทุติยภูมิมาต่อกัน
2. จ่ายไฟเข้าทางขดลวดปฐมภูมิ จนกระแสเท่ากับ 12.5 แอมป์ และอ่านค่าวัตต์
3. หา Core loss โดยการจ่ายไฟเข้าด้านปฐมภูมิ 48 โวลต์ และอ่านค่าวัตต์
4. หากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่มอสเฟตอ่านค่ากระแสและใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดันตกคร่อม

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ขนาด 600 VA

Input (VA)	Copper loss (W)	Core loss (W)	Mosfet loss (W)	Total loss (W)
600	55	15	3	73

จากการทดลองประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ขนาด 600 VA เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด จะมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียรวม 73 วัตต์ ดังนั้นอินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพ 88 เปอร์เซ็นต์

4.5 การทดลองการทำงานของระบบควบคุม

จุดประสงค์ของการทดลองการทำงานของระบบควบคุม เพื่อต้องการที่จะทราบว่าเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่หมดระบบควบคุมสามารถตัดไปใช้ไฟฟ้าปกติได้หรือไม่ และเมื่อแรงดันที่แบตเตอรี่เต็มระบบสามารถตัดกลับมาใช้ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้หรือไม่

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการทำงานของระบบควบคุม

1. ตู้ควบคุม
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 0-30 โวลต์

3. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล 1 เครื่อง

4.5.1 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองการทำงานของระบบควบคุม โดยเริ่มจากต่อแหล่งจ่ายกระแสตรงแทนแบตเตอรี่ เพื่อจำลองเมื่อแบตเตอรี่หมดและแบตเตอรี่เต็ม

ขั้นตอนการทดลอง

1. ปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจาก 26 โวลต์ ลดลงเรื่อยๆจนถึง 21 โวลต์
2. ปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจาก 21 โวลต์ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 26 โวลต์
2. บันทึกสถานะของหลอดไฟที่แสดง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 สถานะของหลอดไฟหน้าตู้เริ่มจาก 26 โวลต์

สถานะของหลอดไฟหน้าตู้เริ่มจาก 26 โวลต์ ถึง 21 โวลต์					
แรงดันไฟฟ้า	สถานะการใช้ไฟฟ้า		สถานะระดับแรงดันแบตเตอรี่		
	พลังงานแสงอาทิตย์	ระบบไฟฟ้าปกติ	เต็ม	อ่อน	หมด
26.0	⊗	-	⊗	⊗	⊗
25.5	⊗	-	-	⊗	⊗
25.0	⊗	-	-	⊗	⊗
24.5	⊗	-	-	⊗	⊗
24.0	⊗	-	-	⊗	⊗
23.5	-	⊗	-	-	⊗
23.0	-	⊗	-	-	⊗
22.5	-	⊗	-	-	⊗
22.0	-	⊗	-	-	⊗
21.5	-	⊗	-	-	⊗
21.0	-	⊗	-	-	-

หมายเหตุ : ⊗ = หลอดไฟสว่าง

ตารางที่ 4.5 สถานะของหลอดไฟหน้าตู้เริ่มจาก 21 โวลต์

สถานะของหลอดไฟหน้าตู้เริ่มจาก 21 โวลต์ ถึง 26 โวลต์					
แรงดันไฟฟ้า	สถานะการใช้ไฟฟ้า		สถานะระดับแรงดันแบตเตอรี่		
	พลังงานแสงอาทิตย์	ระบบไฟฟ้าปกติ	เต็ม	อ่อน	หมด
21.0	-		-	-	-
21.5	-		-	-	
22.0	-		-	-	
22.5	-		-	-	
23.0	-		-	-	
23.5	-		-	-	
24.0	-		-		
24.5	-		-		
25.0	-		-		
25.5	-		-		
26.0		-			

หมายเหตุ : ⊗ = หลอดไฟสว่าง

จากการทดลองประสิทธิภาพของระบบควบคุม เมื่อแรงดันแบตเตอรี่มากกว่า 23.5 โวลต์ ระบบ จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อแรงดันจากแบตเตอรี่ต่ำกว่า 23.5 โวลต์ ระบบจะใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัย และเมื่อมีการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่จนมีแรงดันถึง 26 โวลต์ ระบบจึงจะตัดกลับไปใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

โครงการนี้ได้จัดสร้างชุดควบคุมแบบผสมผสานการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานของระบบไฟฟ้าปกติ พลังงานแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้านั้น เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถนำมาประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อต้องการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องนำพลังงานที่ประจุไว้ในแบตเตอรี่มาแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อที่จะใช้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าปกติ และเมื่อแบตเตอรี่หมดสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยปกติ

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพการประจุพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเข้าแบตเตอรี่ระยะเวลา 1 วัน เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้วันละ 805 W-hr โดยมีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ Schottky diode 12.336 W-hr เหลือพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประจุเข้าแบตเตอรี่ 793.409 W-hr (ในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง)

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากแบตเตอรี่โดยผ่านอินเวอร์เตอร์ สามารถใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับได้ประมาณวันละ 592.94 W-hr และสามารถใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดพร้อมกันได้ถึง 600 VA (ทดลองโดยการต่อหลอดไส้ซึ่งเป็นโหลดความต้านทาน) โดยที่อินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพการทำงาน 88 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียจากอินเวอร์เตอร์ 133.57 W-hr

เมื่อแรงดันแบตเตอรี่หมดที่ 23.5 V ชุดควบคุมจะเปลี่ยนจากการใช้ไฟฟ้าที่มาจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้พลังงานไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยใช้ปกติ ซึ่งสามารถทำตามขอบเขตของโครงการที่กำหนดไว้ได้

5.3 ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา

5.3.1 อุปกรณ์เครื่องมือบางอย่างไม่มีจึงต้องขอยืมจากอาจารย์

5.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้บางตัวมีความเสียหายตั้งแต่ซื้อ ควรจะซื้อสำรองไว้

5.3.3 ชุดกำเนิดสัญญาณพัลส์ของอินเวอร์เตอร์วงจรแรกไม่มีตัวตีไซเคิลทำให้มอเตอร์เสียหาย จึงทำการเปลี่ยนวงจรใหม่ไปใช้ไอซีเบอร์ SG3524

5.4 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

โครงการนี้สามารถที่จะประยุกต์และพัฒนาเพิ่มได้อีก เช่น เพิ่มขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ เพิ่มขนาดแบตเตอรี่ เพื่อขนาดอินเวอร์เตอร์ หรือใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้ เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นและสามารถใช้พลังงานได้ยาวนานยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

Muhammad H. Rashid. 1993. **Powerelectronics circuits, Device, And Applications.**

Second Edition. United State of America : Prentice-Hall International, Inc.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน(พพ)

โครงการศึกษามาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน สถาบันวิจัยและให้

คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน.

โคทม อารียา . 2526. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ . เล่มที่ 3 วงจรไม่เชิงเส้นและวงจรกำลัง. กรุงเทพฯ :

ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว .โซลาร์เซลล์และนาโนอิเล็กทรอนิกส์กับสุดยอดนักวิจัย. ภาควิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ภาคผนวก



คู่มือการใช้ชุดควบคุมพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท



1. จอแสดงกระแสไฟฟ้าใช้งานจากแบตเตอรี่
2. จอแสดงแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่
3. ไฟแสดงสถานะระดับแรงดันแบตเตอรี่
4. ไฟแสดงสถานะใช้งานจากระบบไฟฟ้าปกติ
5. ไฟแสดงสถานะใช้งานจากพลังงานแสงอาทิตย์
6. สวิตช์เลือกโหมดใช้งาน

คำแนะนำใช้งาน

ในสภาวะปกติการทำงานจะอยู่ในโหมดการใช้งานจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยหมุนสวิตช์เลือกโหมดไปทางซ้ายสำหรับการใช้งานจากพลังงานแสงอาทิตย์ การทำงานในโหมดนี้จะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ประจุพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณีที่แบตเตอรี่หมด(แรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่า 23.5 โวลต์) ระบบจะเปลี่ยนมาใช้งานจากระบบไฟฟ้าปกติอัตโนมัติ และจะกลับมาใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์อีกครั้งเมื่อแบตเตอรี่เต็ม(แรงดันแบตเตอรี่ 25.5 โวลต์) โดยอัตโนมัติ

กรณีต้องการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟสูง(มากกว่า 500 วัตต์) ให้หมุนสวิตช์เลือกโหมดไปทางขวาเพื่อใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าปกติ จะสามารถใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟสูงได้ปกติ



บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceeding of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)

การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ชนบท The Application of Solar Energy in Rural Area

เกรียงศักดิ์ โดสุข วรพล ศิริสุขโขม ชยุด วิเศษสิงห์ จตุรงค์ จตุรชิตชัยสกุล และนัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประชาธิปไตย แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ : 02-9132424 ต่อ 150 E-mail: nattachote.r@mutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกแบบและการสร้างชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท แบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานไฟฟ้าปกติ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องผ่านกระบวนการที่สะอาดและไร้มลภาวะ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งในด้านการลงทุน เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน โดยรวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยแล้ว นับเป็นพลังงานที่คุ้มค่ามีความยั่งยืน ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไป จะออกแบบให้มีการประจุพลังงานไฟฟ้าไว้ที่แบตเตอรี่ต่อการใช้งานหนึ่งวัน โดยที่มีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันในบางครั้งเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงทั้งวันหรือวันที่ฝนตก จึงเกิดปัญหาพลังงานที่เก็บในแบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้งาน ระบบควบคุมแบบผสมผสานนี้สามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานระบบไฟฟ้าปกติได้ตลอดทั้งวันอย่างต่อเนื่อง

Abstract.

This research is studied the design and contract the electronic generator from Solar cell integrated with electrical at home in the rural area. The design is combined between solar cell and electrical at home. The mutation from solar cell to electric power is the clean and green energy when it is compared with normal processes to generate the electric power. Additionally, it's also less impacts to environment and sustainable. In the normal architectural model of solar cell generator, the engineer will design the power storage at its battery for one day using with condition of the solar cells need to receive the sun light in the whole day. If some days the cell cannot get enough sunlight when it's bad weather, the battery also cannot supply power as in its usual. With this new innovative energy supply integration between solar cell and electrical at home, it benefits to the energy consumers, to get the energy for whole day continually and also reduce the pollution from the normal process electric generation.

Key words: solar panels, inverters, mosfet

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญและสนใจในการพัฒนาพลังงานทดแทน [1] และพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น เพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ต้องซื้อจากต่างประเทศ ที่นับวันมีราคาแพงขึ้น พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกในการสนับสนุนพัฒนาให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ ที่เลือกขึ้นมาใช้งานให้มีความเหมาะสมกับพลังงานที่มีอยู่ในพื้นที่ การที่จะพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ประโยชน์และเพื่อลดต้นทุน สร้างความเชื่อมั่นในการใช้ประโยชน์จากโซลาร์เซลล์ผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนติดตั้งง่าย และสามารถส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนภายในประเทศ สามารถที่จะช่วยลดต้นทุนการซื้อจากต่างประเทศที่มีราคาแพง โดยการส่งเสริมให้มีการใช้ในครัวเรือน ผู้ประกอบการหรือชุมชนขนาดเล็ก อีกทั้งจะทำให้โซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ในประเทศไทยมีราคาถูกลง เป็นการสร้างแรงจูงใจในการเลือกหามาติดตั้งใช้งานในพื้นที่ห่างไกล หรือสถานที่ประกอบการของผู้ประกอบการเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังจะช่วยรักษาสภาพแวดล้อมไม่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน เนื่องจากเป็นพลังงานจากธรรมชาติ ไม่ต้องซื้อหา ไม่มีราคาเชื้อเพลิง และเป็นการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนากระบวนการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอนาคตได้ และมีความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศได้ในระยะยาวต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1 ศึกษาภาพของปริมาณแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

จากการทดสอบของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ความเข้มรังสีตรงที่ตกตั้งฉากกับทิศของรังสีดวงอาทิตย์ รายชั่วโมงทั่วประเทศ จากนั้นนำข้อมูลความเข้มรังสีตรงรายชั่วโมงที่ได้มาแปลงให้เป็นค่ารายวันแล้ว แสดงผลการคำนวณที่ได้ในภาพของแผนที่ความเข้มรังสีตรงที่ตกตั้งฉากกับพื้นผิวกับทิศของรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนทั่วประเทศและแผนที่ความเข้มรังสีตรงรายวันเฉลี่ยต่อปี

เมื่อพิจารณาปริมาณแสงอาทิตย์พลังงานจากรังสีตรงที่ได้รับรวมทั้งปี บริเวณที่ได้รับรังสีตรงที่สุดจะอยู่ในภาคกลางโดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดสิงห์บุรี ชัยนาท ลพบุรี นครสวรรค์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceeding of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)

กาญจนบุรี และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในพื้นที่บางส่วนของ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ ร้อยเอ็ด ขอนแก่น สุรินทร์ และอุบลราชธานี โดยพื้นที่ดังกล่าวได้รับรังสีตรงต่อปีในช่วง 19-20 MJ/m²-day ดังแสดง ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นของพื้นที่ที่ได้รับรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ย ต่อปีในระดับต่างๆ

ช่วงความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์ รายวันเฉลี่ยต่อปี(MJ/m ² - day)	เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ของประเทศ
15-16	0.5%
16-17	7.1%
17-18	27.9%
18-19	50.2%
19-20	14.3%

[2] การแจกแจงระดับของรังสีตรงในช่วงต่างๆ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด ผลที่ได้พบว่าการแจกแจงดังกล่าวมีลักษณะไม่สมมาตร โดยไปทางค่ารังสีตรงที่มีค่ามาก และบริเวณที่มีค่าความเข้มรังสีตรงสูงสุด ครอบคลุมพื้นที่ 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ใน บางส่วนของภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นถึงประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน, แกลเลียม อาร์เซไนด์, อินเดียม ฟอสไฟด์, แคลเมียม เทลลูไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไคเซลไนด์ เป็นต้น ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว และชนิดผลึกรวม ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอน แข็งและบางมาก เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอนลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) นานักนานมาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10% เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์, แคลเมียม เทลลูไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไคเซลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว และผลึกรวม เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกันพลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆ ได้

2.3 แบตเตอรี่

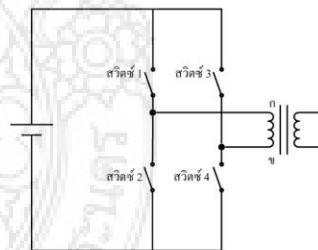
แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เก็บพลังงาน โดยสามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าโดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิกที่

ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า แต่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปเป็นรูปแบบความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการชาร์จประจุและคายประจุ

ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ในทางปฏิบัติแล้ว แบตเตอรี่ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ด้วยเหตุผลไม่ว่าจะเป็นราคาที่ ถูกกว่าและหาซื้อได้ง่าย

2.4 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยไฟฟ้ากระแสตรงที่จะนำมาทำการเปลี่ยนนั้นมาจากแบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือแผงโซลาร์เซลล์ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มานั้นจะคล้ายกับไฟฟ้าที่ได้จากเต้ารับตามบ้าน โดยอินเวอร์เตอร์ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ พัดลม หรือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถใช้ได้กับไฟฟ้ากระแสตรง หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ โดยจะนำไฟฟ้ากระแสตรงต่อกับสวิตช์ 4 ตัว และทำการเปิด-ปิด สวิตช์ทั้ง 4 เป็นจังหวะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเปิด-ปิด สวิตช์ทั้ง 4 เป็นจังหวะ

- เมื่อปิดสวิตช์ 1 และสวิตช์ 4 ทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทาง จากจุด ก ไปยังจุด ข

- เมื่อปิดสวิตช์ 2 และสวิตช์ 3 ทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทาง จากจุด ข ไปยังจุด ก

ดังนั้นถ้าเปิด-ปิดสวิตช์ 1 และสวิตช์ 4 สลับกับสวิตช์ 2 และสวิตช์ 3 จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นนั่นเอง โดยถ้ามีการควบคุมเวลาในการเปิด-ปิดสวิตช์ที่ต่างกัน ก็จะได้ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่แตกต่างกันไป ในความเป็นจริงแล้วอินเวอร์เตอร์จะใช้มอสเฟตแทนสวิตช์ เนื่องจากมอสเฟตสามารถทำการเปิด-ปิด ได้ในความเร็วที่สูงกว่าสวิตช์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

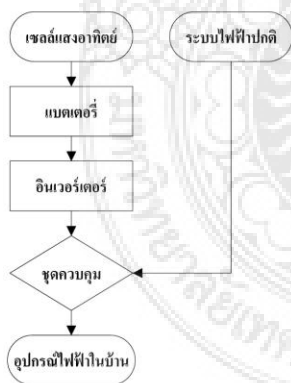
Proceeding of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)

3. การออกแบบและสร้าง

พลังงานที่ได้จะมาจากเซลล์แสงอาทิตย์และระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัย พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสไฟตรง แต่ระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยจะเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ จึงต้องเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อที่จะใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้อย่างปกติ สำหรับโครงการนี้มีวัตถุประสงค์คือสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้ในบ้านพักอาศัยในชนบทได้ และเมื่อวันไหนไม่มีแสงอาทิตย์ก็สามารถใช้ไฟฟ้าได้ปกติ โดยใช้ระบบไฟฟ้าบ้านพักอาศัยเดิม

3.1 หลักการทำงาน

ชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท โดยเริ่มจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง และส่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปยังชุดควบคุม และมีระบบไฟฟ้าปกติกระแสสลับ 220 โวลต์ เข้ามาชุดควบคุมจะเลือกพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากทางใดทางหนึ่ง โดยถ้าในแบตเตอรี่มีพลังงานชุดควบคุมจะเลือกพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากแบตเตอรี่ แต่ถ้าในแบตเตอรี่มีพลังงานน้อยชุดควบคุมจะใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากระบบไฟฟ้าปกติดังแสดงในรูปที่ 2

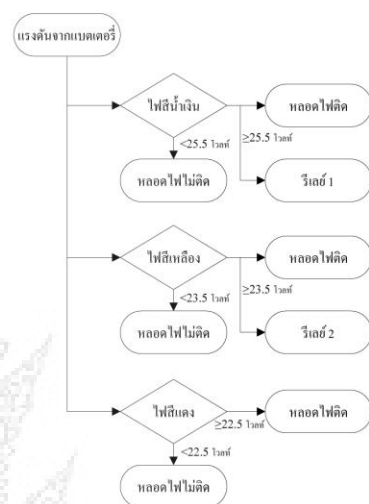


รูปที่ 2 หลักการทำงานของชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในชนบท

3.2 การออกแบบชุดตรวจจับแรงดัน

การทำงาน โดยเริ่มจากตรวจจับแรงดันแบตเตอรี่ ถ้าแรงดันแบตเตอรี่มีมากกว่าหรือเท่ากับ 22.5 โวลต์ หลอดไฟสีแดงจะติดเพียง

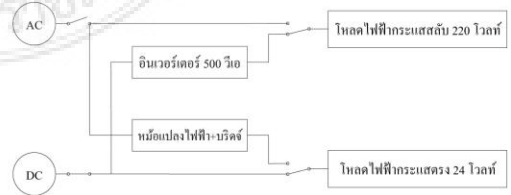
หลอดเดียว แรงดันแบตเตอรี่มีมากกว่าหรือเท่ากับ 23.5 โวลต์ หลอดไฟสีเขียว สีแดงจะติด และรีเลย์ 2 จะทำงาน และถ้าแรงดันแบตเตอรี่มีมากกว่าหรือเท่ากับ 25.5 โวลต์ หลอดไฟน้ำเงิน สีเหลือง สีแดงจะติด และรีเลย์ 1 และ 2 จะทำงาน [3] โดยจะใช้ไอซี Op-Amp LM324 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 หลักการทำงาน โดยเริ่มจากตรวจจับแรงดันแบตเตอรี่

3.3 การออกแบบวงจรกำลัง

ในขณะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์อยู่คอยรีเลย์กำลังจะไม่ทำงาน พลังงานไฟฟ้าจะไหลผ่านหน้าสัมผัสปกติปิดของรีเลย์ เพื่อลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าที่ส่งไปยังคอยรีเลย์ ในขณะที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพราะจะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก การทำงานขณะใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ โดยเริ่มจากแบตเตอรี่ไปยังอินเวอร์เตอร์และโหลดสีเขียว 24 โวลต์ และจากอินเวอร์เตอร์ไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และเมื่อคอยรีเลย์กำลังทำงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะหยุดจ่ายทันทีและทำให้ไฟจากระบบไฟฟ้าปกติส่งมายังโหลดภายในบ้าน ส่งไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าแปลงเป็น 24 โวลต์ ผ่านการเรียงกระแสเป็นกระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรกำลังในขณะที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

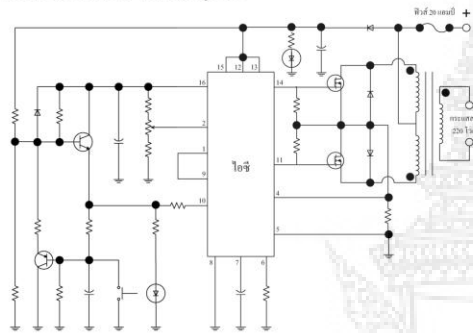
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceeding of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)

3.4 การออกแบบระบบอินเวอร์เตอร์

ออกแบบอินเวอร์เตอร์ขนาด 600 VA แบบ PWM : Pulse Width Modulation เป็นการนำพาเวอริมอสเฟต เป็นตัวเปิดทำให้เกิดกระแสกลับ [4] การออกแบบนี้ใช้ MOSFET IRF3205 ที่สามารถทนกระแสสูงสุดที่ 110 แอมป์ แรงดันกระแสต้นขาไม่เกิน 20 โวลท์ และนำไอซีเบอร์ SG3524 ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ ควบคุมความกว้างของพัลส์ และควบคุมความถี่ของวงจร รายละเอียดของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบ PWM มีดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ PWM

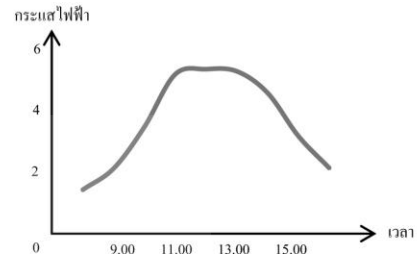
คุณสมบัติของวงจร

- มีวงจรป้องกันกระแสเกิน
- จ่ายไฟฟ้าได้สูงสุด 600 วัต (ขึ้นอยู่กับขนาดหม้อแปลงและมอสเฟต)
- มีสวิตช์รีเซ็ตไว้สำหรับเริ่มการทำงานใหม่ เมื่อวงจรหยุดการทำงานอันเนื่องมาจากการลัดวงจร

4. สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 2 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ขนาด 45 แอมป์-ชั่วโมง จากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 280 วัตต์(ณ อ.บ้านม่วง จ.กาญจนบุรี)

การวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องวัดแสง และพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์						
เวลา	ความเข้ม (ลักซ์)	กระแสที่วัดได้	แรงดันที่แสงอาทิตย์	แรงดันที่แบตเตอรี่	พลังงานไฟฟ้าที่เข้าสู่	พลังงานไฟฟ้าที่ได้
8.00	13800	1.43	24	23.6	0.000	0.000
9.00	16540	2.13	24.4	24.0	0.572	33.748
10.00	28400	3.50	24.9	24.5	0.852	51.120
11.00	62700	5.23	25.6	25.2	1.400	85.750
12.00	84800	5.40	26.2	25.8	2.092	131.796
13.00	76000	5.33	26.7	26.3	2.160	139.320
14.00	52100	4.62	27.2	26.8	2.132	140.179
15.00	23100	3.20	27.8	27.4	1.848	123.816
16.00	16800	2.15	27.7	27.3	1.280	87.680
				รวม	12.336	793.409



รูปที่ 6 กระแสไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่

ตารางที่ 3 การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับด้วยหลอดไส้ 200 วัตต์(ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร)

การวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ใช้งาน				
ระยะเวลา (ชั่วโมง)	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้	พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย	พลังงานไฟฟ้าที่โหลด
0.00	9.50	26.3	-	-
1.00	9.50	25.9	47.57	200.38
2.00	9.49	24.8	41.61	200.64
3.00	9.49	23.5	41.90	189.66
		รวม	133.57	592.94

จากการทดสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้วันละ 793 วัตต์-ชั่วโมง(ในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง) และสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าได้วันละ 592.94 วัตต์-ชั่วโมง คิดเป็น 75% พลังงานที่ใช้นั้นได้มาจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประจุพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อระดับแรงดันแบตเตอรี่หมดที่ 23.5 โวลท์ ชุดควบคุมจะเปลี่ยนจากการใช้ไฟฟ้าที่มาจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้พลังงานไฟฟ้าที่บันทึกอาศัยใช้ปกติ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ และขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน.
- [2] โครงการศึกษามาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน.
- [3] โททอม อริยา. 2526. วงจรอิเล็กทรอนิกส์. เล่มที่ 3 วงจรไม่เชิงเส้นและวงจรกำลัง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูชัน.
- [4] Muhammad H. Rashid. 1993. **Powerelectronics circuits, Device, And Applications.** Second Edition. United State of America : Prentice-Hall International, Inc.

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5
The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET2013)

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้เพื่อแสดงว่า

เกรียงศักดิ์ โตสุข วรพล ศิริสุขไยตม ขยต วิเศษสิงห์

จตุรงค์ จตุรเชตชัยสกุล และนัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

ได้เข้าร่วมนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 27-29 มีนาคม พ.ศ.2556 ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์ พลาซ่า อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

๑.๑๗

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ ภูผา

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประธานจัดงานประชุมวิชาการ EENET2013

ประวัติผู้จัดทำปริญญาบัตร



ชื่อ-นามสกุล	นายเกรียงศักดิ์ โตสุข
สาขาวิชา/ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
วันเดือนปีเกิด	6 พฤษภาคม 2532
ที่อยู่ปัจจุบัน	9/4 หมู่ 9 ตำบลพุนกยูง อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ 60190
เบอร์โทรศัพท์	08-0689-2832
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนเทคโนโลยีภาคเหนือ ปีการศึกษา 2550 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ ปีการศึกษา 2552 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2555

ประวัติผู้จัดทำปฏิญานิพนธ์



ชื่อ-นามสกุล	นายชยุต วิเศษสิงห์
สาขาวิชา/ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
วันเดือนปีเกิด	9 มกราคม พ.ศ.2533
ที่อยู่ปัจจุบัน	28/221 หมู่ 5 ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12130
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ	08-6576-7428
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนเทคโนโลยีช่างอุตสาหกรรมกรุงเทพ ปีการศึกษา 2550 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2552 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2555

ประวัติผู้จัดทำปฏิญานินทร์



ชื่อ-นามสกุล	นายวรพล ศิริสุขโขดม
สาขาวิชา/ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
วันเดือนปีเกิด	25 สิงหาคม พ.ศ.2533
ที่อยู่ปัจจุบัน	887 หมู่ 2 ตำบลท่าม่วง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี 71110
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ	08-3770-4901
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคกาญจนบุรี ปีการศึกษา 2550 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2552 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2555