

ชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่ที่ใช้แสงโซลาร์เซลล์



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

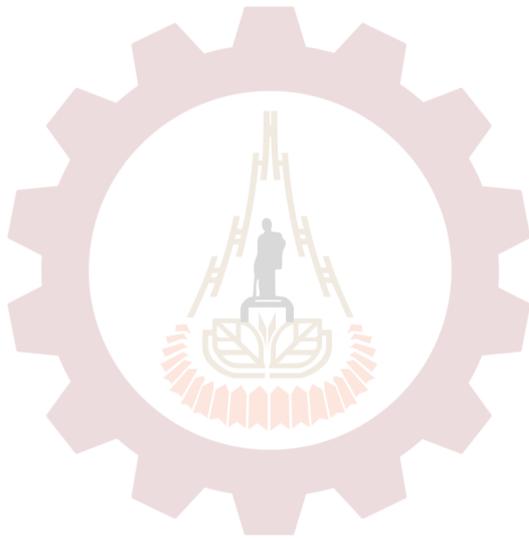
โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2/2562



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชื่อโครงการ	ชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่โดยใช้แสงโซลาร์เซลล์ (Mobile power station with solar light)
ชื่อนักศึกษา	นายวัชรชัย ตรงคำกลาง นายสุรศักดิ์ บัวแก้ว นายธีรพงศ์ ปัฐมาศ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.อุเทน ลีตัน

บทคัดย่อ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการศึกษาการนำระบบพลังงานมาเก็บไว้ในชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่ โดยในชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่นี้เก็บพลังงานจากไฟฟ้าภายในบ้านและจากแผงโซลาร์เซลล์ และจ่ายให้กับโหลดที่จำเป็นในกรณีฉุกเฉิน

การจัดทำโครงการนี้จัดทำเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยในกรณีฉุกเฉินและให้ความช่วยเหลือในเบื้องต้น อุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น อุปกรณ์สื่อสาร หลอดไฟ โดยชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่ที่ถูกออกแบบให้มีความกะทัดรัด สามารถขนย้ายและเข้าช่วยเหลือได้อย่างสะดวก ผลการจัดทำชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่นี้สามารถนำไปต่อยอดให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้และช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยได้จริง

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่โดยใช้แสงโซลาร์เซลล์ครั้งนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์ ดร.อุเทน ลีตน ที่ได้ชี้แนะข้อบกพร่องและให้การช่วยเหลือ เกี่ยวกับการดำเนินโครงการด้วยความเอาใจใส่ ติดตามผลงานตลอด สนับสนุนคณะผู้จัดทำให้มีความสามารถในการทำงานครั้งนี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้ว ณ ที่นี้ สำหรับคุณค่าและประโยชน์ของโครงการนี้ ขออุทิศให้แก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่คณะผู้จัดทำ

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รัชชัย ตรงดำนกลาง
สุรศักดิ์ บัวแก้ว

ธีรพงศ์ บัญมาศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตของโครงการ	3
ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	
อินเวอร์เตอร์	5
แบตเตอรี่ LiFePo4	8
แผงโซลาร์เซลล์	10
โซลาร์ชาร์จเจอร์ (Solar Charger)	11
บริดจ์ไดโอด (วงจรรีขงกระแส)	13
วงจรรีขงกระแสครึ่งคลื่น	14
วงจรรีขงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรรองด้วยตัวเก็บประจุ	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
วงจรกระแสเต็มคลื่น	17
วงจรกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ	18
แรงดันรีปเปิล (Ripple Voltage)	19
Battery Management System (Bms)	20
Switching Power Supply (สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย)	21
หลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	23
วงจรแปลงแรงดันไฟ Step-up Step-Down	37
Amp Module (โมดูลขยายเสียง)	38
Digital Voltage and Current Meter	41
Port USB	41
โมดูล FM Radio	42
เต้ารับ (Socket-Outlet)	42
ฟิวส์ (Fuse)	43
สวิตช์ (Switch)	43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทำโครงการ	
ทำการออกแบบชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่โดย SolidWorks	44
การทำงานของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่	46
อุปกรณ์หลัก	46
ขั้นตอนการทำงาน	48
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	
การคำนวณการใช้โหลดโดยยกตัวอย่าง	48
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทำโครงการ	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ปัญหาในการทำโครงการ	58
ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	60
ประวัติผู้เขียน	70



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 สถิติอุทกภัยร้ายแรงที่เกิดขึ้นในประเทศไทย	1
ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์หลัก	46
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการคำนวณระยะเวลาที่ใช้งานได้สูงสุด	56
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการคำนวณระยะเวลาในการชาร์จ	56



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 กลางคืนไม่มีไฟฟ้าใช้ทำให้ไม่ค่อยมีแสงสว่าง	2
รูปที่ 1.2 พื้นที่แคบรถช่วยเหลือนำเข้าถึงได้ยาก	3
รูปที่ 2.1 อินเวอร์เตอร์	5
รูปที่ 2.2 โพล์ขาดอินเวอร์เตอร์	6
รูปที่ 2.3 รูปคลื่นชานนี้	7
รูปที่ 2.4 แบตลิเทียมฟอสเฟส	8
รูปที่ 2.5 แผงโซลาร์เซลล์	10
รูปที่ 2.6 โซลาร์ชาร์จเจอร์แบบ PWM	12
รูปที่ 2.7 โซลาร์ชาร์จเจอร์แบบ MPPT	12
รูปที่ 2.7 บริดจ์ไดโอด	13
รูปที่ 2.8 การเรียงกระแสเต็มคลื่น	13
รูปที่ 2.9 พารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์	14
รูปที่ 2.10 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น	15
รูปที่ 2.11 แรงดันอินพุตและเอาต์พุต	15
รูปที่ 2.12 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ	16
รูปที่ 2.13 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	17
รูปที่ 2.14 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	18
รูปที่ 2.15 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ	19
รูปที่ 2.16 แรงดันรีปเปิลของการเรียงกระแสครึ่งคลื่นและเต็มคลื่น	19
รูปที่ 2.17 วงจร BMS	20
รูปที่ 2.18 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตช์িংเพาเวอร์ซัพพลาย	23
รูปที่ 2.19 วงจรพื้นฐานของฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์	25
รูปที่ 2.21 กราฟแสดงลักษณะกระแสและแรงดันในวงจรขณะทำงาน	26

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.22 วงจรพื้นฐานของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์	27
รูปที่ 2.23 กราฟแสดงลักษณะกระแสและแรงดันในวงจรขณะทำงาน	28
รูปที่ 2.24 วงจรพื้นฐานของพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์	29
รูปที่ 2.25 วงจรพื้นฐานของบัลฟ์พรีคักคอนเวอร์เตอร์	30
รูปที่ 2.26 ขณะ Q1 นำกระแส (ล่าง) ขณะ Q2 นำกระแส	31
รูปที่ 2.27 วงจรพื้นฐานของฟูลบริคักคอนเวอร์เตอร์	32
รูปที่ 2.28 วงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน	33
รูปที่ 2.29 ลักษณะความกว้างของพัลส์จาก PWM	33
รูปที่ 2.30 วงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส	34
รูปที่ 2.31 วงจรควบคุมเมื่อตัดตัวขยายความแตกต่างออก	35
รูปที่ 2.32 ลักษณะการทำงานที่จุดต่างๆ ของวงจร	36
รูปที่ 2.33 วงจรแปลงแรงดันไฟ	37
รูปที่ 2.34 โมดูลขยายเสียง	38
รูปที่ 2.35 ทรานซิสเตอร์แบบ NPN	39
รูปที่ 2.36 จอแสดงผล Digital	41
รูปที่ 2.37 FM radio	42
รูปที่ 2.38 ฟิล์มกัมพู	43
รูปที่ 3.1 ฝาด้านบนของชุดจ่ายไฟ	44
รูปที่ 3.2 แบบชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่	44
รูปที่ 3.3 ภายในกล่องชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่	45
รูปที่ 3.4 การทำงานของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่	45
รูปที่ 3.5 ทำการเจาะเพื่อใส่ Plug สำหรับชาร์จไฟบ้าน	48
รูปที่ 3.6 เจาะกล่องเพื่อใส่ลำโพง	48

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 ทำการยึด Solar charger	49
รูปที่ 3.8 ทำการเจาะรูสำหรับเดินสายไฟ	49
รูปที่ 3.9 ยึดเทอร์มินอลเข้ากับกล่อง	50
รูปที่ 3.10 เจาะรูใส่ Jack สำหรับเสียบหลอดไฟ และสวิตช์	50
รูปที่ 3.11 เจาะรูสำหรับยึดอะแดปเตอร์ DC 12v	51
รูปที่ 3.12 ใส่อั้วรับ 220v และสวิตช์	51
รูปที่ 3.13 ใส่อั้ว Breaker และ Jack สำหรับชาร์จโซลาร์เซลล์	52
รูปที่ 3.14 ใส่อั้วทางปลากับสายไฟ	52
รูปที่ 3.15 เก็บสายไฟในกล่อง	53
รูปที่ 3.15 เก็บสายไฟในกล่อง	53
รูปที่ 4.1 ปุ่มของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่	54
รูปที่ 4.2 ปุ่มของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่	54

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ภัยพิบัติน้ำท่วมเกิดจากสภาวะน้ำท่วมหรือน้ำท่วมฉับพลัน มีสาเหตุจากการเกิดฝนตกหนักหรือฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานาน เนื่องจาก หย่อมความกดอากาศต่ำ พายุหมุนเขตร้อน ได้แก่ พายุดีเปรสชัน พายุโซนร้อน พายุไต้ฝุ่น ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ เชื้อนพัง

ความเสียหายที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งอันตรายและความเสียหายที่เกิดจากอุทกภัยดังนี้

- น้ำท่วมอาคารบ้านเรือน สิ่งก่อสร้างและสาธารณสถาน ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมาก บ้านเรือนหรืออาคารสิ่งก่อสร้างที่ไม่แข็งแรงจะถูกกระแสน้ำที่ไหลเชี่ยวพังทลายได้ คนและสัตว์เลี้ยงและสัตว์เลี้ยงอาจได้รับอันตรายถึงชีวิตจากการจมน้ำตาย

- เส้นทางคมนาคมและการขนส่ง อาจจะถูกตัดเป็นช่วง ๆ โดยความแรงของกระแสน้ำ ถนน และสะพานอาจจะถูกกระแสน้ำพัดให้พังทลายได้ สินค้าพัสดุดูอยู่ระหว่างการขนส่งจะได้รับความเสียหายมาก

- สถิติอุทกภัยร้ายแรงที่เกิดขึ้นในประเทศไทย มีที่ใดและเกิดขึ้นเมื่อไรในอดีตมีอุทกภัยหลายเหตุการณ์

ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 1.1 สถิติอุทกภัยร้ายแรงที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

ภัยพิบัติที่เกิดจากอุทกภัย	สรุปความเสียหาย
-อุทกภัยจากพายุดีเปรสชัน เข้าประเทศไทย ที่ จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2536	-ประชาชนประสบภัย 377,070 คน -ตาย 23 คน -บาดเจ็บ 252 คน -บ้านเรือนได้รับความเสียหาย 2,180 คน -พื้นที่การเกษตรเสียหาย 701,483 ไร่ -ปศุสัตว์ 403,090 ตัว -ถนนเสียหาย 4,231 แห่ง

	-สะพานชำรุด 479 แห่ง มูลค่าความเสียหายรวม 1,260,940,725 บาท
-อุทกภัยจากพายุโซนร้อน โทคุล และอิทธิพลจากพายุ คากิชิ ประกอบกับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมทะเลอันดามัน ภาคใต้ และอ่าวไทยมีกำลังแรง ตั้งแต่วันที่ 29 สิงหาคมจนถึงปัจจุบันทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก รวม 32 จังหวัด	-ประชาชนได้รับผลกระทบ 407,069 ครัวเรือน -ผู้เสียชีวิต 32 ราย (ยโสธร 8 ราย ร้อยเอ็ด 6 ราย อำนาจเจริญ 4 ราย ขอนแก่น 3 ราย อุบลราชธานี 3 ราย พิจิตร 2 ราย ศรีสะเกษ 2 ราย พิษณุโลก 1 ราย มุกดาหาร 1 ราย สกลนคร 1 ราย น่าน 1 ราย) ผู้บาดเจ็บ 1 คน (ชัยภูมิ) -ยังคงมีสถานการณ์ในพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ อำนาจเจริญ ยโสธร อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด และศรีสะเกษ อพยพประชาชน 23,039 คน ในพื้นที่ 3 จังหวัด รวม 51 จุด ประกอบด้วย ยโสธร 15 จุด 2,045 คน อุบลราชธานี 51 จุด 20,864 คน ร้อยเอ็ด 22 จุด 130 คน

ในกรณีน้ำท่วมโดยทั่วไปบริเวณหมู่บ้านจะถูกตัดไฟจากการไฟฟ้าทำให้ไม่มีแสงสว่างหรือไฟฟ้าในการประกอบอาหารหรือใช้กับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ ในพื้นที่ที่รถช่วยเหลือขนาดใหญ่หรือการช่วยเหลือเข้าถึงได้ยากเช่น ครอบหรือซอยเล็กๆ จึงทำให้ผู้ประสบภัยเดือดร้อนเป็นอย่างมาก เครื่องจ่ายไฟเคลื่อนที่จึงเป็นหนึ่งในแนวคิดในการแก้ปัญหา ในกรณีเบื้องต้นได้



รูปที่ 1.1 กลางคืนไม่มีไฟฟ้าใช้ทำให้ไม่ค่อยมีแสงสว่าง



รูปที่ 1.2 พื้นที่แคบรถช่วยเหลือเข้าถึงได้ยาก

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาและออกแบบชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่
- เพื่อช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยในพื้นที่วิกฤต

ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบให้ขนาดกะทัดรัดและขนย้ายไปปฏิบัติได้อย่างสะดวก
2. อินเวอร์เตอร์ ขนาด 12V 500W
3. สามารถชาร์จไฟจาก AC และ โซลาร์เซลล์
4. สามารถชาร์จพอร์ทในพื้นที่ที่ถูกตัดไฟ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรม Solidwork
3. เบิกเงินและจัดซื้อ
4. ติดตั้งชุดอุปกรณ์
5. วิเคราะห์ทดสอบอุปกรณ์
6. ทดสอบการใช้งาน

7. ปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ต้องปรับปรุง
8. สรุปงานและเขียนรายงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ชุดจ่ายไฟฟ้าเคลื่อนที่จะช่วยเหลือผู้ประสบภัยในกรณีน้ำท่วมฉุกเฉิน โดยทั่วไปบริเวณหมู่บ้าน จะถูกตัดไฟจากการไฟฟ้าทำให้ไม่มีแสงสว่างหรือไฟฟ้าใช้ในพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม ชุดจ่ายไฟฟ้าเคลื่อนที่นี้ สามารถนำมาช่วยเหลือเพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่จำเป็นในกรณีฉุกเฉินได้



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

อินเวอร์เตอร์ (Inverter)



รูปที่ 2.1 อินเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์คือจะรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปสู่ตัวเครื่องอินเวอร์เตอร์ ไม่ว่าจะผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์แล้วส่งไปที่ควบคุมกระแส หรือไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ก็ตาม หลังจากนั้นจะผ่านวงจรไฟฟ้าภายในตัวอินเวอร์เตอร์ที่ประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันให้สลับกันไปมาระหว่างความต่างศักย์ที่เป็นบวกและลบจนได้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟกระแสสลับโดยมีจำนวนครั้งที่สลับไปมาเท่ากับ 100-120 ครั้งต่อวินาที (ความถี่ 50-60 เฮิร์ตซ์) แล้วแต่การออกแบบวงจรภายใน โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผลิตและใช้กันอยู่ในประเทศไทยโดยทั่วไป มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ที่ 220-230 โวลต์ (V) ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ (Hz)

โครงสร้างภายในของ Inverter

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ แปลงไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ AC, power supply (50 Hz) ให้เป็นไฟตรง (DC Voltage)

2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ แปลงไฟตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์ และชุดอินเวอร์เตอร์

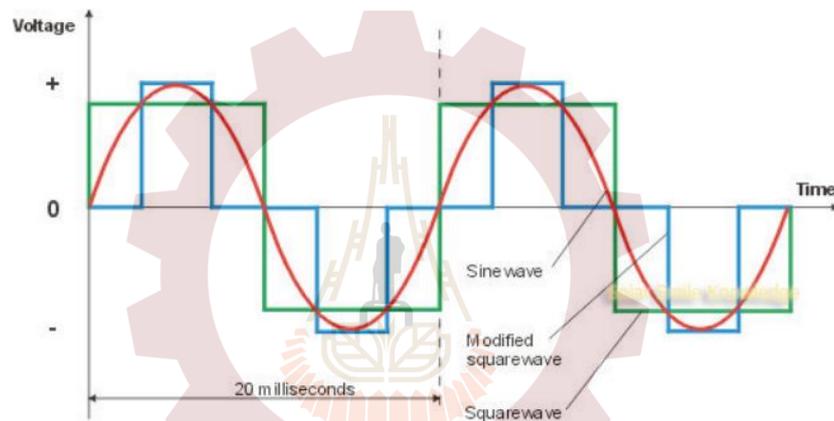


รูปแบบของรูปคลื่น

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่แปลงได้จากตัวอินเวอร์เตอร์ จะมีรูปแบบของลูกคลื่นที่ผลิตได้อยู่สองแบบใหญ่ๆด้วยกัน

1. รูปคลื่นสแควร์เวฟ (Square Wave) มีลักษณะเป็นทรงเหลี่ยม อีกรูปแบบที่ใกล้เคียงกับรูปคลื่นสแควร์เวฟก็คือ โมดิฟายซายน์เวฟ (Modified-Sinewave) ซึ่งจุดที่เปลี่ยนระหว่างคลื่นบวกกับลบจะมีความชันน้อยกว่า ส่วนใหญ่แล้วจะเจอกับอินเวอร์เตอร์ที่มีราคาถูก หาซื้อได้โดยทั่วไป อินเวอร์เตอร์ที่มีแรงดันขาออกเป็นแบบสองลูกคลื่นนี้จะนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ค่อยมีผลกับรูปแบบของลูกคลื่นมากนักเช่นหลอดไฟ เป็นต้น แต่ถ้านำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของเส้นลวดพัน เช่นมอเตอร์พัดลม จะทำให้เกิดเสียงฮัมและความร้อนจากตัวมอเตอร์ ส่งผลให้มอเตอร์เสียหายได้ เนื่องจากรูปแบบลูกคลื่นไม่สอดคล้องกับการทำงานภายในของตัวมอเตอร์นั่นเอง
2. รูปคลื่นซายน์เวฟ (Sine Wave) หรือที่เรียกตามทั่วไปคือเพียวซายน์เวฟ (Pure-Sine Wave) อินเวอร์เตอร์ที่ผลิตรูปคลื่นแบบนี้ออกมาจะมีราคาที่สูงกว่า เพราะรูปคลื่นซายน์จะรองรับการ

นำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิด โดยไม่ทำให้เกิดปัญหา และมีรูปร่างของคลื่นที่ผลิตได้เหมือนกับรูปคลื่นไฟฟ้าตามบ้านทุกประการ การนำเอาที่พูดของอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ไปจ่ายให้กับพัดลม พัดลมจะทำงานปกติ



รูปที่ 2.3 รูปคลื่นไซน์

อินเวอร์เตอร์ตามระบบที่ติดตั้ง

โดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์จะแบ่งแยกตามระบบผลิตพลังงาน ไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ซึ่งมีอยู่สองแบบใหญ่ๆ

ด้วยกัน ได้แก่

1. อินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับระบบสแตนอโลน (Stand-Alone System) หรือระบบอิสระที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์แบบนี้จะมีหลักการทำงานเบื้องต้นที่กล่าวไปคือ รับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ หรือไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ (เวลากลางคืนจากพลังงานที่ชาร์จไว้โดยแผงโซล่าเซลล์ในเวลากลางวัน) แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับต่อไป

2. อินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับระบบออนกริด (On-grid System) หรือระบบที่ทำงานสัมพันธ์กับการไฟฟ้า มีชื่อเรียกอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้โดยทั่วไปว่า กริดไทน์อินเวอร์เตอร์ (Grid-Tied Inverter) ลักษณะการทำงานของอินเวอร์เตอร์ระบบนี้จะเหมือนกับอินเวอร์เตอร์โดยปกติทั่วไปแต่จะต้องมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากการไฟฟ้าป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์อีกทางหนึ่งด้วย ตัวอินเวอร์เตอร์แบบนี้ถึงจะทำงาน

ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์จะถูกใช้ไปกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้าน(สำหรับระบบออนกริดแบบลดภาระค่าไฟฟ้า) หรืออาจจะแปลงไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ป้อนตรงให้กับสายส่งเพื่อขายไฟให้การไฟฟ้าตามโครงการ VSPP ได้

แบตเตอรี่ LiFePo4



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.4 แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต

นวัตกรรมแบตเตอรี่ตระกูลลิเทียมไอออน แบตเตอรี่ LiFePo4 เป็นที่ประจักษ์แล้วว่า แบตเตอรี่ไอออน Li-ion (polymer) และ แบตเตอรี่ ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (LiCoO₂) มีการใช้งานอย่างมากในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ แต่แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (LiCoO₂) ราคาแพงมาก และไม่ปลอดภัยเมื่อมันมีความจุสูงขึ้น แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePo₄) เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดในปัจจุบันนี้ ตลาดแบตเตอรี่ตระกูลลิเทียมไอออนมีความนิยมเนื่องจากมีความจุสูงและสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น คอมพิวเตอร์แลบท็อป เครื่องมือกล รถวีลแชร์ไฟฟ้า รถจักรยานไฟฟ้า รถไฟฟ้า แม่น้ำแร่รถบัสไฟฟ้า แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePo₄) มีความปลอดภัยเทียบเท่าแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด แต่ความแรงเทียบเท่าแบบตระกูลลิเทียมไอออน

ข้อดีของลิเทียมไอออน Li-ion (polymer) ที่เป็นชนิดลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePo4)คือ

1. ชาร์จไว ระหว่างกระบวนการชาร์จแบตเตอรี่ Li-ion แบบดั้งเดิมประกอบด้วย ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์(LiCoO₂) ต้องการชาร์จสองขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือการใช้กระแสคงที่ (Constant Current:CC) เพื่อให้ถึง 60% ของจุดชาร์จ (Stage of Charge:SOC) ขั้นตอนที่สอง เกิดขึ้นเมื่อแรงดันไปถึง 4.2V เป็นขีดจำกัดบนแรงดันของการชาร์จ ก็จะเริ่มชาร์จที่แรงดันคงที่จนกว่ากระแสจะลดลงเรื่อยๆ ในขั้นตอนที่ (60%SOC) ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง และในขั้นตอนที่ 2 (40%SOC) ใช้เวลาอีกประมาณ 2 ชั่วโมง แต่แบตเตอรี่ LiFePO₄ สามารถใช้แค่ 1 ขั้นตอน เมื่อ CC ไปถึง 95% ของ SOC หรืออาจชาร์จทั้ง CC+CV เพื่อให้ถึง 100%SOC เวลาทั้งหมดประมาณสองชั่วโมง
2. มีการเผื่อต่อการชาร์จมากไป (over charge) สูง และสมรรถนะที่ปลอดภัยกว่า แบตเตอรี่ LiCoO₂ มีการเผื่อการโอเวอร์ชาร์จแคบมาก ประมาณ 0.1V ที่แรงดันชาร์จ 4.2V และต้องพิจารณาขีดจำกัดควบคุมบนของการชาร์จแรงดันด้วย ถ้าชาร์จเกิน 4.3V อาจทำให้แบตเตอรี่ประสิทธิภาพตกได้และอาจเป็นเหตุให้ไฟไหม้และระเบิดได้ แบตเตอรี่ LiFePO₄ มีการเผื่อการโอเวอร์ชาร์จกว้างมากกว่าเป็น 0.7V ที่แรงดันชาร์จเป็น 3.4V ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมีวัดจาก DSC หลังจากโอเวอร์ชาร์จเป็น 90J/g สำหรับ LiFePO₄ และ 1600J/g for LiCoO₂ ยังมีการคายความร้อนมากเท่าไร จะเกิดพลังงานจะสะสมในแบตเตอรี่ในทางสิ้นเปลืองและอาจทำให้ไฟไหม้และ ระเบิดได้ แต่แบตเตอรี่ LiFePO₄ สามารถโอเวอร์ชาร์จ ได้ถึง 30V โดยไม่ต้องมีวงจรป้องกัน เหมาะสมกับการใช้งานที่กระแสสูงๆ ความจุสูงๆ ในรูปแสดงถึงความปลอดภัยและความทนต่อการโอเวอร์ชาร์จของแบตเตอรี่ LiFePO₄ กราฟมีลักษณะคล้ายการตอบสนองของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด
3. สมดุลด้วยตัวเอง เซลของ LiFePO₄ จะถูกต่ออนุกรมและจัดให้สมดุลระหว่างกระบวนการชาร์จ เนื่องจากมีความเผื่อการโอเวอร์ชาร์จสูง นี่คือข้อแตกต่างจากแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด คุณลักษณะการสมดุลด้วยตัวเองสามารถยอมให้ความแตกต่างระหว่างเซลล์สำหรับทั้งแรงดันและความจุของแบตเตอรี่ไม่เกิน 10%
4. ระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System) และ แบตเตอรี่ชาร์จเจอร์ง่ายกว่า การเผื่อโอเวอร์ชาร์จและชุดสมดุลของแบตเตอรี่ LiFePO₄ ส่วนมากจะมีชุดป้องกันแบตเตอรี่

และวงจรที่มีราคาไม่แพง ใช้การชาร์จเพียงหนึ่งขั้นตอน อาจใช้แหล่งจ่ายไฟแบบทั่วไปเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ LiFePO_4 แทนที่จะเป็นชาร์จเจอร์แบบ Li-ion

5. อายุการใช้งานที่ยืนยาว เมื่อเปรียบเทียบอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ LiCoO_2 มีอายุการชาร์จเพียง 400 ครั้ง แต่ แบตเตอรี่ LiFePO_4 อายุการชาร์จถึง 2000 ครั้ง
6. สมรรถนะอุณหภูมิสูง ข้อเสียของการแบตเตอรี่ LiCoO_2 คือประสิทธิภาพจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึง 60°C แบตเตอรี่ LiFePO_4 ทำงานได้ดีกว่า ที่อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการนำความร้อนของลิเทียมไอออนิกที่สูงกว่า

แผงโซลาร์เซลล์

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ ชนิดพิเศษ ที่มีคุณสมบัติ ในการเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar Cell จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง +/- ซึ่งเราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที รวมทั้งสามารถนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และใน Power Bank ได้

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.5 แผงโซลาร์เซลล์

ดวงอาทิตย์ได้ปลดปล่อยพลังงานออกมาเป็นแสงอาทิตย์ และเดินทางมายังผิวโลก ซึ่งแสงจากดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยอนุภาคของพลังงาน ที่เรียกว่า Photon โดย Photon จะทำหน้าที่ถ่ายเทพลังงานต่อให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panel) จนอยู่ในสถานะ Excited State ซึ่งเมื่อ Electron ได้รับพลังงานจาก Photon แล้ว ก็จะกระโดดออกมาจาก Atom และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นขั้วไฟฟ้า (Electrode) ที่อิเล็กตรอนมารวมกันและเคลื่อนที่ผ่านเรียกว่า “ขั้วลบ” และขั้วที่อยู่ตรงข้ามจะเรียกว่า “ขั้วบวก” เมื่อขั้วทั้ง 2 ถูกต่อดั้วหลอดไฟฟ้ก็จะทำให้มีแสงสว่างเกิดขึ้น โดยสารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาผลิต เซลล์แสงอาทิตย์ ในปัจจุบันคือสารซิลิคอนสาเหตุเพราะมีราคาต่ำและหาได้ง่ายในธรรมชาติ

ข้อดีของ โซลาร์เซลล์

1. เป็นพลังงานสะอาด ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม พลังงานไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ไม่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2. เป็นพลังงาน ที่ใช้แล้วไม่มีวันหมดไป
3. ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และมีอายุการใช้งานยาวนาน มากถึง 25 ปี

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

โซลาร์ชาร์จเจอร์ (Solar Charger)

โซลาร์ชาร์จเจอร์ หรือ คอนโทรลเลอร์ชาร์จ โซลาร์เซลล์ จัดว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญไม่แพ้แผงโซลาร์เซลล์หรือหม้อแบตเตอรี่เลย โซลาร์ชาร์จเจอร์จัดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีระบบการทำงานไม่ซับซ้อนมาก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ลงสู่หม้อแบตเตอรี่ ซึ่งการทำงานจะจ่ายกระแสไฟเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำตามที่ตั้งค่าไว้ และจะทำการตัดการจ่ายกระแสไฟไปยังแบตเตอรี่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับสูงตามที่ตั้งค่าไว้ ทั้งนี้การที่ต้องคอยมีการควบคุมไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเกินของแรงดันในแบตเตอรี่ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่เสื่อมก่อนเวลาที่เหมาะสม หรืออาจจะเกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งส่งผลเสียโดยตรงต่อเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งค่อนข้างอันตรายมากพอสมควรเลย นอกจากการทำงานที่คอยควบคุมการเก็บสะสมแรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่แล้ว ในเวลากลางคืนโซลาร์ชาร์จเจอร์ยังคอยทำหน้าที่ป้องกันการไหลย้อนกลับของแรงดันแบตเตอรี่ที่ไหลกลับไปยังแผงโซลาร์เซลล์อีกด้วย ซึ่งการที่

กระแสไฟฟ้าแรงดันสูงไหลย้อนกลับไปแผงโซลาร์เซลล์อาจทำให้เกิดปัญหาแผงโซลาร์เซลล์เสียหายหนักได้ นอกจากนี้ยังหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ที่ปล่อยพลังงานไฟฟ้าสู่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างเหมาะสมอีกด้วย ปกติการติดตั้งโซลาร์ชาร์จเจอร์จะติดตั้งอยู่ตรงกลางระหว่างแผงโซลาร์เซลล์และคอยควบคุมการทำงานของทั้งสองฝ่ายให้สมดุลและเหมาะสม ซึ่งปกติโซลาร์ชาร์จเจอร์จะถูกกำหนดแรงดันให้เหมาะสมกับขนาดของแผงวงจรโซลาร์เซลล์และขนาดความจุแรงดันของแบตเตอรี่ด้วย โซลาร์ชาร์จเจอร์ ทั่วไปจะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ

1. โซลาร์ชาร์จเจอร์ PWM (Pulse Width Modulation) ที่มีหลักการทำงานคือคอยควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าด้วยระบบดิจิทัลเพื่อให้ประหยัดพลังงานมากที่สุด สามารถควบคุมการไหลเข้าของแรงดันไฟฟ้าลงสู่แบตเตอรี่ได้อย่างเหมาะสมช่วยลดปัญหาแบตเตอรี่เสื่อมเร็ว มีไฟแสดงสถานะการทำงานการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ บอกตลอดเวลา
2. โซลาร์ชาร์จเจอร์ MPPT (Maximum Power Point Tracking) ซึ่งมีราคาที่สูงมากแต่ก็เต็มไปด้วยประสิทธิภาพการทำงาน เน้นการทำงานด้วยระบบไมโครโพรเซสเซอร์ คอยจับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ และนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันในแบตเตอรี่ และเลือกสัญญาณที่สูงที่สุดเพื่อส่งไปบรรจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มพร้อมใช้งานเสมอ แน่แน่นอนว่าไม่ต้องห่วงแม้จะเป็นวันที่แสงแดดอ่อนๆก็สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง



รูปที่ 2.6 โซลาร์ชาร์จเจอร์แบบ PWM



รูปที่ 2.7 โซลาร์ชาร์จเจอร์แบบ MPPT

บริดไดโอด (วงจรเรียงกระแส)

วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuits) คือวงจรที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็น ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) (แปลง AC เป็น DC) และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงนี้คือ ไดโอดวงจรเรียงกระแสจะใช้ไดโอดเป็นตัวเรียงกระแสไฟสลับที่มีคลื่นด้านบวกและลบให้เป็นไฟตรง ที่มีเฉพาะคลื่นด้านบวกหรือลบเพียงด้านเดียว วงจรเรียงกระแสมีทั้งแบบ 3 เฟส และ 1 เฟส ตามลักษณะของแรงดันอินพุต และหากแบ่งตามลักษณะของแรงดันเอาต์พุต จะแบ่งได้ 2 แบบ คือ (1) การเรียงกระแสเต็มคลื่น (Full-wave Rectification) และ(2) การเรียงกระแสครึ่ง คลื่น (Half-wave Rectification) ในรายวิชานี้จะกล่าวเฉพาะวงจรเรียงกระแส 1 เฟส ทั้งแบบ เต็มคลื่น และแบบครึ่งคลื่น



รูปที่ 2.7 บริดไดโอด



รูปที่ 2.8 การเรียงกระแสเต็มคลื่น

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์ (Sine wave Parameters)

1. คลื่นไซน์ 1 ไซเคิล จะมีค่าแรงดันที่สำคัญ คือ

$$V_p = \text{ค่าสูงสุดของยอดคลื่น (Peak Voltage)}$$

$$V_{p-p} = \text{ค่าสูงสุดของยอดคลื่นถึงยอดคลื่น (Peak to Peak Voltage)}$$

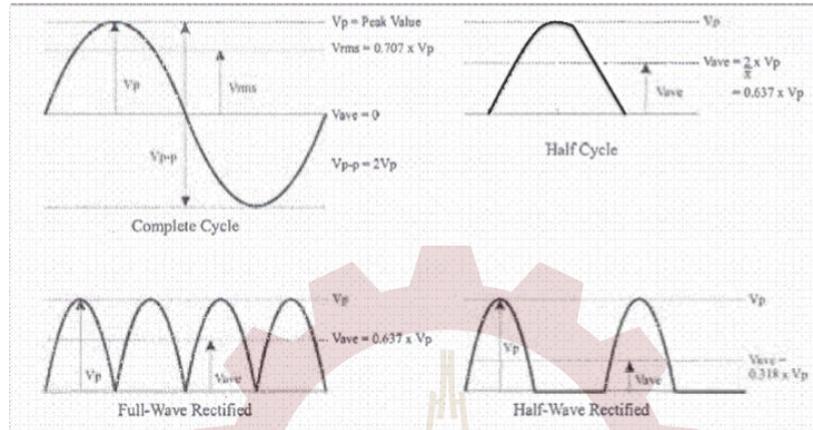
$$V_{RMS} = \text{ค่าแรงดัน อาร์.เอ็ม.เอส. (Root mean square Voltage)}$$

$$V_{AVE} = \text{ค่าแรงดันเฉลี่ย (Average Voltage) และค่าเหล่านี้ หาได้จาก}$$

$$V_{p-p} = 2 V_p \text{ และ } V_{RMS} = 0.707 V_p$$

2. ค่าแรงดันเฉลี่ย ของคลื่นไซน์ 1/2 ไซเคิล

$$V_{AVE} = (2/\pi)V_p = 0.636V_p$$



รูปที่ 2.9 พารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์

3. ค่าแรงดันเฉลี่ยของคลื่นเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full – Wave Rectified)

$$V_{AVE} = 0.637 V_p$$

4. แรงดันเฉลี่ยของคลื่นเรียงกระแสครึ่งคลื่น (Half – Wave Rectified)

$$V_{AVE} = 0.318 V_p$$

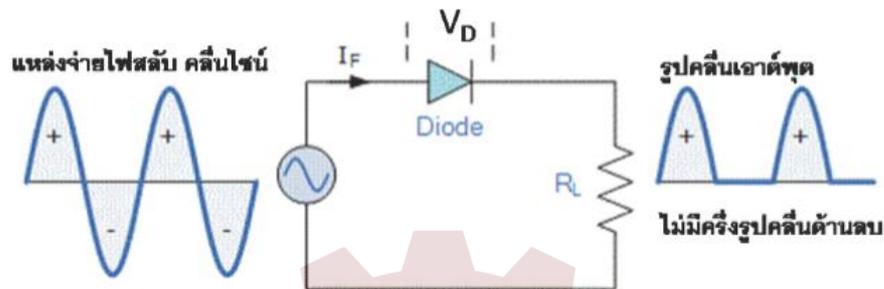
5. ถ้าไม่คิดแรงดันตกคร่อม ไดโอดเรียงกระแส

$$\text{ค่า } V_p \text{ (อินพุต)} = V_p \text{ (เอาต์พุต)}$$

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ใช้ไดโอด 1 ตัว ทำหน้าที่เปลี่ยนอินพุต เอ.ซี. (คลื่นไซน์) ให้เป็น ดี.ซี. เฉพาะคลื่นไซ่เกิดบวกของอินพุตเท่านั้น เพราะว่าไดโอดจะทำงาน (นอกจากกระแส : ON) ได้เมื่อได้รับคลื่นไซน์ด้านครึ่งไซ่เกิดบวกเท่านั้น (เพราะว่าช่วงนั้น ไดโอดจะได้รับไบแอสตรง) จึงเกิดกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (IF) ผ่านไดโอดไปสู่โหลด (RL) แต่เมื่อ คลื่นไซน์อินพุตเป็นช่วงครึ่งไซ่เกิดลบ ไดโอดจะไม่นำกระแส : OFF จึงไม่มีกระแสไหลผ่าน โหลด รูปคลื่นที่เอาต์พุตจึงปรากฏเฉพาะครึ่งไซ่เกิดบวกเท่านั้น จึงเรียกววงจรเรียงกระแสแบบนี้ว่าวงจรครึ่งคลื่น

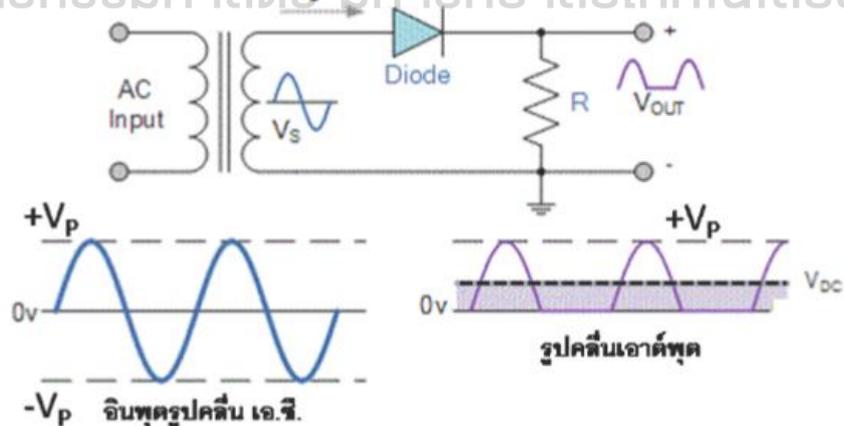


รูปที่ 2.10 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น

เมื่อพิจารณาจากรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นในรูปที่ 2-3 จะพบว่าค่าสูงสุดของคลื่นไซน์อินพุต คือ $+V_p$ และ $-V_p$ ส่วนค่าสูงสุดของคลื่นเอาต์พุต คือ $+V_p$ ทั้งนี้เพราะไม่ว่าค่าแรงดันคาบรอบไดโอด (0.6V) มาคิดค่า V_p (input) จึงเท่ากับ V_p (Output) แต่ค่าแรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุต (VDC) หรือค่าแรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุต (V_{ave}) จะเขียนแทนด้วยเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 2-3 และค่าของแรงดันเอาต์พุตที่ผู้เรียนต้องสามารถหาค่าได้จะมี 3 ค่า คือ (1) แรงดันสูงสุด (V_p) (2) แรงดัน อาร์.เอ็ม.เอส. (V_{rms}) และ (3) แรงดัน ดี.ซี. (VDC) หรือแรงดันเฉลี่ย (V_{ave})

สำนักวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

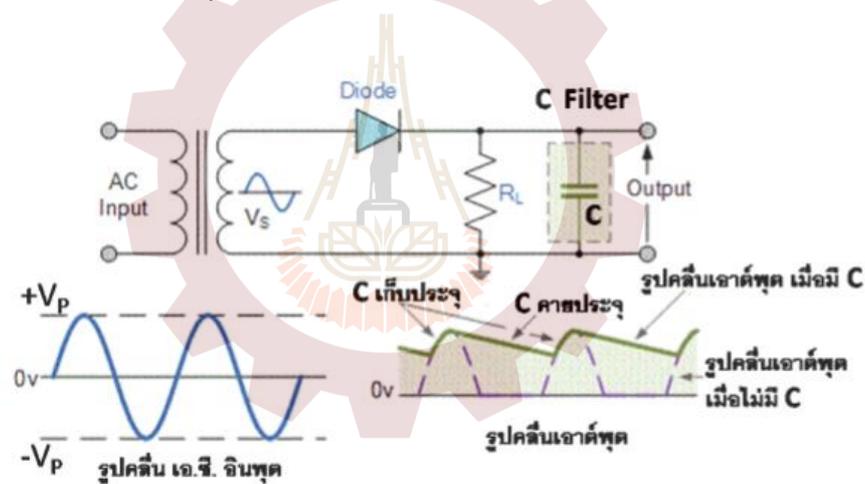
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.11 แรงดันอินพุตและเอาต์พุต

วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ

วงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ (Smoothing Capacitor: Filter Capacitor) มีความสำคัญ มาก เพราะว่าจะช่วยให้ไฟ ดี.ซี. ที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส จ่ายได้อย่างต่อเนื่อง เรียบ (Smooth) ไม่เป็น คลื่น ทำให้แรงดัน ดี.ซี. ที่ได้จากการเรียงกระแสมีคุณภาพใกล้เคียงกับ แรงดัน ดี.ซี. ที่ได้มาจาก แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ การกรองด้วยตัวเก็บประจุ นี้ ทำไฟฟ้าโดยใช้ตัวเก็บประจุ (C) ต่อขนานที่ โหลดหรือที่เอาต์พุตของวงจร



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

รูปที่ 2.12 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวเก็บประจุ (C) จะเกิดการเก็บประจุ (Charge) ในช่วงที่แรงดันเอาต์พุตสูงกว่าค่าแรงดันตกคร่อม C และ C จะคายประจุ (Discharge) ในช่วงที่แรงดันเอาต์พุตต่ำกว่าค่าแรงดัน สูงสุด (V_p) การเก็บประจุและ คายประจุของ C ตัวนี้ จะทำให้รูปคลื่นเอาต์พุตเรียบขึ้น จึงเรียก ตัวเก็บประจุ (C) ที่ทำหน้าที่นี้ว่า Smoothing Capacitor หรือ Filter Capacitor เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียง กระแสครึ่งคลื่น ที่มี C ต่ออยู่กับที่ ไม่มี C ต่ออยู่จะเห็น ว่า ต่างกันและทำให้ค่าแรงดัน ดี.ซี. เอาต์พุต ต่างกันด้วย วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นที่มี C ต่อ อยู่จะมี VDC มากกว่า แบบที่ไม่มี C ต่ออยู่ และจะมีค่า แรงดัน VDC เกือบเท่ากับค่า V_p

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เอ.ซี. 1 เฟส จะมี 2 แบบ คือ

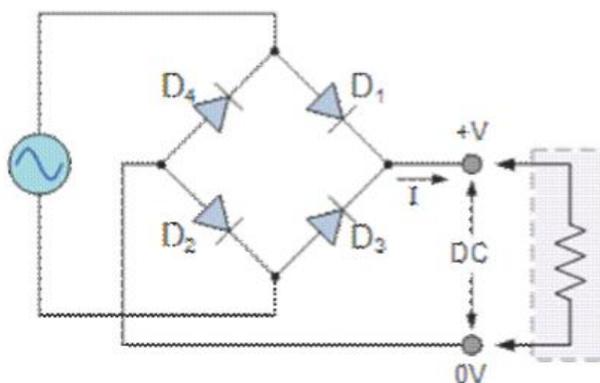
1. วงจรเรียงกระแสเหมือนหม้อแปลงแทปกกลาง (ใช้ไดโอด 2 ตัว)
2. วงจรบริดจ์ (ใช้ไดโอด 4 ตัว)

วงจรเรียงกระแสมีหม้อแปลงแทปกกลาง (Full-Wave Rectifier with Tapping Transformer)

วงจรนี้จะใช้ไดโอด 2 ตัว และหม้อแปลงแทปกกลาง 1 ตัว หม้อแปลง นี้จะต้องมีแรงดันด้านทุติยภูมิเท่ากัน ($V_{AC} = V_{BC}$) ไดโอด D_1 จะท างานเมื่อ V_{AC} อยู่ในครึ่ง ไซเคิลบวก และ ไดโอด D_2 จะท างานเมื่อ V_{BC} อยู่ในครึ่ง ไซเคิลลบ ทำให้แรงดันเอาต์พุตที่ ได้มาจากไดโอด 2 ตัว เรียงกัน จึงมีรูปคลื่นเป็นแบบเต็มคลื่น และค่า V_{DC} ของวงจรเต็มคลื่น จะมีค่าสูงกว่าแบบครึ่งคลื่นเป็น 2 เท่า ($V_{DC} \text{ เต็มคลื่น} = 2 * V_{DC} \text{ ครึ่งคลื่น}$)

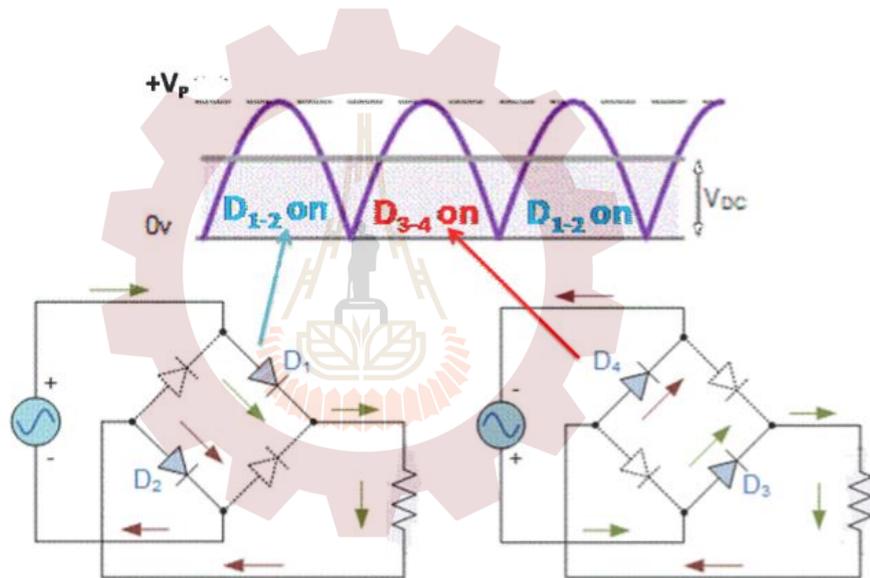
วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Full-Wave Bridge Rectifier)

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ จะไม่ต้องใช้หม้อแปลงแทปกกลาง ซึ่งมีข้อดีมากกว่า เพราะหม้อ แปลงแทปกกลางจะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากกว่าหม้อแปลงที่ไม่มีแทปกกลาง เพราะว่ามี ขดลวดมากกว่า ดังนั้น การใช้วงจรบริดจ์จะลดค่าใช้จ่ายและ ลดขนาดของวงจรได้มากกว่าวงจรบริดจ์ แสดงในรูปที่ 2-8 ซึ่งประกอบด้วย ไดโอดเรียงกระแส 4 ตัว เอาต์พุตของ มันจึง เกิดจากการท างาน ไดโอด ครึ่งละ 2 ตัว สลับกันทุกครึ่ง ไซเคิล



รูปที่ 2.13 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

การทำงานของวงจรเรียงกระแสบริดจ์อธิบายดังรูปที่ 2-9 (1) เมื่อ D1 และ D2 นำกระแส (D1-2 on) ในช่วงครึ่งไซเคิลบวก (+) ของแรงดันอินพุต จะได้รูปคลื่นเอาต์พุต เป็นครึ่งคลื่นในส่วนที่ 1 (2) เมื่อ D3 และ D4 นำกระแส (D3-4 on) ไดโอด D1 และ D2 จะไม่นำกระแส (OFF) กระแสจะไหลผ่านไปทีโหนดในทิศทางเดิม ทำให้ได้เอาต์พุตครึ่งคลื่นในช่วงที่ 2 ของไซเคิลลป

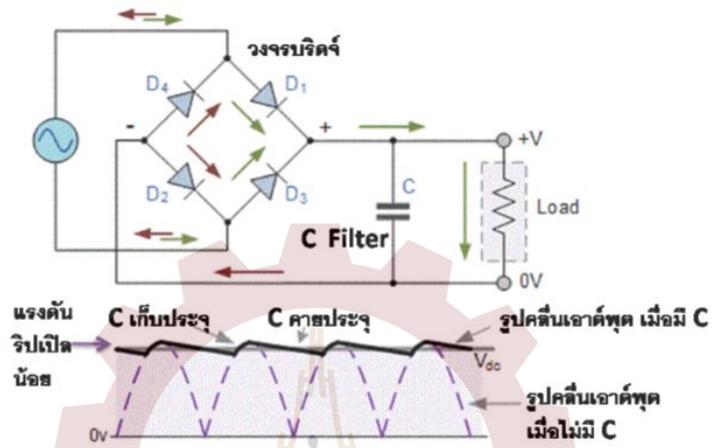


สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
รูปที่ 2.14 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วงจรกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ

เมื่อต่อตัวเก็บประจุ (C) ที่เอาต์พุตเพื่อกรองให้รูปคลื่นเอาต์พุตที่เรียงและมีกระแสไหลผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง ต่อวงจรได้ดังรูปที่ 2-11 จะเห็นว่าคลื่น ดี.ซี. เอาต์พุตของวงจร จะเรียบมากขึ้น ใกล้เคียงกับเส้นตรง ซึ่งเป็นข้อดีเพราะวิธีนี้จะทำให้ค่าแรงดันริปเปิล (Ripple) ที่เอาต์พุตลดลง (แหล่งจ่าย ดี.ซี. ที่ดีนั้น ต้องไม่มีค่าแรงดันริปเปิล : ริปเปิล = 0) โดยทั่วไปค่า C นี้จะต้องมีค่าสูงกว่า $100\mu\text{F}$ จึงจะสามารถทำให้ ดี.ซี. เรียงเป็นเส้นตรงได้ แต่ก็ต้องเลือก C ที่ทนแรงดันใช้งานได้สูงกว่าค่าแรงดันสูงสุด (VP) อีกด้วย เช่น ถ้า VP ของแหล่งจ่ายเท่ากับ 100 V ควรเลือก C ที่มีค่า $100\mu\text{F}$ 150 V เป็นต้น

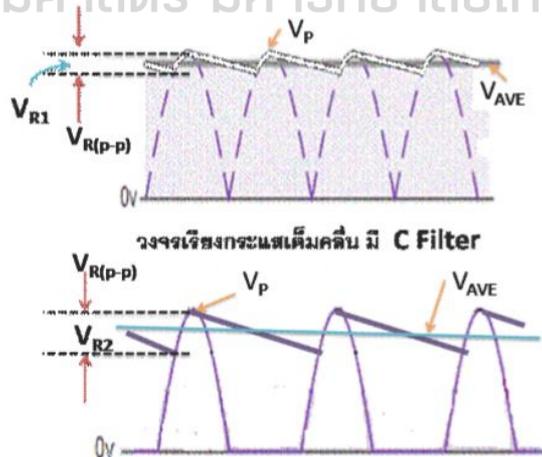


รูปที่ 2.15 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ

แรงดันริปเปิล (Ripple Voltage)

แรงดันริปเปิล คือ คลื่นของแรงดัน เอ.ซี. ที่ปะปนออกมายังรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส เป็นคลื่นแรงดันที่ไม่เรียบ (ซึ่งในการแปลงไฟสลับเป็นไฟตรง ไม่ต้องการหรือต้องการให้มีคลื่นนี้น้อยที่สุด) ดังนั้นแรงดันริปเปิลจึงควรถูก ขจัดออกไป จากเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส วิธีการขจัดทำได้โดยการใช้ตัวเก็บประจุกรองให้เรียบนั่นเอง รูปคลื่น แรงดันริปเปิลและค่าของมันใน วงจรแบบครึ่งคลื่น จะมี มากกว่าวงจรเต็มคลื่น

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.16 แรงดันริปเปิลของการเรียงกระแสครึ่งคลื่นและเต็มคลื่น

Battery Management System (Bms)

BMS ย่อมาจาก Battery Management System หรือ ระบบการจัดการแบตเตอรี่ ทำหน้าที่หลักๆ ในการ Maintain balance cell battery เพื่ออัดไฟให้เต็มมากที่สุด และยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ โดยการวัดสถานะการชาร์จ (SoC) สถานะสุขภาพของเซลล์ (SoH) รวมถึงการตรวจสอบเซ็นเซอร์ต่างๆ (SoF) BMS จะทำการตรวจสอบขั้นพื้นฐาน คือ การตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ อุณหภูมิของเซลล์ การวัดกระแสความต้านทานต่อเซลล์ เพื่อแก้ไขปัญหาหรือการจัดการให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ BMS จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับความผิดปกติของความจุที่หายไป ซึ่งจะประเมินจากแรงดันและความต้านทานภายใน จาก 100 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าความจุจะลดลงเหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ของแรงดัน BMS จะตรวจสอบต่อความผิดปกติ และความต่างศักย์ระหว่างเซลล์ที่เกิดจากความไม่สมดุลของเซลล์และการเปลี่ยนแปลงความต้านทานภายใน จะคำนวณ Coulomb counting ในการควบคุมการเปิด/ปิด ความสมดุลในการชาร์จ (SOC) จะทำงานแปรผันตามความเสื่อมลงของแบตเตอรี่



รูปที่ 2.17 วงจร BMS

การประเมิน (SoH)เพื่อการตรวจสอบสุขภาพเซลล์

- Internal resistance / impedance/conductance
- Capacity

- Voltage
- Self-discharge
- Ability to accept a charge
- Number of charge–discharge cycles

การวัดเซ็นเซอร์ (SOF) วิธีการทำงานของ BMS สังเกตข้อบกพร่องและตรวจสอบจากเซ็นเซอร์เซลล์ที่หลักๆ เช่น

1. การวัดกระแส ในการต่อวงจรใช้งานมีการประมวลผลจาก ECU เพื่อตรวจสอบไม่ให้จ่ายเกินกว่า Capacity ของแบตเตอรี่สามารถปล่อยได้ โดยการตัด/ต่อ ไปที่ภาคจ่ายไฟ มอสเฟส หรือ คอนแทกเตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหายต่อวงจรและเซลล์
2. การวัดอุณหภูมิ เพื่อป้องกันอุณหภูมิเกินค่ามาตรฐานของแบตเตอรี่ ถ้าเกินจะสั่งหยุดการทำงานทันที เมื่ออุณหภูมิลดลงก็จะเปิดวงจรอีกครั้ง
3. การวัดแรงดัน เมื่อต้องการแรงดันไฟ ต้องทำการต่ออนุกรม เช่น แบตเตอรี่ ลิเทียมไอออน 48V จะต้องต่อ อนุกรม กัน $3.7 \times 13S = 48V$ ลิเทียมฟอสเฟส 48V จะต้องต่อ อนุกรม กัน $3.2V \times 15S = 48V$ *เวลาซื้อ BMS ค่าจะบอกกว่าต้องกี่S คือช่องที่สามารถต่ออนุกรมได้ เพื่อจะได้แรงดัน (V) BMS จะทำการตรวจเช็คแรงดัน ในเวลาชาร์จ/ดิชาร์จ เพื่อปรับความสมดุลของแต่ละ (S)

การส่งข้อมูล เมื่อ ECU ประมวลผลหรือปรับแก้ไข ก็จะส่งข้อมูลต่าง ไปยังอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่น

- เครื่องชาร์จ เพื่อตัด/ต่อในการชาร์จ
- ECU ของรถ เพื่อบอกถึงสถานะในการทำงาน
- สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเปิด/ปิด วงจรทางไฟฟ้า
- อุปกรณ์ป้องกันเพื่อป้องกันความปลอดภัย

Switching Power Supply (สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย)

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้ง

สองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย ในปัจจุบันสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตเราอย่างมาก เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และ โทรศัพท์ จำเป็นจะต้องใช้สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายมาใช้ในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง การศึกษาหลักการการทำงานและการออกแบบสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท

บทความนี้นำเสนอหลักการการทำงานเบื้องต้นของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย โดยเน้นในส่วนของคุณเวอร์เตอร์ และวงจรควบคุม ซึ่งเป็นหัวใจในการทำงานของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย พร้อมทั้งยกตัวอย่างและอธิบายการทำงานของวงจรสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายที่สมบูรณ์ และใช้งานได้จริง

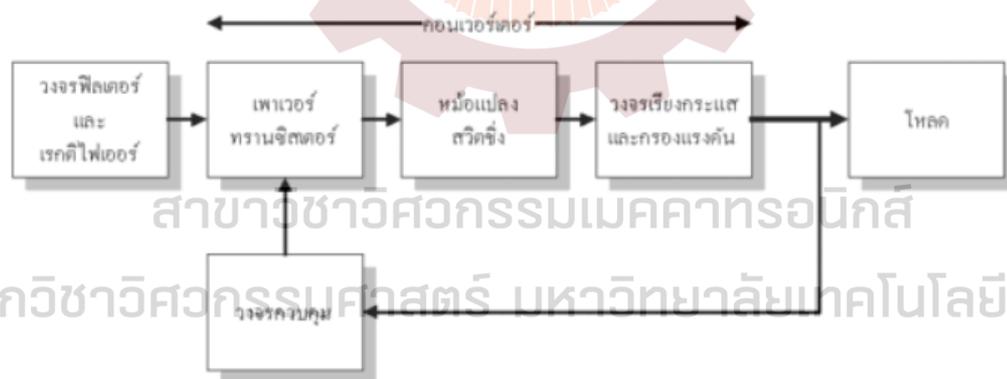
สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

ข้อได้เปรียบของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น คือ ประสิทธิภาพที่สูง ขนาดเล็ก และน้ำหนักเบาว่าแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำจึงมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก ขณะใช้งานจะมีแรงดันและกระแสผ่านตัวหม้อแปลงตลอดเวลา กำลังงานสูญเสียที่เกิดจากหม้อแปลงจึงมีค่าสูง การคงค่าแรงดันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นส่วนมากจะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุตเพื่อจ่ายกระแสและคงค่าแรงดัน กำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนจะมีค่าสูงและต้องใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ซึ่งกินเนื้อที่ เมื่อเพาเวอร์ซัพพลายต้องจ่ายกำลังงานสูงๆ จะทำให้มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ปกติแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะมีประสิทธิภาพประมาณ 30% หรืออาจทำได้สูงถึง 50% ในบางกรณี ซึ่งนับได้ว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายซึ่งมีสภาพในช่วง 65%-80% สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายมีช่วงเวลาโคลสตัด์ประมาณ 20×10^{-3} ถึง 50×10^{-3} วินาที ในขณะที่แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะทำได้เพียงประมาณ 2×10^{-3} วินาที ซึ่งมีผลต่อการจัดหาแหล่งจ่ายไฟสำรองเพื่อป้องกันการหยุดทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้กับเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเกิดการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ รวมทั้งสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันอินพุตค่อนข้างกว้างจึงยังคงสามารถทำงานได้เมื่อเกิดกรณีแรงดันไฟ

อีกด้วย อย่างไรก็ตาม สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะมีเสถียรภาพในการทำงานที่ต่ำกว่า และก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น รวมทั้งสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายยังมีความซับซ้อนของวงจรมากกว่าและมีราคาสูง ที่กำลังงานต่ำๆ แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะประหยัดกว่าและให้ผลดีเท่าเทียมกัน ดังนั้นสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจึงมักนิยมใช้กันในงานที่ต้องการกำลังงานตั้งแต่ 20 วัตต์ขึ้นไปเท่านั้น

หลักการการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไปมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน และไม่ซับซ้อนมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 1 หัวใจสำคัญของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย องค์ประกอบต่างๆ ทำงานตามลำดับดังนี้



รูปที่ 2.18 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

แรงดันไฟสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 KHz จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิงเพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์

ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ได้

คอนเวอร์เตอร์

คอนเวอร์เตอร์นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย มีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ และสามารถคงค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจذبจรรยาภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป การจะเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดสำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายนั้นมีข้อควรพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบดังนี้คือ

1. ลักษณะการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์
2. ค่าแรงดันอินพุตที่จะนำมาใช้กับคอนเวอร์เตอร์
3. ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
4. ค่าแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
5. การรักษาระดับแรงดันในกรณีที่คอนเวอร์เตอร์มีเอาต์พุตหลายค่าแรงดัน
6. การกำเนิดสัญญาณรบกวน RFI/EMI ของคอนเวอร์เตอร์

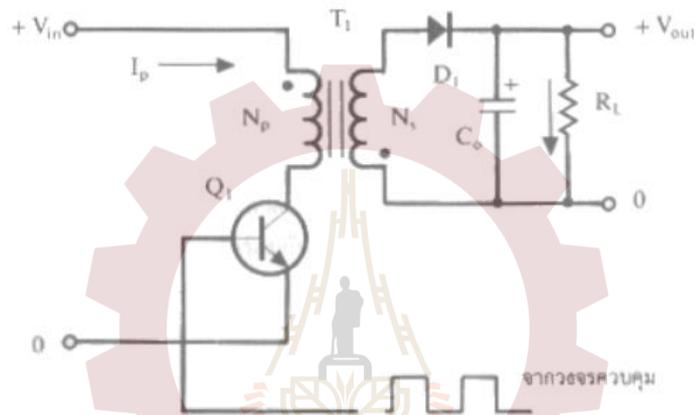
คอนเวอร์เตอร์แบ่งออกได้เป็น 5 แบบ ดังนี้

1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Flyback converter)
2. ฟอว์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward converter)
3. พูช-พูลคอนเวอร์เตอร์ (Push-Pull converter)
4. ฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-Bridge converter)
5. ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge converter)

ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 ในฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์จะทำงานในลักษณะเป็นสวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้ทางขาเบส เนื่องจากหม้อแปลง T_1 จะกำหนดขดไฟรมารี่และขดเซคันดารีให้มีลักษณะกลับเฟสกันอยู่ ดังนั้นเมื่อ Q_1 นำกระแส ไดโอด D_1 จึงอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส จึงมีการสะสมพลังงานที่ขดไฟรมารี่ของหม้อแปลง T_1 แทน เมื่อ Q_1 หยุด

นำกระแส สนามแม่เหล็ก T_1 ขยับตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดไฟโพรมารี่และเซคันดารี D_1 ก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง



รูปที่ 2.19 วงจรพื้นฐานของฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

พลังงานที่สะสมในขดไฟโพรมารี่ของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขดเซคันดารี และมีกระแสไหลผ่านไดโอด D_1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C_o และโหลดได้ ค่าของแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าความถี่การทำงานของ Q_1 ช่วงเวลานำกระแสของ Q_1 อัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลง และค่าของแรงดันที่อินพุต เมื่อวงจรทำงานอยู่ในสภาวะคงที่ ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากคอนเวอร์เตอร์จะเป็นไปตามสมการ

$$V_{out} = \frac{t_{ON} \times (N_s / N_p)(V_{in} - V_{CE(sat)})}{(T - t_{ON})} - V_D$$

รูปที่ 2.20 สมการพื้นฐานของฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

T คือคาบเวลาการทำงานของ Q_1 เป็นวินาที

t_{ON} คือช่วงเวลา

N_p คือจำนวนรอบของขดไพรมารี

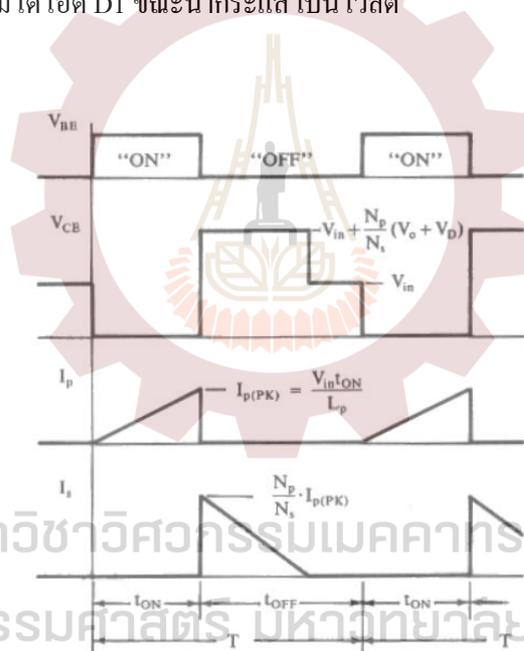
N_s คือจำนวนรอบของขดเซคันดารี

V_{out} คือแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ เป็น โวลต์

V_{in} คือแรงดันที่อินพุตของคอนเวอร์เตอร์ เป็น โวลต์

$V_{ce(sat)}$ คือแรงดันตกคร่อม Q1 ขณะนำกระแสที่จุดอิ่มตัว เป็น โวลต์

V_D คือแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 ขณะนำกระแส เป็น โวลต์



รูปที่ 2.21 กราฟแสดงลักษณะกระแสและแรงดันในวงจรขณะทำงาน

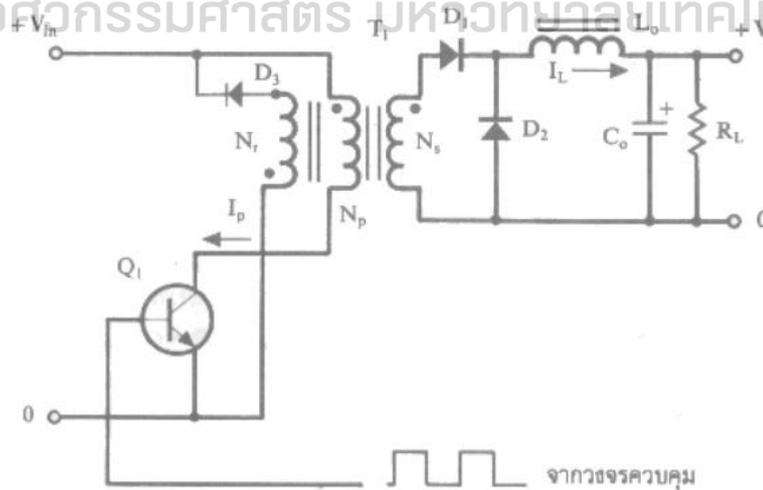
ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ให้กำลังงานได้ไม่สูงนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง แต่ใช้อุปกรณ์น้อยและมีราคาถูก

ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

วงจรพื้นฐานของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์จะเห็นได้ว่าฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์มีลักษณะใกล้เคียงกับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ แต่พื้นฐานการทำงานจะแตกต่างกัน คือ หม้อแปลงในฟอร์เวิร์ด

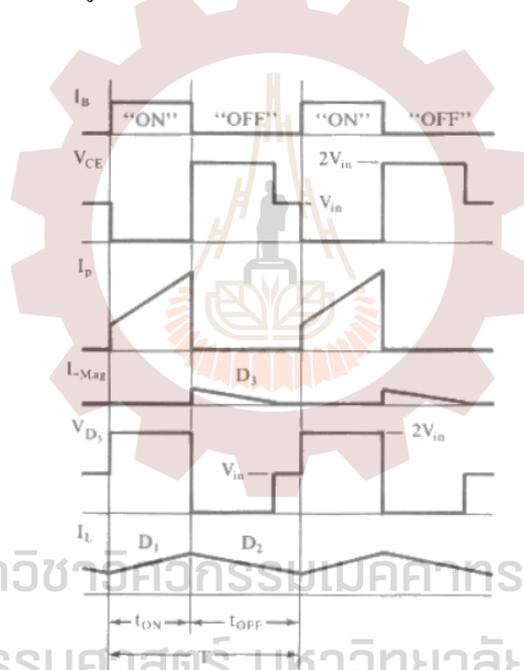
คอนเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส ต่างจากฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ซึ่งหม้อแปลงจะสะสมพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส แล้วจึงถ่ายเทพลังงานออกไปขณะที่ยุคนำกระแส การทำงานของวงจรจะเป็นดังนี้

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะทำงานโดยนำกระแสและหยุดนำกระแสสลับกันไป เมื่อ Q_1 นำกระแส จะมีกระแส I_p ไหลผ่านขดไพรมารี N_p และตัวมัน เนื่องจากหม้อแปลง T_1 ในฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์กำหนดขดไพรมารีและเซคันดารีให้มีเฟสตรงกัน ดังนั้นไดโอด D_1 จึงถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลที่เซคันดารี N_s ผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_o ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C_o และโหลดได้ ขณะที่กระแสไหลผ่าน L_o จะมีการสะสมพลังงานไว้ในตัวมันด้วย ส่วนไดโอด D_2 จะอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ จึงไม่มีการนำกระแส เช่นเดียวกันไดโอด D_3 เนื่องจากขดตีแมกเนไตซึ่ง N_r ถูกพันไว้ในทิศตรงข้ามกับขดไพรมารี N_p ไดโอด D_3 จึงอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ และไม่มีกระแสไหล เมื่อ Q_1 หยุดนำกระแส ไดโอด D_1 จะถูกไบแอสกลับและไม่มีกระแสไหลจากขดเซคันดารี N_s แต่ในขณะเดียวกันสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นใน L_o ยุบตัว ทำให้มีการกลับขั้วแรงดันที่ L_o ไดโอด D_2 จึงถูกไบแอสตรง พลังงานที่ถูกสะสมไว้ใน L_o จะถูกถ่ายเทออกมาทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D_2 ไปยังตัวเก็บประจุ C_o และโหลดได้ กระแสที่ไหลผ่านโหลดจึงมีลักษณะต่อเนื่อง ทั้งในช่วงที่ Q_1 นำกระแสและหยุดนำกระแส ทำให้มีการกระพือของแรงดันที่เอาต์พุตต่ำกว่าฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.22 วงจรพื้นฐานของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

ในขณะที่ Q1 หยดนำกระแส สนามแม่เหล็กที่ตกค้างภายในหม้อแปลงจะมีการยุบตัวและกลับขั้ว แรงดันที่ขด Np, Ns และ Nr ไดโอด D3 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง ทำให้มีการถ่ายเทพลังงานที่ เหลือค้างนี้ออกไปได้ ขดลวดดีแมกเนไตซิ่ง Nr และไดโอด D3 นี้มีความสำคัญมาก เพราะถ้าไม่มีการ ถ่ายเทพลังงานที่ตกค้างออกไปจากขดไพรมารีในขณะที่ Q1 หยดนำกระแส เมื่อ Q1 เริ่มนำกระแสอีก ครั้ง สนามแม่เหล็กที่หลงเหลืออยู่จะทำให้ Q1 เป็นอัตรายได้



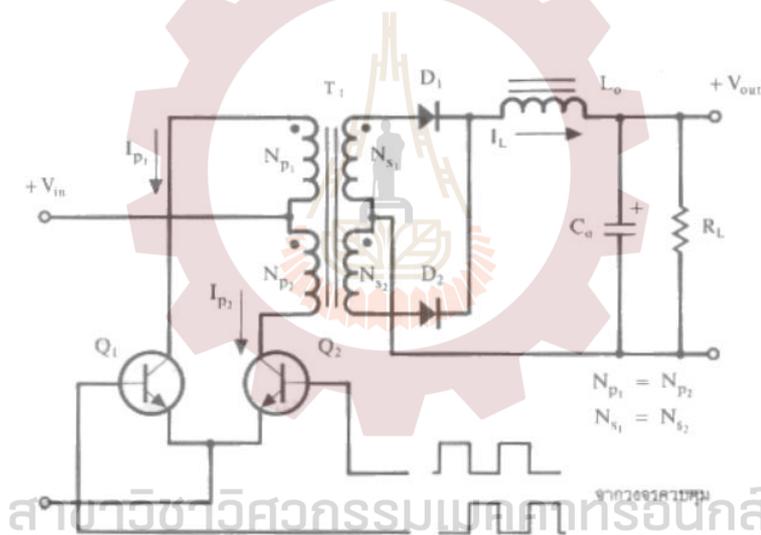
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.23 กราฟแสดงลักษณะกระแสและแรงดันในวงจรขณะทำงาน

พุก-พุลคอนเวอร์เตอร์

พุก-พุลคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังได้สูง ในช่วง 200 - 1000 วัตต์ แต่มีข้อเสีย คือมักเกิดการไม่สมมาตรของฟลักซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลง ซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย ในปัจจุบันเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมกระแสช่วยลดปัญหานี้ลงได้ ดังนั้นพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์จึงเป็นคอนเวอร์เตอร์ที่น่าสนใจสำหรับสวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่ต้องการ กำลังสูง

การทำงานของพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์ เปรียบเสมือนการนำฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์สองชุดมาทำงานร่วมกัน โดยผลัดกันทำงานในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกลับเฟส ทำให้จ่ายกำลังได้สูง เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรยังคงมีแรงดันตกคร่อมในขณะหยุดนำกระแสค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับฟลายแบค และฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ รวมทั้งปัญหาการเกิดฟลักซ์ไม่สมมาตรในแกนเฟอร์ไรต์ของวงจรทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์พังเสียหายง่าย พุก-พุลคอนเวอร์เตอร์เป็นพื้นฐานของโมดูลไฟบริดจ์ และฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ซึ่งมีการทำงานคล้ายกัน แต่มีข้อบกพร่องน้อยกว่า



รูปที่ 2.24 วงจรพื้นฐานของพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์

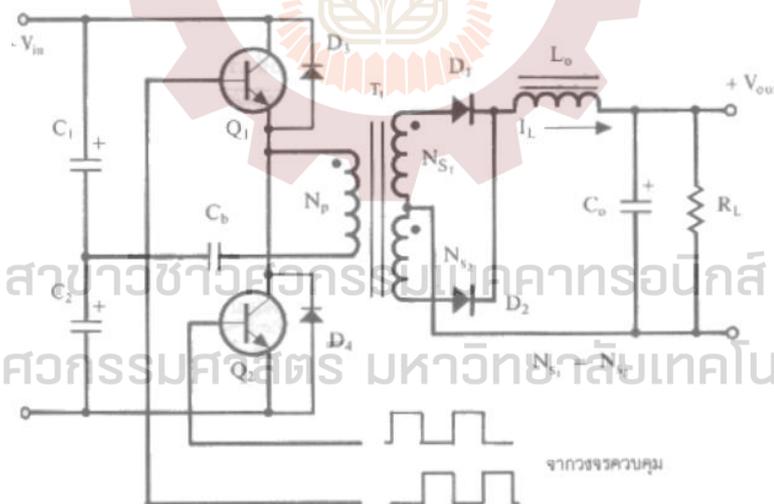
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วงจรพื้นฐานของพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์จากรูป Q1 และ Q2 จะสลับกันทำงานโดยผลัดกันนำกระแสในแต่ละครึ่งคาบเวลา T ในขณะที่ Q1 นำกระแสจะมีกระแส I_p ไหลผ่านขดไพรมารี N_{p1} และไดโอด D1 จะถูกไบแอสกลับ ส่วนไดโอด D2 จะถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลที่ขดไพรมารี N_{s2} ผ่านไดโอด D2 และ L_0 ไปยังตัวเก็บประจุ C_0 และโหลด ในจังหวะนี้แรงดันตกคร่อม Q2 จะมีค่าเป็น $2V_{in}$ (จำนวนรอบ $N_{p1} = N_{p2}$ และ $N_{s1} = N_{s2}$) ในทำนองเดียวกันขณะที่ Q2 นำกระแส Q1 และ D2 จะไม่นำกระแสเนื่องจากถูกไบแอสกลับ D1 ซึ่งถูกไบแอสตรงจะนำกระแสจากขดเซคันดารี N_{s1} ผ่าน L_0 ไปยังตัวเก็บประจุ C_0 และโหลด จะเห็นได้ว่าในหนึ่งคาบเวลาการทำงาน ขดเซคันดารีจะให้กระแสไหลผ่าน L_0 ได้ถึงสองครั้ง พุก-พุลคอนเวอร์เตอร์จึงสามารถจ่ายกำลังงานได้มากเป็นสองเท่าของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์

เตอร์ที่ค่ากระแสสูงสุดด้านไพรมารีมีค่าเท่ากัน และโหลดมีกระแสไหลต่อเนื่องตลอดเวลา กระแสที่ได้ทางเอาต์พุตจึงค่อนข้างเรียบ

โวลต์ฟรังก์ชันคอนเวอร์เตอร์

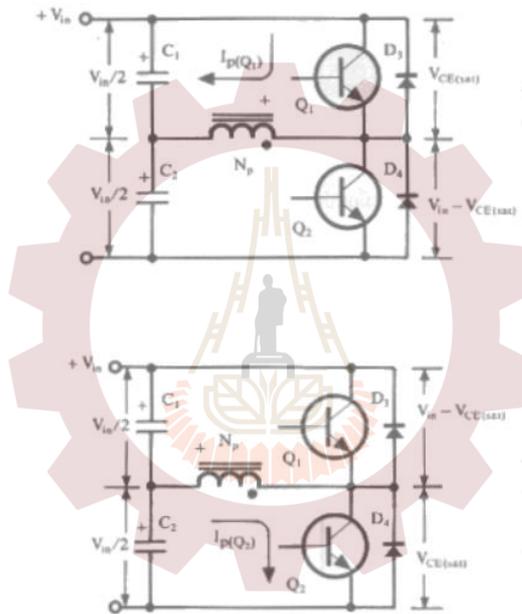
โวลต์ฟรังก์ชันคอนเวอร์เตอร์จัดอยู่ในตระกูลเดียวกับพุกพุลคอนเวอร์เตอร์ แต่ลักษณะการจذبจจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสเพียงค่าแรงดันอินพุตเท่านั้น ทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ใช้มีราคาถูก และหาได้ง่ายกว่า และลดข้อจำกัดเมื่อใช้กับระบบแรงดันไฟสูงได้มาก รวมทั้งยังไม่มีปัญหาการไม่สมมาตรของฟลักซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้ด้วย



รูปที่ 2.25 วงจรพื้นฐานของโวลต์ฟรังก์ชันคอนเวอร์เตอร์

วงจรพื้นฐานของโวลต์ฟรังก์ชันคอนเวอร์เตอร์แสดงไว้การทำงานเป็นดังต่อไปนี้ ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากัน ต่ออนุกรมกันอยู่ทางด้านอินพุตเพื่อแบ่งครึ่งแรงดัน แรงดันตกคร่อม C_1 และ C_2 จึงมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดันที่อินพุต เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 จะสลับกันทำงานคนละครึ่งคาบเวลาเช่นเดียวกับพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาวงจร จะพิจารณาในกรณี

ที่ไม่มีตัวเก็บประจุ C_b อยู่ในวงจร โดยให้ปลายของขดไฟพรมารี N_p ที่ต่ออยู่กับ C_b นั้นต่อโดยตรงเข้ากับจุดต่อระหว่างตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2



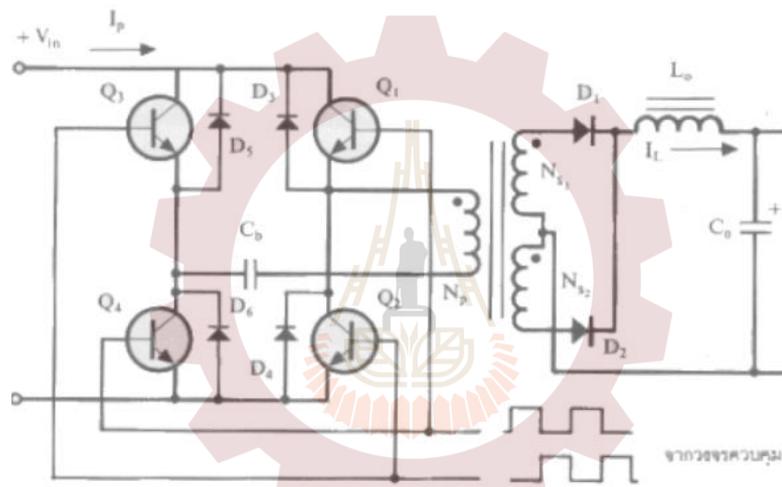
รูปที่ 2.26 ขณะ Q_1 นำกระแส (ล่าง) ขณะ Q_2 นำกระแส

เมื่อ Q_1 เริ่มนำกระแส และ Q_2 ไม่นำกระแส แรงดันตกคร่อม Q_2 จะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - V_{ce(sat)}$ ส่วนแรงดันตกคร่อมของไฟพรมารี N_p จะมีค่าเท่ากับ $V_{c1} - V_{ce(sat)}$ หรือมีค่าเท่ากับ $V_{in}/2 - V_{ce(sat)}$ นั่นเอง ในทำนองเดียวกัน เมื่อ Q_2 นำกระแส และ Q_1 ไม่นำกระแส แรงดันตกคร่อม Q_1 จะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - V_{ce(sat)}$ เช่นเดียวกัน แรงดันตกคร่อมที่ขดไฟพรมารี N_p ก็ยังคงมีค่าเท่ากับ $V_{in}/2 - V_{ce(sat)}$ เนื่องจาก $V_{ce(sat)}$ มีค่าประมาณ 0.5-1 โวลต์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแรงดันตกคร่อม Q_1 และ Q_2 ขณะหยุดนำกระแส จะมีค่าเพียงแรงดันอินพุตเท่านั้น

ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ขณะทำงานจะมีแรงดันตกคร่อมขดไฟพรมารีเท่ากับแรงดันอินพุต แต่แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุตเท่านั้น และค่ากระแส

สูงสุดที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวนั้น มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่ากระแสสูงสุดในโวลต์ฟิวรีจ็คอนเวอร์เตอร์ที่กำลังขาออกเท่ากัน เนื่องจากข้อจำกัดด้านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดน้อยลงไป กำลังงานสูงสุดที่ได้จากฟิวรีจ็คอนเวอร์เตอร์จึงมีค่าสูง ตั้งแต่ 500 - 1000 วัตต์

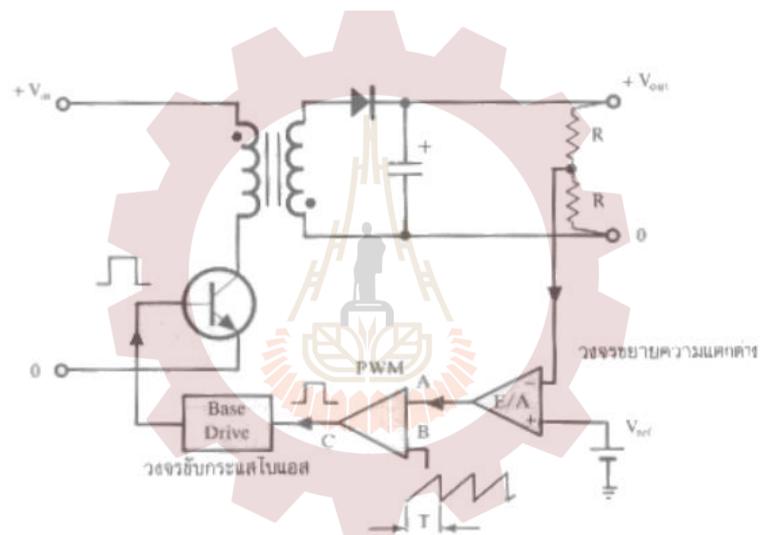


รูปที่ 2.27 วงจรพื้นฐานของฟิวรีจ็คอนเวอร์เตอร์

วงจรมูลฐานของฟิวรีจ็คอนเวอร์เตอร์แสดงในรูป CNV-6 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวจะทำงานโดยนำกระแสและหยุดนำกระแสสลับกันเป็นคู่ๆ ในแต่ละครึ่งคาบเวลา Q1 และ Q4 จะนำกระแสพร้อมกันครึ่งคาบเวลา และเมื่อหยุดนำกระแส Q2 และ Q3 จะนำกระแสพร้อมกันครึ่งคาบเวลาที่เหลือสลับกันเช่นนี้เรื่อยไป ลักษณะการทำงานของวงจรมูลฐานได้จึงเป็นเช่นเดียวกับโวลต์ฟิวรีจ็คอนเวอร์เตอร์ ยกเว้นแรงดันตกคร่อมขดไฟจะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - 2V_{ce(sat)}$ ดังนั้นผลการทำงานของวงจรมูลฐานจึงเหมือนกับผลที่ได้จากฟิวรีจ็คอนเวอร์เตอร์นั่นเอง ส่วนตัวเก็บประจุลึอกก็ C_b จะมีผลเช่นเดียวกับวงจรมูลฐานของฟิวรีจ็คอนเวอร์เตอร์ จะเห็นได้ว่าแรงดันที่ตกคร่อม Q1 และ Q4 ขณะหยุดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - V_{ceq2(sat)}$ และ $V_{in} - V_{ceq3(sat)}$ ตามลำดับ ส่วนแรงดันที่ตกคร่อม Q2 และ Q3 ขณะหยุดนำกระแสจะมีค่า $V_{in} - V_{ceq1(sat)}$ และ $V_{in} - V_{ceq4(sat)}$ ตามลำดับเช่นเดียวกัน ส่วนไดโอด D3-D6 ทำหน้าที่เป็นคอมมิวเตตติ้งไดโอดให้กับวงจรมูลฐาน เพื่อป้องกัน Q1-Q4 เช่นเดียวกับโวลต์ฟิวรีจ็คอนเวอร์เตอร์

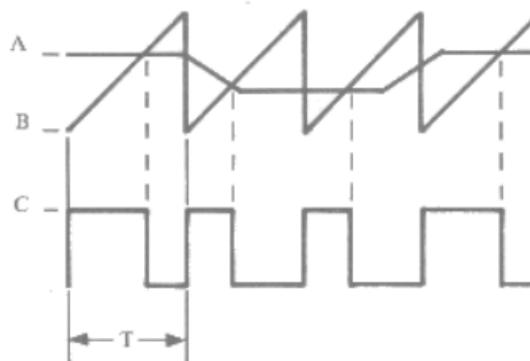
วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน

การทำงานของวงจรควบคุมในโหมดแรงดัน (Voltage Mode Control) จะอาศัยการตรวจจัดการเปลี่ยนแปลงค่าของแรงดันที่เอาต์พุตมาควบคุมช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อการคงค่าแรงดันเอาต์พุตเป็นหลัก



รูปที่ 2.28 วงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

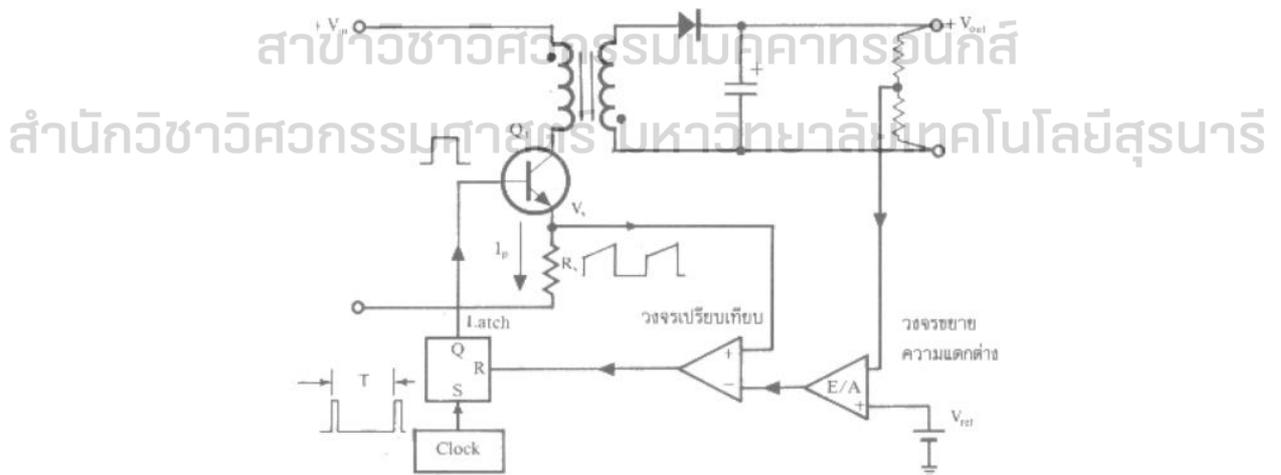


รูปที่ 2.29 ลักษณะความกว้างของพัลส์จาก PWM

วงจรควบคุมจะอาศัยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตและเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง V_{ref} ของวงจร เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ค่าความแตกต่างที่ได้จะถูกขยายโดยวงจรขยายความแตกต่าง E/A ก่อนที่จะส่งต่อไปยังวงจร PWM โดยค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่าง E/A ที่ตำแหน่ง A จะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันรูปฟันเลื่อยที่ตำแหน่ง B ของ PWM อีกครั้งหนึ่ง เอาต์พุตที่ได้จากวงจร PWM จะมีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ซึ่งมีคาบเวลาคงที่เท่ากับคาบเวลาของแรงดันรูปฟันเลื่อยและมีความกว้างของพัลส์ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามผลมอดูเลชันของค่าแรงดันที่ตำแหน่ง A และ B ค่าความกว้างของพัลส์นี้เองที่จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์

วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส

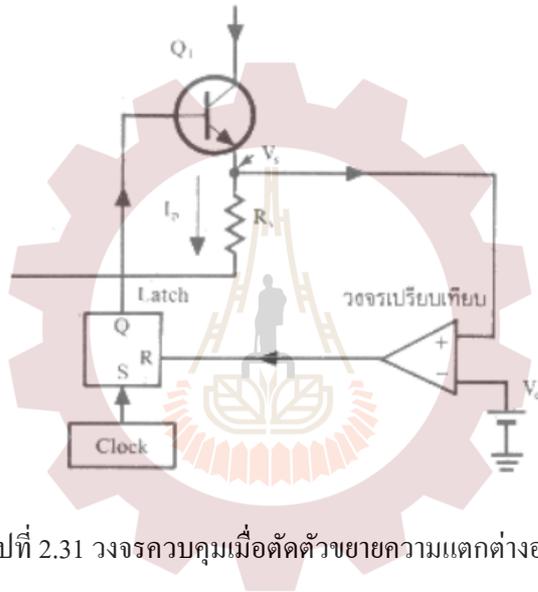
การคงค่าแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ ด้วยวงจรควบคุมใน โหมดควบคุมจากกระแส (Current Mode Control) มีข้อดีหลายประการที่เหนือกว่าโหมดควบคุมจากแรงดัน จึงเป็นวงจรควบคุมที่นิยมใช้กันมาก วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแสนี้ยังคงใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชันเช่นกัน



รูปที่ 2.30 วงจรพื้นฐานสำหรับการควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส

เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา เราจะแยกคิดการทำงานของวงจรควบคุมด้วยการตัดวงจรขยายความแตกต่าง E/A ออกไปก่อน และกำหนดขาอินเวอร์ตของวงจรเปรียบเทียบให้ต่อเข้ากับแรงดันอ้างอิง V_{ref} ดังรูป

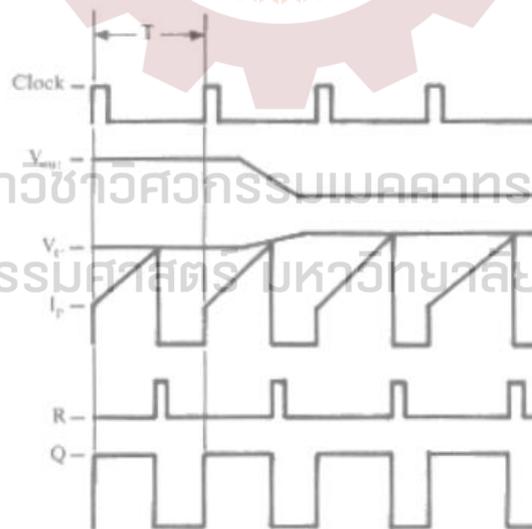
CNT-4 วงจร latch จะทำงาน โดยขา Q ของวงจร latch จะมีสถานะเป็น high เมื่อมีการกระตุ้นที่ขา S และขา Q จะมีสถานะเป็น low เมื่อมีการกระตุ้นที่ขา



รูปที่ 2.31 วงจรควบคุมเมื่อตัดด้วยขยความแตกต่างออก

เมื่อวงจรทำงาน วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา จะให้กำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่คงที่ไปกระตุ้นที่ขา S ของ latch ขา Q จึงมีสถานะเป็น high เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 จะเริ่มนำกระแส เมื่อ Q1 นำกระแสจะมีกระแสไหลผ่านขดโรมารีและตัวต้านทาน R_s ที่ต่ออนุกรมไว้กับ Q1 ทำให้เกิดแรงดัน V_s ตกคร่อมที่ตัวต้านทาน R_s ด้วย แรงดันตกคร่อม R_s ที่เกิดขึ้นจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง V_{er} โดยวงจรเปรียบเทียบ ดังนั้นเมื่อค่าของ V_s เพิ่มขึ้นจนมีค่ามากกว่าค่าของแรงดันอ้างอิง V_{er} เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบจะมีสถานะเป็น High และไปกระตุ้นที่ขา R ของวงจร latch ทำให้ขา Q มีสถานะเป็น low และเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 หยุดนำกระแส จนกว่าที่ขา S ของวงจร latch จะได้รับการกระตุ้นจากสัญญาณนาฬิกาอีกครั้ง จะเห็นได้ว่าความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ที่ขา Q ของวงจร latch จะถูกควบคุมโดยค่าของแรงดัน V_s ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_s ถ้าค่าแรงดันอินพุตของคอนเวอร์เตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น แรงดัน V_s จะเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง V_{er} ได้เร็วขึ้นด้วย ทำให้ความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ลดลง เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะมีช่วงเวลานำกระแสน้อยลง ในทางกลับกัน ถ้าแรงดันอินพุตของคอนเวอร์เตอร์มีค่าลดลง แรงดัน V_s จะเพิ่มขึ้นได้ช้า ความกว้างของเอาต์พุตพัลส์จึง เพิ่มขึ้น

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะมีช่วงเวลานำกระแสมากขึ้นด้วย จะเห็นได้ว่าเมื่อโหลดคงที่ คอนเวอเตอร์จะสามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตได้ โดยไม่ต้องอาศัยการป้อนกลับแรงดันที่เอาต์พุตเลย ทำให้คอนเวอเตอร์ตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตได้อย่างรวดเร็ว พิจารณาวงจรควบคุมอีกครั้งตามวงจรในรูปที่ CNT-3 เมื่อต่อวงจรขยายความแตกต่าง E/A เพิ่มเข้ามา วงจรในลักษณะนี้เมื่อแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง เอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง E/A จะมีค่ามากขึ้น เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะใช้เวลานำกระแสมากขึ้นด้วย เพื่อให้ค่าแรงดัน V_s มากกว่าแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง E/A ในทางกลับกัน เมื่อแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น เอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง E/A จะมีค่าลดลง เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงใช้เวลานำกระแสลดลงด้วย ดังนั้นคอนเวอเตอร์จะสามารถคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตเอาไว้ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่โหลด



รูปที่ 2.32 ลักษณะการทำงานที่จุดต่างๆ ของวงจร

วงจรแปลงแรงดันไฟ (Step-up Step-Down)



รูปที่ 2.33 วงจรแปลงแรงดันไฟ

วงจรลดแรงดันไฟฟ้าใช้สำหรับปรับลดแรงดันไฟฟ้า DC

วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down หรือเรียกอีกแบบว่า Buck Converter (บัคคอนเวอร์เตอร์) ใช้ลดแรงดันจากแรงดันสูงให้ต่ำลง ใช้หลักการสวิตซ์ิ่ง-ตัวเหนี่ยวนำ(L) จึงทำให้มีความร้อนและความสูญเสียกำลังไฟน้อย ไม่เหมือนกับการลดแรงดันโดยใช้ IC ตระกูล 78xx / 317 ทว่าไปที่ใช้หลักการลดทอนทำให้เกิดความร้อนสูง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เมื่อลดแรงดันลงแล้วจะได้กระแส Output เพิ่มขึ้น

วงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ใช้สำหรับปรับเพิ่มแรงดัน DC ให้สูงขึ้น

วงจรเพิ่มแรงดันแบบปรับค่าได้ทุกตัวกระแสที่ระบุเป็นกระแส Input ที่รับได้สูงสุด หลักการทำงานของวงจรคือ ใช้กระแส Input ไปแลกเปลี่ยนเป็นแรงดัน Output ดังนั้นยิ่งเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้นมากเท่าไร กระแสก็จะลดลงผกผันกัน

Amp Module (โมดูลขยายเสียง)



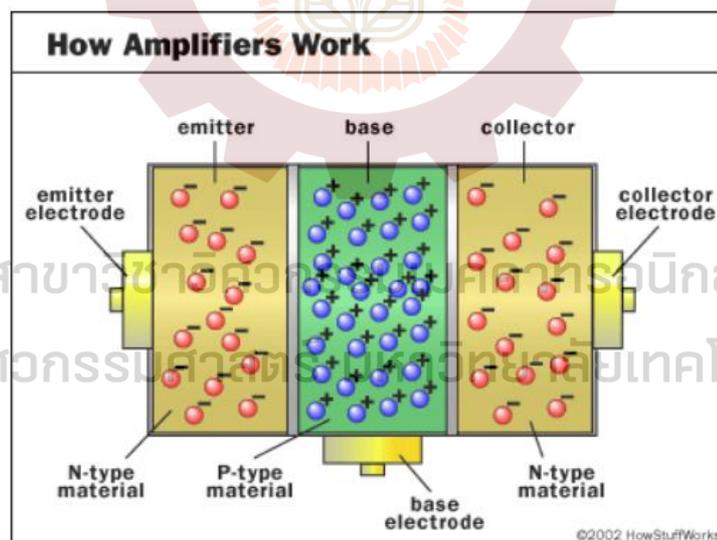
รูปที่ 2.34 โมดูลขยายเสียง

หน้าที่ของเครื่องขยายเสียงคือมีหน้าที่ป้อนให้สัญญาณอินพุตที่ไหลเข้ามา ออกไปทางด้านเอาต์พุต ด้วยความแรงและเร็ว เช่นเดียวกัน สำหรับเครื่องขยายเสียง มันมีหน้าที่ป้อนให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้ามาออกไปทางด้านเอาต์พุต ด้วยความแรงและเร็ว เครื่องขยายเสียงจะขับเคลื่อนสัญญาณด้านเอาต์พุตตามสัญญาณด้านอินพุต เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นเราจะแบ่งวงจรเครื่องขยายเสียงออกเป็น 2 ส่วน วงจรส่วนที่หนึ่งคือ วงจรทางเอาต์พุตได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ หรือจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ถ้าเราใช้วิธีเสียบปลั๊กไฟที่บ้านไฟที่ได้เป็นไฟกระแสสลับ จะต้องแปลงไฟเป็นไฟตรงก่อนจึงจะป้อนให้กับวงจรเครื่องขยายเสียงได้ วงจรส่วนที่สองคือ วงจรอินพุต ซึ่งจะรับสัญญาณไฟฟ้าจากเทปหรือเครื่องเล่นซีดี ดีวีดี แผ่นเสียง และไมโครโฟน สัญญาณที่เข้ามายังเป็นลูกคลื่นลูกเล็กๆ ไม่สามารถนำไปขับออกทางลำโพงได้ อย่างไรก็ตามถ้านำหูฟังไปต่อไว้สามารถได้ยินเสียงเบาๆ แต่เมื่อนำสัญญาณนี้ผ่านเข้าเครื่องขยายเสียงจะถูกขยายให้มีขนาดมากขึ้นสามารถนำไปขับออกทางลำโพงได้ หัวใจสำคัญของเครื่องขยายเสียง คือ ทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ทำจากสารกึ่งตัวนำซึ่งเป็นสารที่สามารถเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าได้โดยการเติมสารเจือปนบางอย่างลงไปสารกึ่งตัวนำส่วนใหญ่ทำจากซิลิคอนที่ทำได้ง่ายส่วนกระบวนการเติมสารเจือปนเรียกว่า การ โด๊ป (doping) อะตอมของ

ซิลิคอนบริสุทธิ์ เกาะเกี่ยวกับอะตอมของซิลิคอนตัวอื่น เกิดพันธะขึ้นอย่างสมบูรณ์ทำให้ไม่มีอิเล็กตรอนอิสระหลงเหลืออยู่ จึงไม่ค่อยจะนำกระแสไฟฟ้า หรือเป็นตัวนำที่ไม่ดีนัก แต่เมื่อเราเติมสารเจือปนลงไปสภาพการนำไฟฟ้าจะเปลี่ยนไป ตรงนี้ต้องแยกสารเจือปนออกเป็น 2 ชนิด สารเจือปนชนิดที่หนึ่ง เมื่อเติมเข้าไปแล้วซิลิคอนจะมีอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น เรียกใหม่ว่า สารกึ่งตัวนำชนิด N ขณะที่สารเจือปนชนิดที่สอง เมื่อเติมเข้าไปแล้วซิลิคอนจะมีหลุมหรือโฮล (โฮลคือประจุบวก) เพิ่มขึ้น เรียกใหม่ว่าสารกึ่งตัวนำชนิด P

ทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ (Bipolar-junction transistor)

ทำขึ้นจากสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้น ในรูป เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P ถูกประกบอยู่ตรงกลางด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด N เรียกทรานซิสเตอร์ชนิดนี้ว่า NPN



รูปที่ 2.35 ทรานซิสเตอร์แบบ NPN

ชั้นแรกทางซ้ายมือเป็นชนิด N เรียกว่าขั้วอิมิตเตอร์ ชั้นที่สองถูกประกบอยู่ระหว่างกลางเป็นชนิด P เรียกว่าขั้วเบส และชั้นที่สามอยู่ทางขวามือเป็นชนิด N เรียกว่าขั้วคอลเลกเตอร์วงจรทางด้านเอาต์พุทของเครื่องขยายเสียงจะต่ออยู่กับขั้วอิมิตเตอร์กับขั้วคอลเลกเตอร์ ส่วนวงจรทางด้านอินพุทจะต่ออยู่กับขั้วอิมิตเตอร์ และเบสเมื่อยังไม่มีสัญญาณเข้าอิเล็กตรอนอิสระในชั้น N จะวิ่งเข้าไปในหลุมของชั้น P

ทำให้หลุมเติมเกิดดีฟิชั่น โซน (depletion zone) ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดกำแพงศักย์ไฟฟ้าขึ้น โซนนี้จึงทำหน้าที่เป็นฉนวนกั้นการไหลของกระแสไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไม่สะดวกเมื่อโซนนี้มีความหนาขึ้นเนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระน้อยลงและหลุมก็เต็มประจุจึงไหลจากอิมิตเตอร์ไปคอลเลกเตอร์ได้ยาก ถ้าเราเปลี่ยนสถานะบางอย่าง เช่น เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับขั้วเบสแรงดันนี้ควบคุมได้จากสัญญาณด้านอินพุตซึ่งจะทำให้ขาเบสเป็นบวกมากขึ้นลดกำแพงศักย์ลงประจุจึงสามารถเคลื่อนที่จากอิมิตเตอร์ไปที่คอลเลกเตอร์ได้อย่างสะดวกขึ้นเปลี่ยนสถานะทรานซิสเตอร์ให้เป็นตัวนำ ฉะนั้นขนาดของกำแพงศักย์จะมีค่ามากหรือน้อย เราสามารถควบคุมได้ที่ขาเบสหรือพุดอีกอย่างหนึ่งว่า การขึ้นลงของกระแสที่ขาเบสสามารถควบคุมกระแสขาออกที่คอลเลกเตอร์ได้ซึ่งกระแสนี้จะใช้ในการขับลำโพง

หลักการการทำงานของเครื่องขยายเสียง

1. วงจรทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับอิมิตเตอร์และคอลเลกเตอร์ ส่วนวงจรด้านอินพุตต่อเข้ากับอิมิตเตอร์กับเบส
2. เมื่อยังไม่มีการไหลเข้าไปทางด้านอินพุต หรือขาเบสอิเล็กตรอนอิสระจากสารชนิด N จะเข้าไปลงหลุมของชนิด P ในขาเบส จนเต็ม
3. เกิดกำแพงศักย์ขึ้น หรือดีฟิชั่น โซนหนาขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ยาก
4. เมื่อมีกระแสหรือสัญญาณทางไฟฟ้าไหลเข้ามาทางอินพุตทำให้กำแพงศักย์ลดขนาดลง แรงต้านทานลดลงอิเล็กตรอนสามารถกระโดดข้ามกำแพงศักย์จากอิมิตเตอร์ไปคอลเลกเตอร์ได้ง่ายขึ้น

ทรานซิสเตอร์ตัวเดียวอัตราการขยายอาจจะไม่เพียงพอ ดังนั้นถ้าต้องการแรงขับสูงๆ ก็ต้องอาศัยทรานซิสเตอร์หลายๆตัว เพิ่มแรงดันขึ้นหลายชั้น เปรียบเทียบได้กับการที่มีปั้มน้ำหลายๆอัน เพื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำให้เพิ่มขึ้นสำหรับเครื่องขยายเสียงตัวเล็กๆ เราใช้ทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียวก็พอ แต่ถ้าเป็นเครื่องขยายเสียงขนาดใหญ่ควรจะใช้ทรานซิสเตอร์หลายตัวขับ ยิ่งถ้าเป็นงานคอนเสิร์ตขนาดใหญ่ด้วยแล้ว ต้องใช้กำลังเป็นพันวัตต์ ทรานซิสเตอร์ต้องตัวใหญ่ให้กำลังมากๆ และจะต้องมีระบบระบายความร้อนที่ดีด้วยจุดประสงค์หลักของการขยายเสียงก็ คือ ขยายสัญญาณให้มีขนาดมากขึ้น โดยสัญญาณจะต้องมีการผิดเพี้ยนน้อยสุดสัญญาณขาเข้ามีลักษณะอย่างไร ขาออกต้องมีลักษณะอย่างนั้น ไม่เช่นนั้นเสียงหล่อๆสวยๆของคุณอาจเปลี่ยนเป็นเสียงอะไรก็ไม่ทราบ

Digital Voltage and Current Meter



รูปที่ 2.36 จอแสดงผล Digital

จอแสดงผล Digital DC Voltmeter หรือ โวลต์มิเตอร์ที่ใช้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าดีซี คือวงจรวัดค่าแรงดันไฟฟ้าชนิด DC ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดไฟฟ้าพื้นฐานทำงานโดยการรับค่าแรงดันดีซีทางด้านอินพุตแล้วทำการเปรียบเทียบค่ากับค่าแรงดันอ้างอิง เพื่อทำการแปลงค่าสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผลสัญญาณต่างๆ เช่น การทำสเกล การฟิลล์เตอร์สัญญาณรบกวน หรือการเก็บข้อมูล การเตรียมข้อมูลทางด้านสถิติ เช่น ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย โดยเมื่อได้ค่าที่เป็นดิจิทัลแล้ว ก็จะส่งไปยังส่วนของการแสดงผล ซึ่งจะเป็นหน้าจอที่ใช้สื่อสารกับผู้ใช้งานเช่น LED ซึ่งจะให้ความสว่างในการการมองเห็นในเวลากลางวัน หรือแบบ LCD ก็จะประหยัดพลังงานกว่า

Port USB

USB ย่อมาจาก Universal Serial Bus คือ พอร์ต หรือช่องทางในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น Printer, Modem , Mouse, Keyboard, Digital Camera เป็นต้น ระบบ USB นั้นนับว่าเป็นระบบที่ทันสมัยรองลงมาจาก Fire wire เนื่องจากรองรับอุปกรณ์ได้มากขึ้น และ ง่ายต่อการติดตั้ง มีความสามารถรองรับ Plug and Play จึงทำให้ USB เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน

โมดูล FM Radio



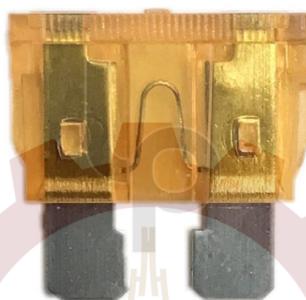
รูปที่ 2.37 FM radio

ระบบ เอฟเอ็ม (FM) เป็นการผสมคลื่นทางความถี่ (Frequency Modulation) คือคลื่นวิทยุที่ผสมกับคลื่นเสียงแล้ว จะมีความถี่ไม่สม่ำเสมอ เปลี่ยนแปลงไปตามคลื่นเสียง แต่ความสูงของคลื่นยังคงเดิม วิทยุ FM ส่งด้วยความถี่ 88 -108 MHz ในประเทศไทยมีจำนวนกว่า 100 สถานี กระจายอยู่ตามจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ ให้คุณภาพเสียงดีเยี่ยม ไม่เกิดสัญญาณรบกวนจากสภาพอากาศแปรปรวน แต่ส่งได้ในระยะประมาณไม่เกินประมาณ 150 กิโลเมตร ปัจจุบันนิยมส่งในแบบ สเตอริโอ ที่เรียกว่าระบบ FM Sterio Multiplex ซึ่งเครื่องรับวิทยุสามารถแยกสัญญาณออกเป็น 2 ข้าง คือ สัญญาณสำหรับลำโพงด้านซ้าย (L) และ สัญญาณสำหรับลำโพงขวา (R)

เต้ารับ (Socket-Outlet)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยนำปลายของสายไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับเต้าเสียบ ไปเสียบกับเต้ารับ ที่ต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้าใดๆ ก็ได้ภายในบ้าน

ฟิวส์ (Fuse)



รูปที่ 2.38 ฟิวส์ก้ามปู

ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันโดยทำหน้าที่เหมือนตัวนำตัวหนึ่งในวงจรไฟฟ้า เมื่อเกิดกระแสเกินพิกัด (Overload Current) หรือกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) มีค่ามากกว่ากระแสที่ฟิวส์ทนได้ (Fuse's Current Rating) จะทำให้ฟิวส์ขาด (Blown Fuse) ทำให้วงจรขาดและกระแสไม่ไหลอีกต่อไป เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์และผู้ใช้อุปกรณ์ปกติแล้วกระแสเกินพิกัด (Overload Current) เกิดขึ้นจากการดึงกระแสที่มากเกินไปจากอุปกรณ์ปลายทาง ส่วนกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) เกิดจากการที่กระแสเคลื่อนที่ผ่านทางลัดที่อาจจะเกิดจากการแตะกันของสายไฟหรือมีตัวนำไฟฟ้าเชื่อมต่อการลัดวงจร ซึ่งสามารถมีค่ามากกว่าพันเท่าของกระแสต่อเนื่องที่ฟิวส์ทนได้โดยปกติ ฟิวส์จะเป็นอุปกรณ์ที่อ่อนแอที่สุดในวงจร โดยจะขาดและตัดวงจรก่อนที่อุปกรณ์อื่นๆ เช่น หลอดไฟ สายไฟ หรือหม้อแปลงจะไหม้หรือระเบิด

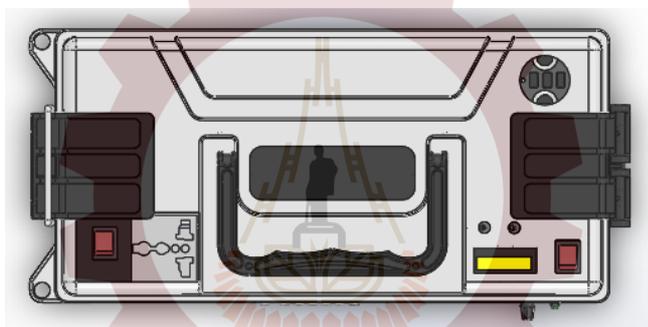
สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ (Switch) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง ถือว่าเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่พบการใช้งานได้บ่อย หน้าทีของสวิตช์ คือ ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจรหรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจรจะมีแรงดันจ่ายเข้าวงจรเมื่อสวิตช์ต่อวงจร (Close Circuit) และไม่มีแรงดันจ่ายเข้าวงจรเมื่อสวิตช์ตัดวงจร (Open Circuit)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทำโครงการ

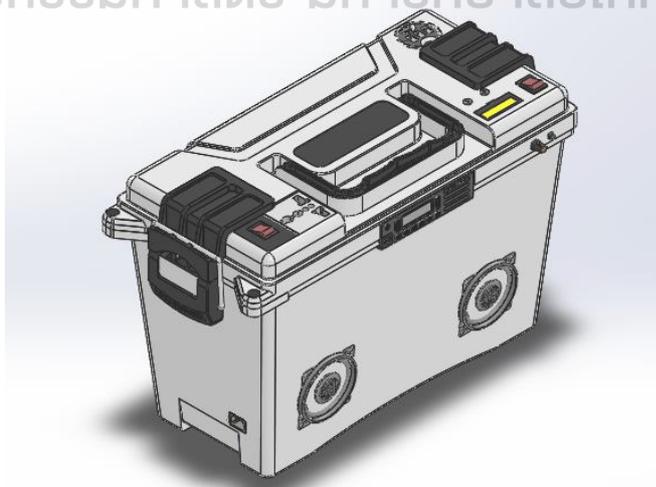
ทำการออกแบบชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่โดย SolidWorks



รูปที่ 3.1 ฝาด้านบนของชุดจ่ายไฟ

ทำการออกแบบโดยฝาด้านบนจะมี สวิตช์ที่ 1 (ทางด้านซ้าย) เป็นตัวปิด-เปิด เต้ารับไฟ AC 220V สวิตช์ที่ 2 (ทางด้านขวามือ) เป็นตัวปิด-เปิด Port USB และ ควบคุมแฉีกสำหรับเสียบไฟเพิ่ม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.2 แบบชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่



รูปที่ 3.3 ภายในกล่องชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่



รูปที่ 3.4 การทำงานของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่

การทำงานของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่

ชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่จะมีแบตเตอรี่เป็นตัวกักเก็บพลังงาน โดยมี Solar charger controller เป็นตัวควบคุมการชาร์จไฟจากแผงโซลาร์เซลล์และไฟบ้าน Solar charger จะเป็นแบบ PWM (Pulse Width Modulation) หลักการทำงาน ก็คือ ควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ให้คงที่ด้วยระบบดิจิทัล (Digital) เพื่อให้ประหยัดพลังงาน และสามารถควบคุมการประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดี ทำให้แบตเตอรี่ไม่เสื่อมเร็ว มีฟังก์ชันไฟแสดงสถานะการทำงานที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น การทำงานของแผงโซลาร์เซลล์/ ระดับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ (ไฟเต็ม/ ไฟกลาง/ ไฟน้อย หรือใกล้หมด) / การจ่ายไฟ DC ให้เครื่องใช้ไฟฟ้า DC ที่กำลังต่อเชื่อมวงจร มีระบบการตัดไฟอัตโนมัติในกรณีไฟแบตเตอรี่ใกล้หมด เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสีย/ เสื่อมสภาพ เนื่องจากการใช้ไฟเกินกำลัง (Over Charge/ Over Discharge Protection) การชาร์จไฟของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่นี้สามารถชาร์จได้ 2 แบบ คือ ชาร์จจากไฟบ้าน และไฟจากโซลาร์เซลล์ โดยการชาร์จ จะผ่านบริดจ์ไดโอด (วงจรเรียงกระแส) ทำให้สามารถชาร์จได้พร้อมกันโดยที่กระแสไม่จะชนกัน การใช้งานจะต่อออกจาก Solar charger แล้วแบ่ง ออกมาเป็น 3 สวิตช์ คือ

1. สวิตช์สำหรับปิด - เปิด อินเวอร์เตอร์
2. สวิตช์สำหรับปิด - เปิด หัวชาร์จ USB, หัวชาร์จ DC 12V , และเป็นแจ๊คสำหรับเสียบหลอดไฟ
3. สวิตช์สำหรับปิด - เปิด FM Radio

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อุปกรณ์หลัก

ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์หลัก

อุปกรณ์	จำนวน
1. อินเวอร์เตอร์ 12V 500W	1 ตัว
2. แบตเตอรี่เชื่อมฟอสเฟส 12V 50Amp	1 ก้อน
3. แผงโซลาร์เซลล์ 55W 18V	1 แผง
4. กล่อง	1 กล่อง
5. สวิตช์ขั้ว 12V 20Amp	1 ตัว
6. Display battery	1 ตัว

7. Solar Charger Controller	1 ตัว
8. บอร์ดแปลงไฟ Dc-Dc Step down 150W	1 แผง
9. โมดูลขยายเสียง	1 แผง
10. ฟิวส์ 40 A	1 ถัง
11. ฟิวส์ 15 A	1 ถัง
12. ไดโอดบริดจ์	2 ตัว
13. โมดูล FM Radio	1 แผง
14. ลำโพง 8W	1 คู่
15. เทอร์มินอล	1 อัน
16. USB	2 อัน
17. ปลั๊ก DC	2 ตัว
18. ปลั๊ก AC 220V	1 ตัว
19. สวิตช์ DC 12V	4 ตัว
20. หางปลาหุ้มเสียบแบนตัวเมีย	3 ถัง
21. หางปลาหุ้มแฉก	3 ถัง
22. หลอดไฟ 9W	2 หลอด

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการทำงาน

1. วิเคราะห์โครงสร้างของกล่องชุดจ่ายไฟ ด้วยโปรแกรม Solid work
2. ทำการเจาะกล่อง

2.1 ทำการเจาะเพื่อใส่ Plug สำหรับเข้าไฟบ้าน 220V



รูปที่ 3.5 ทำการเจาะเพื่อใส่ Plug สำหรับเข้าไฟบ้าน

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

2.2 เจาะกล่องเพื่อใส่ลำโพง

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.6 เจาะกล่องเพื่อใส่ลำโพง

3. ทำการยึดอุปกรณ์ในกล่อง

3.1 ทำการยึด Solar Charger



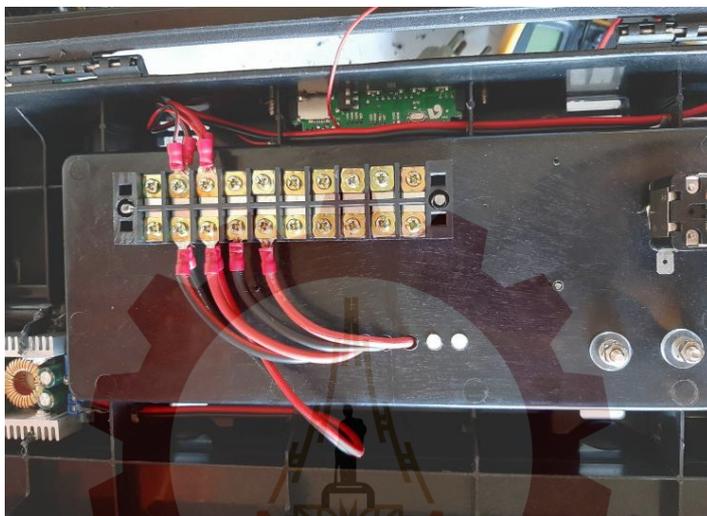
รูปที่ 3.7 ทำการยึด Solar charger

3.2 เจาะรูสำหรับเดินสายไฟ เข้า Solar Charger



รูปที่ 3.8 ทำการเจาะรูสำหรับเดินสายไฟ

3.3 ทำการขีดเทอร์มินอล และเดินสายไฟจาก Solar Charger



รูปที่ 3.9 ขีดเทอร์มินอลเข้ากับกล่อง

3.4 เจาะรูใส่ Jack ตัวเมียสำหรับเสียบหลอดไฟ และใส่สวิตช์



รูปที่ 3.10 เจาะรูใส่ Jack สำหรับเสียบหลอดไฟ และสวิตช์

3.5 เจาะรูสำหรับยึดอะแดปเตอร์ DC 12V



รูปที่ 3.11 เจาะรูสำหรับยึดอะแดปเตอร์ DC 12v

3.5 ใส่เต้ารับ 220V และสวิตช์



รูปที่ 3.12 ใส่เต้ารับ 220v และสวิตช์

3.6 ใ้ Breaker และ Jack สำหรับชาร์จโซลาร์เซลล์



รูปที่ 3.13 ใ้ Breaker และ Jack สำหรับชาร์จโซลาร์เซลล์

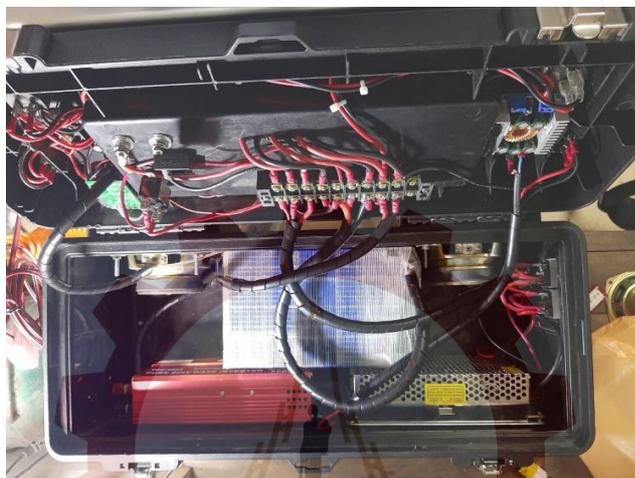
4. ทำการต่อสายและเดินวงจรของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่

4.1 ใ้หัวหางปลากับสายไฟ



รูปที่ 3.14 ใ้หัวหางปลากับสายไฟ

4.2 เก็บสายไฟในกล่อง



รูปที่ 3.15 เก็บสายไฟในกล่อง

4.3 ชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่



รูปที่ 3.16 ชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

จากการที่ได้ออกแบบและสร้างชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่ ขึ้นต่อไปคือการคำนวณและทดสอบการทำงานชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่เพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 4.1 ปุ่มของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.2 ปุ่มของชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่

การคำนวณการใช้โหลดโดยยกตัวอย่าง

Ah(Ampere-Hour) = แอมแปร์-ชั่วโมง ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุ พลังงานพลังงาน
 แบตเตอรี่ 12V 50Ah = 12V x 50A x 3600s จะได้เท่ากับ 2.16 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 50 Ah เท่ากับว่า
 แบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 50 ชั่วโมง หรือแบตเตอรี่จ่าย กระแส 10
 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

โหลดที่ใช้

- พัดลม 16 นิ้ว 1 ตัว ใช้ 45 W
- หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 36 W 2 หลอด ใช้ 72W
- หลอดไฟ DC 9W 2 หลอด ใช้ 18 W
- ชาร์จ โทรศัพท์ ชาร์จ ไฟฉาย 50 W
- วิทยุ FM Radio 10 W

การคำนวณ

- พัดลมขนาด 16 นิ้วต้องการ ไฟประมาณ 45 W

$$45W/12V = 3.75A \text{ นำ } (50A/h)/(3.75A) = 13.33 \text{ ชั่วโมง}$$

- หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ต้องการไฟประมาณ 36W ต่อชั่วโมง 2หลอด

$$(36W*2)/12V = 6A \text{ นำ } (50A/h)/(6A) = 8.3 \text{ ชั่วโมง}$$

- หลอดไฟDC ยกตัวอย่างหลอด 9 W 2หลอด

$$18W/12V = 1.5A \text{ นำ } (50A/h)/(1.5A) = 33.33 \text{ ชั่วโมง}$$

- ชาร์จ โทรศัพท์ชาร์ไฟฉาย คิดรวมๆ 50W

$$50W/12V = 4.16A \text{ นำ } (50A/h)/(4.16A) = 12.06 \text{ ชั่วโมง}$$

- วิทยุเล็ก คิดรวม 10W

$$10W/12V = 0.833A \text{ นำ } (50A/h)/(0.833A) = 6 \text{ ชั่วโมง}$$

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการคำนวณระยะเวลาที่ใช้งานได้สูงสุด

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟ(w)	ระยะเวลาที่ใช้งานได้สูงสุด
1. พัดลมตั้งพื้น	45 W	13 ชั่วโมง
2. หลอดไฟ DC 12V 2ตัว	18 W	16 ชั่วโมง
3. หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ x2	72 W	8 ชั่วโมง
4. ชาร์จโทรศัพท์มือถือ 6 เครื่อง	50 W	12 ชั่วโมง
5. วิทยุ AM/FM	10 W	6 ชั่วโมง

คำนวณการชาร์จแบตเตอรี่

- การชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 50A ด้วยสวิทซ์ชิ่ง ขนาด 12V กระแสที่ชาร์จได้คือ 10A

$$(72 * 50,000 \text{mah}) / 10,000 \text{ mah} = 360 \text{ นาที หรือ } 6 \text{ ชั่วโมง}$$

- การชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 50A ด้วยโซลาร์เซลล์ 18V 50W กระแสที่ชาร์จได้คือ 0.5A

$$(72 * 50,000 \text{mah}) / 500 \text{ mah} = 7,200 \text{ นาที หรือ } 120 \text{ ชั่วโมง}$$

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการคำนวณระยะเวลาในการชาร์จ

ชนิดของการชาร์จ	กระแสที่ชาร์จ	ระยะเวลาการชาร์จทั้งหมด
สวิทซ์ชิ่ง	10 A	6 ชั่วโมง
โซลาร์เซลล์	0.5 A	120 ชั่วโมง

ตัวอย่างการคำนวณขนาดกระแส/ชั่วโมง ที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่

- หลอดไฟ 9 W 2หลอด ใช้ 7 ชั่วโมง

- พัดลม 45 W ใช้ 5 ชั่วโมง

- ชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ 7W 5 เครื่อง ใช้ 3 ชั่วโมง

- วิทยุ AM/FM 10W ใช้ 3 ชั่วโมง

คำนวณได้ดังนี้

$$[(9W * 2) * 7 \text{ ชั่วโมง}] + [(45W * 5 \text{ ชั่วโมง})] + [(7W * 5) * 3 \text{ ชั่วโมง}] + [(10W * 3 \text{ ชั่วโมง})] \text{ค่า}$$

พลังงานรวม = 486W

Ah = ค่าพลังงานรวม / แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ x เปอร์เซนต์การใช้กระแสไฟฟ้า 0.6% * ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ * 0.85 %

จะได้ค่า $486 / 12V * 0.6 * 0.85 = 20.655 \text{ Ah}$ ดังนั้นในกรณีข้างต้น ควรใช้แบตเตอรี่ขนาด 20.655 Ah ขึ้นไป

ตัวอย่างการคำนวณโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับโหลด

-หลอดไฟ 9 W 2หลอด ใช้ 7 ชั่วโมง

$$9W * 2 * 7 = 126W$$

-พัดลม 45 W ใช้ 5 ชั่วโมง

$$45W * 5 = 225W$$

-ชาร์จแบตเตอรี่มือถือ 7W 5 เครื่อง ใช้ 3 ชั่วโมง

$$7W * 5 * 3 = 105W$$

ค่าพลังงานรวมทั้งหมด = 456 W

หากแสงอาทิตย์มีทั้งหมด 5 ชั่วโมง

ให้นำจำนวนพลังงานทั้งหมดไปหารกับแสงอาทิตย์จะได้

$$456W / 5 = 91.2W$$

ดังนั้นในกรณีข้างต้น ควรใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 91.2W ขึ้นไปจึงจะเหมาะสมกับโหลด

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทำโครงการ

การทำชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่ที่มีจุดประสงค์ที่จะช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกโดยชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่นี้จะจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น อุปกรณ์สื่อสาร แสงสว่าง ในกรณีฉุกเฉินและให้ความช่วยเหลือในเบื้องต้น และสามารถรับฟังข่าวสารจากชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่นี้ได้ด้วย ทั้งนี้การทำโครงการชิ้นนี้ออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าช่วยเหลือได้อย่างสะดวก ผลงานที่ได้จากการทำชุดจ่ายไฟเคลื่อนที่นี้สามารถนำไปต่อยอดให้เกิดประโยชน์ให้มากกว่านี้และช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้จริง

ปัญหาในการทำโครงการ

1. ไม่สามารถใช้โหลดขนาดเกิน 500W ได้
2. แผงโซลาร์เซลล์ในการชาร์จมีกระแสน้อย

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิจัย วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

1. วางแผนให้แน่นอนและชัดเจน
2. เพิ่มขนาดแผงให้มีกระแสที่มากขึ้น
3. ออกแบบให้แบตเตอรี่มีขนาดเบามากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

การออกแบบคำนวณระบบโซลาร์เซลล์ . (2556). วิธีการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ สูตรคำนวณแบตเตอรี่ [ออนไลน์]. ได้จาก <https://solarcellthailand96.com/design-calculator/easy-formula/>

การออกแบบคำนวณระบบโซลาร์เซลล์ . (2561). คอนโทรลเลอร์จ ับแบบ MTTP กับ PWM ต่างกันอย่างไร? [ออนไลน์]. ได้จาก <https://www.diysolarcell.com/charge-controller-mtpp-vs-pwm/>

BMS . (2562). เกร็ดความรู้ BMS คืออะไร ทำไมมันจึงจำเป็นต้องมีในแพ็คเกจแบตเตอรี่ลิเทียม... [ออนไลน์]. ได้จาก <http://www.gtm.co.th/tips-guide/122-bms>

พงษ์วัช ชีพพิมลชัย . (2561). สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายเบื้องต้น [ออนไลน์]. ได้จาก https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/#compare

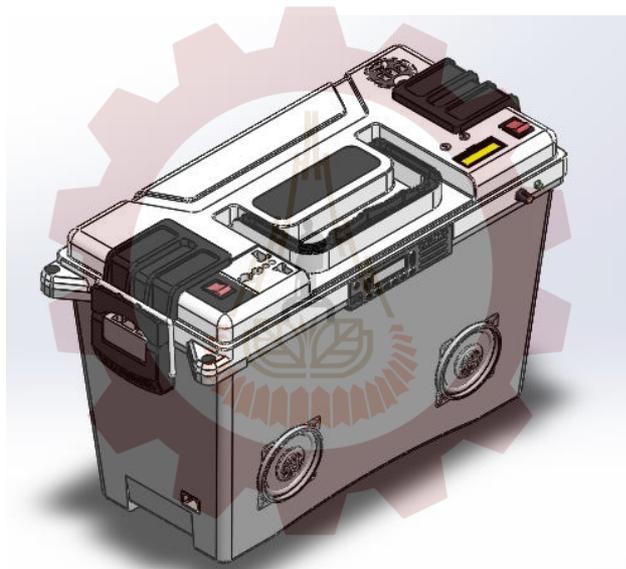
การต่อไดโอดบริด . (2558). เทคนิค การนำบริดไดโอด มาใช้กับโซลาร์เซลล์ . [ออนไลน์]. ได้จาก <https://pantip.com/topic/33132465>

แบตเตอรี่ลิเทียม . (2560) . ข้อดีข้อเสียของแบตเตอรี่ Li-ion . [ออนไลน์]. ได้จาก <http://th.sn1-battery.com/>

อินเวอร์เตอร์ . (2560). ประเภทของ Solar Inverter ที่มีใช้งานในปัจจุบัน . [ออนไลน์]. ได้จาก <https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-component/403-solar-inverter-05-2017>

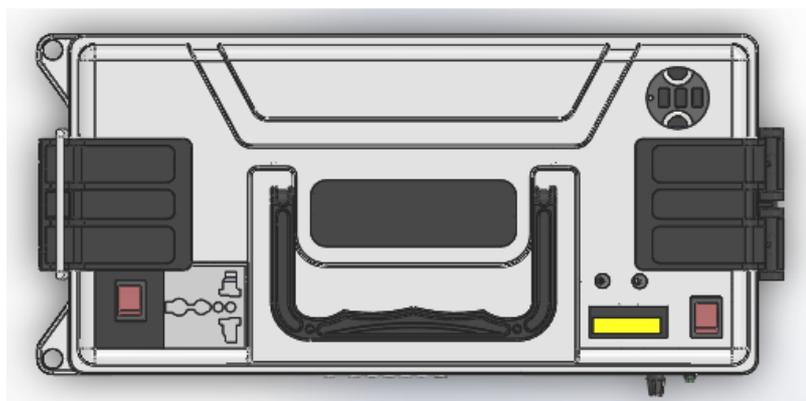
ภาคผนวก

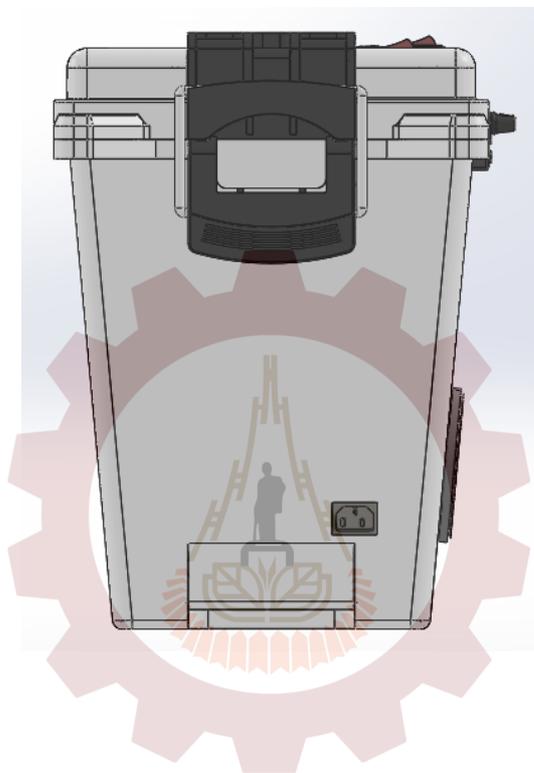
รูปขณะออกแบบและจัดทำ



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

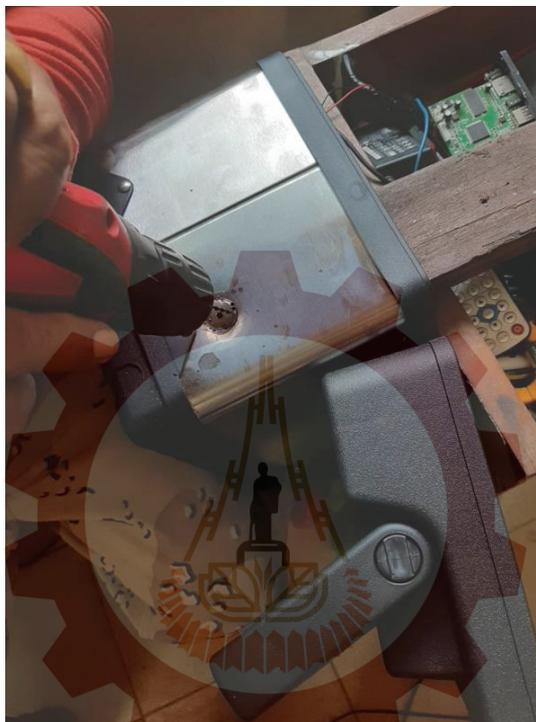
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

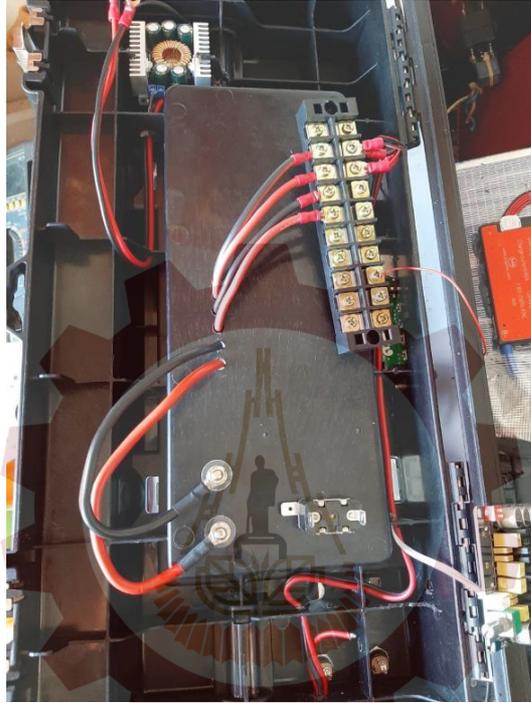




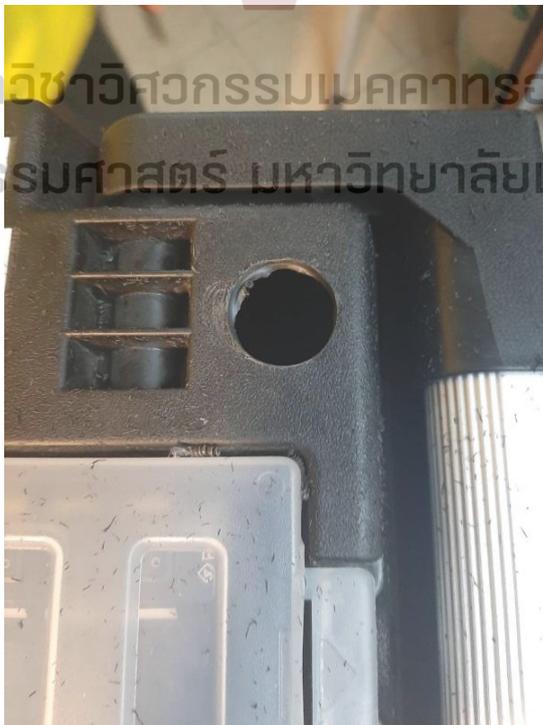
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

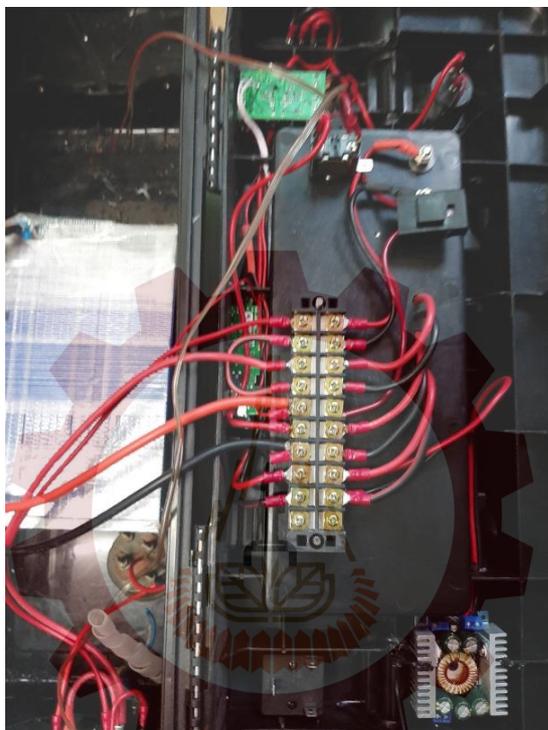


สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





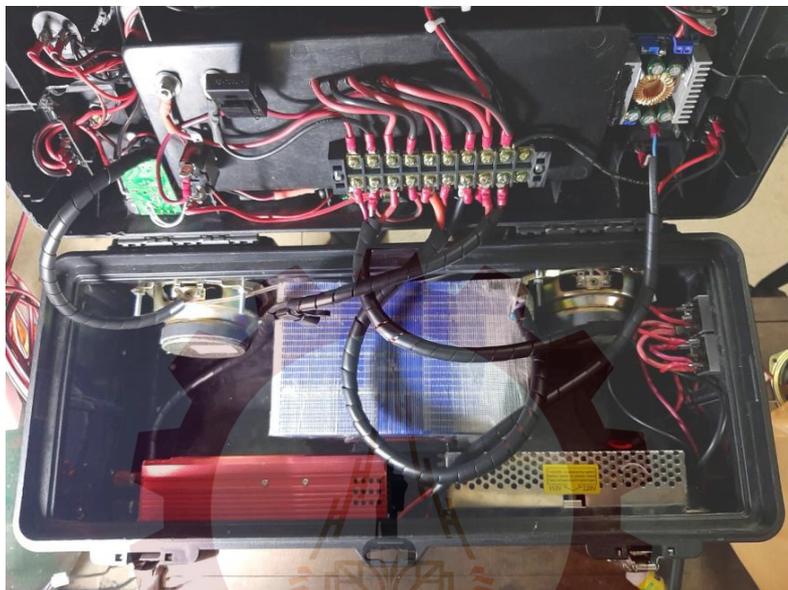
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน



นายวัชชัย ตรงด้านกลาง เกิดวันที่ 28 มกราคม 2540 ภูมิลำเนาตำบล
หัวทะเล อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาเมคคาทรอนิกส์จากวิทยาลัยเทคนิค
นครราชสีมา ปีการศึกษา 2559 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา
วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี

โทร. 084-8282973 Email : ttrongdanklang@gmail.com



นายสุรศักดิ์ บัวแก้ว เกิดวันที่ 23 ตุลาคม 2539 ภูมิลำเนาตำบลนุกระสัง
อำเภอหนองกี่ จังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตร
วิชาชีพชั้นสูงสาขาเมคคาทรอนิกส์จากวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ปี
การศึกษา 2559 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทร. 088-3502295 Email : surasak22066@Gmail.com



นายธีรพงศ์ ปัฐมาศ เกิดวันที่ 31 สิงหาคม 2539 ภูมิลำเนาตำบลในเมือง
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตร
วิชาชีพชั้นสูงสาขาเมคคาทรอนิกส์จากวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ปี
การศึกษา 2559 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทร. 085-7674306 Email : nekokawaii3636@gamil.com



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี