



การออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อ  
ปรับปรุงค่าแรงดันไฟฟ้าและจัดการข้อมูลเมื่อไฟฟ้าขัดข้อง

**Design of Internal DC UPS in Personal Computer for Voltage Regulation and  
Data Management during Interruption of AC lines**

บวร วิทยสมบูรณ์

**Boworn Wittayasomboon**

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of**

**Master of Engineering in Electrical Engineering**

**Prince of Songkla University**

**2551**

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์                      การออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อปรับปรุงค่าแรงดันไฟฟ้าและจัดการข้อมูลเมื่อไฟฟ้าขัดข้อง

ผู้เขียน                                      นายบวร วิทยสมบุรณ์

สาขาวิชา                                    วิศวกรรมไฟฟ้า

---

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	คณะกรรมการสอบ
..... (ดร.กฤษมาลัย เกลิมยานนท์)	.....ประธานกรรมการ (รองศาสตราจารย์บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา)
.....	.....กรรมการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ดร.กฤษมาลัย เกลิมยานนท์)
.....	.....กรรมการ
(อาจารย์อนุวัตร ประเสริฐสิทธิ์)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ)
.....	.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐา จินดาเพ็ชร)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐา จินดาเพ็ชร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อปรับปรุงค่าแรงดันไฟฟ้าและจัดการข้อมูลเมื่อไฟฟ้าขัดข้อง
ผู้เขียน	นายบวร วิทยสมบูรณ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2550

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นและยังมีการใช้งานทั้งในบริษัทและบ้านเรือนจำนวนมากขึ้น แต่ระบบไฟฟ้าในประเทศไทยมีความผิดปกติบ่อยครั้งไม่ว่าจะเป็นไฟดับหรือไฟตก ซึ่งความผิดปกติในแต่ละครั้งนั้นมีผลเสียต่อคอมพิวเตอร์โดยจะทำให้ฮาร์ดดิสก์เกิดการเสียหายและข้อมูลที่กำลังทำอยู่ก็สูญหายไปด้วย ซึ่งในปัจจุบันนั้นได้มีการแก้ปัญหาโดยการนำแหล่งจ่ายพลังงานแบบต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply; UPS) มาใช้งาน ในปัจจุบันยูพีเอสนั้นมีขนาดใหญ่ขึ้นน้ำหนักมาก

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์ (Internal DC UPS) โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางมาใช้ในการออกแบบซึ่งวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางจะมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนนั่นก็คือวงจรแบบ Half bridge และ Push-pull โดยในสภาวะที่ไฟฟ้าไม่ดับวงจรจะทำงานทอนแรงดันแบบ Half bridge เพื่อชาร์จแบตเตอรี่และเมื่อไฟฟ้าดับวงจรจะทำงานทบแรงดันแบบ Push-pull เพื่อจ่ายไฟฟ้าสำรองให้กับคอมพิวเตอร์โดยมีวงจรควบคุมคอยตรวจการดับของไฟฟ้าและส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์ไฮเบอร์เนตเมื่อไฟฟ้าดับ

**คำสำคัญ :** วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง, การไฮเบอร์เนต, ยูพีเอส

<b>Thesis Title</b>	Design of Internal DC UPS in Personal Computer for Voltage Regulation and Data Management during Interruption of AC lines
<b>Author</b>	Mr. Boworn Wittayasomboon
<b>Major Program</b>	Electrical Engineering
<b>Academic Year</b>	2007

### **ABSTRACT**

At present, computers have essentially become in life and these are also necessary for houses and companies. However, there are many failures of the power systems, i.e. blown out, drop out, in Thailand which cause the hard disks in computer fail down. Those make the data lost. In order to solve these problems, the uninterruptible power supply (UPS) has been attractively used. Nevertheless, UPS is still presently big and heavy.

Therefore, a thesis presents a design of internal DC UPS in the personal computer by the bidirectional converter. The proposed topology is based on a half-bridge on the primary and a current-fed push-pull on the secondary side of a high frequency isolate transformer. The dc main is provided by the ac main. When the power has down stream load, the bidirectional converter essentially operates in buck mode (Half-bridge) to charge battery to a normal value 24 Volt. On the failure of the dc main, the bidirectional converter operates as a boost mode (Current-fed push-pull) and battery regulates the bus voltage. The bidirectional converter has a control circuit for checking the failure of the dc main and sending data to the computer by serial port. The computer is commanded in hibernate state when the dc main fails.

**Keywords :** Bidirectional converter, Hibernate state, UPS

## กิตติกรรมประกาศ

ขอแสดงความขอบคุณ ดร.กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านเป็นอย่างดี ทั้งคำแนะนำให้คำปรึกษาด้านต่าง ๆ เอกสารข้อมูลอุปกรณ์ในการทำวิจัยต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจในการทำการวิจัยและแก้ปัญหาตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อ.อนุวัตร ประเสริฐสิทธิ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและความรู้ในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา จินดาเพ็ชร ที่ได้ให้ความรู้ให้คำปรึกษาในด้านของโปรแกรมและคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการทำงานวิจัยได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำแนะนำและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

และท้ายที่สุดข้าพเจ้าขอโน้มรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดา ซึ่งเป็นครูคนแรกของข้าพเจ้า ที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจในการเรียนจนสำเร็จการศึกษา

บวร วิทยสมบูรณ์

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์	8
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	8
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
2. ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	10
2.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในเครื่องคอมพิวเตอร์	10
2.2 แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์	11
2.2.1 ยูพีเอสแบบภายนอก	11
2.2.2 ยูพีเอสแบบภายใน	11
2.3 การใช้พลังงานของอุปกรณ์ในคอมพิวเตอร์	13
2.4 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง	14
2.4.1 โหมคซาร์จแบตเตอรี่	15
2.4.2 โหมคสำรองไฟฟ้า	22
2.5 แบตเตอรี่	29
2.5.1 แบตเตอรี่อัลคาไลน์	29
2.5.2 แบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียม	29
2.5.3 แบตเตอรี่นิเกิล-เมทัล ไฮไดรด์	30
2.5.4 แบตเตอรี่แบบลิคแอซิด	30
2.5.5 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	30
3. การออกแบบวงจร	34
	(6)

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
สารบัญ	
3.1 การออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง	34
3.1.1 การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์	34
3.1.2 การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พุช-พูล	37
3.1.3 การเลือกสวิตช์และอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร	40
3.2 การจำลองการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง	40
3.3 โปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของวงจรทบแรงดันแบบ 2 ทาง	47
3.4 โปรแกรมสำหรับสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ไฮเบอร์เนต	49
3.5 วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่	51
3.6 วงจรรีเลย์ที่ใช้ในการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์	51
3.7 แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์	52
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	54
4.1 การทดลองการใช้พลังงานของคอมพิวเตอร์เมื่อไฮเบอร์เนต	54
4.2 การทดลองการชาร์จแบตเตอรี่ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางในช่วง Forward Mode	55
4.3 การทดลองจ่ายแรงดันจากแบตเตอรี่ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงาน ในช่วง Backup Mode	58
4.4 ประสิทธิภาพพวงจรถอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง	64
4.5 การทดลองการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์	66
4.5.1 กรณีที่ไม่มีการเปิดโปรแกรมในคอมพิวเตอร์	66
4.5.2 กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet	69
4.5.3 กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint	71
4.5.4 กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp	73
4.5.5 กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Windows media player	75
4.6 ผลการทดลองการเปลี่ยนสถานะทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์จากสถานะ ไฟปกติ เป็น ไฟฟ้าดับ	77

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
สารบัญ	
5. บทสรุป	80
5.1 บทสรุป	80
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา	80
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป	81
บรรณานุกรม	82
ภาคผนวก	84
ก ตารางสายตัวนำสำหรับการออกแบบหม้อแปลง	85
ข ตารางแกนหม้อแปลงเพื่อใช้ในการออกแบบ	90
ค Data sheet ที่ใช้ในการออกแบบยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์	95
ง รายละเอียดและคุณสมบัติของบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119	131
จ การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน	138
ประวัติผู้เขียน	143



## รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1-1	ตารางแสดงการทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด	2
2-1	การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์	14
3-1	ตารางเลือกค่าอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง	40
3-2	แสดงการทำงานของรีเลย์	52
4-1	ตารางแสดงการใช้พลังงานของคอมพิวเตอร์เมื่อไฮเบอร์เนต	54
4-2	ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในโหมดชาร์จแบตเตอรี่	65
4-3	ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในโหมดแบ็คอัพ	65

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1-1 วงจร Flyback Converter	3
1-2 การทำงานใน Mode ทั้ง 3 ของ Flyback Converter	3
1-3 รูปแบบการทำงานของยูพีเอสภายใน	4
1-4 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางแบบ Flyback Converter	5
1-5 การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง	6
1-6 การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์ในคาบเวลาต่าง ๆ	7
2-1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในเครื่องคอมพิวเตอร์	10
2-2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรแหล่งจ่ายพลังงานสำรองภายนอกคอมพิวเตอร์	11
2-3 ยูพีเอสแบบภายนอก	11
2-4 ยูพีเอสแบบภายในชนิดเหมือนกับยูพีเอสแบบภายนอก	12
2-5 ยูพีเอสแบบเป็นเพาเวอร์ซัพพลาย	12
2-6 บล็อกไดอะแกรมของวงจรแหล่งจ่ายพลังงานต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์	13
2-7 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง	15
2-8 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์	16
2-9 การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ในคาบเวลาต่าง ๆ	16
2-10 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์ทำงานในช่วง $t_0 - t_1$	17
2-11 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์ทำงานในช่วง $t_1 - t_2$	17
2-12 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์ทำงานในช่วง $t_2 - t_3$	18
2-13 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์ทำงานในช่วง $t_3 - t_4$	18
2-14 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบ กระแสเฟด พุช-พูล	23
2-15 การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พุช-พูลในคาบเวลาต่าง ๆ	24
2-16 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูลทำงานในช่วง $t_0 - t_1$	25
2-17 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูลทำงานในช่วง $t_1 - t_2$	25
2-18 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูลทำงานในช่วง $t_2 - t_3$	26
2-19 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูลทำงานในช่วง $t_3 - t_4$	26
2-20 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันต่อ 1 เซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ	31
2-21 แสดงการเปรียบเทียบ ปริมาณการเก็บพลังงานต่อน้ำหนักของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ	31
2-22 แสดงการเปรียบเทียบการเก็บพลังงานต่อปริมาตรของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ	32

## รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
2-23 แสดงการเปรียบเทียบรอบของการชาร์จและการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ	32
2-24 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างราคาต่อการเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ	33
3-1 วงจรคอนเวอร์เตอร์ทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์	41
3-2 สัญญาณควบคุมสวิตช์ $S_1$ และ $S_2$	41
3-3 แรงดันตกคร่อมสวิตช์ $S_1$ และ $S_2$	42
3-4 แรงดันตกคร่อมหม้อแปลง $N_P$ และ $N_S$ ตามลำดับ	42
3-5 แรงดันที่ผ่านไดโอด $DS_3$ และ $DS_4$ ตามลำดับ	43
3-6 กระแสและแรงดันด้านออก (แบตเตอรี่)	43
3-7 วงจรคอนเวอร์เตอร์ทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูล	44
3-8 สัญญาณควบคุมสวิตช์ $S_3$ และ $S_4$	44
3-9 แรงดันตกคร่อมหม้อแปลง $N_S$ และ $N_P$ ตามลำดับ	45
3-10 แรงดันที่ผ่านไดโอด $DS_1$ และ $DS_2$ ตามลำดับ	45
3-11 แรงดันด้านเข้า (แบตเตอรี่) และแรงดันด้านออก (แรงดันบั๊ต)	46
3-12 กระแสด้านเข้า (กระแสแบตเตอรี่) และกระแสด้านออก (กระแสบั๊ต)	46
3-13 โปรแกรมสำหรับบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119	47
3-14 แผนภาพแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	48
3-15 วงจรควบคุมการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์	49
3-16 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมไฮเบอร์เนต	50
3-17 วงจรรีเลย์ในยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์	51
3-18 วงจรรวมของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์	52
3-19 ภาพวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางที่ออกแบบ	53
3-20 ภาพวงจรควบคุมการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบ	53
3-21 ภาพวงจรรีเลย์และตัวตรวจจับที่ออกแบบ	53
4-1 วงจรทำงานแบบ Forward Mode	55
4-2 แรงดันของวงจรควบคุมสวิตช์ $S_1$ และสวิตช์ $S_2$	56
4-3 แรงดันคร่อมสวิตช์ $S_1$	56
4-4 แรงดันคร่อมขดลวด $N_P$ และขดลวด $N_S$ ตามลำดับ	57
4-5 แรงดันด้านออกของ Forward Mode	57

## รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4-6 กราฟแสดงคุณลักษณะการชาร์จแบตเตอรี่	58
4-7 วงจรทำงานแบบ Backup Mode	59
4-8 แรงดันของวงจรควบคุมสวิตช์ $S_3$ และสวิตช์ $S_4$	59
4-9 แรงดันคร่อมขดลวด $N_S$	60
4-10 แรงดันคร่อมขดลวด $N_P$	60
4-11 แรงดันและกระแสที่ผ่านสวิตช์ $S_3$	61
4-12 แรงดันคร่อมสวิตช์ $S_3$ และกระแสที่ผ่าน $S_4$ ตามลำดับ	61
4-13 แรงดันคร่อม $L_O$	62
4-14 แรงดันด้านออกและกระแสแบตเตอรี่ ตามลำดับ (ที่โหลด 1 K $\Omega$ )	62
4-15 แรงดันและกระแสด้านออก ตามลำดับ (ที่โหลด 1 K $\Omega$ )	63
4-16 แรงดันด้านออกและกระแสแบตเตอรี่ ตามลำดับ (ที่โหลด 600 $\Omega$ )	63
4-17 แรงดันและกระแสด้านออก ตามลำดับ (ที่โหลด 600 $\Omega$ )	64
4-18 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์	65
4-19 คอมพิวเตอร์ขณะไม่มีการเปิดโปรแกรม	67
4-20 แรงดันและกระแสบัลลิสต์ขณะไฟตก	67
4-21 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟตก	68
4-22 แรงดันและกระแสบัลลิสต์ขณะไฟดับมีการ Hibernate	68
4-23 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟดับมีการ Hibernate	69
4-24 คอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet	70
4-25 แรงดันและกระแสบัลลิสต์ขณะไฟดับมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet	70
4-26 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟดับมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet	71
4-27 คอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint	72
4-28 แรงดันและกระแสบัลลิสต์ขณะไฟดับและมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint	72
4-29 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟดับและมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint	73

## รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4-30 คอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp	74
4-31 แรงดันและกระแสน้ำขณะไฟดับและมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp	74
4-32 แรงดันและกระแสน้ำขณะไฟดับและมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp	75
4-33 คอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Windows media player	76
4-34 แรงดันและกระแสน้ำขณะไฟตกเมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Windows media player	76
4-35 การทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์จากสถานะไฟปกติ เป็น ไฟฟ้าดับ กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint	77
4-36 การทำงานของ Internal UPS จากสถานะไฟปกติ เป็น ไฟฟ้าดับ กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp	78
4-37 การทำงานของ Internal DC UPS ในสถานะไฟฟ้าดับ แต่ไม่มีการ Hibernate	78

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งจำเป็นและยังมีการนำมาใช้งานเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทั้งในบริษัทและบ้านเรือนต่างๆ แต่ระบบไฟฟ้าในประเทศไทยมีความผิดปกติบ่อยครั้งไม่ว่าจะเป็น ไฟดับหรือไฟตก ซึ่งความผิดปกติในแต่ละครั้งนั้นมีผลเสียต่อคอมพิวเตอร์โดยจะทำให้ฮาร์ดดิสก์ จะเกิดการเสียหายและข้อมูลที่กำลังทำอยู่ก็สูญหายไปด้วย ซึ่งในปัจจุบันนั้นได้มีการแก้ปัญหาโดยการนำแหล่งจ่ายพลังงานแบบต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply, UPS) มาใช้งานโดยยูพีเอส จะทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์เมื่อไฟดับหรือแรงดันไฟฟ้าผิดปกติซึ่งส่วนใหญ่ ยูพีเอสที่ใช้เป็นยูพีเอสแบบแรงดันกระแสสลับ(AC UPS) โดยภายในก็จะมีแบตเตอรี่สำรองและ วงจรอินเวอร์เตอร์ซึ่งจะเป็นตัวแปลงแรงดันกระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นแรงดันกระแสสลับที่มีความถี่ 50 เฮิร์ต ส่งไปยังแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply) ของคอมพิวเตอร์ในขณะไฟดับหรือแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ แต่ในปัจจุบันเอซี ยูพีเอสนั้นมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากและประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากต้องมีการแปลงแรงดันจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับจะทำให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้นซึ่งเป็นผลเสียต่อคอมพิวเตอร์และระบบไฟฟ้า ในอดีตได้มีการคิดที่จะทำยูพีเอสแบบแรงดันกระแสตรงภายในคอมพิวเตอร์(DC UPS) ขึ้นมา ซึ่งจะมีขนาดเล็กกว่าเอซี ยูพีเอสที่อยู่ภายนอกและยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าเนื่องจากไม่ต้องผ่านวงจรเรียงกระแสและอินเวอร์เตอร์ ซึ่งดีซี ยูพีเอสนี้จะเชื่อมต่อระหว่างวงจรเรียงกระแสและวงจรคอนเวอร์เตอร์ภายในคอมพิวเตอร์ โดยภายในดีซี ยูพีเอส จะประกอบด้วยแบตเตอรี่แรงดันสูงและวงจรชาร์จแบตเตอรี่จึงทำให้ดีซี ยูพีเอสแบบนี้มีราคาแพง นอกจากนี้ในการใช้งานยูพีเอสโดยทั่วไปเมื่อไฟฟ้าขัดข้องผู้ใช้ก็ทำการเก็บข้อมูลและปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้การใช้งานของยูพีเอสไม่เต็มประสิทธิภาพ และในกรณีเมื่อเกิดแรงดันตกก็จะทำงานจ่ายไฟสำรองให้กับระบบทุกครั้งซึ่งทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลง

ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะออกแบบดีซี ยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ ที่สามารถปรับปรุงค่าแรงดันไฟฟ้าให้กับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ของคอมพิวเตอร์เมื่อไฟตกหรือไฟกระพริบและสามารถจ่ายพลังงานให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลเมื่อไฟดับโดยมีวงจรควบคุมการสั่งให้คอมพิวเตอร์เข้าสู่สภาวะไฮเบอร์เนต (Hibernate) โดยคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำ (RAM) ทั้งหมดนำไปเก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์และปิดเครื่อง

## 1.2 การตรวจเอกสาร

### 1.2.1 Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee, "An Integrated Flyback Converter for DC Uninterruptible Power Supply", IEEE Transactions on power electronics, Vol.11 ,pp.318-327,1996

เอกสารนี้นำเสนอวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter) มาใช้กับยูทีเอส ซึ่งในวงจรคอนเวอร์เตอร์นี้จะมีพลังงานด้านเข้าเป็นแรงดันสูงและพลังงานสำรองซึ่งได้มาจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำ โดยการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์จะมีอยู่ 3 โหมด ก็คือ

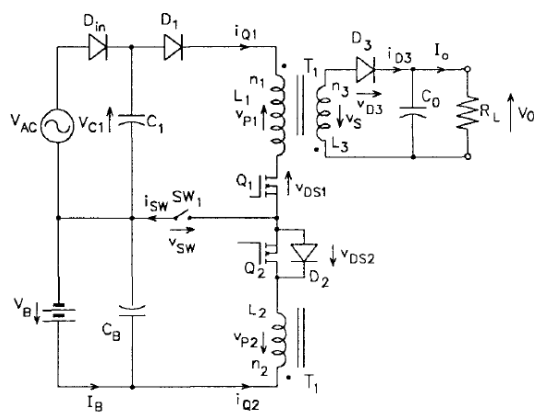
- โหมดปกติ (Normal Mode) เป็นการทำงานในช่วงที่ไม่เกิดไฟดับ
- โหมดแบ็คอัพ (Backup Mode) เป็นการทำงานในช่วงที่ไฟดับ
- โหมดชาร์จแบตเตอรี่ (Charging Mode) เป็นวงจรชาร์จแบตเตอรี่สำรอง

โดยการทำงานของ  $Q_1$  กับ  $Q_2$  และสวิตช์  $SW_1$  ในแต่ละโหมดเป็นดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 ตารางแสดงการทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด

(ที่มา : Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee, "An Integrated Flyback Converter for DC Uninterruptible Power Supply", IEEE Transactions on power electronics, Vol.11 ,pp.318-327 ,1996 )

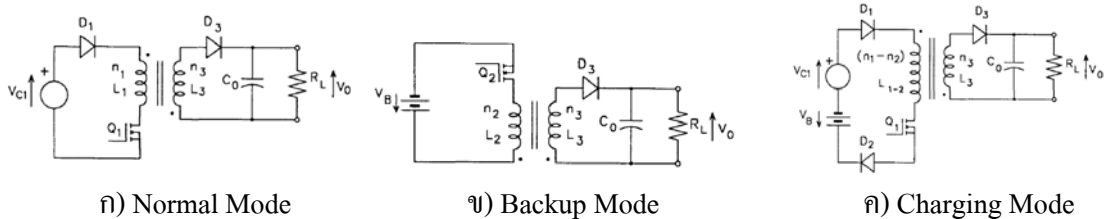
	Normal Mode	Backup Mode	Charging Mode
$Q_1$	PWM	OFF	PWM
$Q_2$	OFF	PWM	OFF
$SW_1$	ON	ON	OFF



ภาพประกอบ 1-1 วงจร Flyback Converter

(ที่มา: Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee, "An Integrated Flyback Converter for DC Uninterruptible Power Supply", IEEE Transactions on power electronics, Vol.11 ,pp.318-327 ,1996 )

วงจรในบทความนี้จะป็นวงจรแบบง่าย ๆ ดังภาพประกอบ 1-1 โดยมีอสเฟต 2 ตัวทำหน้าที่เป็นสวิทซ์ทำหน้าที่ควบคุมการสวิทซ์ของรีเลย์ในวงจรเพื่อสร้างแรงดันด้านออก ( $V_o$ ) และมีแหล่งจ่ายแรงดัน 2 ตัวก็คือ  $V_{AC}$  ซึ่งเป็นแรงดันจากสายไฟฟ้าหลักและ  $V_B$  ซึ่งเป็นแรงดันจากแบตเตอรี่ซึ่งการทำงานของวงจรนี้จะป็นดังภาพประกอบ 1-2



ก) Normal Mode

ข) Backup Mode

ค) Charging Mode

ภาพประกอบ 1-2 การทำงานใน Mode ทั้ง 3 ของ Flyback Converter

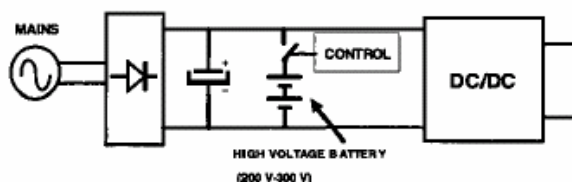
(ที่มา: Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee, "An Integrated Flyback Converter for DC Uninterruptible Power Supply", IEEE Transactions on power electronics, Vol.11 ,pp.318-327 ,1996)

### 1.2.2 A Fernandez, J. Sebastian, Martin-Ramos, J.A., J. Corral, F. Ruiz, "Multiple Output AC/DC Converter with an Internal DC UPS", IEEE, Vol. ,pp.1095-1100 ,2002

เอกสารนี้นำเสนอการสร้างแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบใหม่ซึ่งจะป้องกันคอมพิวเตอร์เมื่อไฟดับโดยการทำคิซี ยูพีเอสภายใน (Internal DC UPS) เนื่องจากยูพีเอสภายนอกนั้นมีขนาดใหญ่จึงได้มีแนวคิดที่จะทำยูพีเอสที่อยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังภาพประกอบ 1-3 โดยแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้จะเป็นแบบ ATX (เป็นแบบที่มีหลาย



Output) สามารถจ่ายไฟได้ประมาณ 7 นาที ในการทำงานของวงจรนี้เมื่อไฟดับจะจ่ายไฟฟ้าสำรองหลังวงจรเรียงกระแส



ภาพประกอบ 1-3 รูปแบบการทำงานของ Internal UPS

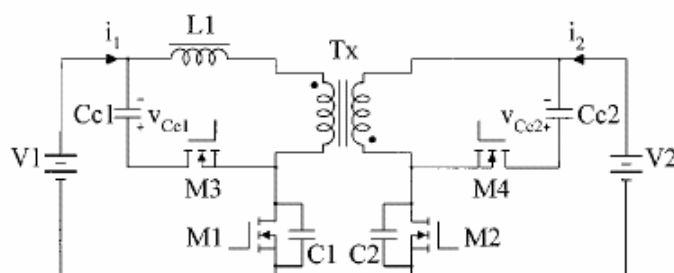
(ที่มา: A Fernandez, J. Sebastian, Martin-Ramos, J.A., J. Corral, F. Ruiz, “Multiple Output AC/ DC Converter with an Internal DC UPS”, IEEE, Vol. , pp.1095-1100 ,2002)

**1.2.3 Teofilo, V.L.; Merritt, L.V.; Hollandsworth, R.P., “Advanced lithium ion battery charger”, IEEE, Aerospace and Electronic Systems Magazine, Vol. 12 , pp.30–36,1997**

เอกสารนี้นำเสนอการพัฒนาตัวชาร์จแบตเตอรี่สำหรับแบบลิเทียมไอออน (Li-ion) สำหรับแบบ 4 เซลล์ 8 เซลล์ หรืออาจจะมากกว่านั้น ในการชาร์จจะใช้ไอซีเป็นตัวชาร์จ โดยจะออกแบบให้มีวงจรชาร์จแบตเตอรี่เป็นวงจรการชาร์จแบบอนุกรมแต่การต่อแบตเตอรี่จะต่อแบบขนานดังภาพประกอบ 1-4

**1.2.4 Gang Chen ;Yim-Shu; “Actively Clamped Bidirectional Flyback Converter” IEEE Transaction on Industrial Engineering ,Manuscrip ,20 Jan. 2000, pp.770-779,2000**

เอกสารนี้นำเสนอวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางซึ่งจะทำหน้าที่ส่งพลังงานระหว่างแหล่งจ่ายพลังงานสองแหล่งที่ต้องการจะให้ส่งเช่นระหว่าง เพาเวอร์ซัพพลาย กับแบตเตอรี่ แต่อย่างไรก็ตามวงจรนี้จะต้องทนต่อแรงดันและกระแสที่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดได้ โดยจะใช้วิธีการปรับค่า ความถี่ในการสวิตซ์ของของคอนเวอร์เตอร์ซึ่งภาพประกอบของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง แบบ Flyback Converter จะเป็นดังภาพประกอบ 1-4



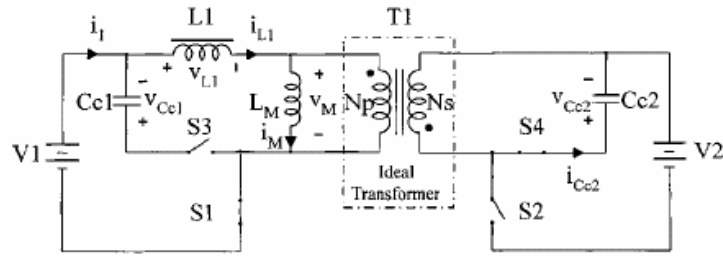
ภาพประกอบ 1-4 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางแบบ Flyback Converter

(ที่มา : Gang Chen ;Yim-Shu; “Actively Clamped Bidirectional Flyback Converter” IEEE Transaction on Industrial Engineering ,Manuscrip ,20 Jan. 2000, pp.770-779,2000)

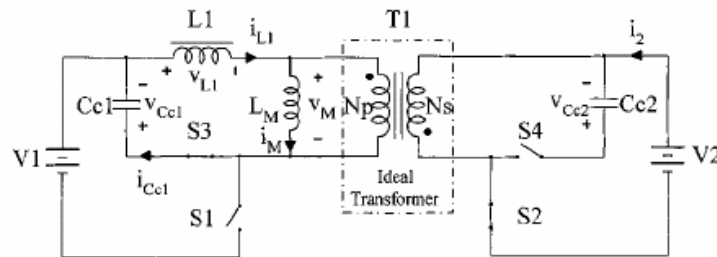
ในการออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางนี้จะพิจารณาขดลวดของหม้อแปลงและขดลวดที่ต่ออนุกรมอยู่ภายนอกโดยจะมีส่วนของ Zero-Voltage switching (ZVS) เป็นส่วนที่ทำให้แรงดันในช่วงที่มีการสวิตช์เกิดขึ้นมีค่าลดลงซึ่งจะนำไปเก็บไว้ในตัวเก็บประจุ  $C_{c1}$  และ  $C_{c2}$  ในภาพประกอบ 1-5 จะเป็นการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง โดยมี

- $L_M$  เป็นขดลวดแม่เหล็กขดตัวหม้อแปลง
- ทรานซิสเตอร์ในวงจรทั้งหมดรวมไดโอด เป็นแบบอุดมคติ
- $S_1, S_2, S_3$  และ  $S_4$  เป็นสวิตช์ในการควบคุมสถานะการทำงานของระบบโดยเมื่อ

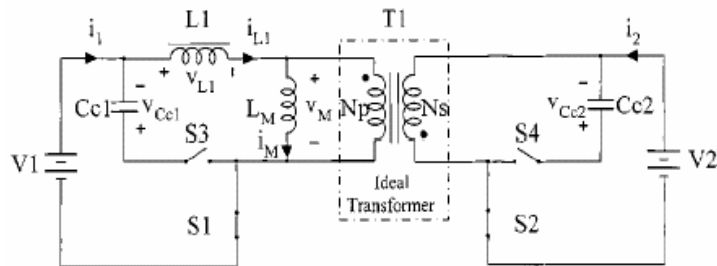
$S_2$  กับ  $S_3$  ทำงาน  $S_1$  กับ  $S_4$  จะหยุดทำงานทันที และ  $S_4$  ทำงานเพียงตัวเดียวเมื่อกระแส  $S_2$  ลดลงจนเป็นศูนย์



(ก) การทำงานสถานะที่ 1



(ข) การทำงานสถานะที่ 2



(ค) การทำงานสถานะที่ 3

รูปที่ 1-5 การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

(ที่มา : Gang Chen ;Yim-Shu; “Actively Clamped Bidirectional Flyback Converter” IEEE Transaction on Industrial Engineering ,Manuscrip ,20 Jan. 2000, pp.770-779,2000)

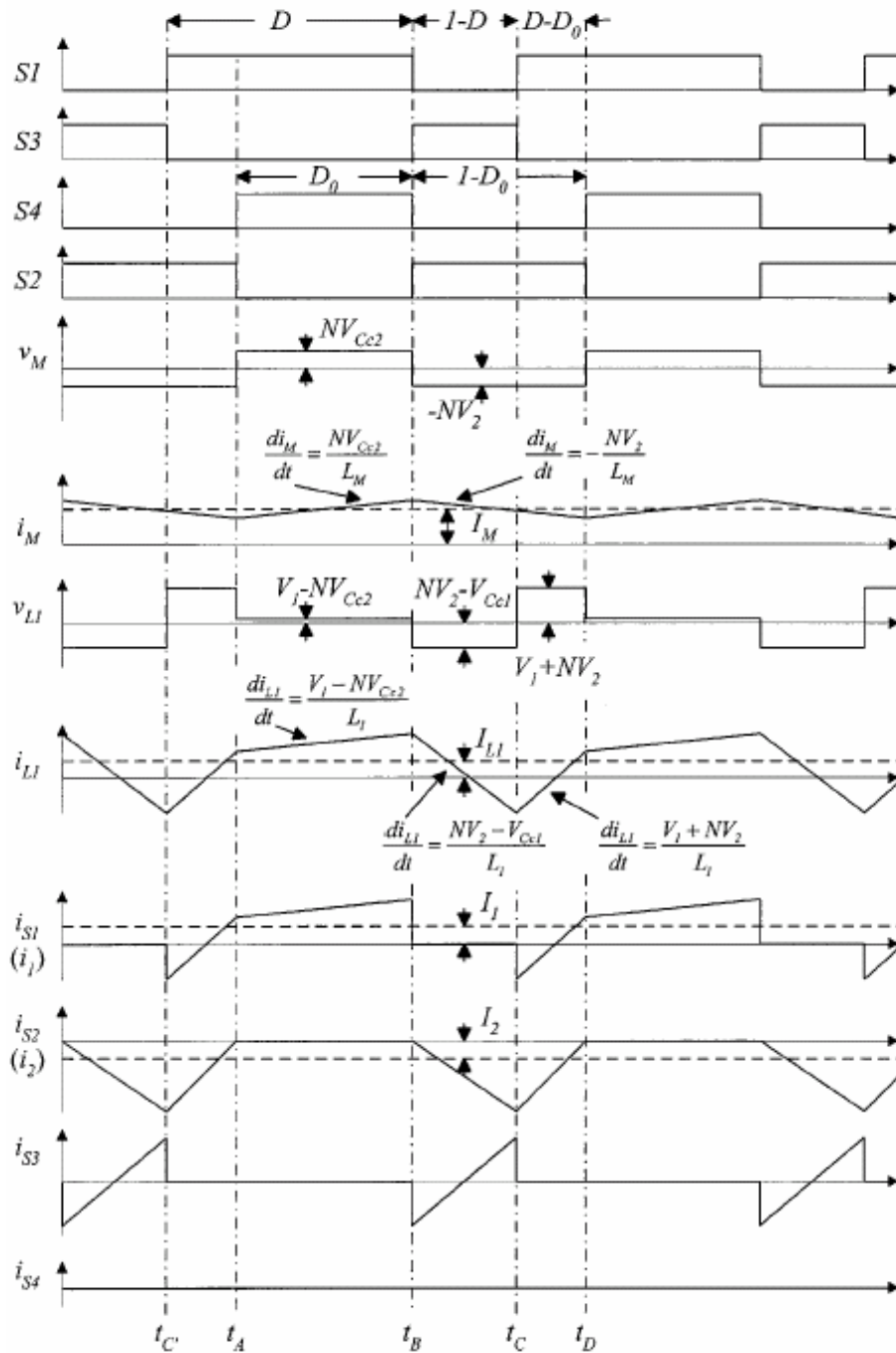
โดยการทำงานของวงจรนี้จะแบ่งเป็น 3 สถานะ

สถานะที่ 1  $S_1$  กับ  $S_4$  ทำงาน  $S_2$  กับ  $S_3$  หยุดทำงานดังภาพประกอบ 1-5(ก) ในสถานะนี้แรงดัน  $V_1$  จะเป็นตัวจ่ายพลังงานให้กับ  $C_{c2}$  ในช่วง  $t_A - t_B$

สถานะที่ 2  $S_2$  กับ  $S_3$  ทำงาน  $S_1$  กับ  $S_4$  หยุดทำงานดังภาพประกอบ 1-5(ข) ในสถานะนี้แรงดันจะถูกนำไปเก็บใน  $C_{c1}$  ในส่วนนี้พลังงานจะถูกส่งไปยัง  $V_2$  ในช่วง  $t_B - t_C$

สถานะที่ 3  $S_1$  กับ  $S_2$  ทำงาน  $S_3$  กับ  $S_4$  หยุดทำงานดังภาพประกอบ 1-5(ค) ในสถานะนี้กระแสใน  $S_2$  จะลดลงจนเป็นศูนย์ในขณะเดียวกันกระแส  $L_1$  เพิ่มขึ้นจนเท่ากับกระแส  $L_M$  แรงดันจะจ่ายจาก  $V_2$  ไปยัง  $V_1$  ในช่วง  $t_C - t_D$

การทำงานของสวิตช์ในคาบเวลาต่างของคอนเวอร์เตอร์นี้จะมีปัญญาดังภาพประกอบ 1-6



ภาพประกอบ 1-6 การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์ในคาบเวลาต่าง ๆ

(ที่มา : Gang Chen ;Yim-Shu; "Actively Clamped Bidirectional Flyback Converter" IEEE Transaction on Industrial Engineering ,Manuscrip ,20 Jan. 2000, pp.770-779,2000)

### 1.3 วัตถุประสงค์

- 1.3.1 เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้กระบวนการไฮเบอร์เนต สำหรับการจัดเก็บข้อมูล
- 1.3.2 เพื่อศึกษาวงจรคงค่าแรงดันเพื่อใช้ปรับปรุงค่าแรงดันของแหล่งจ่ายพลังงานของคอมพิวเตอร์
- 1.3.3 เพื่อศึกษาวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง (Bidirectional Converter) สำหรับเป็นวงจรชาร์จแบตเตอรี่ในสถานะปกติและเป็นวงจรทบทแรงดันเมื่อไฟดับ
- 1.3.4 เพื่อออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่สามารถปรับปรุงค่าแรงดันเมื่อไฟตกและจ่ายพลังงานให้กับคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลในขณะไฟดับ

### 1.4 ขอบเขตงานวิจัย

- 1.4.1 ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของคิซี ยูพีเอสและเขียนโปรแกรมสั่งการให้คอมพิวเตอร์ทำการไฮเบอร์เนตโดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้นั้นต้องรองรับ ACPI 2.0
- 1.4.2 ออกแบบและสร้างวงจรคงค่าแรงดันเมื่อเกิดไฟตกเพื่อใช้ กับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าภายในคอมพิวเตอร์ขนาดกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 250 วัตต์
- 1.4.3 ออกแบบและสร้างวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางเพื่อทำหน้าที่ชาร์จแบตเตอรี่ในสถานะปกติและทบทแรงดันจากแบตเตอรี่สู่แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเมื่อไฟดับ เพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าขนาดกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 250 วัตต์

### 1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.5.1 ศึกษาค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับ Internal UPS และข้อดี-ข้อเสียของ External UPS และ Internal UPS
- 1.5.2 ศึกษาการใช้พลังงานของคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บข้อมูลและทำการปิดเครื่อง
- 1.5.3 ศึกษาการทำงานในโหมดไฮเบอร์เนตของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและเขียนโปรแกรมควบคุมเพื่อสั่งให้คอมพิวเตอร์ไฮเบอร์เนตเมื่อไฟดับ
- 1.5.4 ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์และออกแบบวงจรทบทแรงดันแบบ 2 ทาง
- 1.5.5 สร้างแบบจำลองจากข้อ 1.5.4 และชุดควบคุมการทำงานของวงจรทั้งระบบ
- 1.5.6 ทดสอบและเก็บผลการทดลองการทำงานของวงจรทบทแรงดันแบบ 2 ทาง
- 1.5.7 นำ Internal UPS ที่สร้างมาใช้งานจริงกับคอมพิวเตอร์และแก้ไขจุดบกพร่อง

### 1.5.8 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานแบบไฮเบอร์เนตร่วมกับแหล่งจ่ายพลังงานภายในคอมพิวเตอร์ (Internal UPS)

1.6.2 สามารถนำความรู้ในส่วนของคนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้

1.6.3 สามารถเรียนรู้และเข้าใจในเรื่องการทำงานของแหล่งจ่ายพลังงานในคอมพิวเตอร์

1.6.4 สามารถออกแบบวงจรทบทแรงดันแบบ 2 ทางและวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

1.6.5 สามารถนำแหล่งจ่ายพลังงานต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์มาใช้ได้จริง

## บทที่ 2

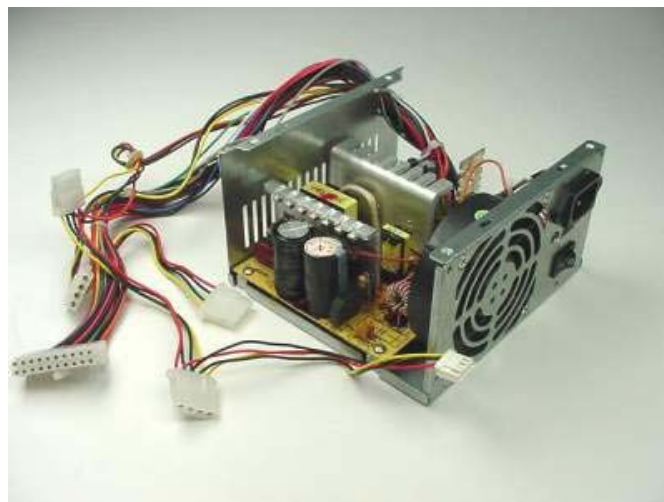
### ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

#### 2.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในเครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer Power Supply)

แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power supply) เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ทั้งหมดซึ่งในแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะมีวงจรคอนเวอร์เตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงแรงดันกระแสสลับเป็นแรงดันกระแสตรง

ในปี พ.ศ.2523 แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในคอมพิวเตอร์จะมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากซึ่งมาจากหม้อแปลงและตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่ (ประมาณกระป๋องน้ำอัดลม) โดยจะมีวงจรคอนเวอร์เตอร์แปลงจาก 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตเป็นแรงดันกระแสตรงขนาด 5 และ 12 โวลต์ แต่ในปัจจุบันนี้ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ามีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาลง

ในปัจจุบันนี้วงจรของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทำหน้าที่จ่ายกำลังให้กับอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์เช่นเมนบอร์ด มอเตอร์ขับเคลื่อนฮาร์ดไดรฟ์ พัดลมระบายอากาศ และซีดีไดรฟ์ จะมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 3.3 กับ 5 โวลต์ใช้สำหรับวงจรดิจิทัลในคอมพิวเตอร์ และแรงดัน 12 โวลต์ สำหรับมอเตอร์ในฮาร์ดดิสก์และพัดลม ดังแสดงในภาพประกอบ 2-1 ซึ่งวงจรของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก



ภาพประกอบ 2-1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในเครื่องคอมพิวเตอร์

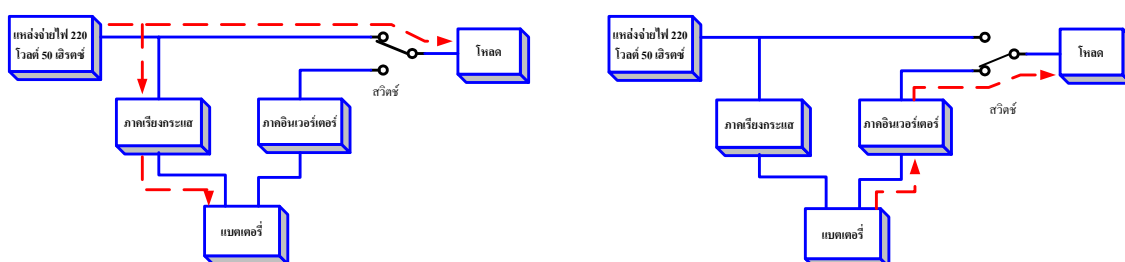
(ที่มา : <http://www.vestaldesign.com/blog/2006/09/googles-power-challenge.html>)

## 2.2 แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์ (Uninterruptible Power Supply, UPS)

ในปัจจุบันมีการใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องหรือยูพีเอสกับเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมากเพื่อป้องกันข้อมูลสูญหายเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องโดยยูพีเอสที่ใช้กับคอมพิวเตอร์แบ่งตามลักษณะการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ออกเป็น 2 ชนิดคือ

### 2.2.1 ยูพีเอสแบบภายนอก (External UPS)

ประกอบด้วยวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงเพื่อเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า เช่น ไฟตก ไฟดับ หรือคุณภาพไฟฟ้าผิดปกติ เป็นต้น ยูพีเอสชนิดนี้ก็จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับเพาเวอร์ซัพพลายของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งการทำงานของยูพีเอสแบบภายนอกได้แสดงภาพประกอบ 2-2 และรูปตัวอย่างของยูพีเอสแบบภายนอกได้แสดงในภาพประกอบ 2-3



ก) การทำงานในสภาวะปกติ

ข) การทำงานเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง

ภาพประกอบ 2-2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรแหล่งจ่ายพลังงานสำรองภายนอกคอมพิวเตอร์

(ที่มา : [http://www.ee.mut.ac.th/home/peerapol/semi\\_6.htm](http://www.ee.mut.ac.th/home/peerapol/semi_6.htm))



ภาพประกอบ 2-3 ยูพีเอสแบบภายนอก

### 2.2.2 ยูพีเอสแบบภายใน (Internal UPS)

ยูพีเอสประเภทนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถต่ออยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดย ยูพีเอสแบบภายในจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ก็คือ



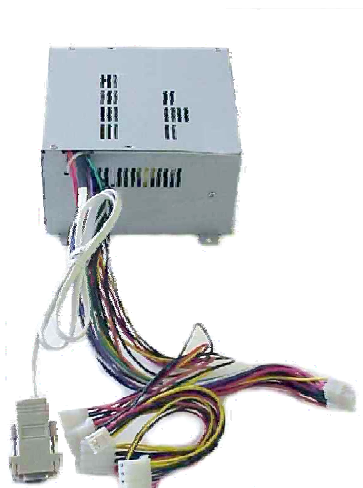
1) เป็นยูพีเอสที่มีส่วนประกอบเหมือนยูพีเอสแบบภายนอกทุกประการแต่ใช้การออกแบบให้มีขนาดเล็กเพื่อให้สามารถใส่เข้าไปในช่องของซีดีรอมขนาด 5.25 นิ้วได้ดังแสดงในภาพประกอบ 2-4



ภาพประกอบ 2-4 ยูพีเอสแบบภายในชนิดเหมือนกับยูพีเอสแบบภายนอก

(ที่มา : [http://www.adpos-usv.de/english/micro-pc\\_300-600.html](http://www.adpos-usv.de/english/micro-pc_300-600.html))

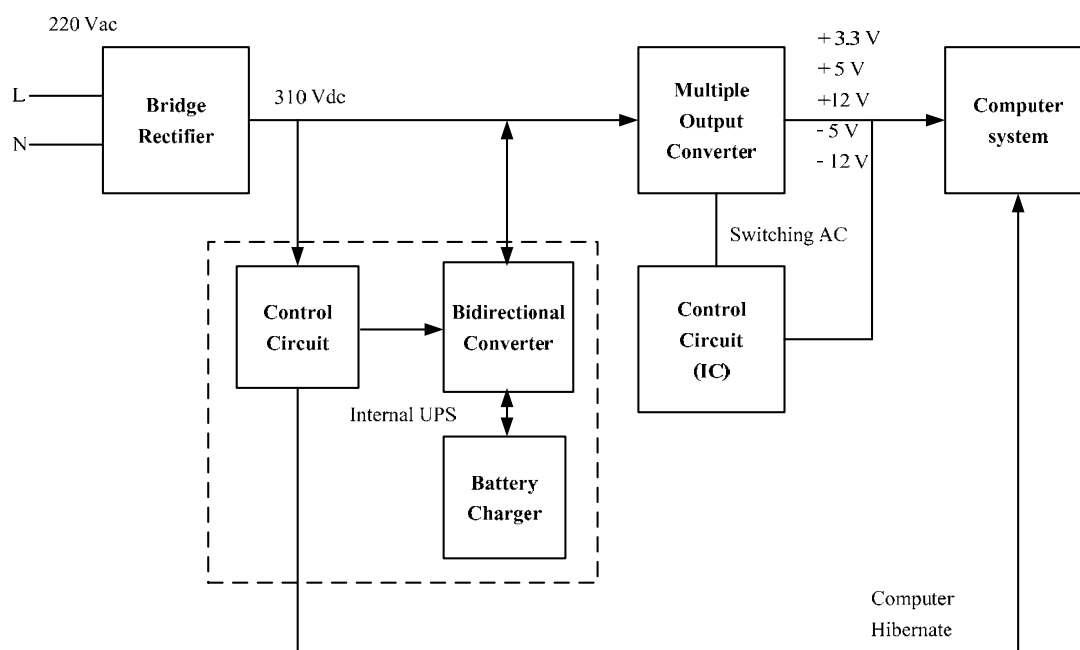
2) เป็นยูพีเอสที่มีการออกแบบเป็นเพาเวอร์ซัพพลายเครื่องคอมพิวเตอร์ใหม่ โดยรวมแบตเตอรี่อยู่ภายในด้วยซึ่งแหล่งจ่ายชนิดนี้จะมีส่วนวงจรควบคุมเพื่อให้สามารถทำงานได้ทั้งจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับจากภายนอกและจากแบตเตอรี่เมื่อไฟฟ้าภายนอกเกิดผิดปกติ ซึ่งจะแสดงในภาพประกอบ 2-5



ภาพประกอบ 2-5 ยูพีเอสแบบเป็นเพาเวอร์ซัพพลาย

(ที่มา : <http://www.indocomp.com/IND-UPS200-ATX.html>)

ในการออกแบบยูพีเอสแบบภายในคอมพิวเตอร์ในวิทยานิพนธ์นี้จะมีรูปแบบแตกต่างจากยูพีเอสแบบภายในที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นกล่าวคือจะไม่มีการออกแบบเพาเวอร์ซัพพลายใหม่แต่จะเป็นการเพิ่มเฉพาะส่วนของวงจรชาร์จแบตเตอรี่และส่วนของวงจรสำรองไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง โดยวงจรจะเชื่อมต่อเข้ากับวงจรเดิมในแหล่งจ่ายกำลังฟ้าของคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานอยู่ซึ่งแสดงวงจรที่ออกแบบดังภาพประกอบ 2-6



ภาพประกอบ 2-6 บล็อกไดอะแกรมของวงจรแหล่งจ่ายพลังงานต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์

### 2.3 การใช้พลังงานของอุปกรณ์ในคอมพิวเตอร์

ในคอมพิวเตอร์มีอุปกรณ์ภายในต่าง ๆ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละอย่างมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เท่ากันซึ่งการใช้พลังงานไฟฟารวมของอุปกรณ์ภายในต่างๆเป็นตัวเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 2-1

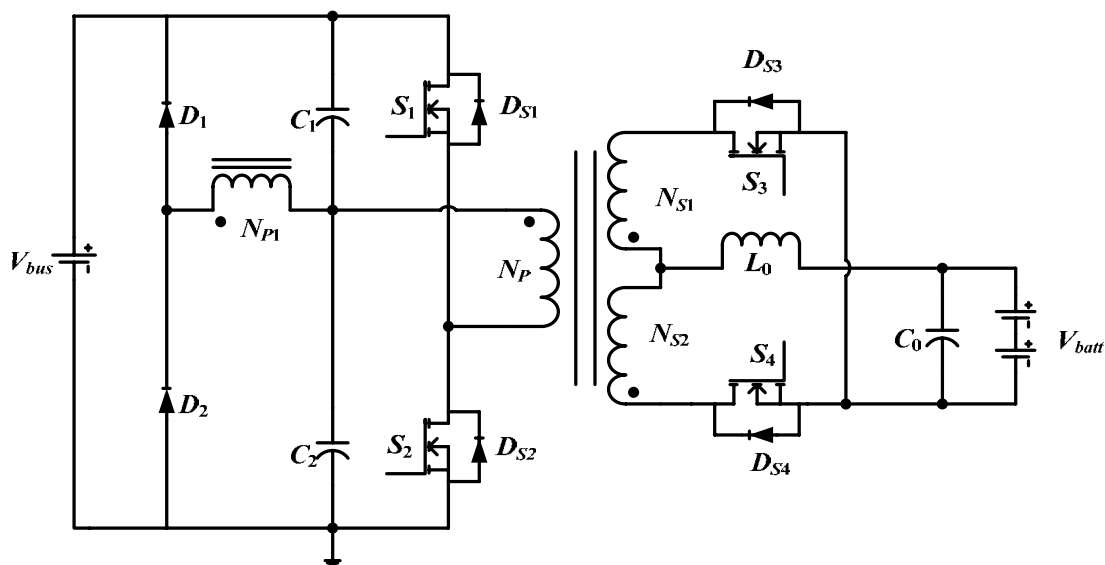
ตารางที่ 2-1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์

(ที่มา : <http://computer.howstuffworks.com/power-supply3.htm> )

อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์	พลังงานที่ใช้ (วัตต์)
Accelerated Graphics Port (AGP) card	20 - 30
Peripheral Component Interconnect (PCI) card	5
Small computer system interface(SCSI) PCI card	20 - 25
Floppy disk drive	5
Net work inter face	4
50x CD ROM drive	10 – 25
RAM	10 วัตต์ต่อ 128 MB
7200 RPM IDE hard disk drive	5 - 15
CPU	18 - 45

#### 2.4 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง (Bidirectional Converter)

ในงานวิจัยนี้ได้นำวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางมาใช้ในการออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายพลังงานต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์ (Internal DC UPS) ซึ่งวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางนี้จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือ โหมดการชาร์จแบตเตอรี่ (Forward Mode) ใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ (Half bridge Converter) ซึ่งวงจรและโหมดสำรองไฟฟ้า (Backup Mode) ใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พูช-พูล (Current-fed push-pull Converter) ดังภาพประกอบที่ 2-7 โดยวงจรฮาร์ฟบริดจ์จะสามารถลดขนาดพิกัดของอุปกรณ์ได้เนื่องจากแรงดันที่ผ่านหม้อแปลงจะเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันด้านเข้า ส่วนวงจรกระแสเฟด พูช-พูลนั้นจะมี  $L_o$  เป็นตัวช่วยแรงดันที่ขดลวด  $N_{S1}$  และ  $N_{S2}$  ของหม้อแปลงเพิ่มขึ้นทำให้สามารถลดจำนวนรอบในการพันหม้อแปลงลงได้ การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางมีการทำงานดังนี้



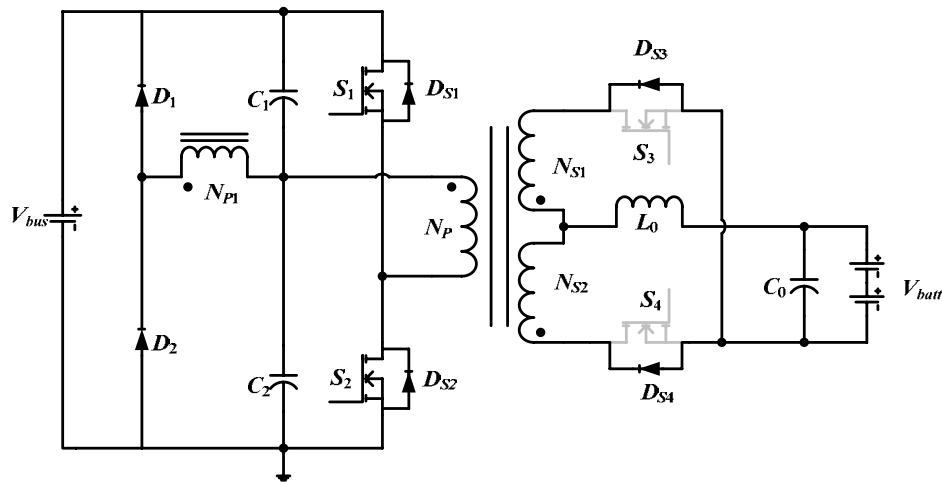
ภาพประกอบ 2-7 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

(ที่มา : Manu Jain, M. Daniele, Praveen K. Jain. A Bidirectional DC-DC Converter Topology for Low Power Application, IEEE Transaction on Power Electronics, pp 595 -606, July 2000)

#### 2.4.1 โหมดชาร์จแบตเตอรี่ (Forward Converter)

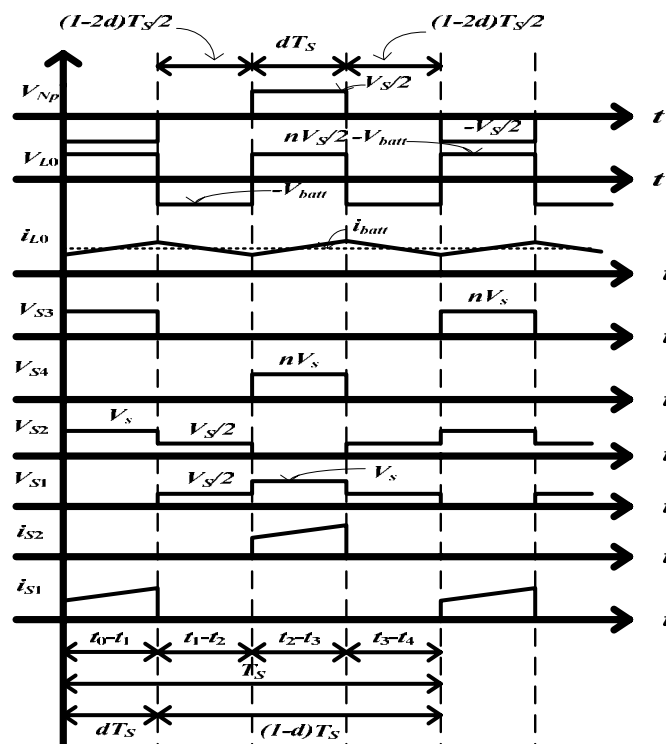
ในโหมดนี้มีวงจรดังภาพประกอบที่ 2-8 ซึ่งจะมีตัวเก็บประจุ  $C_1$  และ  $C_2$  ที่มีค่าความจุทางไฟฟ้าสูงเท่ากัน โดยแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้งสองเท่ากันทำให้แรงดันด้านเข้าของวงจร มีค่าเท่ากับ  $V_{bus}/2$  โดยมีสวิตช์  $S_1$  และ  $S_2$  ทำงานสลับกัน แรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์ก็จะมีค่าเท่ากับแรงดันด้านเข้า ส่วนแรงดันที่ตกคร่อมขดลวด  $N_p$  มีรูปคลื่นเป็นสัญญาณพัลส์ บวกและลบสลับกัน ขดลวด  $N_{p1}$  เป็นตัวทำให้แรงดันที่ถูกแบ่งครึ่งสมดุลกัน ซึ่งในโหมดนี้สวิตช์  $S_3$  และ  $S_4$  จะไม่มีการทำงานทำกระแสจะไหลผ่านไดโอด  $D_{S3}$  และไดโอด  $D_{S4}$  ในฝั่งของขดลวด  $N_s$  ซึ่งจะทำหน้าที่เรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นทำให้แรงดันด้านออกเป็นแรงดันกระแสตรงเพื่อชาร์จแบตเตอรี่

สำหรับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ค่า Duty ratio ที่ใช้สำหรับควบคุมสวิตช์  $S_1$  และ  $S_2$  ต้องมีค่าไม่เกิน 0.5 ซึ่งการทำงานของสวิตช์ในคาบเวลาต่างของคอนเวอร์เตอร์นี้จะมีรูปสัญญาณดังภาพประกอบ 2-9 โดยจะแบ่งการทำงานของสวิตช์ใน 1 คาบ ( $T_s$ ) เป็น 4 ช่วงตั้งแต่  $t_0$  ถึง  $t_4$



ภาพประกอบ 2-8 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์

(ที่มา : Manu Jain, M. Daniele, Praveen K. Jain. A Bidirectional DC-DC Converter Topology for Low Power Application, IEEE Transaction on Power Electronics, pp 595 -606, July 2000)

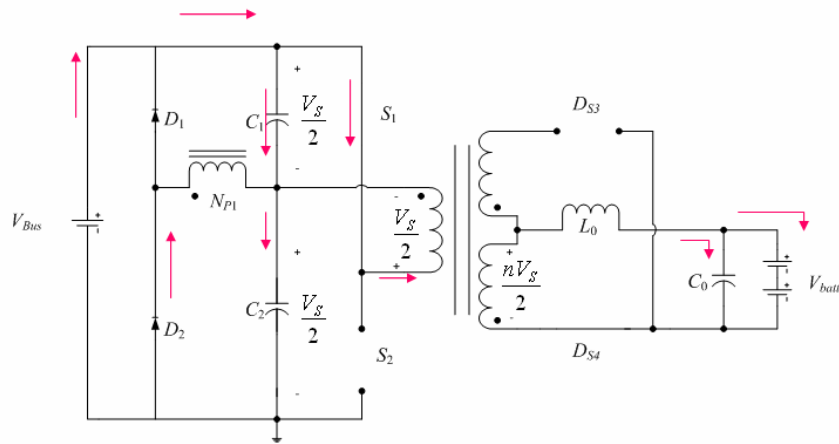


ภาพประกอบ 2-9 การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ในคาบเวลาต่าง ๆ

(ที่มา : Manu Jain, M. Daniele, Praveen K. Jain. A Bidirectional DC-DC Converter Topology for Low Power Application, IEEE Transaction on Power Electronics, pp 595 -606, July 2000)

### การทำงานในช่วง $t_0-t_1$

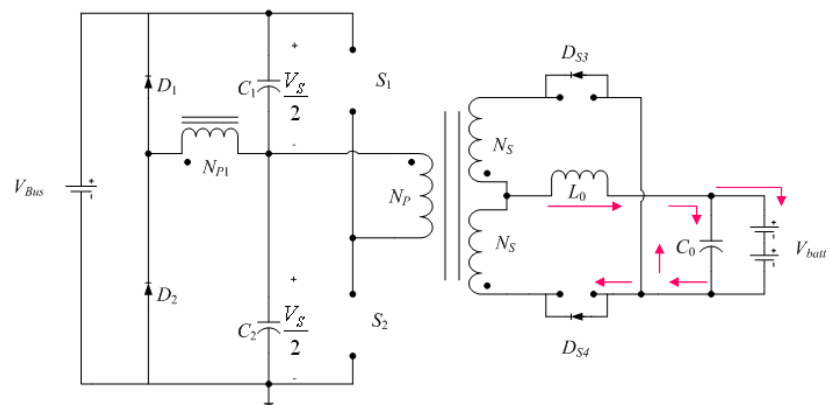
การทำงานในช่วงนี้สวิตช์  $S_1$  และไดโอด  $D_{S4}$  ทำงาน ส่วนสวิตช์  $S_2$  และไดโอด  $D_{S3}$  ไม่ทำงาน การไหลของกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 2-10



ภาพประกอบ 2-10 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์  
ทำงานในช่วง  $t_0 - t_1$

### การทำงานในช่วง $t_1 - t_2$

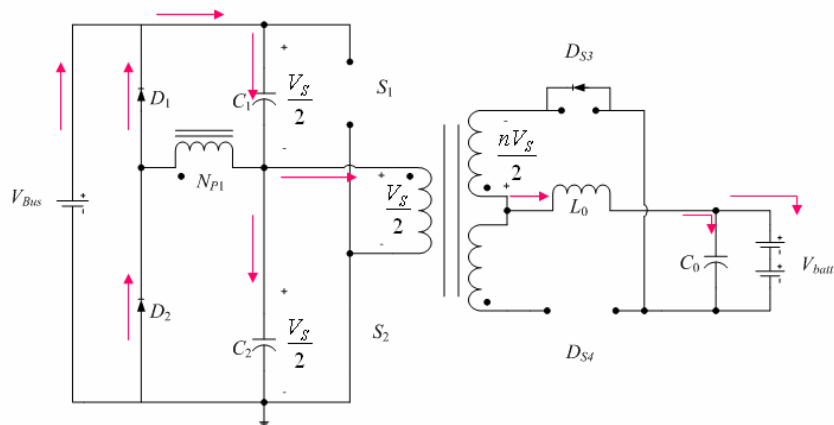
การทำงานในช่วงนี้สวิตช์  $S_1$  และสวิตช์  $S_2$  ไม่ทำงาน ส่วนไดโอด  $D_{S3}$  และไดโอด  $D_{S4}$  ทำงาน การไหลของกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 2-11



ภาพประกอบ 2-11 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์  
ทำงานในช่วง  $t_1 - t_2$

### การทำงานในช่วง $t_2 - t_3$

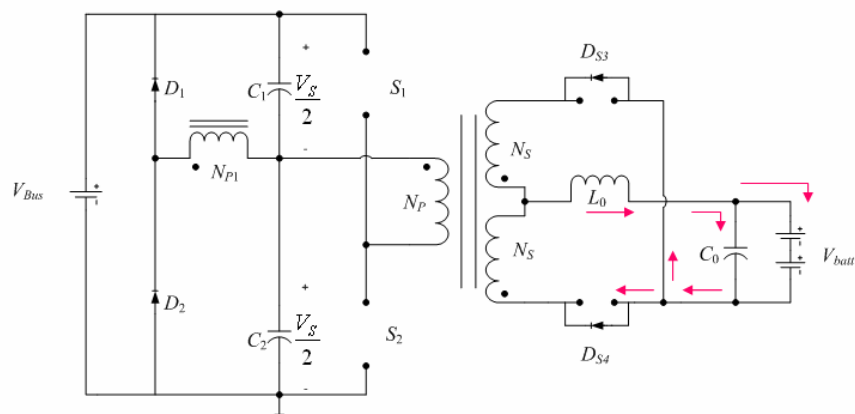
การทำงานในช่วงนี้สวิตช์  $S_2$  และไดโอด  $D_{S3}$  ส่วนสวิตช์  $S_1$  และไดโอด  $D_{S4}$  ไม่ทำงานการไหลของกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 2-12



ภาพประกอบ 2-12 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์  
ทำงานในช่วง  $t_2 - t_3$

### การทำงานในช่วง $t_3 - t_4$

การทำงานในช่วงนี้สวิตช์  $S_1$  และสวิตช์  $S_2$  ไม่ทำงานส่วนไดโอด  $D_{S3}$  และไดโอด  $D_{S4}$  ทำงานการไหลของกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 2-13



ภาพประกอบ 2-13 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์  
ทำงานในช่วง  $t_3 - t_4$

การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ จะคำนวณอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงซึ่งสามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ (2.1)

$$N = \frac{V_{bus} \cdot d}{V_{batt}} \quad (2.1)$$

- โดย  $N$  คือ อัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลง ( $N = N_P/N_S$ )
- $N_P$  คือ จำนวนรอบของหม้อแปลงด้านที่ใช้เป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ ( $N_P = N_{P1}$ )
- $N_S$  คือ จำนวนรอบของหม้อแปลงด้านที่ใช้เป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พุช-พูล ( $N_S = N_{S1} = N_{S2}$ )
- $d$  คือ Duty ratio ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์
- $V_{bus}$  คือ แรงดันด้านเข้าของวงจร (V)
- $V_{batt}$  คือ แรงดันที่ใช้ชาร์จแบตเตอรี่ (V)

กระแสสูงสุดที่ไหลผ่านสวิตช์  $S_1$  และ  $S_2$  สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (2.2)

$$I_P = \frac{P_{out} \cdot T}{\eta \cdot V_{in(t_{on(max)})}} \quad (2.2)$$

- โดย  $P_{out}$  คือ กำลังด้านออกของหม้อแปลง (W)
- $T$  คือ คาบเวลาการทำงานของวงจร (s)
- $\eta$  คือ ประสิทธิภาพของวงจรที่ได้กำหนดขึ้น

ในการหาค่าตัวเหนี่ยวนำ  $L_o$  จะใช้สมการที่ (2.3)

$$L_o = \frac{V_o \cdot (1 - 2d)}{4 \cdot f \cdot (i_L - I_{Lmin})} \quad (2.3)$$

ในส่วนของการออกแบบหม้อแปลง จะออกแบบโดยใช้วิธีผลคูณพื้นที่ (Area Product) สำหรับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์แรงดันที่หม้อแปลงจะเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันด้านเข้า (แรงดันบัส) ซึ่งในการออกแบบหม้อแปลงก็จะมีอยู่ 5 ขั้นตอนดังนี้



### 1) การหาค่ากำลังไฟฟ้าด้านออก

การหาค่ากำลังไฟฟ้าด้านออกของหม้อแปลงจะคำนวณได้จากสมการที่ (2.4) ในการ

หา

$$P_o = V_o \cdot I_o \quad (2.4)$$

ส่วนกำลังด้านเข้าของหม้อแปลงใช้สมการที่ (2.5)

$$P_{in} = \frac{P_o}{\eta} \quad (2.5)$$

โดย	$\eta$	คือ ประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์
	$P_o$	คือ กำลังด้านออกของวงจร (กำลังที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่)
	$V_o$	คือ แรงดันด้านออก (แรงดันที่ใช้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่)
	$I_o$	คือ กระแสด้านออก (กระแสที่ใช้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่)
	$P_{in}$	คือ กำลังด้านเข้าของวงจร (กำลังจากบัส)

### 2) การเลือกแกนหม้อแปลง

ในการเลือกแกนหม้อแปลงก็จะเลือกใช้วิธีผลคูณพื้นที่ดังสมการ (2.6)

$$A_P = A_C \cdot A_W = \frac{P_o \cdot \left( \sqrt{2} + \frac{1}{\eta} \right)}{4 \cdot J \cdot K_W \cdot B_m \cdot f_S} \quad (2.6)$$

โดย	$J$	คือ ความหนาแน่นกระแส ( $A/mm^2$ )
	$K_W$	คือ ค่า Window Utilization factor
	$B_m$	คือ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด (T)
	$f_S$	คือ ความถี่ในการทำงานของวงจร (Hz)
	$A_C$	คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน ( $m^2$ ), (Core area)
	$A_W$	คือ พื้นที่ภายในกรอบว่างของแกน ( $m^2$ ), (Window area)
	$A_P$	คือ ค่าผลคูณพื้นที่ (Area Product)

โดยทั่วไปจะกำหนดค่า  $K_W = 0.4$ ,  $\eta = 0.8$ ,  $B_m$  ของแกนเฟอร์ไรต์จะมีค่าอิ่มตัวที่ 0.3 T ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยควรกำหนด  $B_m = 0.2$  T, ส่วนค่า  $J$  นั้นในทางปฏิบัติจะเลือกที่ 2-5 A/mm<sup>2</sup> ซึ่งในการออกแบบจริงจะเลือกค่า  $J = 3$  A/mm<sup>2</sup>

### 3) การเลือกจำนวนรอบในการพันหม้อแปลง

เมื่อได้ค่าผลคูณพื้นที่ ( $A_P$ ) สามารถนำมาเลือกจำนวนรอบในการพันหม้อแปลง ด้านปฐม- ภูมิได้จากสมการที่ (2.7)

$$N_P = \frac{\frac{V_{bus}}{2}}{4 \cdot A_C \cdot B_m \cdot f_S} \quad (2.7)$$

จากค่าอัตราส่วนจำนวนรอบหม้อแปลง  $N$  ในสมการที่ (2.1) สามารถคำนวณจำนวนรอบด้านทุติยภูมิ  $N_S$  ได้ดังสมการที่ (2.8)

$$N_S = \frac{N_P}{N} \quad (2.8)$$

### 4) การเลือกขนาดขดลวด

ในการเลือกขนาดขดลวดสำหรับพันหม้อแปลงนั้นต้องดูค่ากระแสที่ผ่านขดลวดทั้งสองฝั่งซึ่งค่ากระแสที่ผ่านขดลวดด้านทุติยภูมิ  $N_S$  สามารถหาได้จากสมการที่ (2.9)

$$I_{N_S} = I_o \cdot \sqrt{d_{\max}} \quad (2.9)$$

ส่วนกระแสที่ผ่านขดลวดด้านปฐมภูมิ ( $I_{N_P}$ ) จะหาได้จากสมการที่ (2.10)

$$I_{N_P} = \frac{I_o}{N} \quad (2.10)$$

จากกระแสที่ไหลผ่านขดลวดสามารถนำมาคำนวณพื้นที่หน้าตัดของขดลวดทั้งสองด้านของหม้อแปลงได้ดังสมการที่ (2.11) และ (2.12)

$$a_{N_p} = \frac{I_{N_p}}{J} \quad (2.11)$$

$$a_{N_s} = \frac{I_{N_s}}{J} \quad (2.12)$$

โดย  $I_{N_p}$  คือ กระแสที่ผ่านขดลวดด้านปฐมภูมิ  $N_p$  (A)  
 $I_{N_s}$  คือ กระแสที่ผ่านขดลวดด้านทุติยภูมิ  $N_s$  (A)  
 $a_{N_p}$  คือ พื้นที่หน้าตัดของขดลวดด้านปฐมภูมิ  $N_p$  (mm<sup>2</sup>)  
 $a_{N_s}$  คือ พื้นที่หน้าตัดของขดลวดด้านทุติยภูมิ  $N_s$  (mm<sup>2</sup>)

จากพื้นที่หน้าตัดของขดลวดที่ได้จากการคำนวณสามารถนำไปเลือกเบอร์ขดลวดเพื่อใช้งานจริงได้

#### 5) การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบหม้อแปลงว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริงหรือไม่นั้นทำได้โดยการหาผลรวมของการคูณพื้นที่หน้าตัดขดลวดและจำนวนรอบของแต่ละขดลวดซึ่งจะต้องน้อยกว่าผลคูณของ  $A_w \cdot K_w$  ดังสมการที่ (2.13)

$$A_w \cdot K_w > \sum_{i=1}^m a_i \cdot N_i \quad (2.13)$$

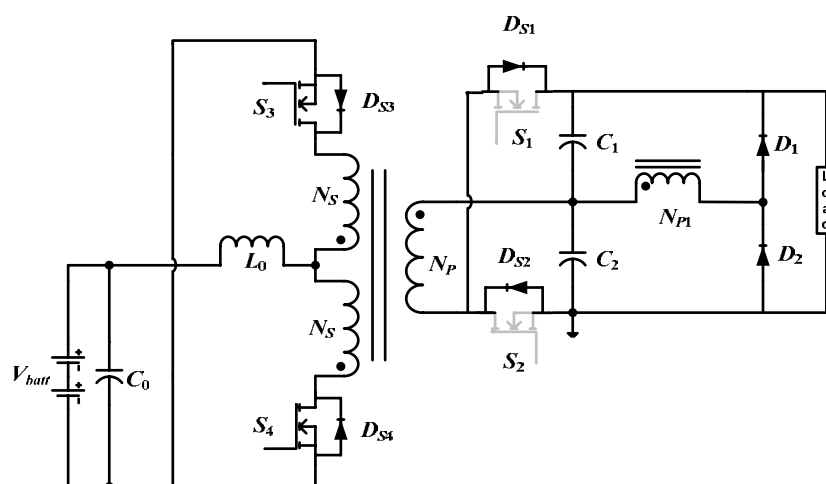
โดย  $m$  คือ จำนวนขดลวดทั้งหมดในหม้อแปลง

#### 2.4.2 โหมดสำรองไฟฟ้า (Backup Mode)

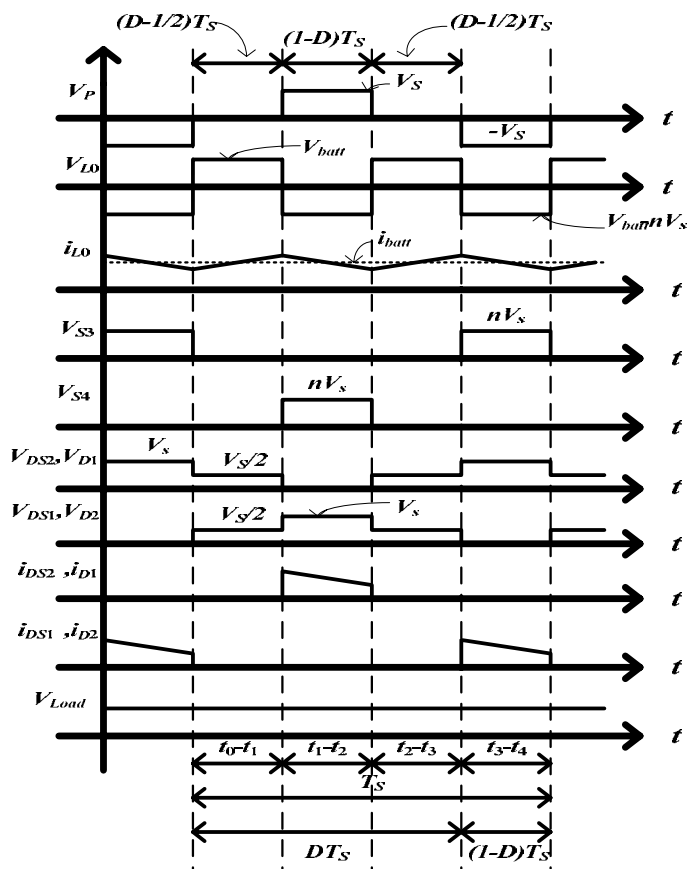
การทำงานในโหมดนี้จะใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พูช-พูล (Current-fed push-pull Converter) ซึ่งจะต่างจากวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบพูช-พูล คือจะมีตัวเหนี่ยวนำ  $L_o$  อยู่ทางด้านแหล่งจ่ายนั่นก็คือแบตเตอรี่ ดังภาพประกอบที่ 2-14 ตัวเหนี่ยวนำ  $L_o$  จะมีค่าสูงเพื่อให้แหล่งจ่ายด้านเข้ามีลักษณะเหมือนแหล่งจ่ายกระแส (Current source) การทำงานในโหมดนี้สวิตช์  $S_3$  และ  $S_4$  จะถูกควบคุมให้ทำงานโดยสวิตช์  $S_3$  จะนำกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด  $N_{S1}$  ในขณะที่สวิตช์  $S_4$  ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด  $N_{S2}$  สวิตช์  $S_1$  และ  $S_2$  ในโหมดนี้จะไม่ทำงานทำ

ให้กระแสไหลผ่านไดโอด  $D_{S1}$  และ  $D_{S2}$  ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรเรียงกระแสเพื่อส่งไปยังด้านออกแทน

สำหรับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พุช-พูล ค่า Duty ratio ที่ใช้สำหรับควบคุมสวิตช์  $S_3$  และ  $S_4$  ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.7 ซึ่งการทำงานของสวิตช์ในคาบเวลาต่างของคอนเวอร์เตอร์นี้จะมีรูปสัญญาณดังภาพประกอบ 2-15 โดยจะแบ่งการทำงานของสวิตช์ใน 1 คาบ ( $T_s$ ) เป็น 4 ช่วงตั้งแต่  $t_0$  ถึง  $t_4$



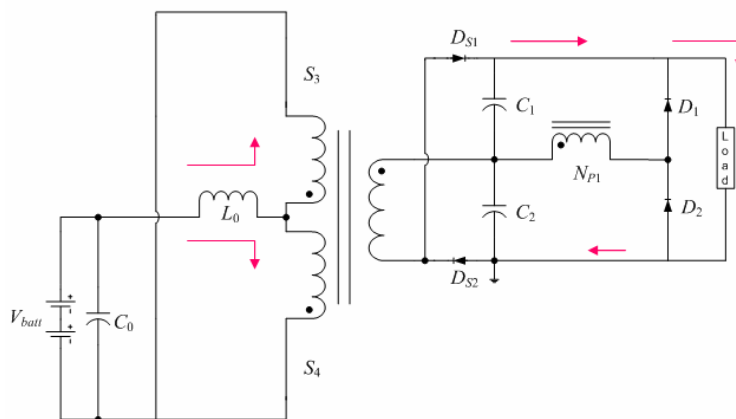
ภาพประกอบที่ 2-14 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบ กระแสเฟด พุช-พูล  
(ที่มา : Manu Jain, M. Daniele, Praveen K. Jain. A Bidirectional DC-DC Converter Topology for Low Power Application, IEEE Transaction on Power Electronics, pp 595 -606, July 2000)



ภาพประกอบ 2-15 การทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พุช-พูลในคาบเวลาต่าง ๆ  
 (ที่มา : Manu Jain, M. Daniele, Praveen K. Jain. A Bidirectional DC-DC Converter Topology for  
 Low Power Application, IEEE Transaction on Power Electronics, pp 595 -606, July 2000)

### การทำงานในช่วง $t_0 - t_1$

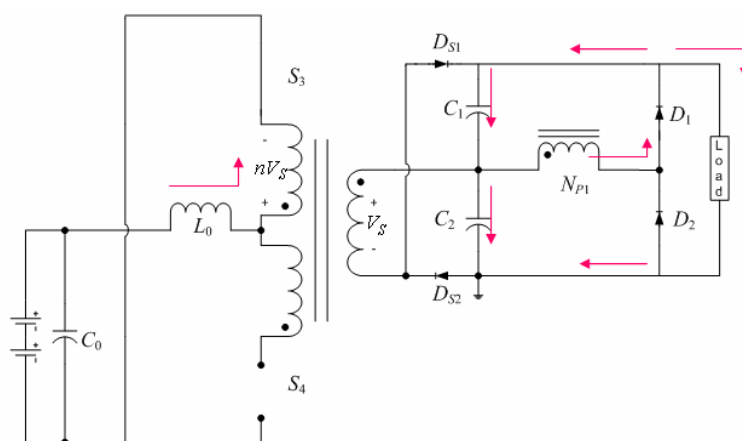
การทำงานในช่วงนี้สวิตช์  $S_3$  สวิตช์  $S_4$  ไดโอด  $D_{S1}$  ไดโอด  $D_{S2}$  ทำงานการไหลของกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 2-16



ภาพประกอบ 2-16 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูล  
ทำงานในช่วง  $t_0 - t_1$

### การทำงานในช่วง $t_1 - t_2$

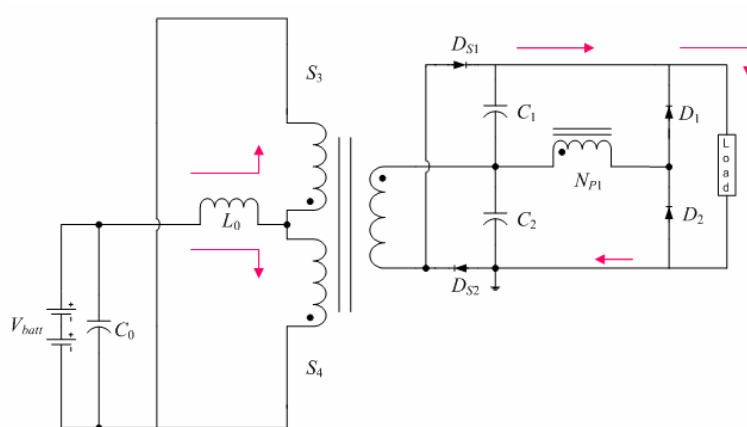
การทำงานในช่วงนี้สวิตช์  $S_3$  ไดโอด  $D_{S1}$  ไดโอด  $D_{S2}$  ทำงาน สวิตช์  $S_4$  ไม่ทำงานการไหลของกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 2-17



ภาพประกอบ 2-17 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูล  
ทำงานในช่วง  $t_1 - t_2$

### การทำงานในช่วง $t_2 - t_3$

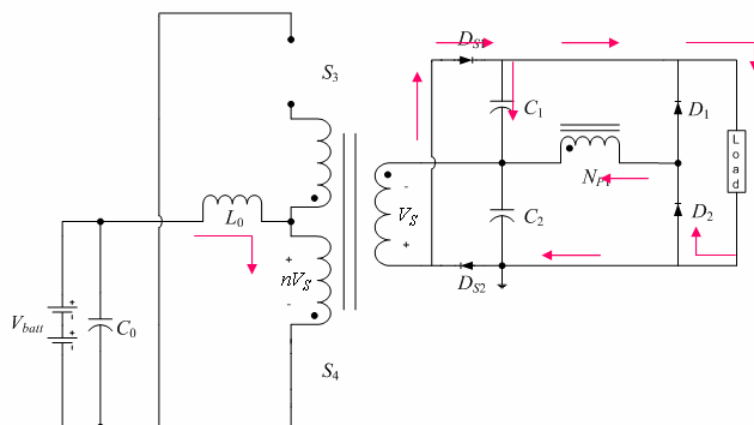
การทำงานในช่วงนี้ สวิตช์  $S_3$  สวิตช์  $S_4$  ไดโอด  $D_{S1}$  ไดโอด  $D_{S2}$  ทำงานการไหลของกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 2-18



ภาพประกอบ 2-18 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูล  
ทำงานในช่วง  $t_2 - t_3$

### การทำงานในช่วง $t_3 - t_4$

การทำงานในช่วงนี้ สวิตช์  $S_4$  ไดโอด  $D_{S1}$  ไดโอด  $D_{S2}$  ทำงาน สวิตช์  $S_3$  ไม่ทำงานการไหลของกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 2-19



ภาพประกอบ 2-19 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูล  
ทำงานในช่วง  $t_3 - t_4$

การทำงานในโหมดนี้จะเห็นได้ว่าสวิตช์  $S_3$  และ  $S_4$  จะทำงานพร้อมกันในช่วง  $t_0 - t_1$  และ  $t_2 - t_3$  เพื่อให้กระแสทำงานแบบต่อเนื่องและจะเป็นการสะสมพลังงานใน  $L_o$  เมื่อวงจรทำงานในช่วง  $t_1 - t_2$  และ  $t_3 - t_4$  แรงดันที่ขดลวด  $N_S$  ก็จะเพิ่มขึ้นเป็นแรงดันจากแบตเตอรี่ร่วมกับแรงดันที่สะสมใน  $L_o$  โดยในการออกแบบจะคำนวณหาอัตราส่วนจำนวนรอบหม้อแปลง ( Turn ratio) ของหม้อแปลงด้านออกของวงจรได้ดังสมการที่ (2.14)

$$\frac{1}{N} = \frac{V_{batt}}{2 \cdot V_{bus} \cdot (1 - D)} \quad (2.14)$$

โดย  $D$  คือ Duty ratio ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พุช-พูล

ในการคำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำ  $L_o$  เป็นดังสมการที่ (2.15)

$$L_o = \frac{V_{batt} \cdot (2D - 1)}{4 \cdot f_S \cdot (i_L - I_{Lmin})} \quad (2.15)$$

ในส่วนของการออกแบบหม้อแปลง ขั้นตอนก็จะมี 5 ขั้นตอนเช่นเดียวกับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ซึ่งจะมีการออกแบบดังนี้

### 1) การหาค่ากำลังไฟฟ้าด้านออก

การหาค่ากำลังไฟฟ้าด้านออกของหม้อแปลงหาได้จากสมการที่ (2.16) ในการหา

$$P_{op} = V_{op} \cdot I_{op} \quad (2.16)$$

โดย  $P_{op}$  คือ กำลังด้านออกของวงจร (กำลังที่ใช้ในการสำรองข้อมูล)

$V_{op}$  คือ แรงดันด้านออก (แรงดันที่ใช้ในการสำรองข้อมูล)

$I_{op}$  คือ กระแสด้านออก (กระแสที่ใช้ในการสำรองข้อมูล)

### 2) การเลือกแกนหม้อแปลง

ในการเลือกแกนหม้อแปลงก็จะเลือกใช้วิธีผลคูณพื้นที่ดังสมการ (2.17)



$$A_p = A_c \cdot A_w = \frac{\sqrt{2} \cdot P_{OP} \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}{4 \cdot J \cdot K_w \cdot B_m \cdot f_s} \quad (2.17)$$

### 3) การเลือกจำนวนรอบในการพันหม้อแปลง

เมื่อได้ค่าผลคูณพื้นที่ ( $A_p$ ) มาแล้วก็นำมาเลือกจำนวนรอบในการพันหม้อแปลงซึ่งจะใช้สมการที่ (2.18) ในการหา

$$N_s = \frac{V_{batt}}{4 \cdot A_c \cdot B_m \cdot f_s} \quad (2.18)$$

จำนวนรอบของ  $N_s$  หาได้จากสมการที่ (2.19)

$$N_p = N \cdot N_s \quad (2.19)$$

### 4) การเลือกขนาดขดลวด

ในการเลือกขนาดขดลวดสำหรับพันหม้อแปลงนั้นต้องดูค่ากระแสที่ผ่านขดลวดทั้งสองฝั่งซึ่งค่ากระแสที่ผ่านขดลวดฝั่ง  $N_s$  ใช้สมการที่ (2.20) ในการหา

$$I_{N_s} = N \cdot I_{N_p} \quad (2.20)$$

ส่วนกระแสที่ผ่านขดลวดฝั่ง  $N_p$  จะใช้สมการที่ (2.21) ในการหาค่า

$$I_{N_p} = I_{bus} \cdot \sqrt{D_{max}} \quad (2.21)$$

โดย  $I_{bus}$  คือ กระแสที่ใช้ในการสำรองไฟฟ้า

จากกระแสที่ไหลผ่านขดลวดสามารถนำมาคำนวณพื้นที่หน้าตัดของขดลวดทั้งสองด้านของหม้อแปลงได้ดังสมการที่ (2.22) และ (2.23)

$$a_{N_p} = \frac{I_{N_p}}{J} \quad (2.22)$$

$$a_{N_s} = \frac{I_{N_s}}{J} \quad (2.23)$$

### 5) การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบหม้อแปลงว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริงหรือไม่นั้นทำได้โดยการหาผลรวมของการคูณพื้นที่หน้าตัดขดลวดและจำนวนรอบของแต่ละขดลวดซึ่งจะต้องน้อยกว่าผลคูณของ  $A_w \cdot K_w$  ดังสมการที่ (2.24)

$$A_w \cdot K_w > \sum_{i=1}^m a_i \cdot N_i \quad (2.24)$$

โดย  $m$  คือ จำนวนขดลวดทั้งหมดในหม้อแปลง

## 2.5 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่มีความสำคัญอย่างยิ่งในแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่อง โดยคุณสมบัติที่สำคัญของแบตเตอรี่ในการนำมาใช้งานกับยูทีเอสคือความสามารถในการชาร์จ อายุการใช้งาน ขนาดและน้ำหนัก ในปัจจุบันแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในยูทีเอสมี 5 ชนิดคือ

### 2.5.1 แบตเตอรี่อัลคาไลน์ (Alkaline battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีบางประเภทที่สามารถรีชาร์จได้ แต่อายุการใช้งานจะสั้นมาก ๆ เหมาะกับการใช้ในงานที่ใช้พลังงานต่ำ ๆ ซึ่งจะมีแรงดัน 1.5 โวลต์ต่อเซลล์จะมีการคายประจุต่ำ

### 2.5.2 แบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียม (Nickel-cadmium battery, NiCd)

เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถรีชาร์จได้ แต่จะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการชาร์จแบตเตอรี่ นั่นคือจะต้องใช้แบตเตอรี่ให้หมดเกลี้ยงก่อนถึงจะชาร์จใหม่ได้ มิฉะนั้นจะทำให้เกิดเมมโมรี่เอฟเฟกต์ (Memory Effect) ซึ่งหมายถึงการชาร์จแบตเตอรี่ได้เพียงบางส่วน ไม่สามารถชาร์จได้เต็มที่ ซึ่งเกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่ในขณะที่แบตเตอรี่เดิมยังไม่หมดดี ทำให้การชาร์จครั้งต่อไปจะใช้เวลาสั้นลงเนื่องจากแบตเตอรี่จะเก็บความจำในการชาร์จที่สั้นที่สุดเอาไว้ และทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดน้อยลง หรือหากเราชาร์จทิ้งเอาไว้เวลานานเกินไปจะทำให้แบตเตอรี่ร้อนมากและเสียหายได้อีกเช่นกัน และนอกจากนี้สารแคดเมียมยังเป็นสารพิษที่อันตรายมากอีกด้วย โดยจะมีแรงดัน

ประมาณ 1.2 โวลต์ต่อเซลล์ มีการคายประจุเองประมาณ 10 % ต่อเดือนการชาร์จประจุจะใช้วิธีคงค่ากระแส ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการชาร์จไฟ 60 %

### 2.5.3 แบตเตอรี่นิเกิล-เมทัล ไฮไดรด์ (Nickel-Metal Hydride battery, NiMH)

เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จได้ และสามารถเก็บพลังงานได้มากกว่าแบตเตอรี่ประเภท NiCd แต่จะมี Memory Effect เหมือนกับแบตเตอรี่แบบ NiCd แต่จะไม่มีโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์มีอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ประเภทนี้จะสั้นกว่าแบบ NiCd โดยจะมีแรงดันประมาณ 1.2 โวลต์ต่อเซลล์ มีการคายประจุเอง (Self discharge) ประมาณ 20-30 % ต่อเดือน การชาร์จประจุแบตเตอรี่ประเภทนี้จะใช้วิธีคงค่ากระแส และคงค่าแรงดันซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการชาร์จประมาณ 60 %

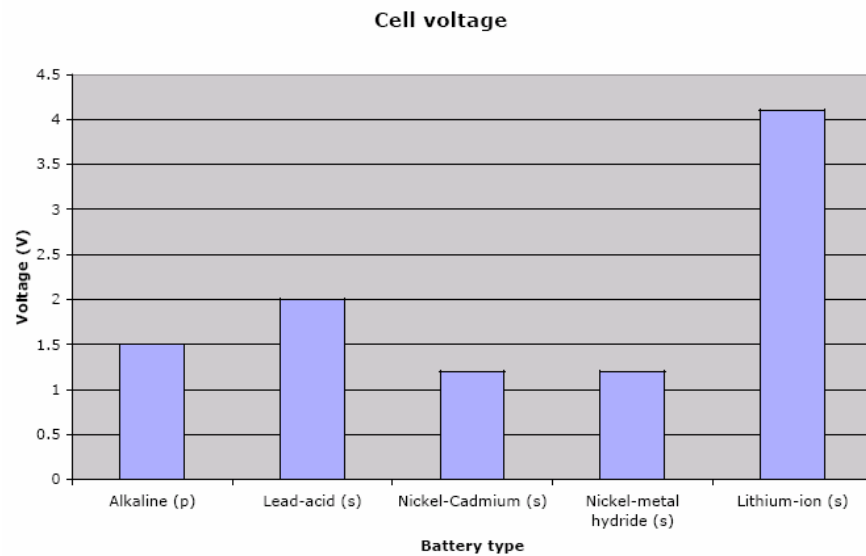
### 2.5.4 แบตเตอรี่แบบลิธแอซิด (Lead-acid battery)

เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จได้ และเก็บพลังงานได้สูงแต่จะมีข้อเสียที่น้ำหนักมากซึ่งจะเหมาะกับงานในโรงพยาบาล ใช้เป็นไฟฉุกเฉินและใช้เป็นแบตเตอรี่สำรองให้กับแหล่งจ่ายพลังงานแบบต่อเนื่อง (UPS) โดยจะมีแรงดันประมาณ 2.2 โวลต์ต่อเซลล์ มีการคายประจุเองประมาณ 5 % ต่อเดือนการชาร์จประจุจะใช้วิธีคงค่ากระแสและคงค่าแรงดัน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการชาร์จไฟ 75 %

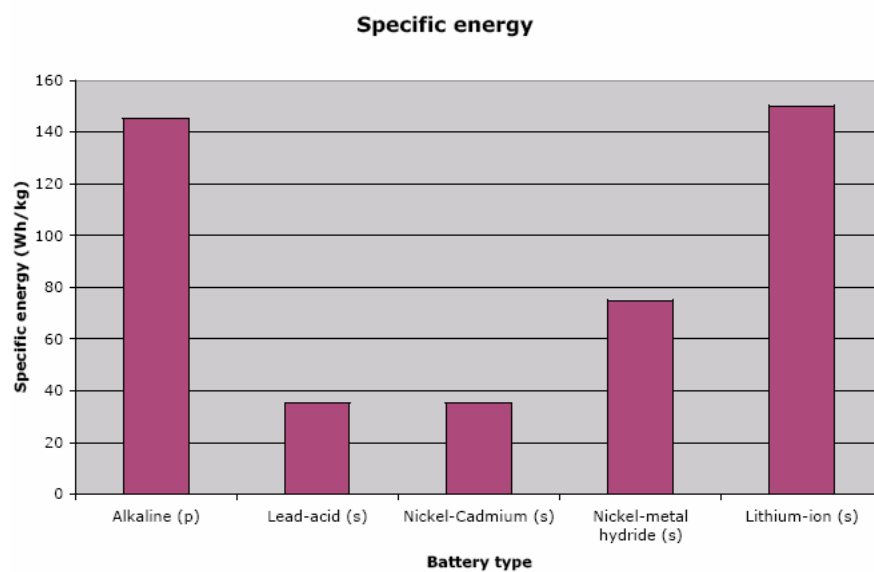
### 2.5.5 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium ion battery, Li-ion)

เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จได้ มีน้ำหนักเบาและมีความจุพลังงานสูงและยังสามารถชาร์จประจุได้โดยไม่มีผลของ Memory Effect ทำให้อายุการใช้งานและชั่วโมงการใช้งานสูงแต่อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ประเภทนี้ต้องมีวงจรที่ช่วยป้องกันการชาร์จประจุเกินเหมาะสำหรับการใช้งานในอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์มือถือโดยจะมีแรงดันประมาณ 3.6 โวลต์ต่อเซลล์ มีการคายประจุเองประมาณ 2-5 % ต่อเดือนการชาร์จประจุจะใช้วิธีคงค่ากระแสและคงค่าแรงดัน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการชาร์จประจุประมาณ 95 %

โดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแบตเตอรี่จะแสดงในภาพประกอบ 2-20 ถึงภาพ ประกอบ 2- 24

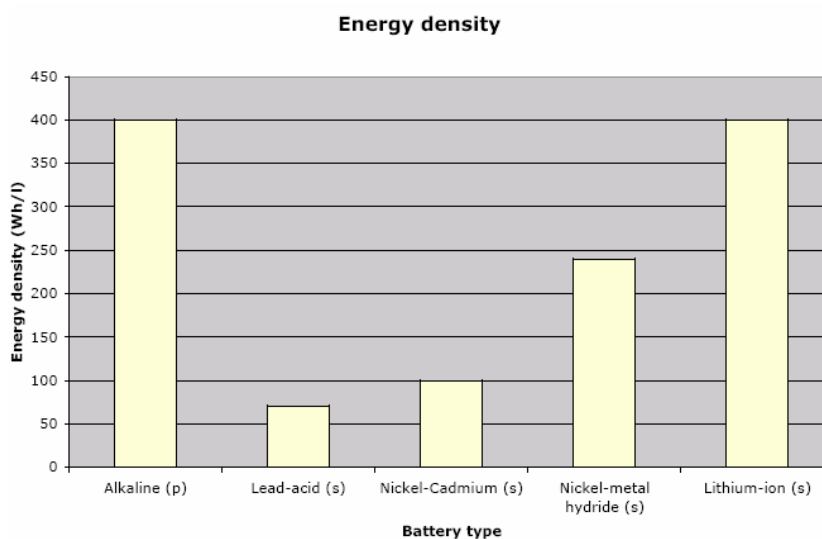


ภาพประกอบ 2-20 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันต่อ 1 เซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ  
(ที่มา : Linden ,Reddy,“Handbook of Batteries” ,Product Engineering Processes)

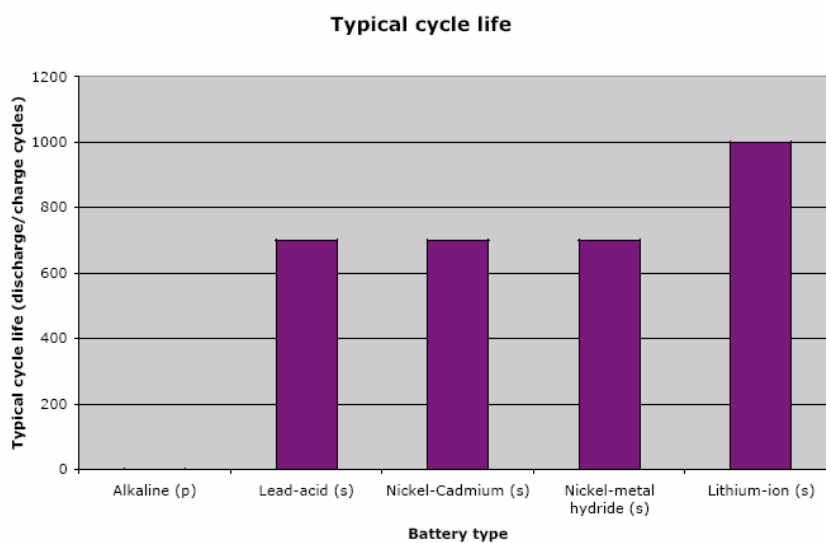


ภาพประกอบ 2-21 แสดงการเปรียบเทียบ ปริมาณการเก็บพลังงานต่อน้ำหนักของแบตเตอรี่ชนิด  
ต่าง ๆ

(ที่มา : Linden ,Reddy,“Handbook of Batteries” ,Product Engineering Processes )

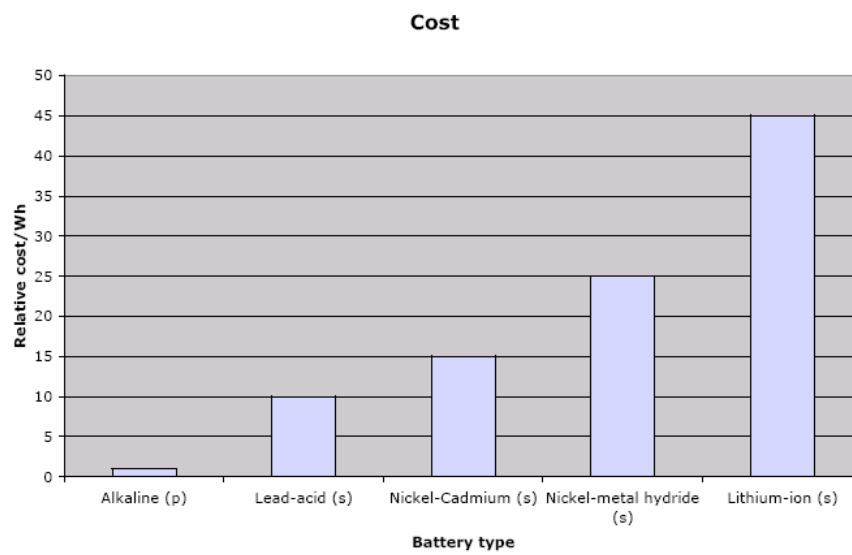


ภาพประกอบ 2-22 แสดงการเปรียบเทียบการเก็บพลังงานต่อปริมาตรของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ  
(ที่มา : Linden ,Reddy,“Handbook of Batteries” ,Product Engineering Processes )



ภาพประกอบ 2-23 แสดงการเปรียบเทียบรอบของการชาร์จและการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ

(ที่มา : Linden ,Reddy,“Handbook of Batteries” ,Product Engineering Processes)



ภาพประกอบ 2-24 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างราคาต่อการเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ (ที่มา : Linden ,Reddy,“Handbook of Batteries” ,Product Engineering Processes )

ซึ่งแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับยูพีเอสแบบภายในคอมพิวเตอร์ (Internal DC UPS) ควรจะมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เก็บพลังงานได้สูง และราคาไม่สูงมาก

## บทที่ 3

### การออกแบบวงจร

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ (Internal DC UPS) ซึ่งในการออกแบบนั้นมีหลายส่วนด้วยกันประกอบด้วยส่วนที่เป็นการออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางเพื่อใช้เป็นวงจรหลักในการชาร์จแบตเตอรี่และการเก็บคัพข้อมูล ส่วนที่เป็นโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของวงจรทบทวนแรงดันแบบ 2 ทาง ส่วนที่เป็นโปรแกรมสำหรับสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ไฮเบอร์เนต ส่วนที่เป็นวงจรสำหรับควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ และส่วนที่เป็นวงจรรีเลย์ที่ใช้ในการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ โดยจะมีการออกแบบดังนี้

#### 3.1 การออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

ในการออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางจะแบ่งการออกแบบเป็น 2 ส่วนก็คือ ส่วนที่เป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ และส่วนที่เป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟดฟูช-พูค โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในวงจรดังต่อไปนี้

แรงดันบัส ( $V_{bus}$ )	=	310 V
แรงดันแบตเตอรี่ ( $V_{batt}$ )	=	24 V
ความถี่ของการสวิตช์ซิ่ง ( $f_s$ )	=	100 kHz
กระแสที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ ( $I_{batt}$ )	=	0.7 A
กระแสที่ใช้ในการสำรองไฟฟ้า ( $I_{bus}$ )	=	0.5 A

##### 3.1.1 การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์

จากสมการวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ในบทที่ 2 นำมาใช้ในการออกแบบโดยเริ่มจากการหาค่าอัตราส่วนหม้อแปลง ( $N$ )

$$\text{จาก } N = \frac{V_{bus} \cdot d}{V_{batt}}$$
$$\text{จะได้ } N = \frac{310 \times 0.45}{27.9}$$

$$N = 5.0$$

∴ ค่าอัตราส่วนหม้อแปลงเท่ากับ 5

คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำ  $L_o$

$$\begin{aligned} \text{จาก } L_o &= \frac{V_o \cdot (1 - 2d)}{4 \cdot f \cdot (i_L - I_{L\min})} \\ L_o &= \frac{27.9 \times (1 - 2 \times 0.45)}{4 \times 100 \times 10^3 \times (0.7 - 0.65)} \\ L_o &= 138 \text{ } \mu\text{H} \end{aligned}$$

$\therefore$  ค่าตัวเหนี่ยวนำ  $L_o$  เท่ากับ 138  $\mu\text{H}$

การออกแบบหม้อแปลงทำตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน

1) กำลังไฟฟ้าค้ำออก

$$\begin{aligned} P_o &= V_o \cdot I_o \\ P_o &= 30 \times 0.7 \\ P_o &= 21 \text{ W} \end{aligned}$$

2) เลือกแกนหม้อแปลงจาก

$$A_p = A_c \cdot A_w = \frac{P_o \cdot \left( \sqrt{2} + \frac{1}{\eta} \right)}{4 \cdot J \cdot K_w \cdot B_m \cdot f_s}$$

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาแทนจะกำหนดค่า  $K_w = 0.4$ ,  $\eta = 0.8$ ,  $B_m = 0.2 \text{ T}$ , ค่า  $J = 3 \text{ A/mm}^2$  จะได้

$$A_p = \frac{21 \times \left( \sqrt{2} + \frac{1}{0.8} \right)}{4 \times 3 \times 10^6 \times 0.4 \times 0.2 \times 100 \times 10^3} \text{ m}^4$$

$$A_p = 5.82796 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

เลือกแกน ETD 44 ซึ่งมีค่า  $A_p = 3.7062 \times 10^{-8} \text{ m}^4$

โดยแกน ETD 44 มีค่า  $A_c = 1.74 \text{ cm}^2$ ,  $A_w = 2.13 \text{ cm}^2$



3) จำนวนรอบ  $N_P$

$$\text{จาก } N_P = \frac{\frac{V_{bus}}{2}}{4 \cdot A_C \cdot B_m \cdot f_S}$$

$$N_P = \frac{\frac{310}{2}}{4 \times 1.74 \times 10^4 \times 0.2 \times 100 \times 10^3}$$

$$N_P = 11.135 \text{ รอบ} \quad \text{เลือก 15 รอบ}$$

จะได้

$$N_S = \frac{N_P}{N} = \frac{15}{5} = 3 \text{ รอบ}$$

4) หาขนาดขดลวดสำหรับพันหม้อแปลง

จาก

$$I_{N_S} = I_O \cdot \sqrt{d_{\max}}$$

$$I_{N_S} = 0.7 \sqrt{0.45} = 0.47 \text{ A}$$

$$I_{N_P} = \frac{I_O}{N}$$

$$I_{N_P} = \frac{0.7}{5} = 0.14 \text{ A}$$

นำกระแสที่ได้มาคำนวณขนาดลวด

$$a_{N_P} = \frac{I_{N_P}}{J}$$

$$a_{N_P} = \frac{0.14}{3 \times 10^6} = 0.047 \text{ mm}^2$$

เปิดตารางสายในภาคผนวก ก

เลือกขดลวดเบอร์ SWG 32 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ  $0.05910 \text{ mm}^2$

$$a_{N_S} = \frac{I_{N_S}}{J}$$

$$a_{N_S} = \frac{0.47}{3 \times 10^6} = 0.152 \text{ mm}^2$$

เลือกขดลวดเบอร์ SWG 26 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ  $0.16420 \text{ mm}^2$

5) ตรวจสอบความถูกต้อง

จาก

$$A_w \cdot K_w > \sum_{i=1}^m a_i \cdot N_i$$

$$A_w \cdot K_w = 2.13 \times 10^{-4} \times 0.4 = 85.2 \text{ mm}^2$$

$$\sum_{i=1}^4 a_i \cdot N_i = 2(0.05910 \times 15) + 2(0.16420 \times 3)$$

$$\sum_{i=1}^4 a_i \cdot N_i = 2.7582 \text{ mm}^2$$

ซึ่งน้อยกว่าค่า  $A_w \cdot K_w$  แสดงว่าผลการออกแบบถูกต้อง

### 3.1.2 การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พุช-พูล

เริ่มต้นด้วยการหาอัตราส่วนจำนวนรอบ ( $N$ ) ใช้สมการที่ (2.14) ในการคำนวณจะ

ได้

$$\frac{1}{N} = \frac{24}{2 \times (1 - 0.8) \times 310}$$

$$N = 5.1$$

เลือกอัตราส่วน  $N = 5$  เพื่อให้สอดคล้องกับแบบฮาร์ฟบริดจ์ด้วย

คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำ  $L_o$  ใช้สมการที่ (2.15)

$$L_o = \frac{24 \times ((2 \times 0.8) - 1)}{4 \times 100 \times 10^3 \times (10 - 9.5)} = 72 \text{ } \mu\text{H}$$

ออกแบบหม้อแปลงก็จะใช้ขั้นตอน 5 ขั้นตอนจากในบทที่ 2 เช่นเดียวกัน

1) กำลังไฟฟ้านำออก

$$P_{OP} = V_{OP} \cdot I_{OP}$$

$$P_{OP} = 310 \times 0.5$$

$$P_{OP} = 155 \text{ W}$$

2) เลือกแกนหม้อแปลงจาก

$$A_p = A_c \cdot A_w = \frac{\sqrt{2} \cdot P_{OP} \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}{4 \cdot J \cdot K_w \cdot B_m \cdot f_s}$$

นำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาแทนจะได้

$$A_p = \frac{\sqrt{2} \times 115 \times \left(1 + \frac{1}{0.8}\right)}{4 \times 3 \times 10^6 \times 0.4 \times 0.2 \times 100 \times 10^3} \text{ m}^4$$

$$A_p = 51.368 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

เลือกแกน ETD 44 ซึ่งมีค่า  $A_p = 370.62 \times 10^{-10} \text{ m}^4$

แกน ETD 44 มีค่า  $A_c = 1.74 \text{ cm}^2$

$$A_w = 2.13 \text{ cm}^2$$

3) หาจำนวนรอบ  $N_p$

จาก 
$$N_s = \frac{V_{batt}}{4 \cdot A_c \cdot B_m \cdot f_s}$$

$$N_s = \frac{24}{4 \times 1.74 \times 10^4 \times 0.2 \times 100 \times 10^3}$$

$$N_s = 2 \text{ รอบ}$$

เลือก 21 รอบเนื่องจากต้องการให้จำนวนขดลวดได้เต็มแกนพอดี  
จะได้

$$N_p = N \cdot N_s = 5 \times 21 = 105 \text{ รอบ}$$

4) ขนาดขดลวดสำหรับพันหม้อแปลง

จาก

$$I_{N_p} = I_{bus} \cdot \sqrt{D_{\max}}$$

$$I_{N_p} = 0.5 \times \sqrt{0.8} = 0.447 \text{ A}$$

$$I_{N_s} = N \cdot I_{N_p}$$

$$I_{N_s} = 5 \times 0.447 = 2.235 \text{ A}$$

นำกระแสที่ได้มาคำนวณพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

$$a_{N_p} = \frac{I_{N_p}}{J}$$

$$a_{N_p} = \frac{0.447}{3 \times 10^6} = 0.149 \text{ mm}^2$$

เปิดตารางสายในภาคผนวก ก

เลือกขดลวดเบอร์ SWG 25 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด  $0.2027 \text{ mm}^2$

$$a_{N_s} = \frac{I_{N_s}}{J}$$

$$a_{N_s} = \frac{2.235}{3 \times 10^6} = 0.745 \text{ mm}^2$$

เปิดตารางสายในภาคผนวก ก เลือกขดลวดเบอร์ SWG 19 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด

$$0.8107 \text{ mm}^2$$

#### 5) ตรวจสอบความถูกต้อง

จาก

$$A_w \cdot K_w > \sum_{i=1}^m a_i \cdot N_i$$

$$A_w \cdot K_w = 2.13 \times 10^{-4} \times 0.4 = 85.2 \text{ mm}^2$$

ส่วนค่า

$$\sum_{i=1}^4 a_i \cdot N_i = 2(0.2027 \times 105) + 2(0.8107 \times 21)$$

$$\sum_{i=1}^4 a_i \cdot N_i = 76.61 \text{ mm}^2$$

ซึ่งจะน้อยกว่าค่า  $A_w \cdot K_w$  แสดงว่าการออกแบบมีความถูกต้อง

∴ การออกแบบหม้อแปลงสำหรับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางจะเลือกใช้แกน

โดยมี	จำนวนรอบ $N_P$	105	รอบ	ใช้ขดลวดเบอร์ SWG 25
	จำนวนรอบ $N_S$	21	รอบ	ใช้ขดลวดเบอร์ SWG 19

### 3.1.3 การเลือกสวิตช์และอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร

ในการเลือกค่าอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรแสดงดังตารางที่ 3-1

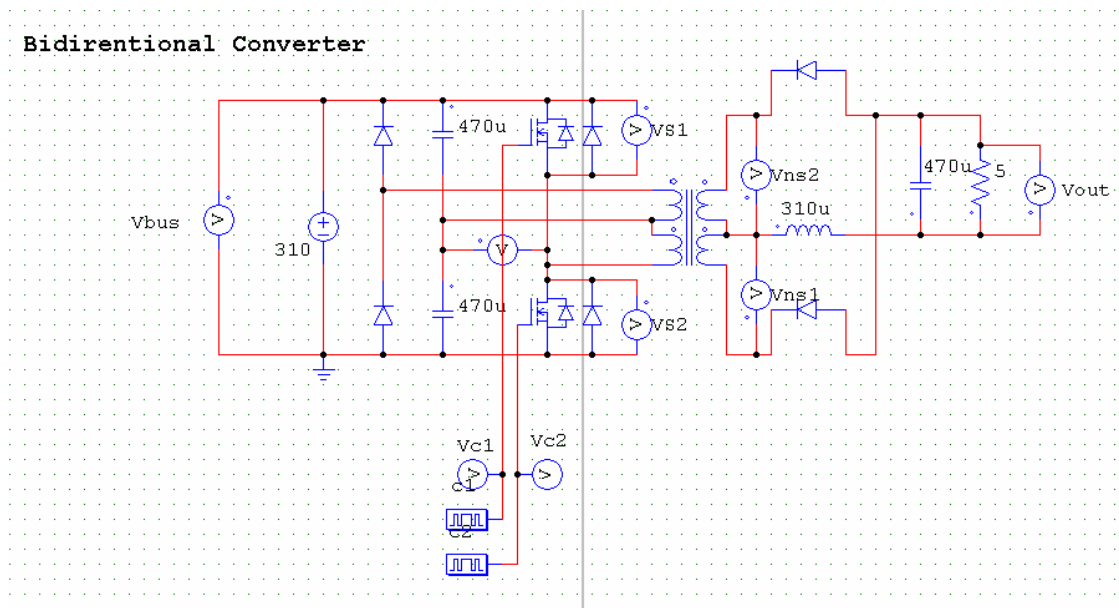
ตาราง 3-1 ตารางเลือกค่าอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

พารามิเตอร์	อุปกรณ์/ค่าที่เลือก	พารามิเตอร์	อุปกรณ์/ค่าที่เลือก
$D_1, D_2$	MUR460	$N_P$	105 รอบ
$C_1, C_2$	470 $\mu$ F	$N_S$	21 รอบ
$S_1, S_2$	IRF840	$d$	0.45
$S_3, S_4$	IRFP250	$D$	0.80
$C_o$	470 $\mu$ F	$L_o$	138 $\mu$ H

### 3.2 การจำลองการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

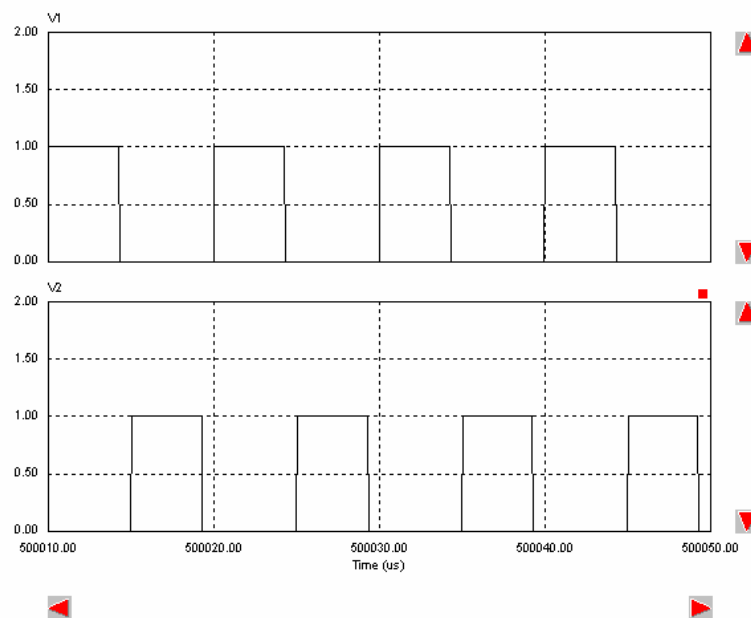
จากการนำค่าต่างๆ ของอุปกรณ์ในการสร้างวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางมาสร้างแบบจำลองในโปรแกรม PSIM และจำลองการทำงานซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.2.1 การจำลองการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์สำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ซึ่งแสดงดังภาพประกอบ 3-1

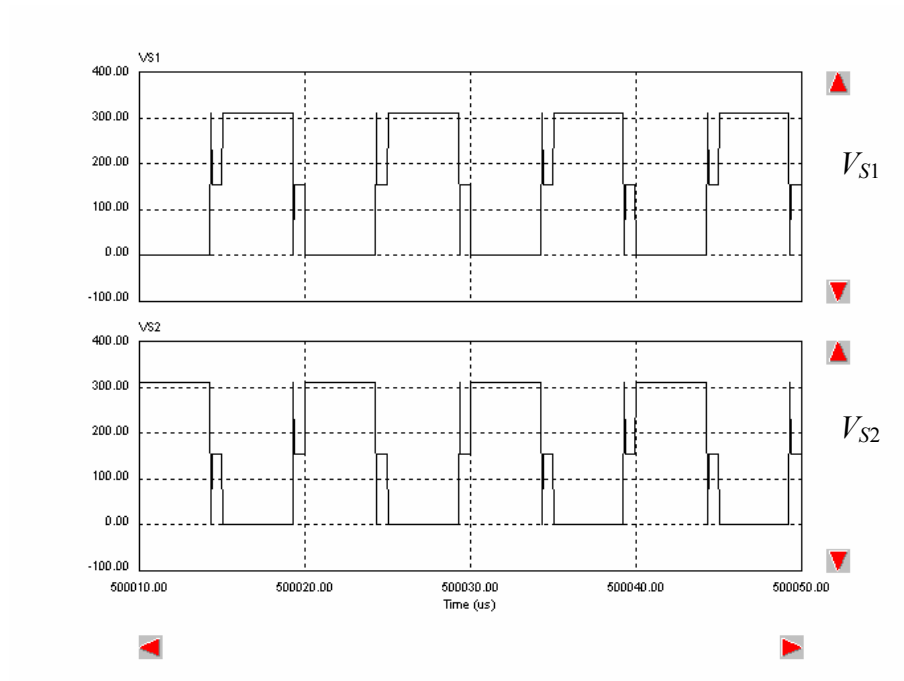


ภาพประกอบ 3-1 วงจรคอนเวอร์เตอร์ทำงานแบบฮาร์ฟบริดจ์

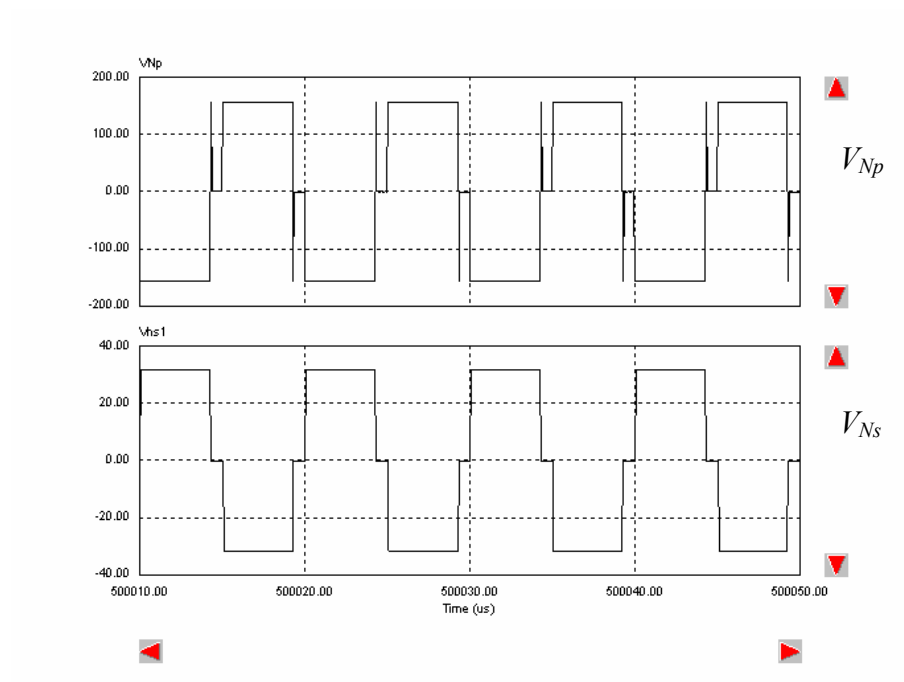
รูปคลื่นกระแสและแรงดันจากการจำลองการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟ-บริดจ์แสดงดังภาพประกอบ 3-2 ถึง 3-6



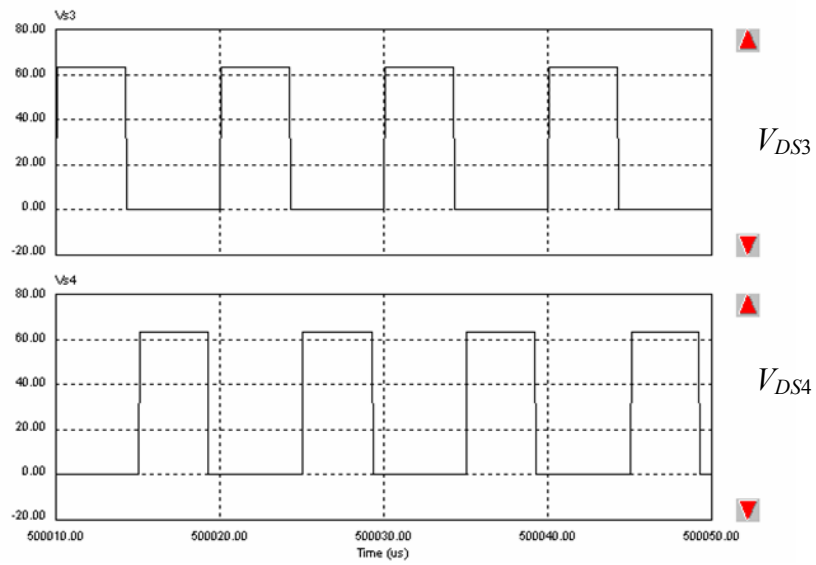
ภาพประกอบ 3-2 สัญญาณควบคุมสวิตช์  $S_1$  และ  $S_2$



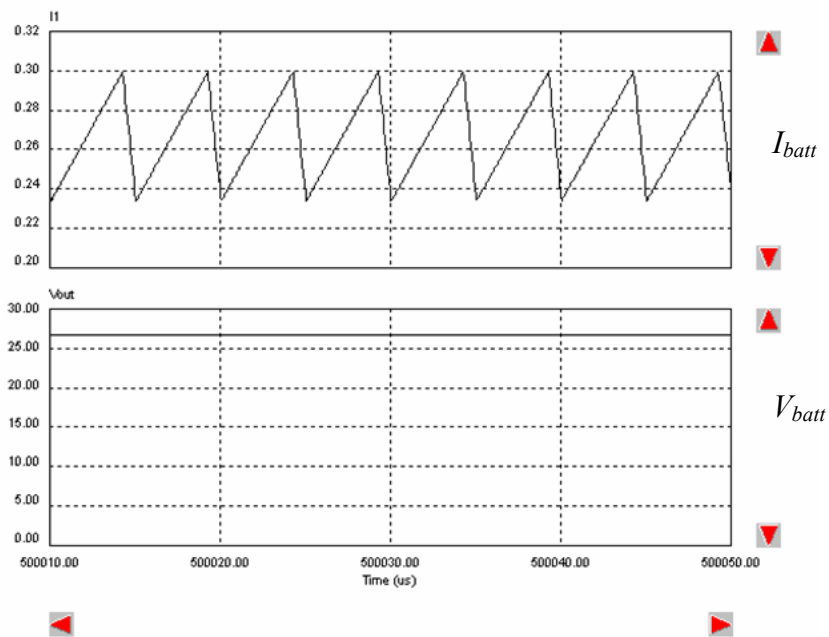
ภาพประกอบ 3-3 แรงดันตกคร่อมสวิตช์  $S_1$  และ  $S_2$



ภาพประกอบ 3-4 แรงดันตกคร่อมหม้อแปลง  $N_p$  และ  $N_s$  ตามลำดับ



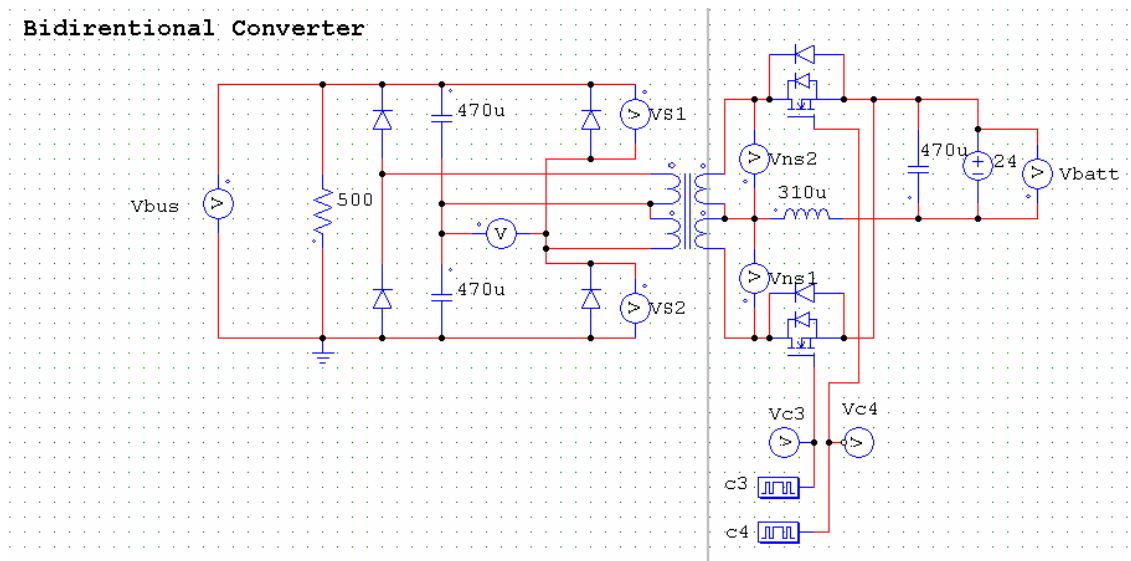
ภาพประกอบ 3-5 แรงดันที่ผ่านไดโอด  $DS_3$  และ  $DS_4$  ตามลำดับ



ภาพประกอบ 3-6 กระแสและแรงดันด้านออก (แบตเตอรี่)

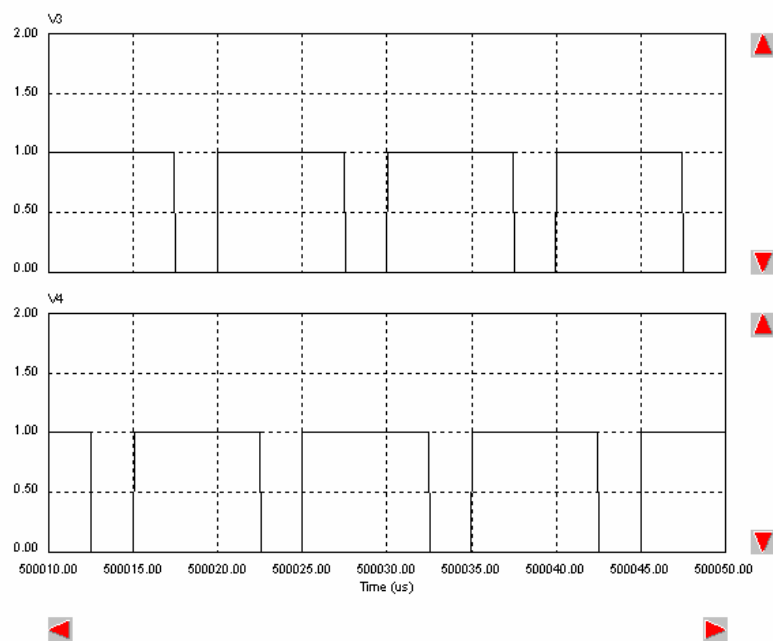
3.2.2 การจำลองการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พุช-พูล สำหรับการสำรองไฟฟ้ามื่อไฟฟ้าดับดังภาพประกอบ 3-7



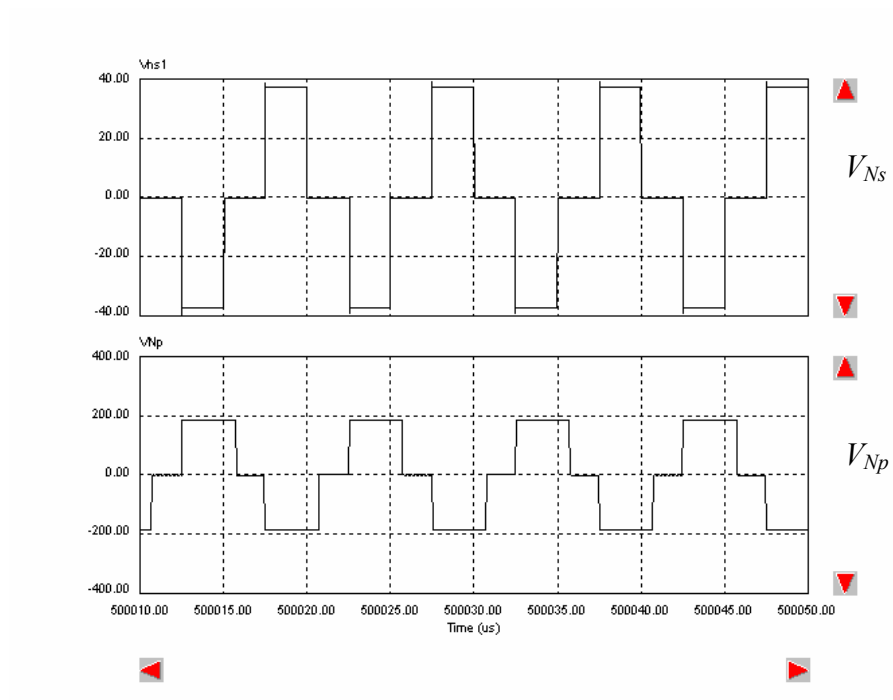


ภาพประกอบ 3-7 วงจรคอนเวอร์เตอร์ทำงานแบบกระแสเฟด พุช-พูล

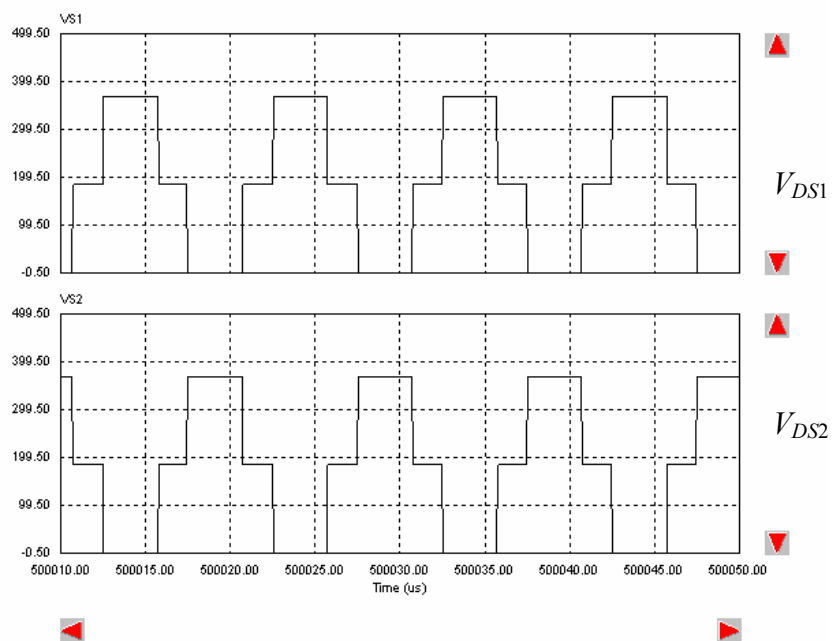
รูปคลื่นกระแสและแรงดันจากการจำลองการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ  
กระแสเฟด พุช-พูลแสดงดังภาพประกอบ 3-8 ถึง 3-12



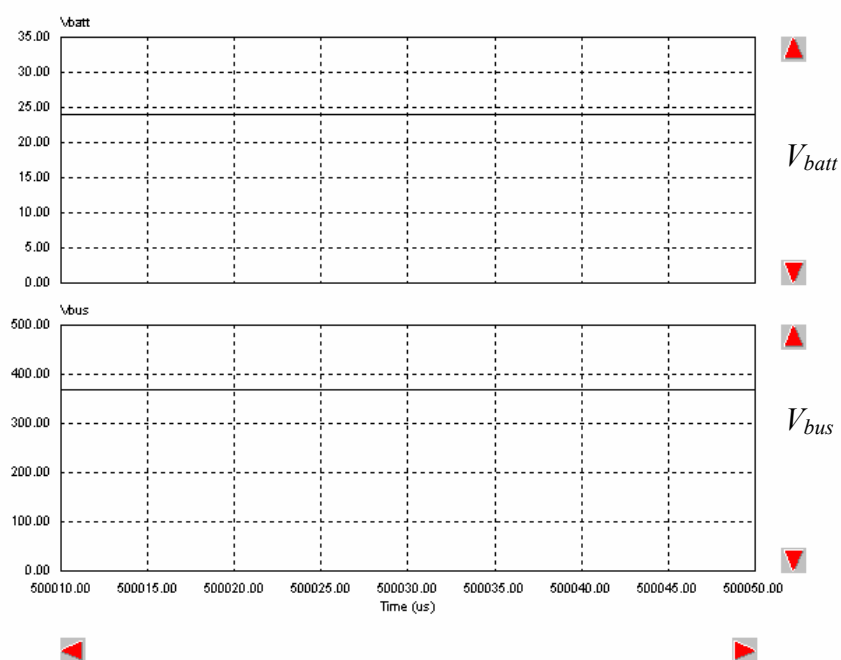
ภาพประกอบ 3-8 สัญญาณควบคุมสวิตช์  $S_3$  และ  $S_4$



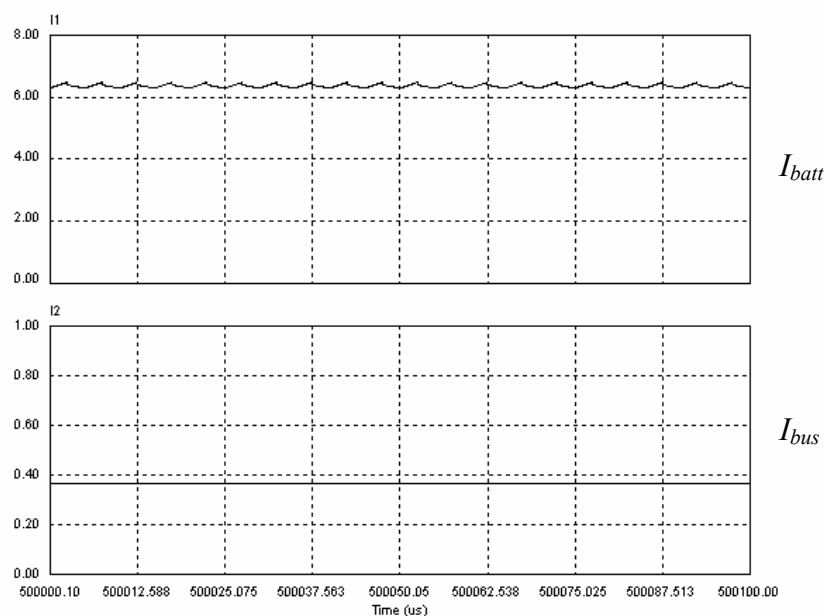
ภาพประกอบ 3-9 แรงดันตกร่วมหม้อแปลง  $N_S$  และ  $N_P$  ตามลำดับ



ภาพประกอบ 3-10 แรงดันที่ผ่านไดโอด  $DS_1$  และ  $DS_2$  ตามลำดับ



ภาพประกอบ 3-11 แรงดันด้านเข้า (แบตเตอรี่) และแรงดันด้านออก (แรงดันบั๊ส)



ภาพประกอบ 3-12 กระแสด้านเข้า (กระแสแบตเตอรี่) และกระแสด้านออก (กระแสบั๊ส)

จากการจำลองการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางที่ออกแบบรูปคลื่นสัญญาณของวงจรคอนเวอร์เตอร์ทั้ง 2 โหมดมีความสอดคล้องกับภาพประกอบ 2-5 และ 2-7 ซึ่งเป็นการทำงานของวงจรในแต่ละโหมด

### 3.3 โปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของวงจรถบแรงดันแบบ 2 ทาง

ในการทำงานของยูพีเอสแบบภายในคอมพิวเตอร์จะต้องมีการควบคุมวงจรถบแรงดันแบบ 2 ทางเพื่อให้วงจรทำงานในโหมดชาร์จแบตเตอรี่ในขณะที่ไฟฟ้าปกติสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ และให้ทำงานในโหมดสำรองไฟฟ้าเมื่อกระแสไฟฟ้าเกิดการขัดข้องเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์ รวมถึงการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อส่งการให้มีการสำรองข้อมูลและการไฮเบอร์เนต โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-ARM7 STAMP LPC2119 มาใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจร ซึ่งการเขียนโปรแกรมจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนดังนี้

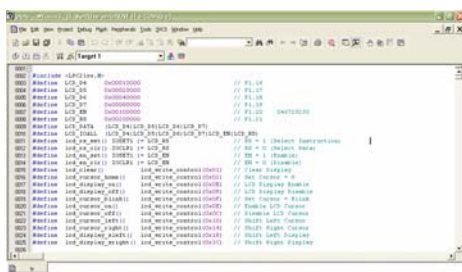
3.3.1 โปรแกรมรับค่าจากตัวตรวจจับแรงดันแบตเตอรี่ 24 โวลต์และแรงดันบัส 310 โวลต์

3.3.2 โปรแกรมการสร้างสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) เพื่อควบคุมสวิตช์ของวงจรถบแรงดัน

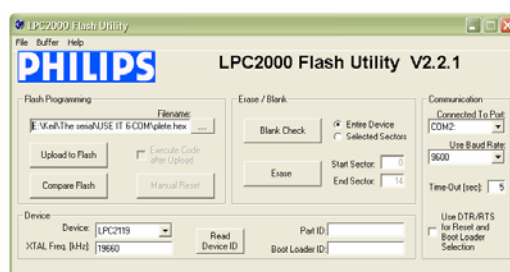
3.3.3 โปรแกรมสั่งงานให้วงจรถบแรงดันแบบ 2 ทางทำงานเป็น Forward Mode หรือ Backup Mode

3.4 โปรแกรมส่งค่าผ่านทางพอร์ตอนุกรมไปยังคอมพิวเตอร์โดยติดต่อผ่านโปรแกรม Visual Basic

โปรแกรมที่ใช้กับบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119 มี 2 โปรแกรมคือ โปรแกรม Keil ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 3-13(ก) ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาซี และทำการคอมไพล์ เพื่อให้เป็นนามสกุล .hex จากนั้นนำไฟล์โปรแกรมลงบนตัวคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรม LPC2000 ดังภาพประกอบ 3-13(ข) โดยการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมวงจรถบแรงดันแบบ 2 ทางจะแสดงในแผนภาพดังภาพประกอบ 3-14 และขาที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทำงานหน้าที่ต่าง ๆ แสดงในภาพประกอบ 3-15

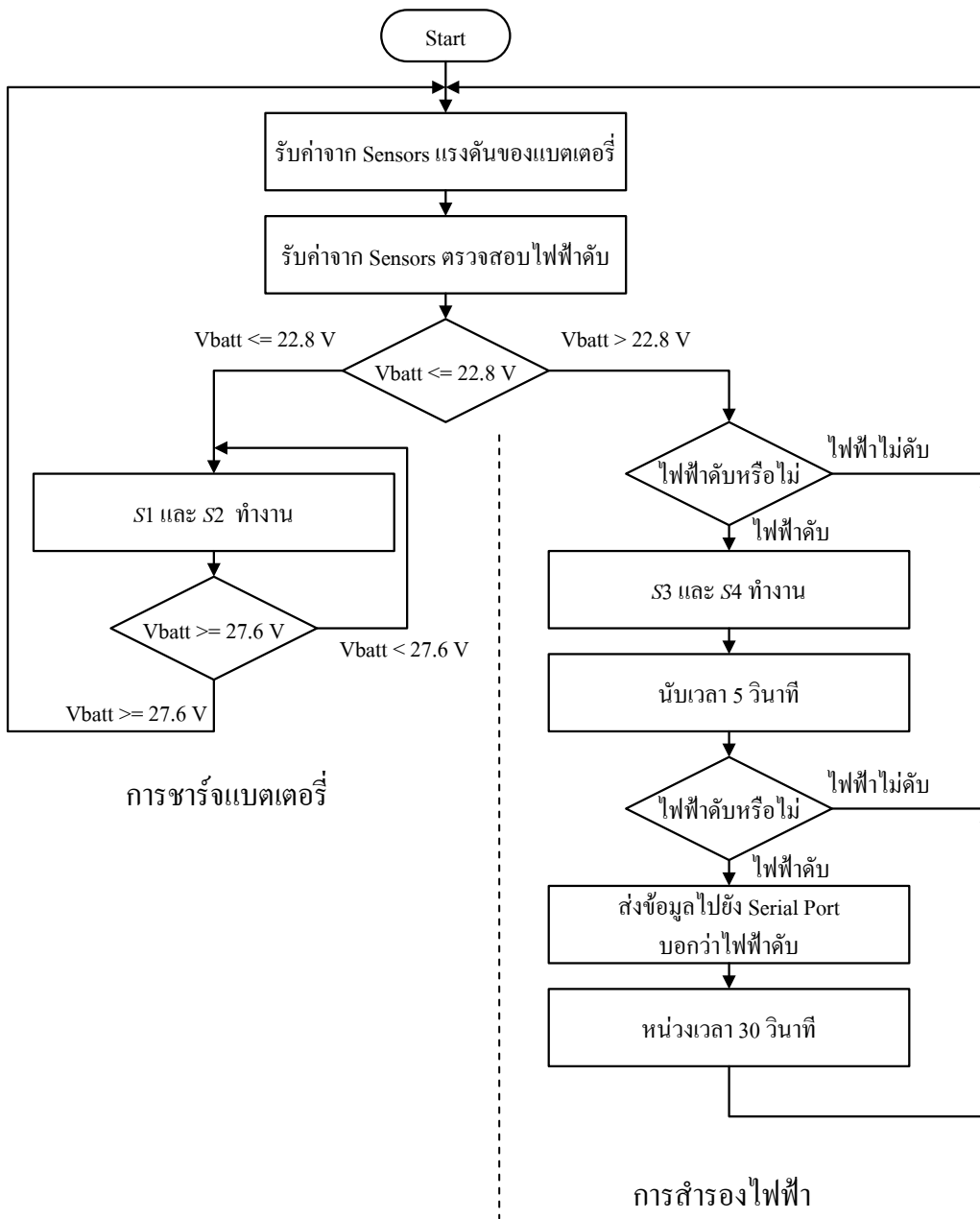


(ก) โปรแกรม Keil

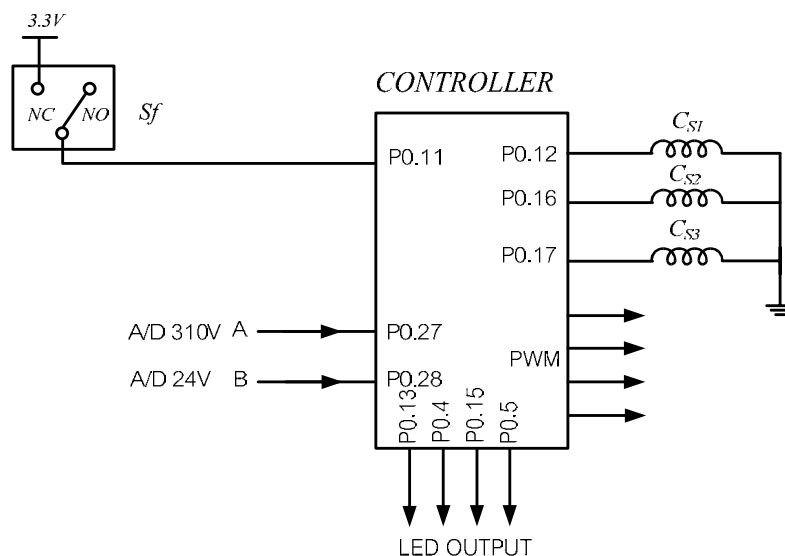


(ข) โปรแกรม LPC 2000

ภาพประกอบ 3-13 โปรแกรมสำหรับบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119



ภาพประกอบ 3-14 แผนภาพแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพประกอบ 3-15 วงจรควบคุมการทำงานวงจรยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์

### 3.4 โปรแกรมสำหรับสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ไฮเบอร์เนต

ในส่วนของการไฮเบอร์เนตจะอยู่ในสถานะการใช้พลังงานใน ACPI (Advance Configuration and Power Interface) ซึ่งใน ACPI นี้จะมีอยู่ 6 สถานะคือ

S0 เป็นสถานะ Active จะมีการใช้พลังงานในทศส่วนของคอมพิวเตอร์

S1 เป็นสถานะ Standby ซึ่งส่วนนี้จะตัดการใช้พลังงานของจอคอมพิวเตอร์และไดร์ต่าง ๆ ออก แต่ยังมีพลังงานไปเลี้ยง CPU หน่วยความจำและพัดลมอยู่

S2 เป็นสถานะ Standby ในสถานะนี้จะหยุดจ่ายพลังงานให้ CPU และ Cache

S3 เป็นสถานะ Standby จะใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยเพื่อจ่ายให้กับ RAM รักษาข้อมูลเอาไว้

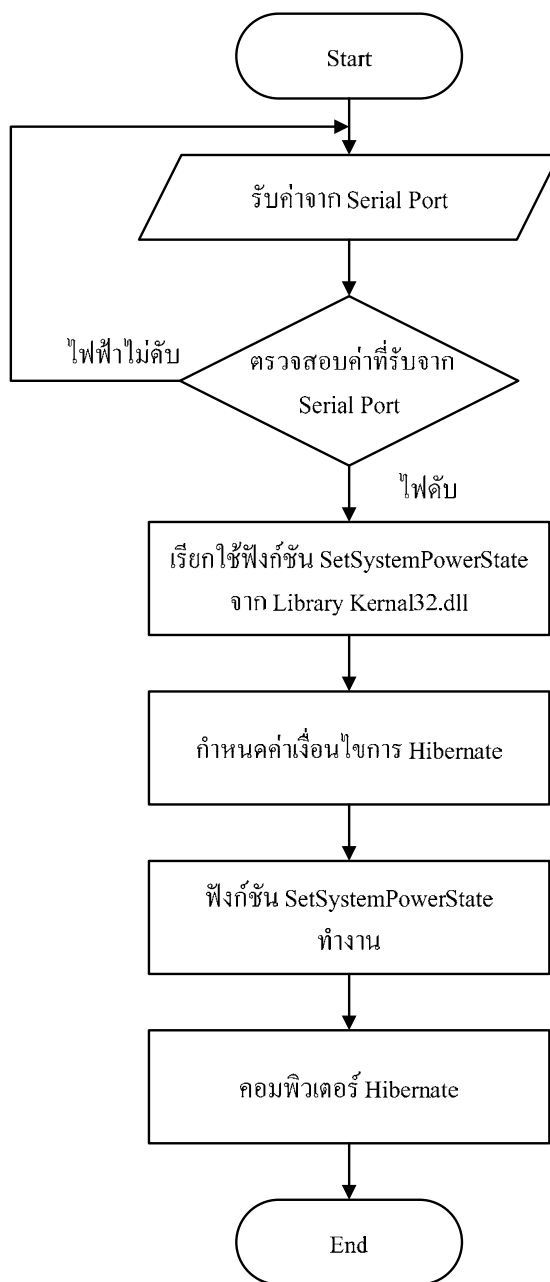
S4 เป็นสถานะ Hibernate ในสถานะนี้จะจัดเก็บงานทุกอย่างที่กำลังทำอยู่ลงในฮาร์ดดิสก์แล้วปิดเครื่องคอมพิวเตอร์

S5 เป็นสถานะ Complete power off ในสถานะนี้คือเครื่องคอมพิวเตอร์ถูกปิดในการทำงานของ ACPI Power state จะทำงานตามไฟล์ซาร์ตข้างล่างนี้

ในการทำงานนี้จะทำการตรวจค่า SLP\_TYPE ว่าอยู่ในสถานะอะไร ถ้ามีการส่งสัญญาณไปบอกทำให้สถานะเป็น S4 ซึ่งก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการไฮเบอร์เนต

การเขียนโปรแกรมสำหรับการ Hibernate ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการสั่งให้คอมพิวเตอร์โดยจะสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม

(Serial Port) ซึ่งจะรับค่าที่แสดงว่าไฟฟ้าดับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์และส่งให้คอมพิวเตอร์ Hibernate และจะให้มีส่วนแสดงระดับแรงดันของแบตเตอรี่ การทำงานจะนำค่าที่รับมาจากพอร์ตอนุกรมมาเข้าเงื่อนไข ถ้าค่าตรงกับเงื่อนไขที่บอกว่าไฟฟ้าดับก็จะส่งค่าขึ้นไปยังส่วนสำหรับการ Hibernate และในส่วน Hibernate จะเรียกใช้ API สำหรับใช้ฟังก์ชัน SystemPowerState มาใช้งาน ซึ่งส่วนนี้จะเรียกใช้จาก Library Kernel32.dll โดยจะมีแผนภาพการทำงานดังภาพประกอบ 3-16



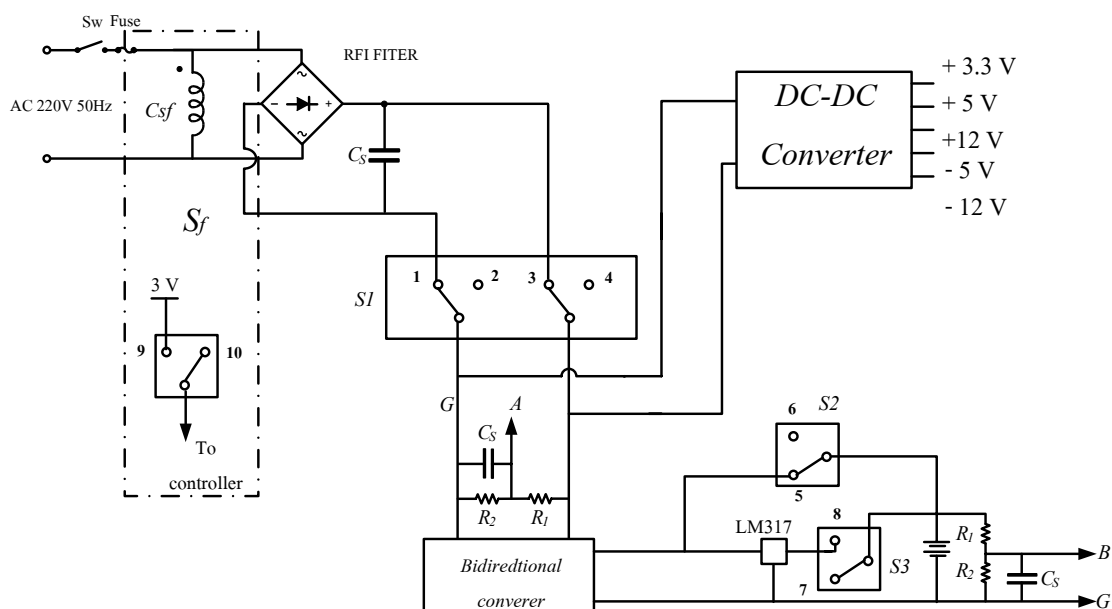
ภาพประกอบ 3-16 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมไฮเบอร์เนต

### 3.5 วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

ในการชาร์จแบตเตอรี่ให้กับยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ได้นำไอซีเบอร์ LM317 มาใช้ในการสร้างวงจรสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ เนื่องจากแบตเตอรี่ที่เลือกใช้คือแบตเตอรี่แบบ Sealed lead acid การชาร์จแบตเตอรี่จะใช้การชาร์จแบบแรงดันและกระแสคงที่ โดยแรงดันที่ใช้ในการชาร์จเท่ากับ 27.6 โวลต์ และกระแสที่ใช้ในการชาร์จเท่ากับ 0.7 แอมป์

### 3.6 วงจรรีเลย์ที่ใช้ในการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์

การออกแบบยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้รีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์โดยตำแหน่งในการติดตั้งสวิตซ์รีเลย์ในวงจรจะแสดงดังภาพประกอบ 3-17



ภาพประกอบ 3-17 วงจรรีเลย์ในยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์

ซึ่งตำแหน่งของสวิตซ์รีเลย์ในสภาวะไฟฟ้าปกติ ชาร์จแบตเตอรี่ และสภาวะไฟฟ้าดับแสดงดังตาราง 3-2

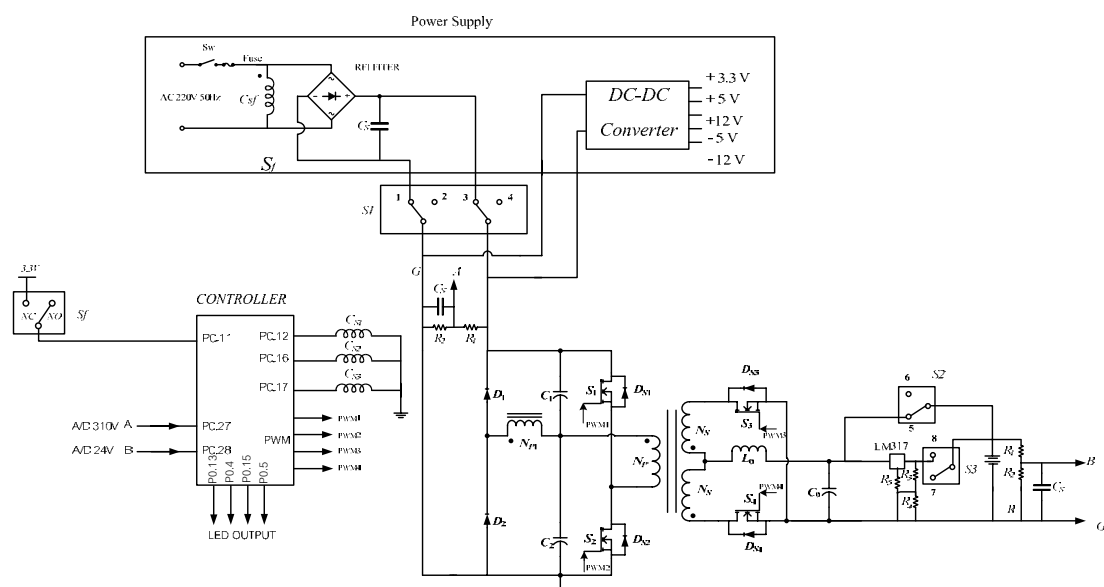


ตาราง 3-2 แสดงการทำงานของรีเลย์

รีเลย์	หน้าคอนแทคต์		
	ไฟฟ้าปกติ	ชาร์จแบตเตอรี่	ไฟฟ้าดับ
$S_f$	10	10	9
$S_1$	1,3	1,3	2,4
$S_2$	5	5	6
$S_3$	7	8	7

### 3.7 แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์ (Internal DC UPS)

ในภาพประกอบ 3-18 แสดงวงจรรวมทั้งหมดยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์รวมถึงวงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนภาพประกอบ 3-19 แสดงภาพวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางที่ได้ทำการออกแบบ ส่วนภาพวงจรควบคุมการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์และวงจรรีเลย์และตัวตรวจจับต่างๆ นั้นแสดงให้เห็นในภาพประกอบ 3-20 และภาพประกอบ 3-21



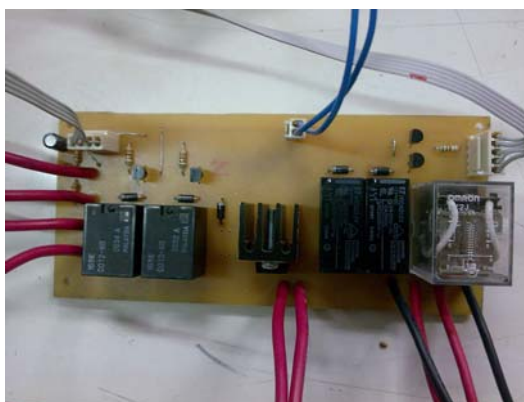
ภาพประกอบ 3-18 วงจรรวมของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 3-19 ภาพวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางที่ออกแบบ



ภาพประกอบ 3-20 ภาพวงจรควบคุมการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบ



ภาพประกอบ 3-21 ภาพวงจรรีเลย์และตัวตรวจจับที่ออกแบบ

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลองการใช้พลังงานของคอมพิวเตอร์เมื่อไฮเบอร์เนต

การออกแบบยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์ให้มีขนาดเล็กและสามารถให้พลังงานเพียงพอสำหรับการจัดเก็บข้อมูลและไฮเบอร์เนตคอมพิวเตอร์ เมื่อเกิดกรณีไฟฟ้าขัดข้องนั้น จำเป็นต้องทราบข้อมูลการใช้พลังงานของคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดขนาดพิกัดกำลังของยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์ รวมถึงการเลือกขนาดของแบตเตอรี่เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรอง โดยในการทดลองนี้จะทำการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์ 6 เครื่องที่มีความเร็วในการประมวลผลของซีพียูต่างกัน โดยทุกเครื่องจะเปิดโปรแกรม Winamp, Microsoft Word, Matlab, Internet Explorer โดยการทดลองจะทำการวัดค่ากำลังและเวลาที่ใช้ในการไฮเบอร์เนต

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-1 จากการทดลองพบว่ากำลังที่คอมพิวเตอร์ทุกชนิดใช้ในการไฮเบอร์เนตจะไม่เกิน 100 วัตต์ และเวลาที่ใช้จะไม่เกิน 1 นาที จากผลการทดลองดังกล่าว ในวิทยานิพนธ์นี้จะออกแบบยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์ที่มีพิกัดกำลัง 150 วัตต์และกำหนดให้แบตเตอรี่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้นาน 5 นาทีซึ่งจากข้อกำหนดการออกแบบดังกล่าวสามารถคำนวณพลังงานของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{พลังงาน} &= 150 \times (5/60) \text{ Wh} \\ &= 12.5 \text{ Wh}\end{aligned}$$

∴ พลังงานที่แบตเตอรี่ต้องใช้เท่ากับ 12.5 Wh

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงการใช้พลังงานของคอมพิวเตอร์เมื่อไฮเบอร์เนต

ซีพียู	แรม (MB)	ฮาร์ดดิสก์ (GB)	การ์ดจอ (MB)	ซีดี รอม	ฟลอปปี ดิสก์	กำลัง (W)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
P4 2.4 GHz <sub>z</sub>	256	40	128	มี	มี	91	14.24
P4 2.2 GHz <sub>z</sub>	256	40	128	มี	มี	84	16.85
P4 2.2 GHz <sub>z</sub>	256	40	64	มี	มี	76	17.51
P4 2.0 GHz <sub>z</sub>	256	40	128	มี	มี	89	18.23
P4 2.0 GHz <sub>z</sub>	256	40	64 on-board	มี	มี	83	13.56
P3 733 MHz <sub>z</sub>	256	20	64 on-board	มี	มี	48	20.23

#### 4.2 การทดลองการชาร์จแบตเตอรี่ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางในช่วง Forward Mode

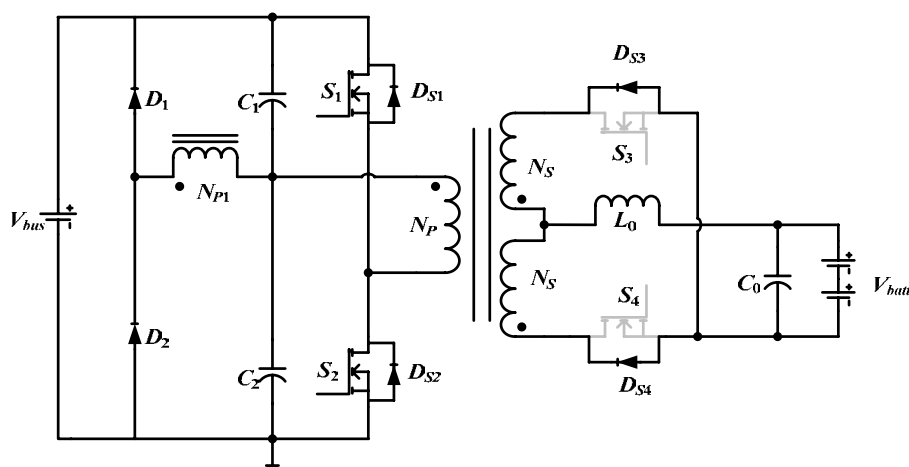
ในการทดลองวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานใน Forward Mode เพื่อทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ โดยกำหนด Specification ดังนี้

Battery voltage = 27.6 V

Input voltage rang = 300 V ( $V_{\min}$ ) – 350 V ( $V_{\max}$ )

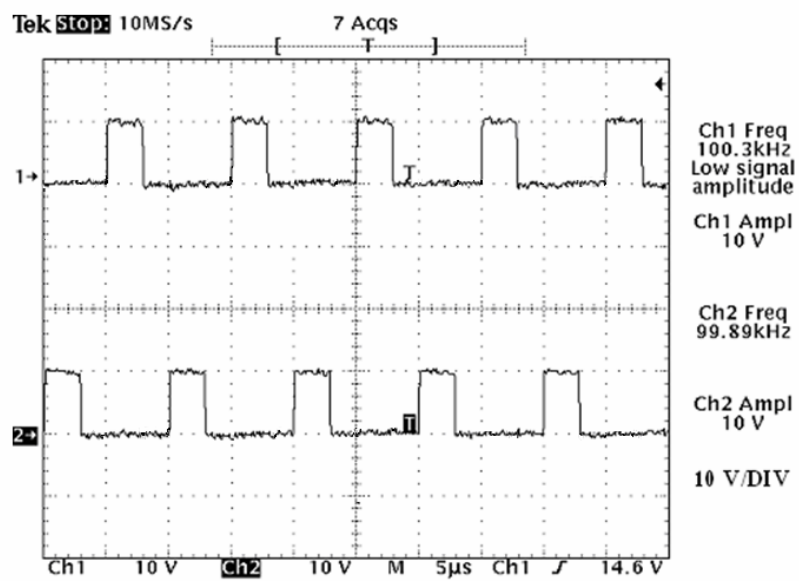
Output power = 100 W ( $P_{batt}$ )

Switching frequency = 100 kHz ( $f_s$ )

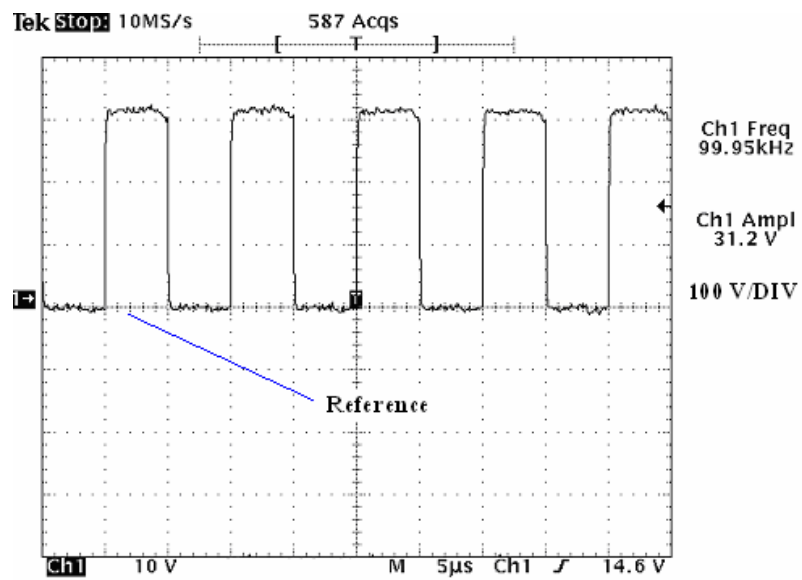


ภาพประกอบ 4-1 วงจรทำงานแบบ Forward Mode

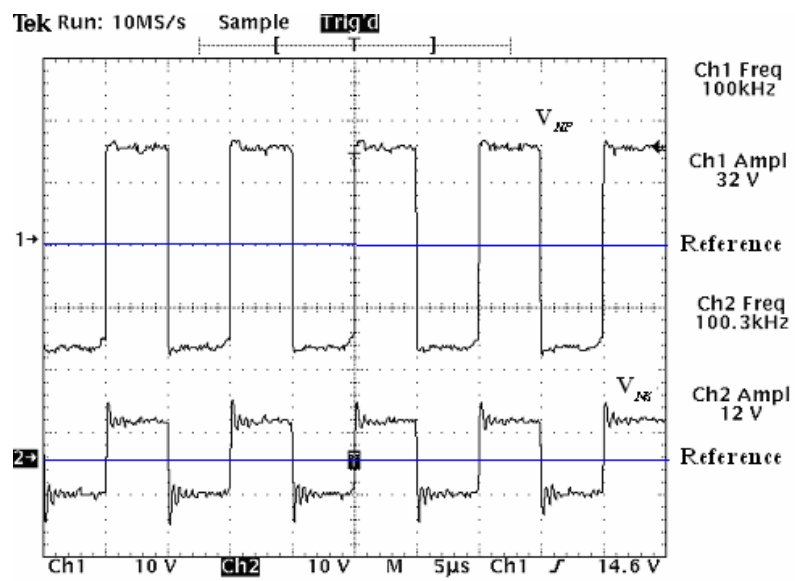
ในการทดลองส่วนนี้จะป้อนแรงดันกระแสตรง 310 โวลต์ เข้าไปจากวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางซึ่งทำงานใน Forward Mode ดังภาพประกอบ 4-1 โดยแรงดันในการนำไปชาร์จแบตเตอรี่นั้นต้องการ 27.6 โวลต์รูปคลื่นแรงดันต่างๆ ในวงจรแสดงดังภาพประกอบ 4-2 ถึง



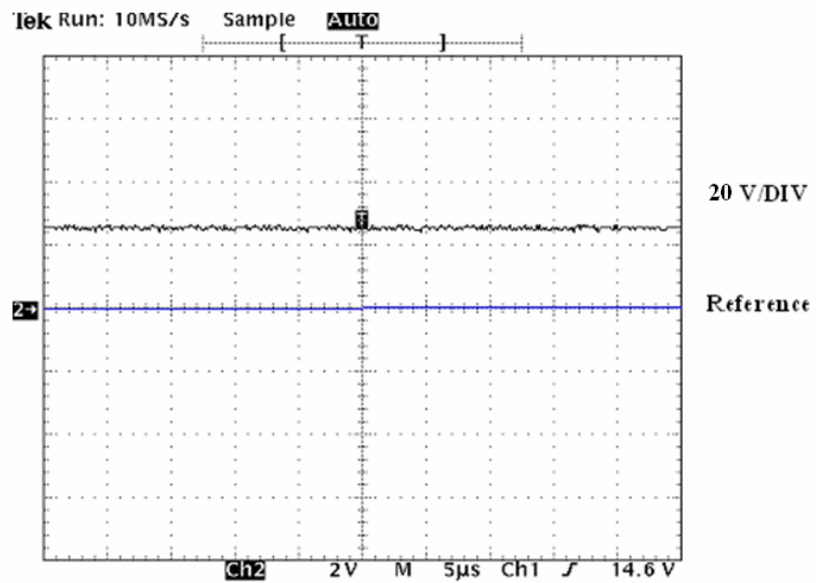
ภาพประกอบ 4-2 แรงดันของวงจรควบคุมสวิตช์  $S_1$  และสวิตช์  $S_2$



ภาพประกอบ 4-3 แรงดันคร่อมสวิตช์  $S_1$

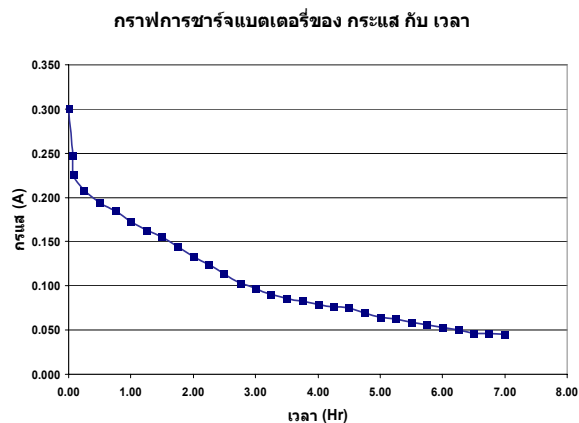
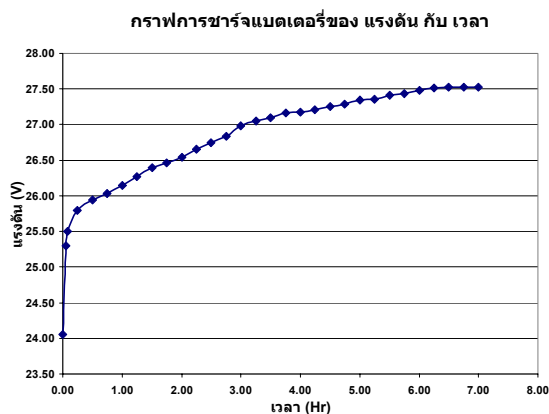


ภาพประกอบ 4-4 แรงดันคร่อมขดลวด  $N_P$  และขดลวด  $N_S$  ตามลำดับ



ภาพประกอบ 4-5 แรงดันด้านออกของ Forward Mode

ซึ่งจากวงจรนี้จะสามารถชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ 7 แอมป์เออร์ ได้โดยภาพประกอบ 4-6 แสดงแรงดันและกระแสในการชาร์จแบตเตอรี่เมื่อเทียบกับเวลา ซึ่งเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มนั้นจะใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง โดยการชาร์จแบตเตอรี่นั้นจะใช้กระแสที่ชาร์จเป็น 10 % ของขนาดแอมป์เออร์ (Ahr) ของแบตเตอรี่



(ก) กราฟการชาร์จแบตเตอรี่ แรงดันกับเวลา

(ข) กราฟการชาร์จแบตเตอรี่ กระแสกับเวลา

ภาพประกอบ 4-6 กราฟแสดงคุณลักษณะการชาร์จแบตเตอรี่

#### 4.3 การทดลองจ่ายแรงดันจากแบตเตอรี่ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานในช่วง Backup Mode

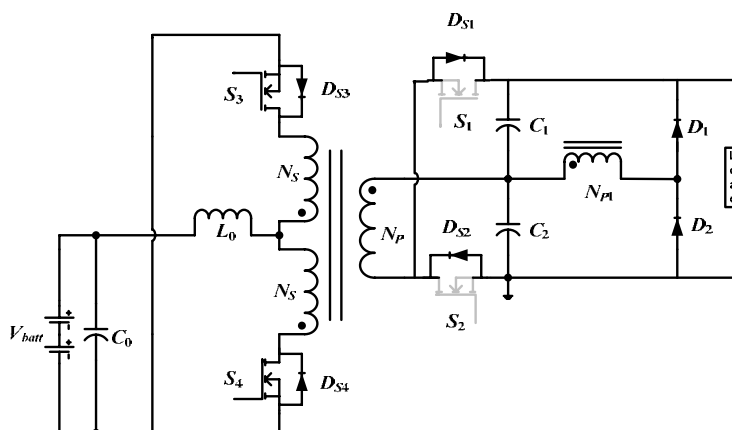
เป็นการทดลองจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางทำงานใน Backup Mode ดังภาพประกอบ 4-7 เพื่อจ่ายโหลดที่ค่าต่างๆ กำหนดค่า Specification ดังนี้

$$\text{Battery voltage} = 24 \text{ V}$$

$$\text{Output voltage} = 310 \text{ V } (V_S)$$

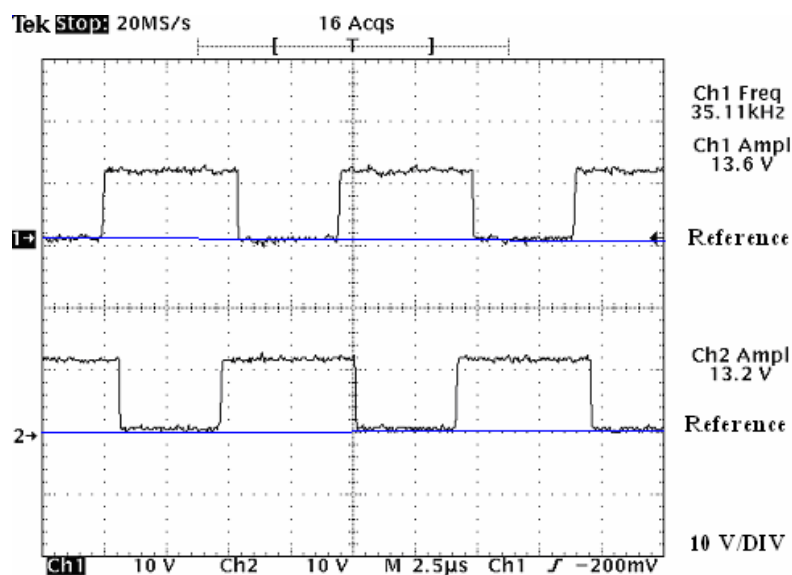
$$\text{Output power} = 150 \text{ W } (P_{bus})$$

$$\text{Operation frequency} = 100 \text{ kHz } (f_S)$$



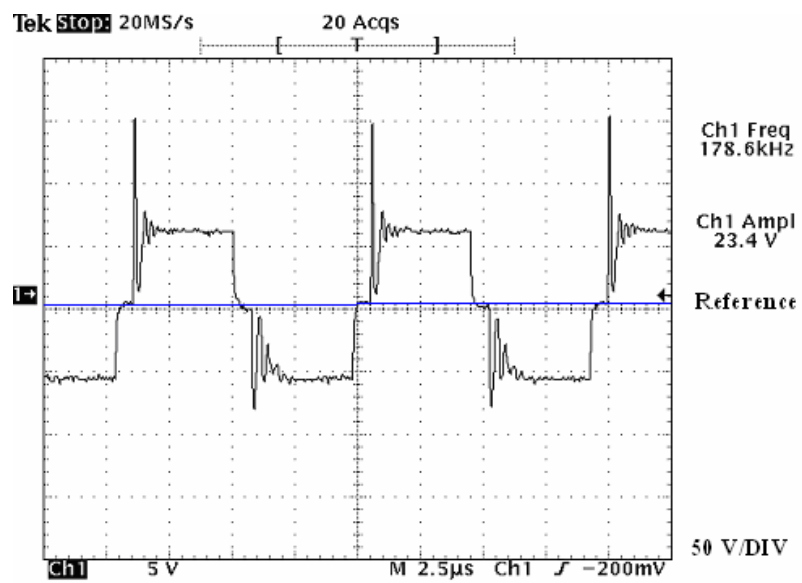
ภาพประกอบ 4-7 วงจรทำงานแบบ Backup Mode

ในการทดลองวงจรทบทแรงดันแบบ 2 ทางได้ทดสอบโดยการใส่โหลดเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงในช่วง Backup Mode ซึ่งลักษณะของแรงดันและกระแสจะเป็นดังภาพประกอบ 4-8 ถึง 4-13 โดยการทดลองได้ทดลองกับโหลด 2 ค่าคือ ที่โหลด  $1\text{ K}\Omega$  ที่โหลด  $600\ \Omega$  ซึ่งรูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านเข้าและที่โหลดแสดงดังภาพประกอบ 4-14 และ 4-17 ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่ารูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ได้จากวงจรในการทดลองมีลักษณะคล้ายกับรูปคลื่นแรงดันที่ใช้ในการออกแบบ

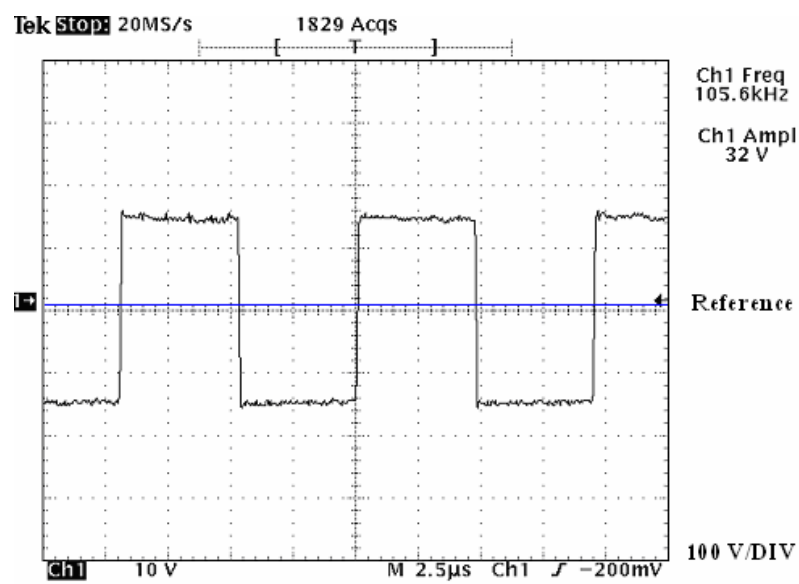


ภาพประกอบ 4-8 แรงดันของวงจรควบคุมสวิตช์  $S_3$  และสวิตช์  $S_4$

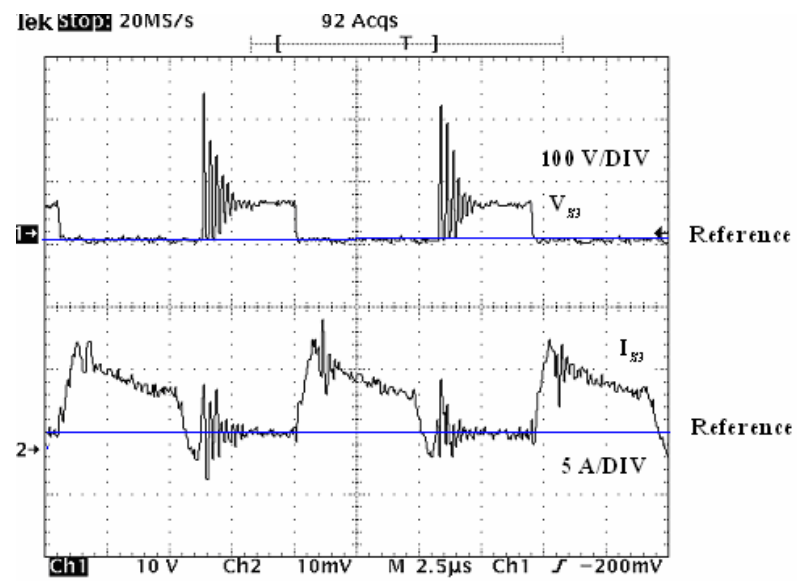




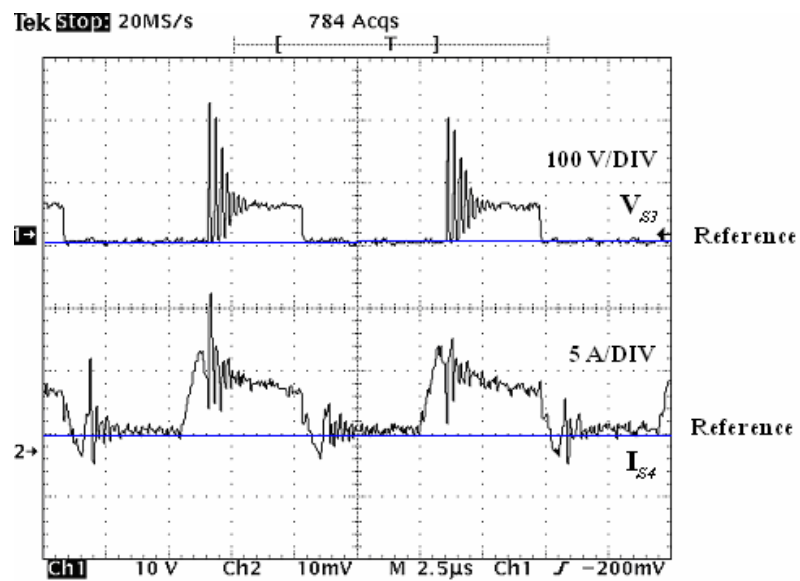
ภาพประกอบ 4-9 แรงดันคร่อมขดลวด  $N_S$



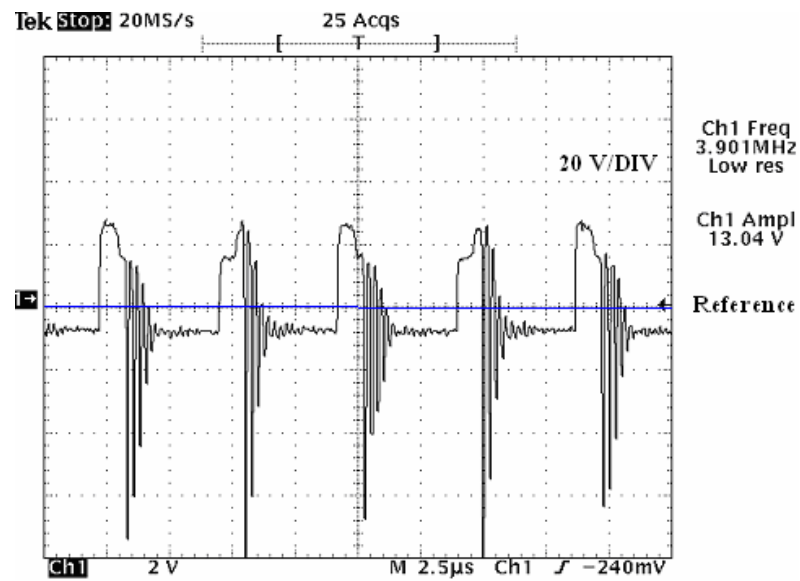
ภาพประกอบ 4-10 แรงดันคร่อมขดลวด  $N_P$



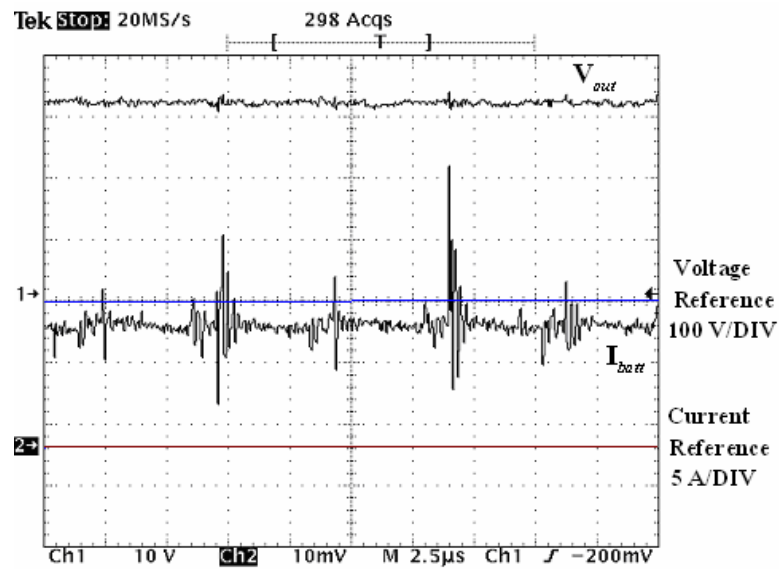
ภาพประกอบ 4-11 แรงดันและกระแสที่ผ่านสวิตช์  $S_3$



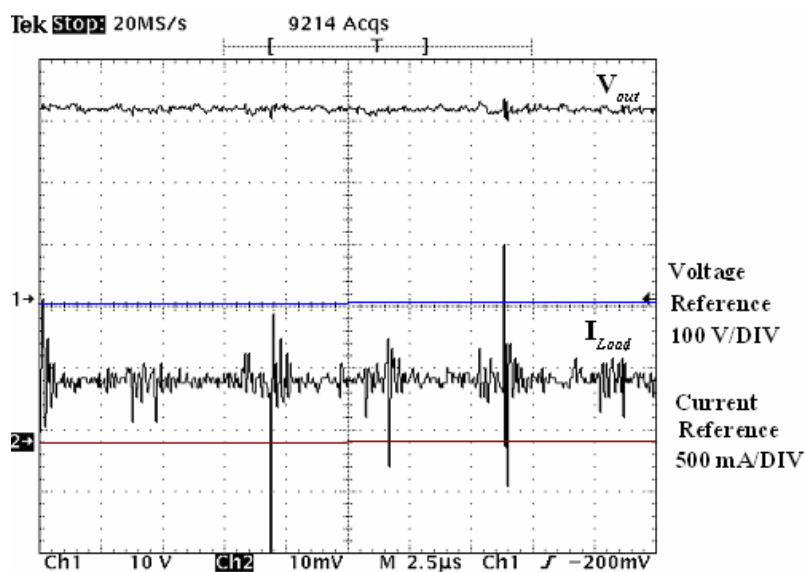
ภาพประกอบ 4-12 แรงดันคร่อมสวิตช์  $S_3$  และกระแสที่ผ่าน  $S_4$  ตามลำดับ



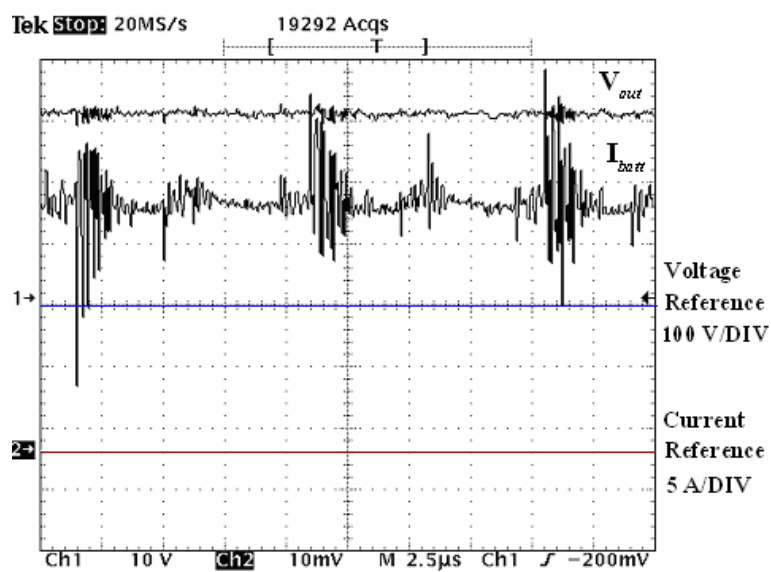
ภาพประกอบ 4-13 แรงดันคร่อม  $L_O$



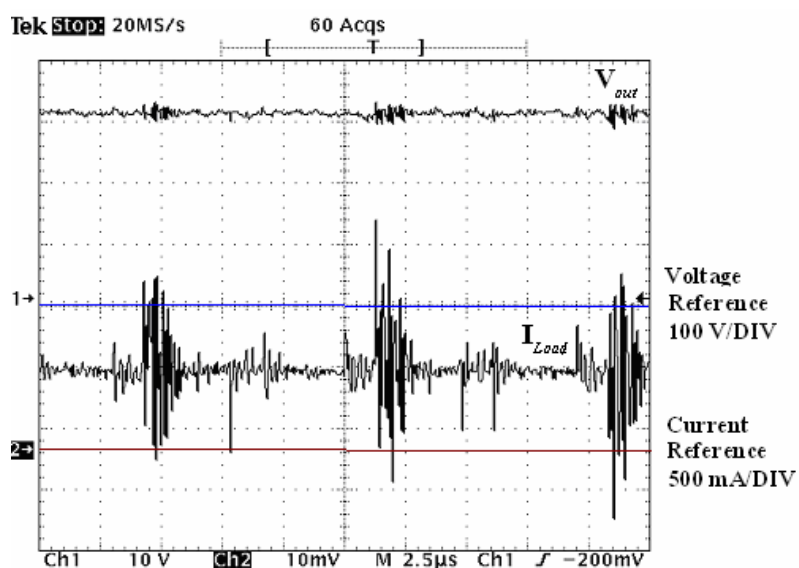
ภาพประกอบ 4-14 แรงดันด้านออกและกระแสเบตเตอร์ ตามลำดับ (ที่โหลด 1 KΩ)



ภาพประกอบ 4-15 แรงดันและกระแสด้านออก ตามลำดับ (ที่โหลด 1 K $\Omega$ )



ภาพประกอบ 4-16 แรงดันด้านออกและกระแสแบตเตอรี่ ตามลำดับ (ที่โหลด 600 $\Omega$ )



ภาพประกอบ 4- 17 แรงดันและกระแสด้านออก ตามลำดับ (ที่โหลด 600 Ω)

จากผลการทดลองวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางที่ออกแบบสำหรับการทำงานชาร์จแบตเตอรี่และการทบทแรงดันจากแบตเตอรี่จะเห็นว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ

#### 4.4 ประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

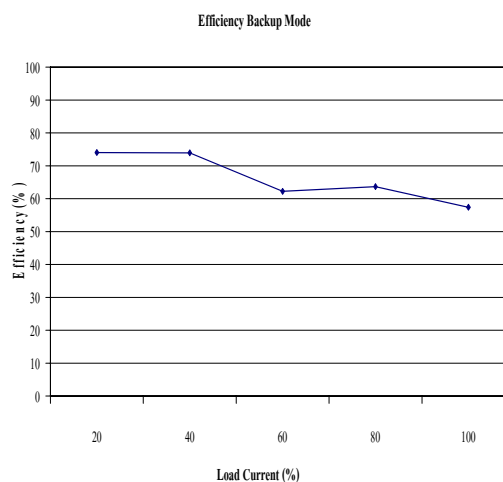
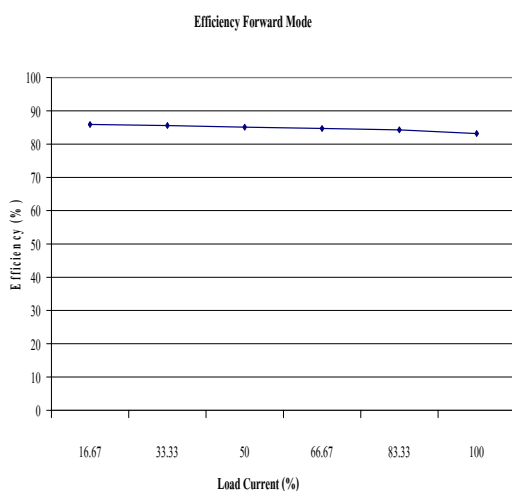
ในการทดลองหาประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางจะทำการทดลองโดยวัดแรงดันและกระแสแบตเตอรี่กับแรงดันและกระแสบัลแล้วนำมาหาประสิทธิภาพทั้ง 2 โหมดการทำงานโดยตารางที่ 4-2 เป็นตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในโหมดชาร์จแบตเตอรี่และตารางที่ 4-3 เป็นตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในโหมดเบ็คอัปซึ่งจากตารางจะได้ประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง ดังแสดงในกราฟในภาพประกอบ 4-18

ตารางที่ 4-2 ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในโหมดชาร์จแบตเตอรี่

$I_{bus}$ (A)	$V_{bus}$ (V)	$P_{bus}$ (W)	$I_{batt}$ (A)	$V_{batt}$ (V)	$P_{batt}$ (W)	Efficiency	% load
0.1	340	34	3	23	69	74.00	20
0.2	340	68	4	23	92	73.91	40
0.3	310	93	6.5	23	149.5	62.21	60
0.4	280	112	8	22	176	63.64	80
0.5	260	130	12	22	264	57.40	100

ตารางที่ 4-3 ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในโหมดเบ็คอัพ

$I_{bus}$ (A)	$V_{bus}$ (V)	$P_{bus}$ (W)	$I_{batt}$ (A)	$V_{batt}$ (V)	$P_{batt}$ (W)	Efficiency	% load
0.0279	310	8.65	0.3	24	7.2	83.20	100.00
0.0245	310	7.59	0.25	25.6	6.4	84.30	83.33
0.0196	310	6.08	0.2	25.75	5.15	84.70	66.67
0.0150	310	4.65	0.15	26.4	3.96	85.10	50.00
0.0101	310	3.13	0.1	26.75	2.675	85.60	33.33
0.0052	310	1.60	0.05	27.5	1.375	85.90	16.67



ก) ทำงานแบบ Forward Mode

ข) ทำงานแบบ Backup Mode

ภาพประกอบ 4-18 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

#### 4.5 การทดลองการทำงานของยูทีเอสภายในคอมพิวเตอร์ (Internal DC UPS)

เป็นการทดลองการเชื่อมต่อยูทีเอสภายในคอมพิวเตอร์เข้ากับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power Supply) ของคอมพิวเตอร์ เพื่อทดสอบการทำงานของระบบเมื่อไฟฟ้าจากภายนอกเกิดความผิดปกติ โดยการทดลองจะทำการทดสอบความผิดปกติของระบบไฟฟ้าในกรณีไฟฟ้ามืดและไฟฟ้ามืดซึ่งการจะมีการตั้งค่าของ Oscilloscope ดังนี้

แรงดันบัล	100	V/DIV
กระแสบัล	200	mA/DIV
แรงดันเบตเตอรี่	10	V/DIV
กระแสเบตเตอรี่	5	A/DIV

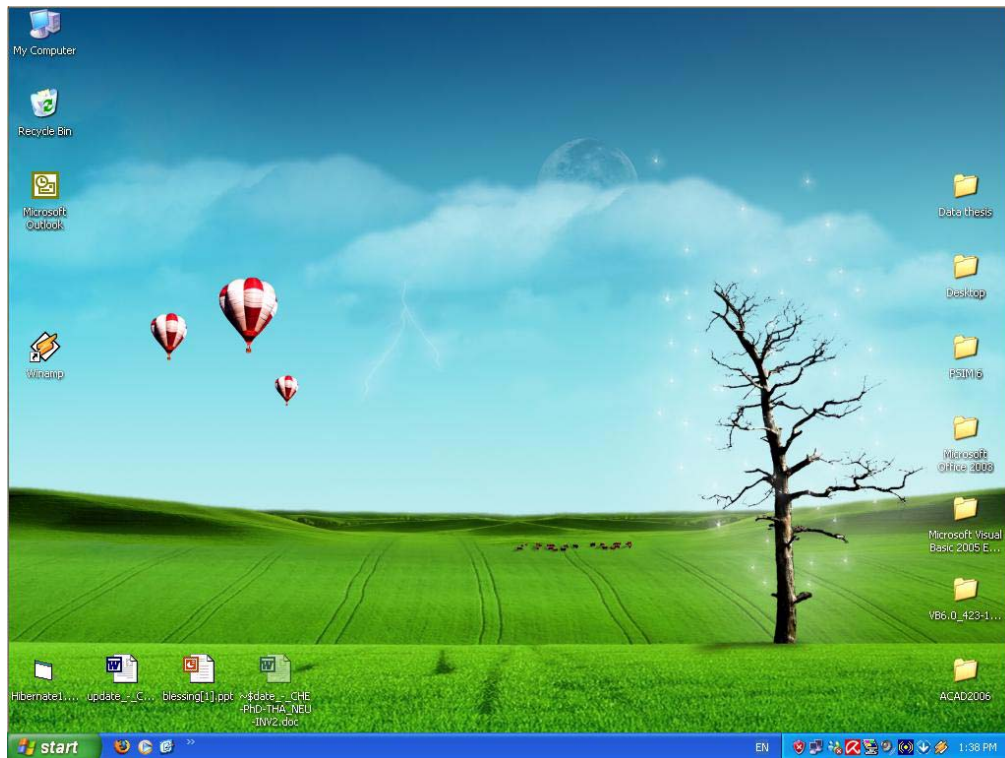
ในการทดลองจะแบ่งการทดลองเป็น 5 กลุ่มดังนี้

##### 4.5.1 กรณีที่ไม่มีการเปิดโปรแกรมในคอมพิวเตอร์

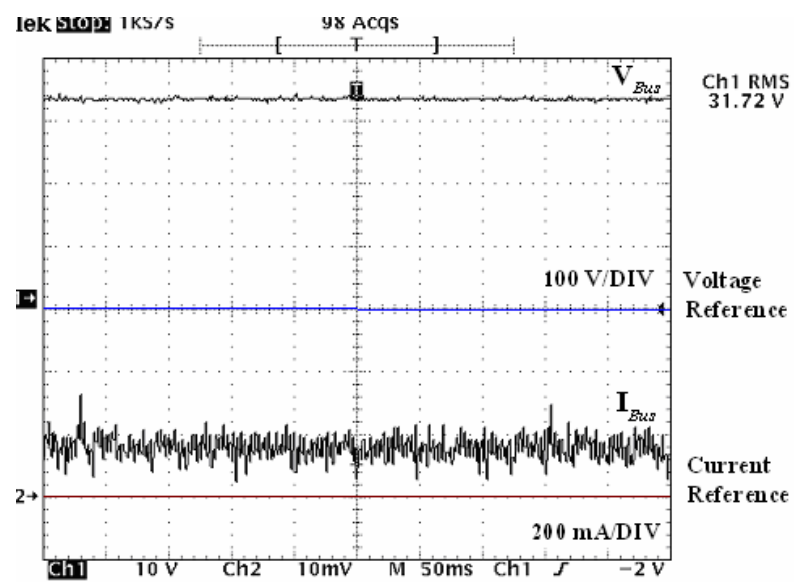
ในกรณีนี้จะทดลองโดยไม่มีการเปิดใช้งานโปรแกรมใดๆ บนคอมพิวเตอร์เลย ดังภาพประกอบ 4- 19

การทดลองการสำรองไฟฟ้าของยูทีเอสภายในคอมพิวเตอร์เมื่อเกิดความผิดปกติในกรณีไฟฟ้ามืดยูทีเอสภายในคอมพิวเตอร์จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ ทำให้แรงดันกระแสตรงที่บัลมีค่าเท่ากับ 310 โวลต์คงที่โดยใช้กระแสที่ใช้ประมาณ 200 มิลลิแอมป์ ซึ่งกรณีนี้เบตเตอรี่จะจ่ายกระแสประมาณ 3 แอมป์ โดยรูปคลื่นแรงดันกับกระแสที่บัลและที่เบตเตอรี่แสดงดังภาพประกอบ 4-20 และ 4-21 ตามลำดับ

เมื่อเกิดกรณีไฟฟ้ามืดยูทีเอสภายในคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับคอมพิวเตอร์และจะสั่งการให้คอมพิวเตอร์ทำการสำรองข้อมูลและไฮเบอร์เนต ซึ่งกรณีนี้กระแสบัลเท่ากับ 300 มิลลิแอมป์ทำให้เบตเตอรี่จะจ่ายกระแสประมาณ 6 แอมป์ รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่บัลและเบตเตอรี่แสดงดังภาพประกอบ 4-22 และ 4-23 ตามลำดับ

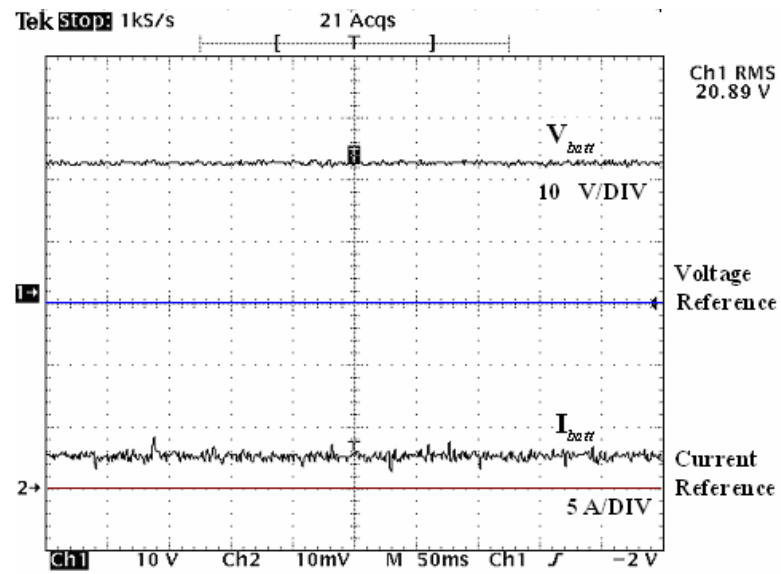


ภาพประกอบ 4 – 19 คอมพิวเตอร์ฯ ณะไม่มีการเปิดโปรแกรม

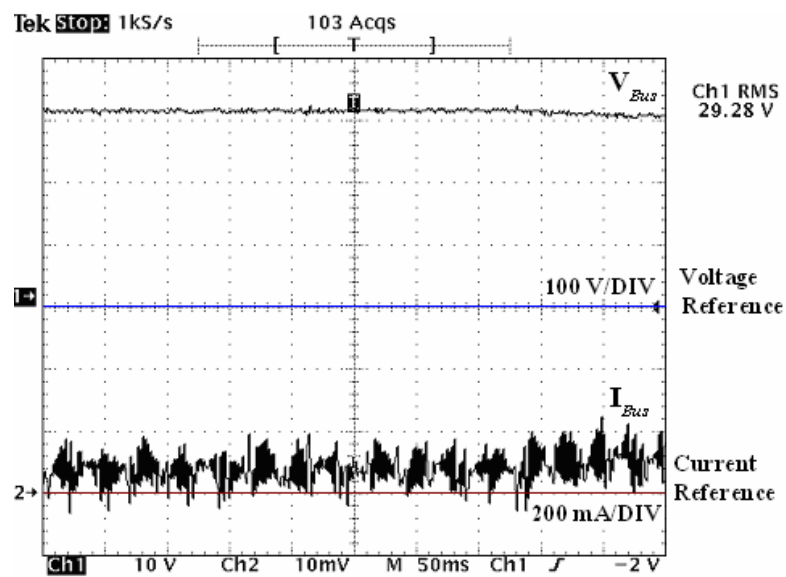


ภาพประกอบ 4-20 แรงดันและกระแสบัสขณะไฟตก

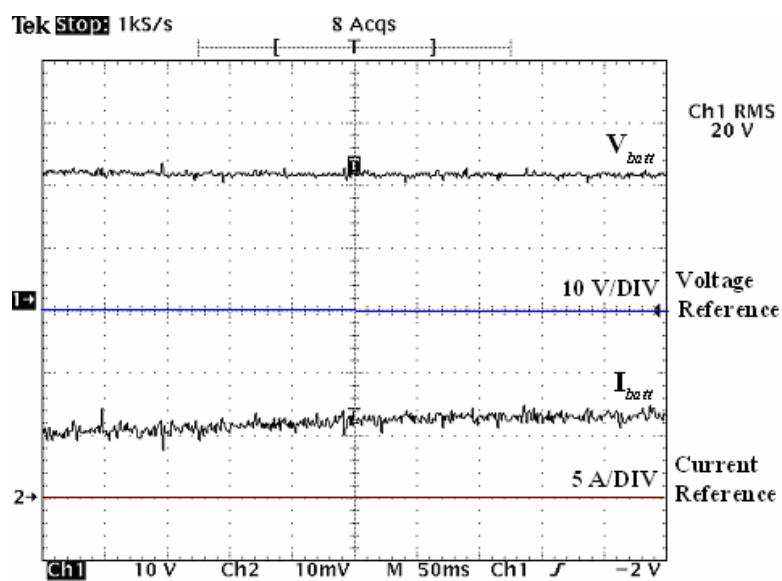




ภาพประกอบ 4- 21 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟตก



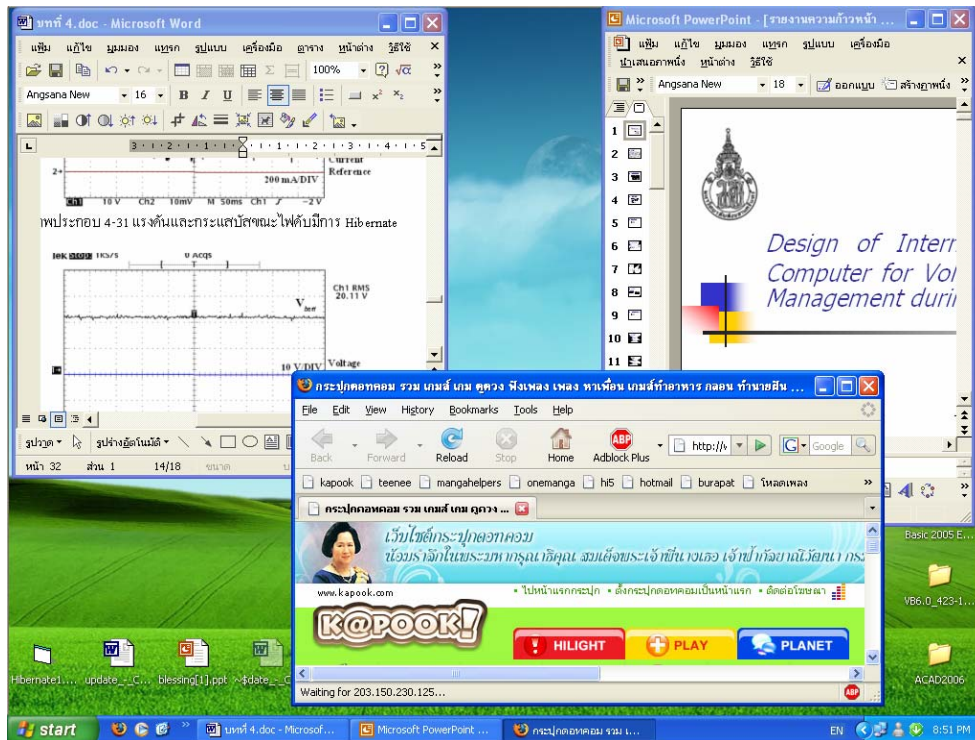
ภาพประกอบ 4-22 แรงดันและกระแสบัสขณะไฟดับมีการ Hibernate



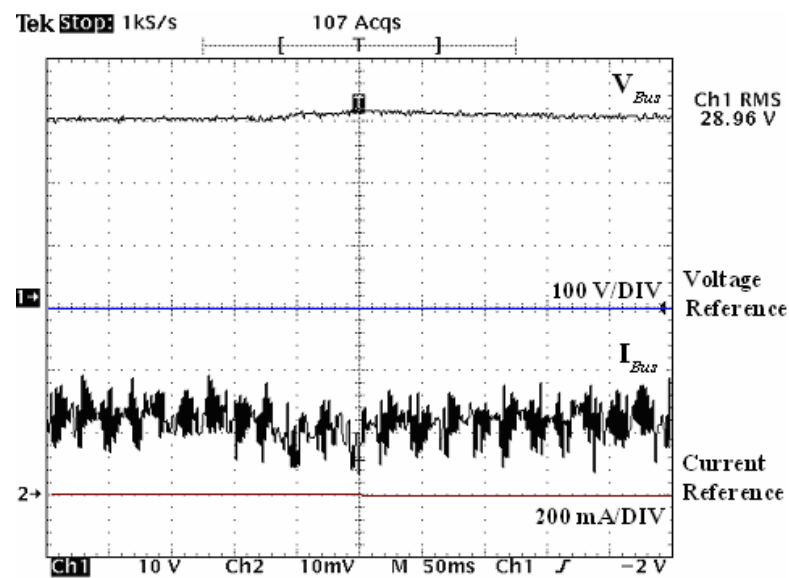
ภาพประกอบ 4-23 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟดับมีการ Hibernate

#### 4.5.2 กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet

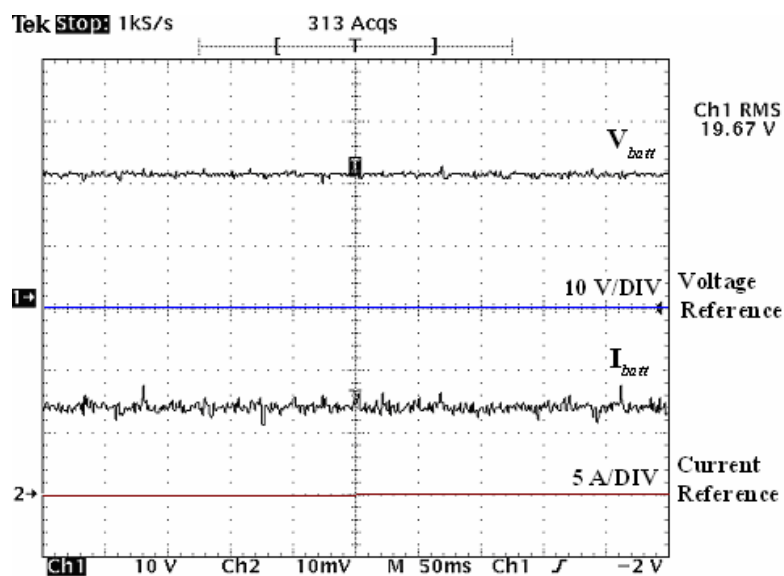
ผลการทดลองการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ซึ่งที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet ดังภาพประกอบ 4-24 โดยกรณีไฟฟ้ามืดจะใกล้เคียงกันแต่ในกรณีไฟฟ้าดับแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสประมาณ 7 แอมป์ ดังแสดงในภาพประกอบ 4-25 และ 4-26



ภาพประกอบ 4- 24 คอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet



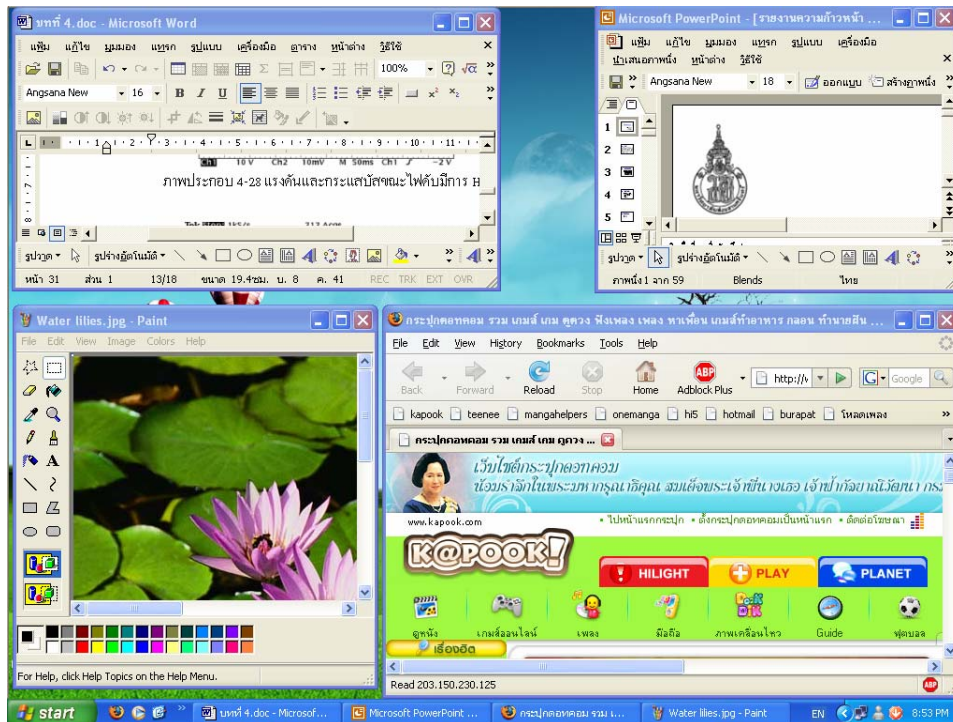
ภาพประกอบ 4-25 แรงดันและกระแสขั้วขณะไฟดับมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet



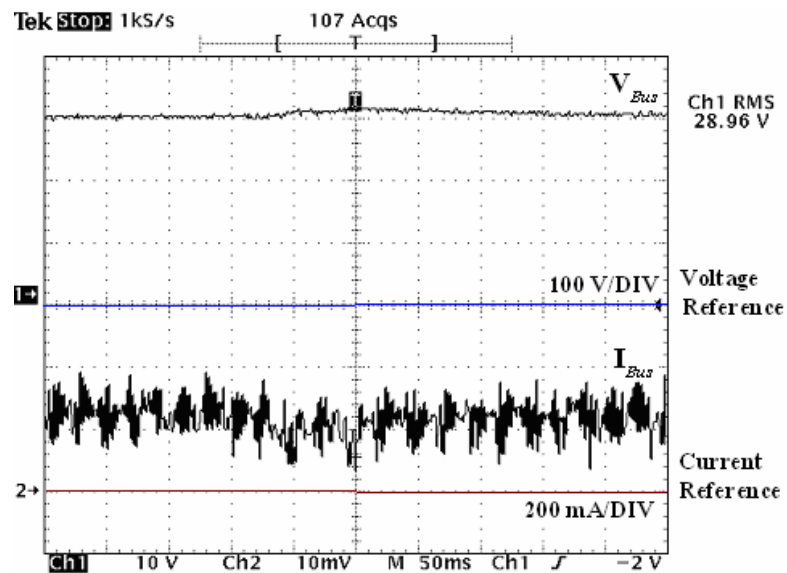
ภาพประกอบ 4-26 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟดับมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point และ Internet

#### 4.5.3 กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint

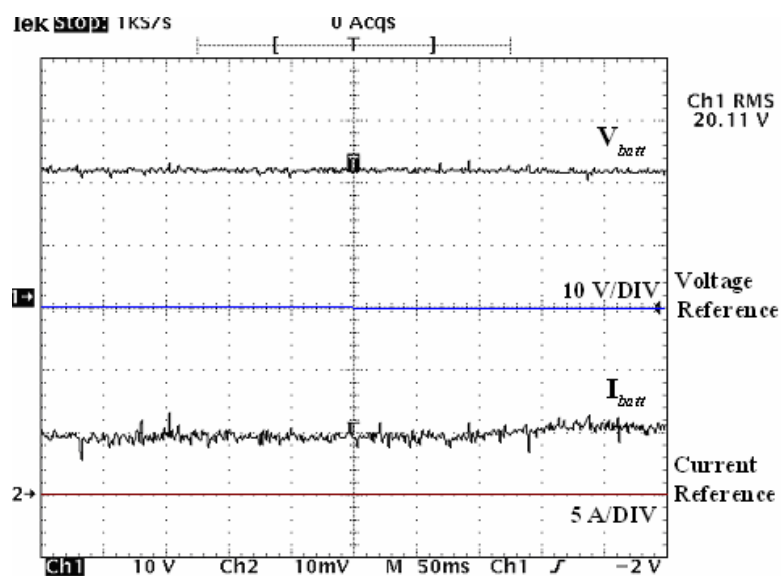
ผลการทดลองในกรณีไฟดับแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสประมาณ 5 แอมป์ดังภาพประกอบ 4-27 โดยมีรูปคลื่นกระแสและแรงดันแสดงดังภาพประกอบ 4-28 และ 4-29



ภาพประกอบ 4-27 คอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint



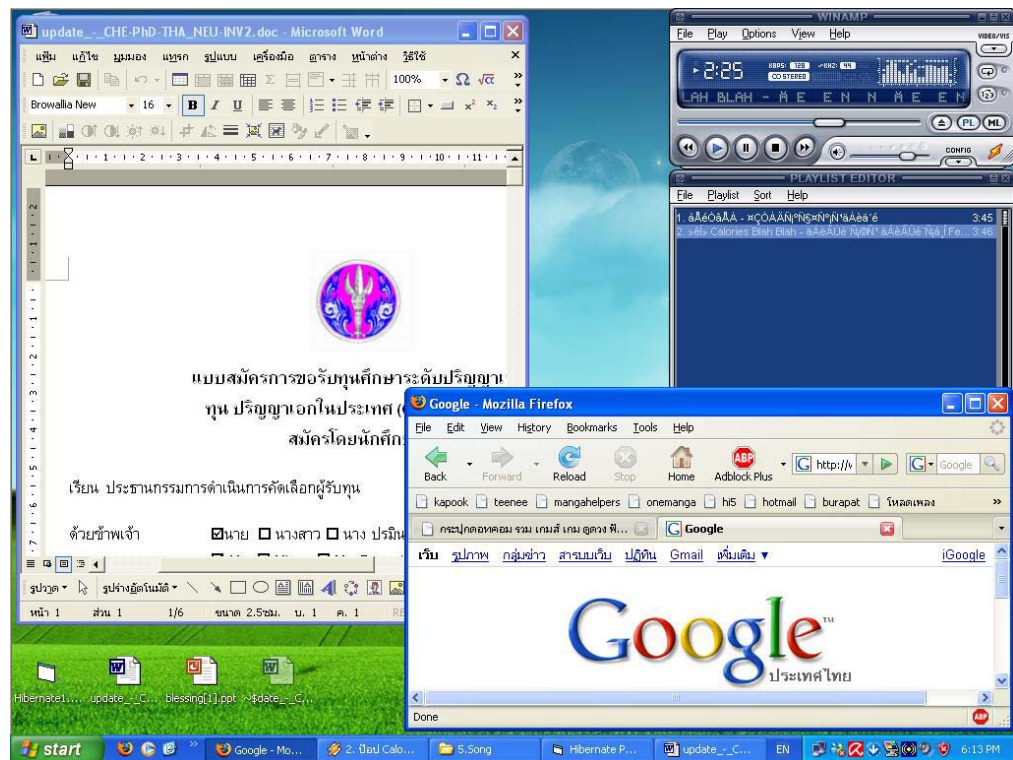
ภาพประกอบ 4-28 แรงดันและกระแสสับสวิตซ์ขณะไฟดับและมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint



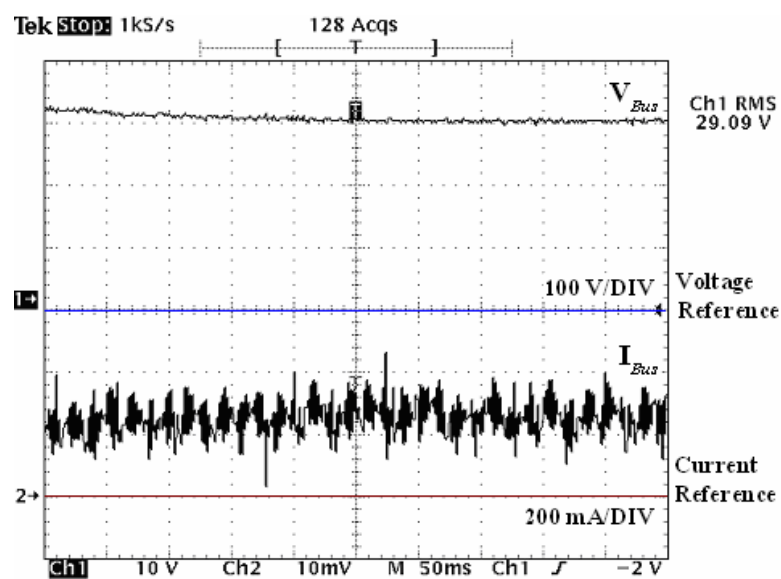
ภาพประกอบ 4-29 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟดับและมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint

#### 4.5.4 กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp

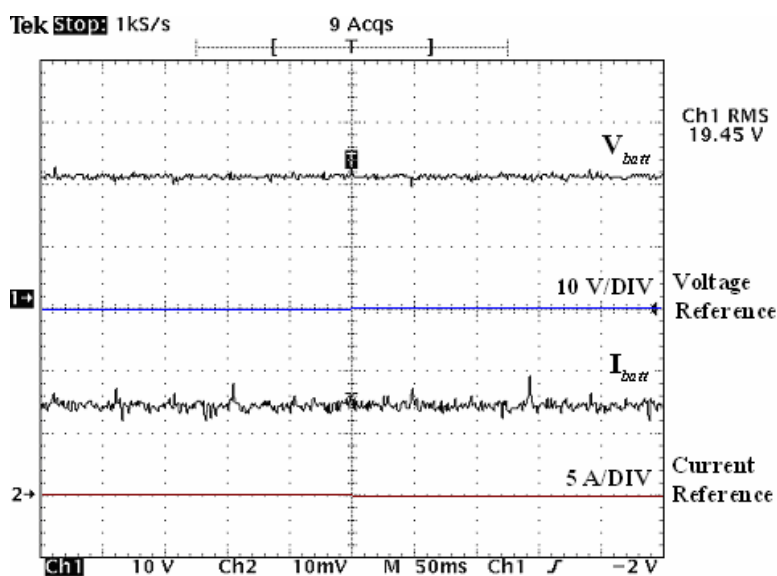
ในกรณีนี้มีการเปิดโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับมัลติมีเดียดังภาพประกอบ 4-30 ซึ่งพบว่ายูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ต้องการพลังงานมากขึ้นในการไฮเบอร์เนต โดยในกรณีนี้แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสประมาณ 7 แอมป์ รูปคลื่นกระแสและแรงดันแสดงดังภาพประกอบ 4-31 และ 4-32



ภาพประกอบ 4-30 คอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp



ภาพประกอบ 4-31 แรงดันและกระแสบังคับขณะไฟดับและมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp

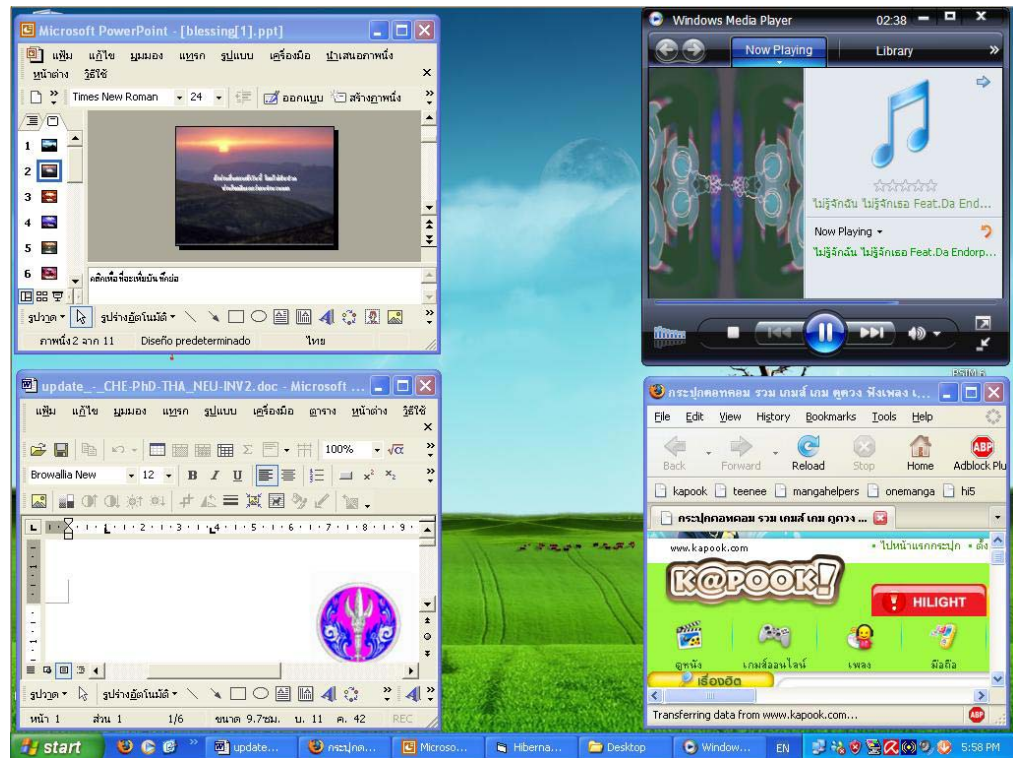


ภาพประกอบ 4-32 แรงดันและกระแสแบตเตอรี่ขณะไฟดับและมีการ Hibernate เมื่อคอมพิวเตอร์เปิด โปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp

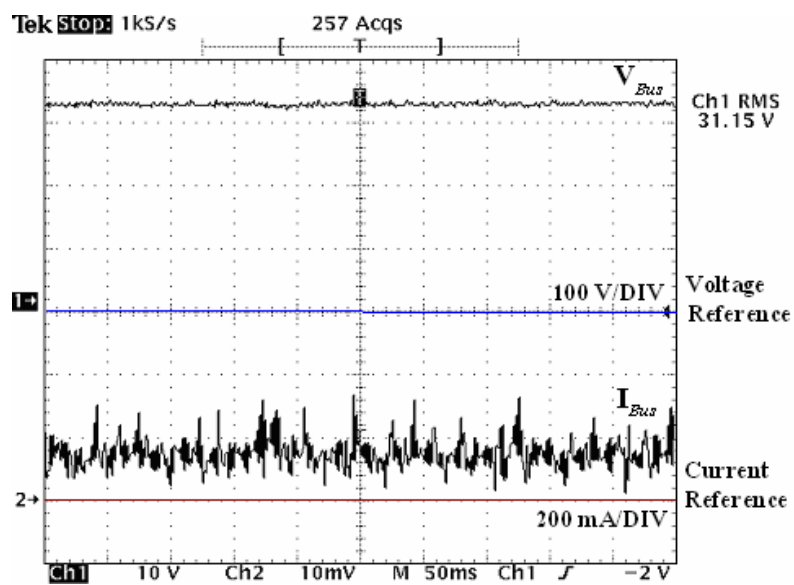
4.5.5 กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Windows media player

เมื่อมีการเปิดโปรแกรมมัลติมีเดียอย่างเช่น Windows media player ดังภาพประกอบ 4-33 คอมพิวเตอร์จะไม่สามารถทำการไฮเบอร์เนตเมื่อไฟดับได้เนื่องจากกระแสที่ใช้ในการไฮเบอร์เนต จะมีค่าสูงมากทำให้พลังงานในแบตเตอรี่ไม่เพียงพอ แต่ถ้าต้องการให้ยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์สำรองไฟฟ้าในกรณีไฟตกโดยไม่มีไฮเบอร์เนต วงจรสามารถทำงานได้รูปคลื่นกระแสและแรงดันที่บัสในกรณีไฟตกแสดงดังภาพประกอบ 4-34





ภาพประกอบ 4-33 คอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Windows media player

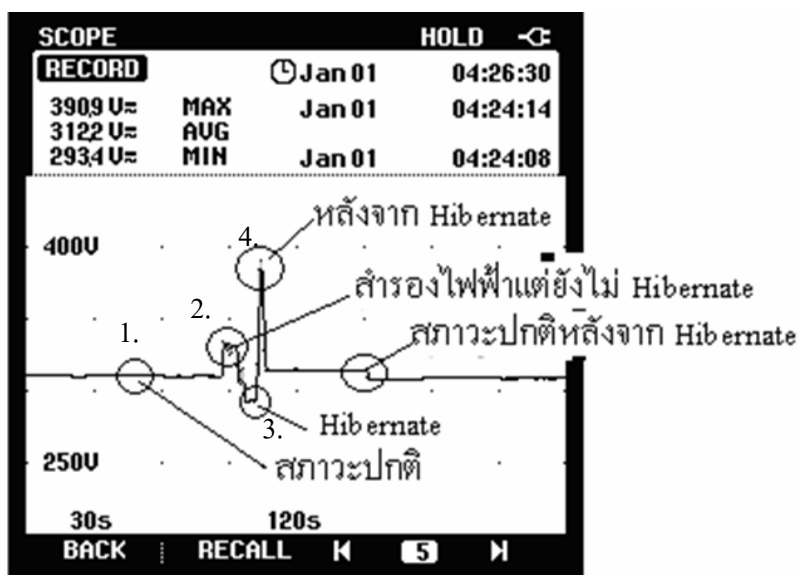


ภาพประกอบ 4-34 แรงดันและกระแสขาขณะไฟตกเมื่อคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Windows media player

#### 4.6 ผลการทดลองการเปลี่ยนสถานะทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์จากสถานะไฟปกติ เป็น ไฟฟ้าดับ

ในการทดลองนี้จะทำการทดสอบเพื่อดูผลการตอบสนองของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้าปกติเป็นไฟดับโดยมีการทดลอง 2 กรณีคือ 1) กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint และ 2) กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp โดยจะทำการวัดค่าแรงดันที่บัสกระแสตรงของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์โดยผลการทดลองของทั้งสองกรณีแสดงดังภาพประกอบ 4-35 และ 4-36 โดยการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่บัสจะแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ

1. ช่วงที่มีสถานะไฟฟ้านormal แรงดันที่บัสจะคงที่ประมาณ 310 โวลต์
2. ช่วงที่ไฟดับและยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์มีการสำรองไฟฟ้า แรงดันที่บัสจะสูงขึ้นเล็กน้อย
3. ช่วงที่ยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์สั่งการให้คอมพิวเตอร์ทำการไฮเบอร์เนต ซึ่งช่วงนี้กระแสค่อนข้างสูงทำให้แรงดันบัสลดลง
4. ช่วงหลังจากการไฮเบอร์เนต แรงดันที่บัสจะสูงอีกครั้งและเข้าสู่สถานะปกติ หลังการไฮเบอร์เนต

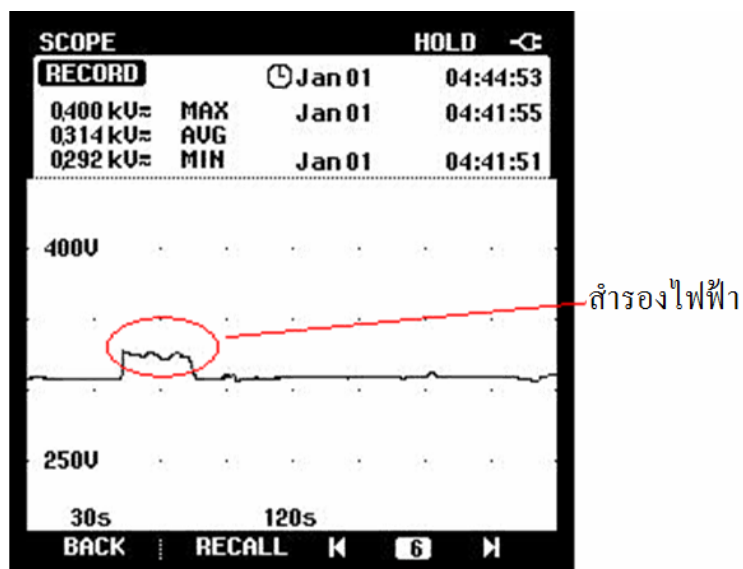


ภาพประกอบ 4-35 การทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์จากสถานะไฟปกติ เป็น ไฟฟ้าดับ กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Power point, Internet และ Paint



ภาพประกอบ 4-36 การทำงานของ Internal UPS จากสภาวะไฟปกติ เป็น ไฟดับ กรณีที่เปิดโปรแกรม Microsoft Word, Internet และ Winamp

ส่วนภาพประกอบ 4-37 แสดงแรงดันที่บัสเมื่อมีการสำรองไฟขณะไฟดับแต่ไม่มีการไฮเบอร์เนต



ภาพประกอบ 4-37 การทำงานของ Internal DC UPS ในสภาวะไฟดับ แต่ไม่มีการ Hibernate

จากการทดลองการทำงานของยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ในกรณีต่าง ๆ พบว่า ยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้เมื่อเกิดไฟฟ้าตกหรือไฟฟ้ายดับ โดยกระแสบัลลูนก่อนจะมีการไฮเบอร์เนตจะมีค่าประมาณ 200 มิลลิแอมป์ ส่วนกระแสที่จ่ายจากแบตเตอรี่มีค่าประมาณ 3 แอมป์ เมื่อมีการไฮเบอร์เนตกระแสจะเพิ่มขึ้นซึ่งก็ขึ้นอยู่กับจำนวนโปรแกรมที่เปิดใช้งานอยู่ในคอมพิวเตอร์ขณะนั้น

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงสถานะจากปกติเป็นไฟฟ้าตกหรือไฟฟ้ายดับการสวิตช์เข้าสำรองไฟฟ้าสามารถสวิตช์ได้ทัน ซึ่งประสิทธิภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางนั้นเมื่อมีการชาร์จแบตเตอรี่ประสิทธิภาพจะอยู่ที่ 80 % สำรองไฟฟ้าจะอยู่ที่ประมาณ 75 % แต่เมื่อมีการไฮเบอร์เนตเกิดขึ้นประสิทธิภาพจะอยู่ที่ประมาณ 63 %

ในการ Hibernate ถ้าเปิดโปรแกรมที่ใช้หน่วยความจำสูงเช่น Windows media player, Acrobat Reader, MATLAB, Orcad เป็นต้น พบว่าเมื่อไฟฟ้ายดับยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำการไฮเบอร์เนตเมื่อไฟดับได้แต่จะสามารถสำรองไฟเพื่อไม่ให้เครื่องคอมพิวเตอร์ดับ

จากการทดลองจึงสามารถนำยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานจริงได้แต่ต้องมีการแก้ไขปรับปรุงในส่วนของคุณภาพของวงจรใหม่

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนายูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์โดยใช้ วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง (Bidirectional Converter) การทำงานของวงจรมี 2 ส่วน นั่นก็คือ วงจรสำหรับชาร์จแบตเตอรี่จะใช้ วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ (Half bridge Converter) จะใช้เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ประมาณ 6 ชั่วโมงเมื่อแบตเตอรี่หมดและวงจรสำหรับการสำรองไฟจากแบตเตอรี่เมื่อไฟดับหรือไฟดับจะใช้ วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแส-เพด พูช-พูล (Current-fed Push-Pull Converter) โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ (ARM7-Phillip LPC2119) เป็นหัวใจในการควบคุมให้ยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์ทำงานโดยจะมีการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมเมื่อไฟดับ ขั้นตอนในการดำเนินงานประกอบด้วยหลายขั้นตอนดังนี้ การออกแบบวงจรทบทวนแบบ 2 ทาง การออกแบบคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์ การออกแบบชุดตรวจการออกแบบระบบสื่อสารระหว่างคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ และทดสอบระบบพร้อมแก้ไข

ในการทำงานของยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์นั้นเมื่อไฟฟ้ามีปัญหาจะมีการสำรองไฟไว้ 5 วินาทีก่อนและจะตรวจสอบอีกครั้งว่าไฟฟ้ากลับสถานะปกติหรือไม่ ถ้ายังไม่กลับสถานะปกติก็จะส่งสัญญาณไปบอกคอมพิวเตอร์ให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการไฮเบอร์เนต

ซึ่งในการใช้งานยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์นั้นสามารถนำมาใช้กับคอมพิวเตอร์ได้ แต่มีข้อจำกัดที่คอมพิวเตอร์ต้องไม่เปิดโปรแกรมที่ใช้หน่วยความจำเครื่อง (RAM) สูงเนื่องจากยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์จ่ายพลังงานได้ไม่เพียงพอสำหรับการไฮเบอร์เนต

#### 5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา

5.2.1 แบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาดใหญ่เกินไป อาจจะแก้ไขโดยลดขนาดให้เล็กลงได้แต่พลังงานของแบตเตอรี่จะหมดเร็วขึ้น

5.2.2 ยูทิลิตี้ในคอมพิวเตอร์ไม่สามารถไฮเบอร์เนตได้ถ้าเปิดโปรแกรมที่ใช้หน่วยความจำสูง แต่จะสามารถสำรองไฟได้ไม่ให้อุปกรณ์ดับ แนวทางแก้ไขอาจจะเพิ่ม

ช่วงเวลาในการสำรองให้นานขึ้นและถ้ามีโปรแกรมที่ใช้หน่วยความจำสูงคอมพิวเตอร์ไม่ต้อง ใส-  
เบอร์ดเน็ต

5.2.3 ยูพีเอสมีประสิทธิภาพต่ำในการนำไปใช้งานจริงควรจะปรับปรุงประสิทธิ-  
ภาพของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางให้ดีขึ้น

### 5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

5.3.1 จัดทำวงจรเป็นแบบปริ้นท์ 2 หน้าอาจจะลดขนาดวงจรให้เล็กลงได้อีก

5.3.2 ปรับปรุงโปรแกรม Visual Basic เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถแสดงสถานะ  
ไฟฟ้า และระดับแรงดันแบตเตอรี่ เพื่อให้สามารถตรวจสอบและดูแลอุปกรณ์ได้งานยิ่งขึ้น

5.3.3 ปรับปรุงระบบตัวตรวจรู้ใหม่ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพื่อลดขนาดและให้  
ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3.4 ปรับปรุงประสิทธิภาพวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางให้ประสิทธิภาพ  
สูงขึ้น

### บรรณานุกรม

- Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee, "An Integrated Flyback Converter for DC Uninterruptible Power Supply", IEEE Transactions on power electronics, Vol.11, pp.318-327, 1996
- Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee, "A Novel Uninterruptible DC-DC Converter for UPS Application", IEEE Transactions Industry Application, Vol.28, No.28, pp.808-815, 1991
- Teofilo, V.L.; Merritt, L.V.; Hollandsworth, R.P., "Advanced lithium ion battery charger", IEEE, Aerospace and Electronic Systems Magazine, Vol. 12, pp.30-36, 1997
- Pulvirenti, F.; Milazzo, P.; Ursino, R., "Charger power switch for mobile phones", IEEE, Analog and Mixed IC Design, 1997. Proceedings of the 2nd IEEE-CAS Region 8 Workshop on 12-13 Sept. 1997, pp.97-100, 1997
- A Fernandez, J. Sebastian, Martin-Ramos, J.A., J. Corral, F. Ruiz, "Multiple Output AC/DC Converter with an Internal DC UPS", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.53, NO.1, pp.296-204, 2006
- E. Rodriguez. D. Abud, J. Arau, "A Novel Single-Stage Single-Phase DC UPS with Power Factor Correction", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 46, No. 6, December 1999, pp. 1137-1147, 1999
- Yungtaek Jang, Milan M. Jovanovic, "New Two-Inductor Boost Converter with Auxillary Transformer", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.49, NO.1 pp.169-175, 2004
- Yungtaek Jang, Milan M. Jovanovic, "A New Soft-Switched DC-DC Front-End Converter for Applications with Wide-Range Input Voltage from Battery Power Sources", IEEE International Telecommunication Energy Conference, 19-23 October 2003, pp.770-777, 2003
- Lima, F.; Ramalho, J.N.; Tavares, D.; Duarte, J.; Albuquerque, C.; Marques, T.; Geraldés, A.; Casimiro "A Novel Universal Battery Charger for NiCd, NiMH, Li-ion and Li-polymer", IEEE, Conference on European Solid-State Circuits, ESSCIRC '03., 16-18 Sept. 2003, pp.209-212, 2003
- Gang Chen; Yim-Shu; "Actively Clamped Bidirectional Flyback Converter" IEEE Transaction on Industrial Engineering, 20 Jan. 2000, pp.770-779, 2000

Manu Jain, M. Daniele, Praveen K. Jain. “A Bidirectional DC–DC Converter Topology for Low Power Application”, IEEE Transaction on Power Electronics, pp 595 -606, July 2000  
 Hewlett-Packard Corporation, Intel Corporation, Microsoft Corporation, Phoenix Technologies Ltd., Toshiba Corporation “Advanced Configuration and Power Interface Specification”, 2 September 2004

สุระพล เขียวมนตรี.2545.อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

วีระเชษฐ์ ชันเงิน, วุฒิพล ชาราทรเชษฐ .2547.อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พรินติ้ง

Linden , Reddy .Handbook of Batteries. ,Product Engineering Processes

[http://www.ee.mut.ac.th/home/peerapol/semi\\_6.htm](http://www.ee.mut.ac.th/home/peerapol/semi_6.htm)

<http://computer.howstuffworks.com/power-supply3.htm>

Automatic Shutdown : <http://www.pcguide.com/ref/power/ext/ups/>

Visual Basic 6.0 : <http://www.thaiio.com>

Smart NiCd/NiMH Battery : <http://www.freescale.com>

Cut Power Use and Extend Battery Life with Stanby and Hibernate : <http://www.microsoft.com>

Source code Hibernate : [http://www.vbcode.com/view\\_Code\\_Snippet.htm](http://www.vbcode.com/view_Code_Snippet.htm)



ภาคผนวก ก ตารางสายตัวนำสำหรับการออกแบบหม้อแปลง

ตาราง ก-1 สายตัวนำสำหรับการออกแบบหม้อแปลง\*\* Standart Wire Gauge (SWG)

(ที่มา : L. UMANAND and S.R. BHAT, “Design of Magnetic Components for Switched Mode Power Converters”, Wiley Eastern Limited, 1992)

SWG	Diameter With Enamel (mm)	Area of bare Conductor (mm <sup>2</sup> )	R/Km@20 °C (Ohm)	Weight (Kg/km)
45*	0.086	0.003973	4340	0.0369
44	0.097	0.005189	3323	0.0481
43	0.109	0.006567	2626	0.0610
42	0.119	0.08107	2127	0.0750
41	0.132	0.009810	1758	0.0908
40*	0.142	0.011675	1477	0.1079
39	0.152	0.013700	1258	0.1262
38*	0.175	0.018240	945.2	0.1679
37	0.198	0.023430	735.9	0.2202
36	0.218	0.029270	589.1	0.2686
35*	0.241	0.035750	482.2	0.3281
34	0.264	0.04289	402.0	0.3932
33	0.287	0.05067	340.3	0.4650
32*	0.307	0.06818	291.7	0.5408
31	0.330	0.07791	252.9	0.6245
30	0.351	0.09372	221.3	0.7121
29*	0.384	0.09372	184.0	0.8559
28	0.417	0.11100	155.3	1.0140
27	0.462	0.13630	126.5	1.2450
26*	0.505	0.16420	105.0	1.4990
25	0.561	0.20270	85.1	1.8510
24*	0.612	0.24520	70.3	2.2330
23	0.665	0.29190	59.1	2.6550

<b>SWG</b>	<b>Diameter With Enamel (mm)</b>	<b>Area of bare Conductor (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>R/Km@20 °C (Ohm)</b>	<b>Weight (Kg/km)</b>
22*	0.770	0.39730	43.4	3.6070
21	0.874	0.51890	33.2	4.7020
20*	0.978	0.66570	26.3	5.9390
19	1.082	0.81070	21.3	7.3240
18*	1.293	1.15700	14.8	10.5370
17	1.501	1.58900	10.8	14.3130
16	1.709	2.07500	8.3	16.6780
15	1.920	2.62700	6.6	23.6400
14*	2.129	3.24300	5.3	29.1500
13	2.441	4.28900	4.0	35.5600
12	2.756	5.48000	3.1	49.2200
11	3.068	6.81800	2.5	51.0000
10	3.383	8.30200	2.1	74.0000
9	3.800	10.5100	1.6	94.0000
8	4.219	12.9700	1.3	116.0000

\* Standardized at CEDT

ตาราง ก-2 สายตัวนำสำหรับการออกแบบหม้อแปลง American Wire Gauge (AWG)

(ที่มา : Robert W. Erickson and Dragan Maksimovic, “Fundamentals of Power Electronics” 2<sup>nd</sup> edition, Kluwer Academic, 2001)

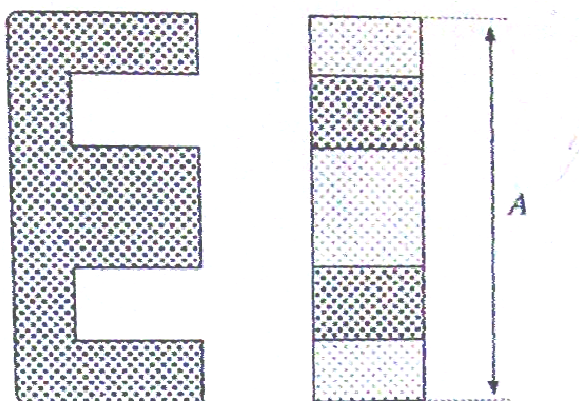
AWG	Diameter With Enamel (mm)	Area of bare Conductor (mm <sup>2</sup> )	Resistance (10 <sup>-7</sup> Ω/Ohm)
0000	11.68	107.23	1.608
000	10.40	85.03	2.027
00	9.27	67.42	2.557
0	8.25	53.48	3.224
1	7.35	42.41	4.065
2	6.54	33.63	5.128
3	5.83	26.67	6.463
4	5.19	21.15	8.153
5	4.62	16.77	10.28
6	4.11	13.30	13.0
7	3.66	10.55	16.3
8	3.26	8.367	20.6
9	2.91	6.632	26.0
10	2.67	5.241	32.9
11	2.38	4.160	41.37
12	2.13	3.308	52.09
13	1.90	2.626	69.64
14	1.71	2.002	82.80
15	1.53	1.651	104.3
16	1.37	1.307	131.8
17	1.22	1.039	165.8
18	1.09	0.8228	209.5

<b>AWG</b>	<b>Diameter With Enamel (mm)</b>	<b>Area of bare Conductor (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistance (10<sup>-7</sup> Ω/Ohm)</b>
19	0.948	0.6531	263.9
20	0.874	0.5188	332.3
21	0.785	0.4116	418.9
22	0.701	0.3243	531.4
23	0.632	0.2508	666.0
24	0.566	0.2047	842.1
25	0.505	0.1623	1062.0
26	0.452	0.1280	1345.0
27	0.409	0.1021	1687.6
28	0.366	0.08046	2142.7
29	0.330	0.06470	2664.3
30	0.294	0.05067	3402.2
31	0.267	0.04013	4294.6
32	0.241	0.03242	5314.9
33	0.236	0.02554	6748.6
34	0.191	0.02011	8572.8
35	0.170	0.01589	10849
36	0.152	0.01266	13608
37	0.140	0.01026	16801
38	0.124	0.008107	21266
39	0.109	0.006207	27775
40	0.096	0.004869	35400
41	0.0863	0.003972	43405
42	0.0762	0.003166	54429
43	0.0685	0.002452	70308
44	0.0635	0.00202	85072

ภาคผนวก ข ตารางแทนหม้อแปลงเพื่อใช้ในการออกแบบ

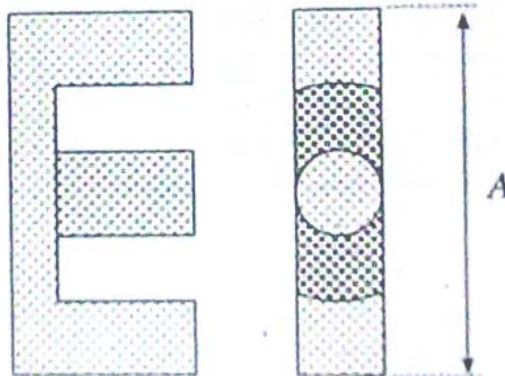
## ตารางแกนหม้อแปลงเพื่อใช้ในการออกแบบ

### แกน EE



Core Type (A) (mm)	Geometrical Constant $K_g$ (cm <sup>5</sup> )	Geometrical Constant $K_{gfe}$ (cm <sup>3</sup> )	Cross-sectional Area $A_c$ (cm <sup>2</sup> )	Bobbin Winding Area $A_w$ (cm <sup>2</sup> )	Mean Length per turn $MLT$ (cm <sup>2</sup> )	Magnetic Path Length $l_m$ (cm)	Core Weight (g)
EE12	$0.731 \times 10^{-3}$	$0.458 \times 10^{-3}$	0.14	0.085	2.28	2.7	2.34
EE16	$2.02 \times 10^{-3}$	$0.842 \times 10^{-3}$	0.19	0.190	3.40	3.45	3.29
EE19	$4.07 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-3}$	0.23	0.284	3.69	3.94	4.83
EE22	$8.26 \times 10^{-3}$	$1.8 \times 10^{-3}$	0.41	0.396	3.99	3.96	8.81
EE30	$85.7 \times 10^{-3}$	$6.7 \times 10^{-3}$	1.09	0.476	6.60	5.77	32.4
EE40	0.209	$11.8 \times 10^{-3}$	1.27	1.10	8.50	7.70	50.3
EE50	0.909	$28.4 \times 10^{-3}$	2.26	1.78	10.0	9.58	116
EE60	1.38	$36.4 \times 10^{-3}$	2.47	2.89	12.8	11.0	135
EE70/68/19	5.06	$75.9 \times 10^{-3}$	3.24	6.75	14.0	18.0	280

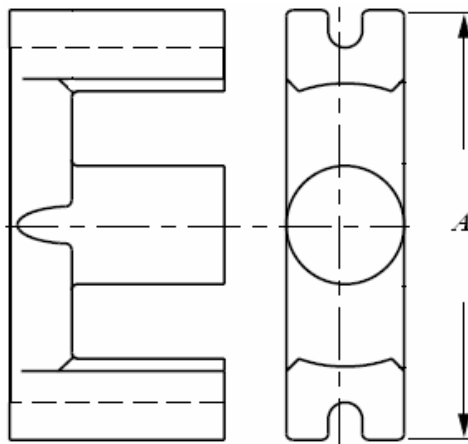
### แบบ ETD



Core Type (A) (mm)	Geometrical Constant $K_g$ (cm <sup>5</sup> )	Geometrical Constant $K_{gfe}$ (cm <sup>3</sup> )	Cross-sectional Area $A_c$ (cm <sup>2</sup> )	Bobbin Winding Area $A_w$ (cm <sup>2</sup> )	Mean Length per turn $MLT$ (cm <sup>2</sup> )	Magnetic Path Length $l_m$ (cm)	Core Weight (g)
ETD29	0.0978	$8.5 \times 10^{-3}$	0.76	0.903	5.33	7.20	30
ETD34	0.193	$13.1 \times 10^{-3}$	0.97	1.23	6.00	7.86	40
ETD39	0.397	$19.8 \times 10^{-3}$	1.25	1.74	6.86	9.21	60
ETD44	0.846	$1.74 \times 10^{-3}$	1.74	2.13	7.62	10.3	94
ETD49	1.42	$41.0 \times 10^{-3}$	2.11	2.71	8.51	11.4	124

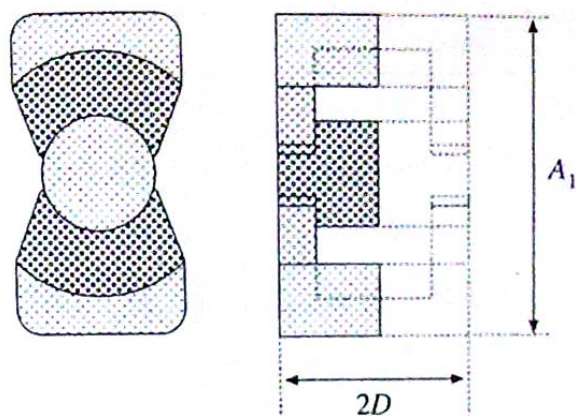


### แบบ EC



Core Type (A) (mm)	Geometrical Constant $K_g$ (cm <sup>5</sup> )	Geometrical Constant $K_{gfe}$ (cm <sup>5</sup> )	Cross-sectional Area $A_c$ (cm <sup>2</sup> )	Bobbin Winding Area $A_w$ (cm <sup>2</sup> )	Mean Length per turn $MLT$ (cm)	Magnetic Path Length $l_m$ (cm)	Core Weight (g)
EC35	0.131	$9.9 \times 10^{-3}$	0.843	0.975	5.30	7.74	35.5
EC41	0.374	$19.5 \times 10^{-3}$	1.21	1.35	5.30	8.93	57.0
EC52	0.914	$31.7 \times 10^{-3}$	1.80	2.12	7.50	10.5	111
EC70	2.84	$56.2 \times 10^{-3}$	2.79	4.71	12.9	14.4	256

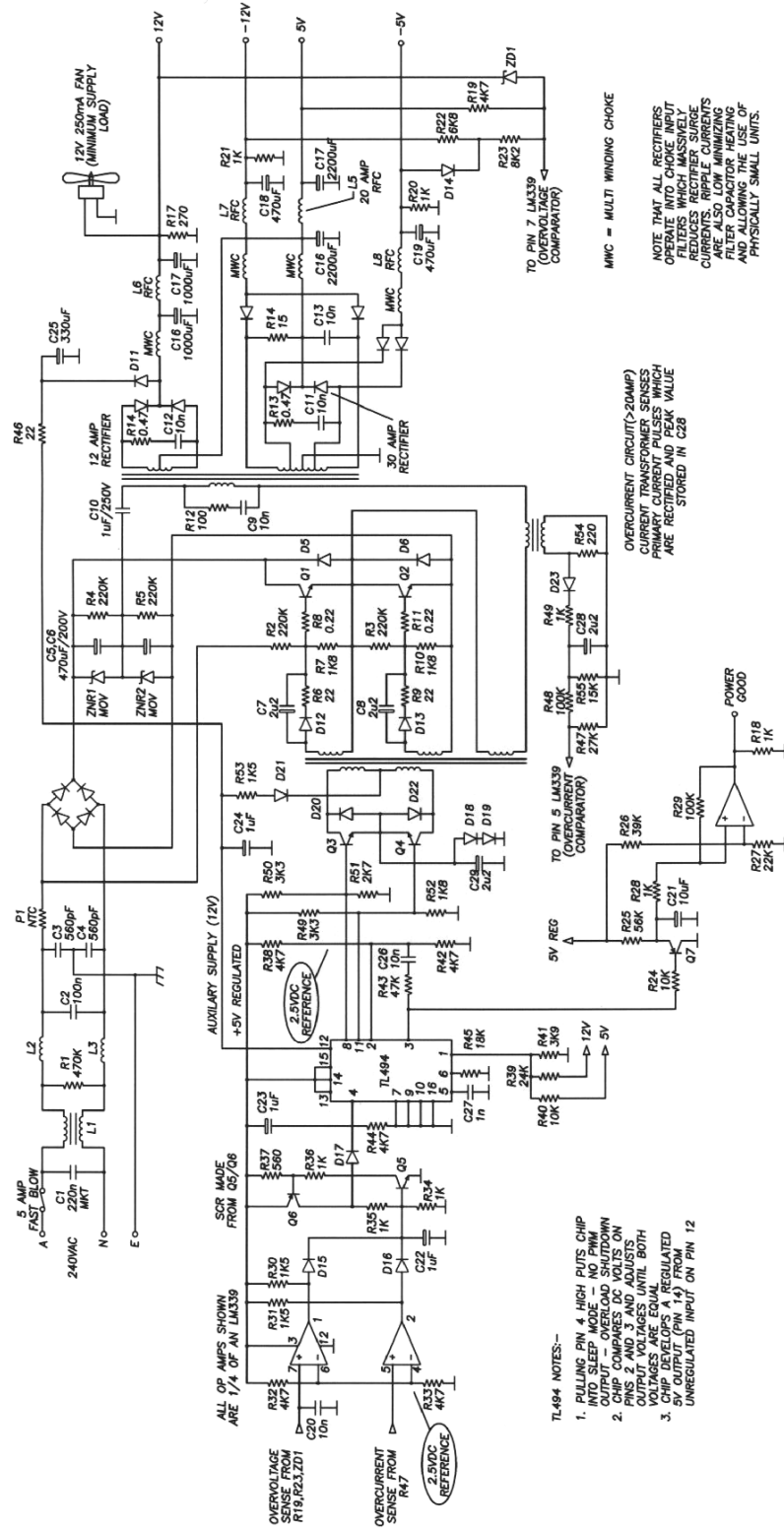
## แบบ PQ



Core Type ( $A_1/2D$ ) (mm)	Geometrical Constant $K_g$ ( $\text{cm}^5$ )	Geometrical Constant $K_{gfe}$ ( $\text{cm}^5$ )	Cross-sectional Area $A_c$ ( $\text{cm}^2$ )	Bobbin Winding Area $A_w$ ( $\text{cm}^2$ )	Mean Length per turn $MLT$ ( $\text{cm}^2$ )	Magnetic Path Length $l_m$ (cm)	Core Weight (g)
PQ20/16	$22.4 \times 10^{-3}$	$3.7 \times 10^{-3}$	0.62	0.256	4.4	3.74	13
PQ20/20	$33.6 \times 10^{-3}$	$4.8 \times 10^{-3}$	0.62	0.384	4.4	4.54	15
PQ26/20	$83.6 \times 10^{-3}$	$7.2 \times 10^{-3}$	1.19	0.333	5.62	4.63	31
PQ26/25	0.125	$9.4 \times 10^{-3}$	1.18	0.503	5.62	5.55	36
PQ32/20	0.203	$11.7 \times 10^{-3}$	1.70	0.471	6.71	5.55	42
PQ32/30	0.384	$18.6 \times 10^{-3}$	1.61	0.995	6.71	7.46	55
PQ35/35	0.820	$30.4 \times 10^{-3}$	1.96	1.61	7.52	8.79	73
PQ40/40	1.20	$39.1 \times 10^{-3}$	2.01	2.50	8.39	10.2	95

ภาคผนวก ค Data sheet ที่ใช้ในการออกแบบยูพีเอสภายในคอมพิวเตอร์

# Power Supply



TL484 NOTES:-  
 1. PULLING PIN 4, HIGH RITS CHIP INTO SLEEP MODE - NO PNM OUTPUT - OVERLOAD SHUTDOWN  
 2. CHIP COMPARES DC VOLTS ON OUTPUT WITH REFERENCE VOLTAGES. IF BOTH VOLTAGES ARE EQUAL, CHIP DEVELOPS A REGULATED 5V OUTPUT (PIN 14) FROM UNREGULATED INPUT ON PIN 12

OVERCURRENT CIRCUIT (>20AMP) PROVIDES A PULSE WHICH PRIMARY CURRENT PULSES WHICH ARE STORED IN C28

MWC = MULTI WINDING CHOKE  
 NOTE THAT ALL RECTIFIERS OPERATE INTO CHOKE INPUT FILTERS WHICH MASSIVELY REDUCES RECTIFIER SURGE CURRENTS. THE AMOUNTS ARE ALSO LOW MINIMIZING FILTER CAPACITOR HEATING AND ALLOWING THE USE OF PHYSICALLY SMALL UNITS.

DRAWN J.S.T.  
 DECEMBER 2003

SEVEN TEAM ST-230WHF 230 WATT SWITCH MODE POWER SUPPLY

**ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119**

## ภาคผนวก ง

### รายละเอียดและคุณสมบัติของบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119

ET-ARM7 STAMP LPC2119 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล ARM 7 TDMI-S Core เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 16/32 บิตขนาด 64 ขาแบบใช้พลังงานต่ำ เลือกใช้ MCU เบอร์ LPC2119 ของ Philips โดยการออกแบบโครงสร้างของบอร์ดนั้นจะเน้นเรื่องการจัดวางให้มีขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน

การจัดวางโครงสร้างของบอร์ดนำ MCU มาจัดวางร่วมกับอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นและจัดขาออกมาให้ใช้งานภายนอก ซึ่งการจัดเรียงขาสัญญาณจะทำการจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบเพื่อให้สามารถต่อใช้งานได้โดยสะดวก ตัวบอร์ดใช้ไฟ +3.3V สามารถรองรับ I/O ที่เป็นสัญญาณ 5V ได้ ตัวบอร์ดมี Connector UART0 (RS-232) จำนวน 1 พอร์ตสำหรับทำการ Download Hex File หรือใช้งานในการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS232)

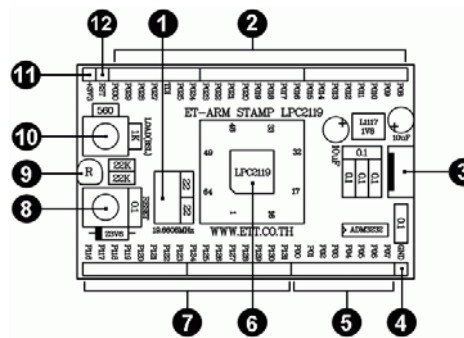
#### คุณสมบัติของบอร์ด

- 1) ใช้ MCU ตระกูล ARM7TDMI-S เบอร์ LPC2119 ของ Philips มีขนาด 16/32 บิต
- 2) ใช้ Crystal 19.6608 MHz โดย MCU สามารถประมวลผลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 58.9824 MHz เมื่อใช้งานร่วมกับ Phase-Locked Loop (PLL) ภายในตัว MCU เอง
- 3) รองรับการโปรแกรมแบบ In-System Programming (ISP) และ In-Application Programming (IAP) ผ่านทาง On-Chip Boot-Loader Software ผ่านทาง UART0 (RS232)
- 4) ใช้แรงดันไฟฟ้า +3.3V เท่านั้น (3.0V – 3.6V + 10% Error)
- 5) ภายใน MCU มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash ขนาด 128 KB, หน่วยความจำข้อมูล Static RAM ขนาด 16 KB
- 6) จำนวน GPIO สูงสุดถึง 46 I/O ขาสามารถเชื่อมต่อกับระบบ I/O ที่เป็นสัญญาณ 5V ได้ ซึ่งขาสัญญาณ GPIO จะมีการใช้งานร่วมกันของ Function อื่นๆอีก
- 7) ทนอุณหภูมิใช้งานระหว่าง -40 ถึง +85°C
- 8) ขนาดดังนี้

- PCB ขนาด 40 x 65 มิลลิเมตร

- ระยะขาดความกว้าง 38.1 มิลลิเมตร ความยาว 63.5 มิลลิเมตร
- ระยะระหว่างขา 2 x 25 ขา I/O Connector 2.54 มิลลิเมตร

โครงสร้างบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119 แสดงดังภาพประกอบ ง-1



ภาพประกอบ ง-1 โครงสร้างบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119

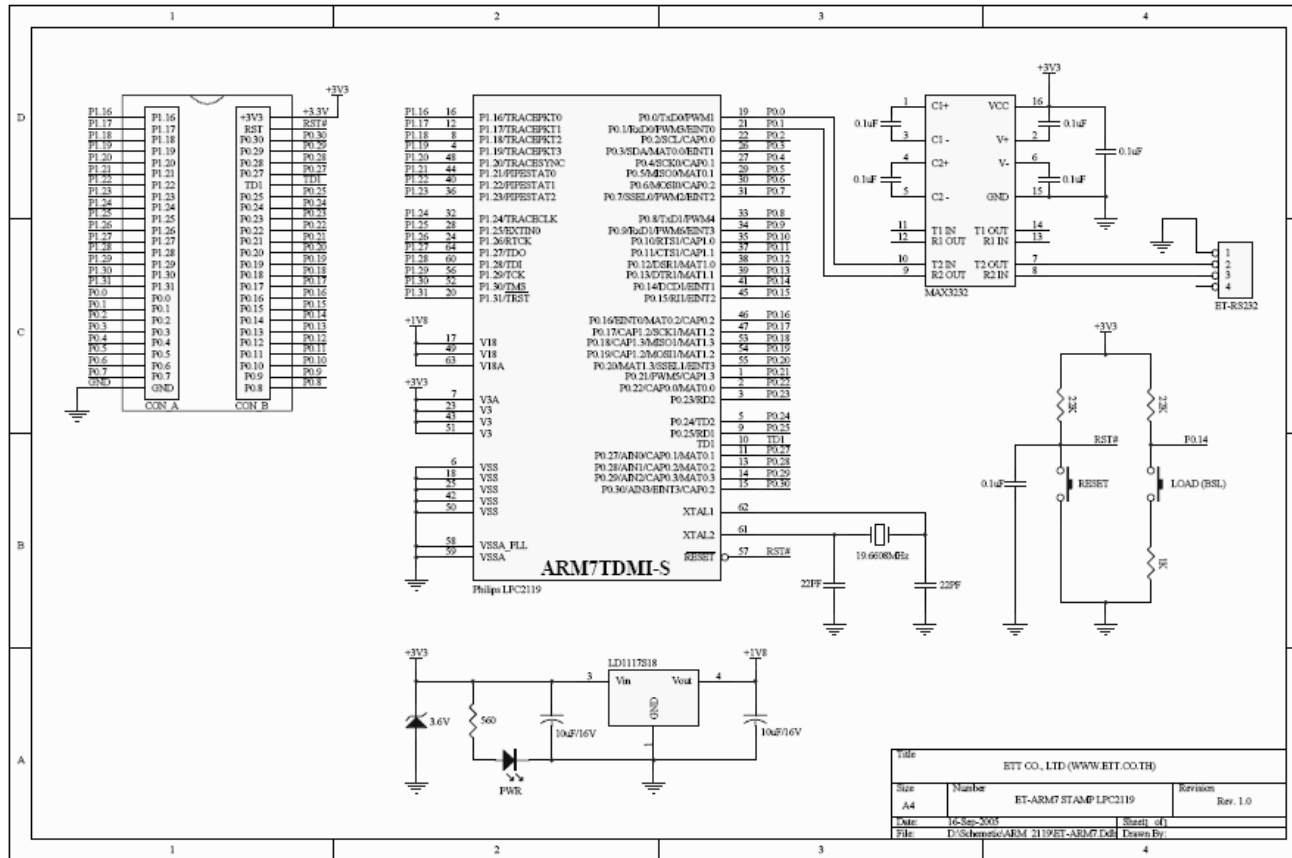
(ที่มา : <http://www.ett.co.th>)

โดย

- หมายเลข 1 คือ คริสตอล 19.6608 MHz
- หมายเลข 6 คือ CPU ARM7 LPC2119 ของ Philips
- หมายเลข 2/5 คือ GPIO 0 ตั้งแต่ P0.0 – P0.25 และ P0.27 – P0.30 จำนวนทั้งหมด 30 ขาสามารถรองรับอุปกรณ์ที่มีสัญญาณ I/O เป็น 3.3V และ 5V ได้
- หมายเลข 3 คือ คือ UART 0 หรือพอร์ตอนุกรม (Serial Port) สำหรับติดต่อกับ อุปกรณ์มาตรฐาน RS232 และเป็น ISP Download Connector สำหรับ โปรแกรม Hex file ลงบอร์ด
- หมายเลข 4 คือ จุดต่อกราวด์ (GND)
- หมายเลข 11 คือ จุดต่อแรงดัน+3.3V ของบอร์ด
- หมายเลข 7 คือ GPIO 1 ตั้งแต่ P1.16 – P1.31 จำนวนทั้งหมด 16 ขาสามารถรองรับ อุปกรณ์ที่มีสัญญาณ I/O เป็น 3.3V และ 5V ได้
- หมายเลข 8 คือ สวิตช์ RESET ส่วน หมายเลข 10 คือ สวิตช์ LOAD (BSL)
- หมายเลข 9 คือ LED สีแดง แสดงสถานการณ์ทำงานของแหล่งจ่ายไฟ
- หมายเลข 12 คือ จุดต่อสัญญาณ RESET สำหรับ Reset อุปกรณ์ภายนอก

รายละเอียดของบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119 แสดงดังภาพประกอบ ง-2





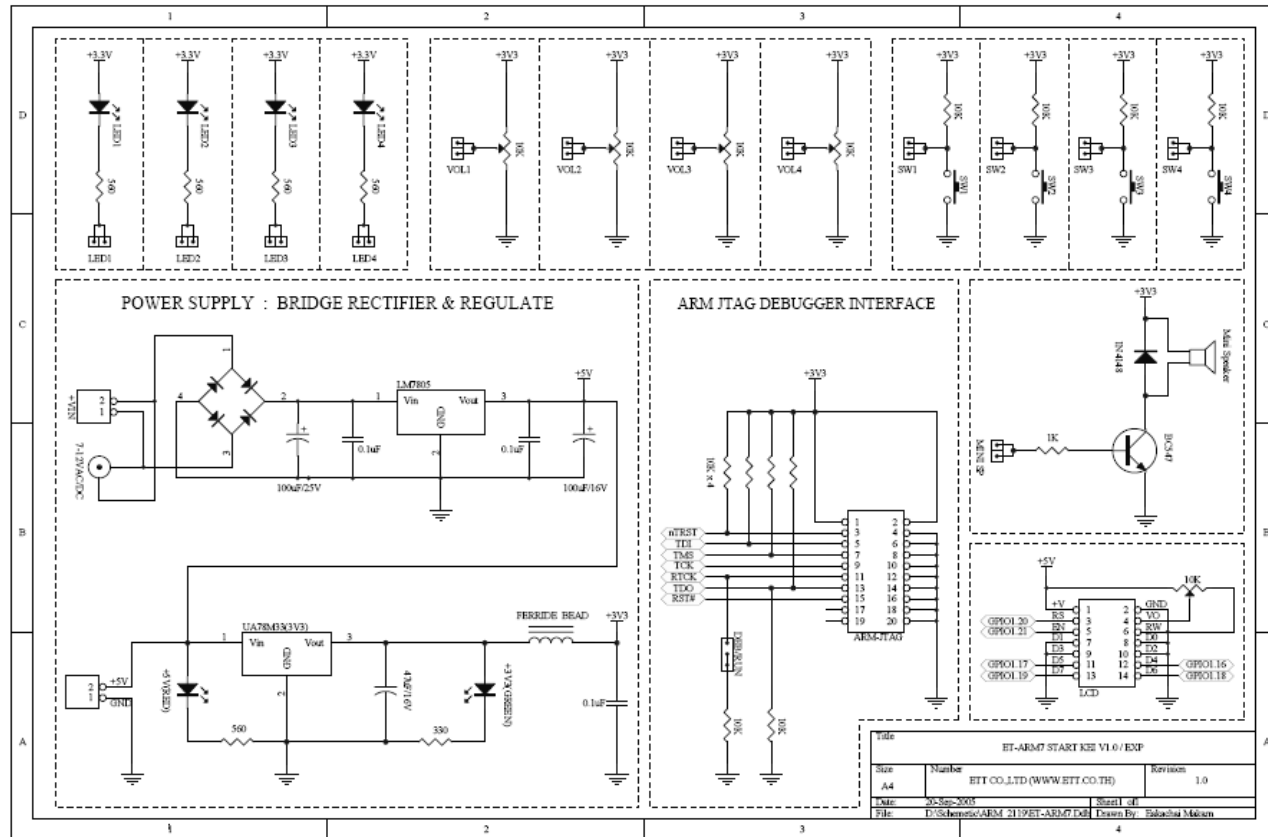
ภาพประกอบ ง-2 รายละเอียดของบอร์ด ET-ARM7 STAMP LPC2119

(ที่มา : <http://www.ett.co.th>)

เพื่อความสะดวกในการใช้งานบอร์ด ET ARM STAMP LPC2119 นั้นสามารถเลือกใช้ ET-ARM7 START KIT V1.0 / EXP เป็นชุด “ARM Base Socket” โดยในส่วนของชุด “ARM Base Socket” หรือ ET-ARM7 START KIT V1.0 และ ET-ARM7 START KEI V1.0 EXP ประกอบไปด้วย วงจรพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการศึกษาเรียนรู้และทดลองใช้งานทรัพยากรต่างๆของ MCU ตระกูล ARM โดยภายในบอร์ดได้จัดเตรียมวงจรใช้งานที่จำเป็นไว้ให้ใช้งานอย่างครบถ้วนได้แก่

- วงจรแหล่งจ่ายไฟ แบบ Bridge Rectifier ขนาด 1A พร้อมวงจร Filter สามารถใช้กับแหล่งจ่ายไฟได้ทั้ง AC และ DC ขนาด 7-12V
- วงจร Regulate ขนาด +3.3V / 500mA สำหรับใช้งานเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรให้กับโมดูล “ET-ARM STAMP LPC2119” และวงจร I/O ต่างๆที่ใช้กับแหล่งจ่ายขนาด 3.3V พร้อม LED แสดงสถานะสีเขียว และจุด Connector เชื่อมต่อใช้งาน ทั้งตัวผู้และตัวเมีย
- วงจร Regulate ขนาด +5V / 1A สำหรับใช้งานเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรให้กับจอแสดงผล LCD และอุปกรณ์ I/O ต่างๆที่ใช้กับแหล่งจ่ายขนาดขนาด +5V พร้อม LED แสดงสถานะสีแดง และจุด Connector เชื่อมต่อใช้งาน ทั้งตัวผู้และตัวเมีย
- วงจรเชื่อมต่อจอแสดงผล LCD แบบ Character พร้อม VR ปรับความสว่าง โดยใช้สัญญาณ GPIO1[16..21] ในการเชื่อมต่อวงจรกับ LCD แบบ 4 Bit Interface
- วงจร LED แสดงผลแบบ Sink Current ใช้ไฟเลี้ยง 3.3V โดยใช้ LED สีแดงขนาด 3 mm. จำนวน 4 ชุด สำหรับใช้ในการทดสอบการทำงานของ Output ต่างๆ
- วงจรปรับแรงดัน 0-3.3V โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเก็อกม้าแบบมีแกนปรับ จำนวน 4 ชุด สำหรับใช้ในการทดสอบการทำงานของ A/D
- วงจร Push Button Switch จำนวน 4 ชุด สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของ Input ต่างๆ
- วงจร Mini Speaker สำหรับใช้ทดสอบการกำเนิดเสียง Beep หรือเสียงอื่นๆ
- พื้นที่สำหรับบัดกรีวงจรเพิ่มเติมขนาด 8cm x 4.5cm หรือใช้เป็นพื้นที่ติดตั้ง Photo Board รุ่น AD100 ขนาด 360 จุด
- ขั้วต่อ Header สำหรับรองรับโมดูล “ET-ARM STAMP LPC2119” หรือโมดูลอื่นๆที่มีขนาดเท่ากันพร้อม Connector สำหรับต่อไปยังวงจรทดลองต่างๆทั้งแบบตัวผู้และตัวเมีย

รายละเอียดของบอร์ด ET-ARM7 START KIT V1.0 / EXP แสดงดังภาพประกอบ ง-3



ภาพประกอบ ง-3 รายละเอียดของบอร์ด ET-ARM7 START KIT V1.0 / EXP

(ที่มา : <http://www.ett.co.th>)

**ภาคผนวก จ การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน**

## การออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

### Design of Internal DC UPS in Personal Computer

บวร วิททยสมบุรณ์<sup>1</sup> กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์<sup>2</sup> อนุวัตร ประเสริฐสิทธิ์<sup>3</sup> ณัฐฐา จินดาเพ็ชร<sup>4</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

Email: s4712016@psu.ac.th<sup>1</sup> kusumal.c@psu.ac.th<sup>2</sup> a nuwat.p@psu.ac.th<sup>3</sup> nattha.s@psu.ac.th<sup>4</sup>

Boworn Wittayasomboon<sup>1</sup> Kusumal Chalermyanont<sup>2</sup> Anuwat Prasertsit<sup>3</sup> Nattha Jindapetch<sup>4</sup>

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat yai, Songkla 90112

Email: s4712016@psu.ac.th<sup>1</sup> kusumal.c@psu.ac.th<sup>2</sup> a nuwat.p@psu.ac.th<sup>3</sup> nattha.s@psu.ac.th<sup>4</sup>

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์ โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางมาใช้ในการออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์โดยมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนก็คือวงจรชาร์จบริดจ์ ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่และวงจรกระแสเฟด พูช-พูล ใช้เพื่อจ่ายไฟสำรองให้กับคอมพิวเตอร์เมื่อไฟดับโดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นการชาร์จแบตเตอรี่และการสำรองไฟฟ้าเมื่อไฟดับ จากการทดลองวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ สองทางสามารถนำมาใช้ในการสร้างเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบต่อเนื่องได้

คำสำคัญ : วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

#### Abstract

This paper presents a design of internal DC UPS in the personal computer by the bidirectional converter. The proposed topology is based on a half-bridge at the primary side of the transformer for charging battery and a current-fed push-pull at the for backuping power during interruption ac line. Battery has normal value of 24 volt. Experiment results show that the bidirectional converter can be used for charging battery and backuping power during interruption ac line. The bidirectional converter can be suitably applied for a simple-low cost internal DC UPS.

Keywords : Bidirectional converter

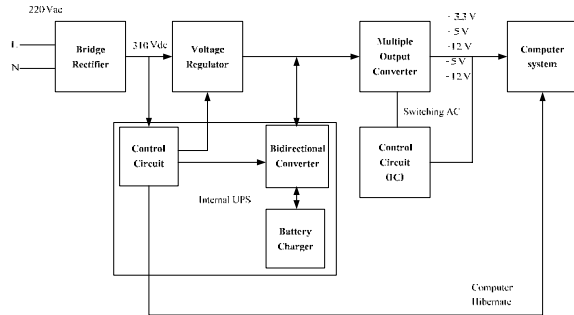
#### 1. บทนำ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นมากขึ้นในชีวิตประจำวัน แต่เนื่องมาจากระบบไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นยังมีความผิดปกติเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ไม่ว่าจะเป็นไฟตกหรือไฟดับ ซึ่งความผิดปกติแต่ละครั้งส่งผลเสียต่อคอมพิวเตอร์โดยทำให้ฮาร์ดดิสก์และข้อมูลในขณะนั้นเกิดความเสียหาย

ซึ่งในปัจจุบันได้มีการแก้ไขปัญหาโดยการนำแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptable Power Supply, UPS ) มาใช้งาน ซึ่ง UPS ส่วนใหญ่ที่นำมาใช้เป็น UPS แบบกระแสสลับ ซึ่งต่อระหว่าง AC line และคอมพิวเตอร์ ภายในของUPS กระแสสลับจะมีแบตเตอรี่สำรองและวงจรอินเวอร์เตอร์เป็นส่วนที่แปลงแรงดันกระแสตรงเป็นแรงดันกระแสสลับที่ความถี่ 50 เฮิร์ตจ่ายให้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply) ภายในคอมพิวเตอร์ ในขณะที่ระบบไฟฟ้าเกิดความผิดปกติ ใดๆก็ตาม UPS แบบกระแสสลับจะมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากและมีฮาร์โมนิกเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลเสียต่อคอมพิวเตอร์ [1] ที่ผ่านมามีการออกแบบ UPS แบบกระแสตรง (DC UPS) สำหรับใส่ไว้ในคอมพิวเตอร์โดยจะมีขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพสูงกว่า UPS แบบแรงดันกระแสสลับ เนื่องจากไม่ต้องผ่านวงจรเรียงกระแสและอินเวอร์เตอร์อยู่หลายรูปแบบอย่างไรก็ตามการออกแบบ UPS กระแสตรงบางวงจรจะมีความซับซ้อนและมีความยุ่งยากในการออกแบบ [2],[3] นอกจากนี้แม้บางวงจรจะเป็นการออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ที่รวมเอา UPS กระแสตรงเข้าไว้ด้วยแต่ก็ยังมีราคาสูง [4] แต่เนื่องจากวงจรที่ใช้ในบทความข้างต้นนั้นมีการทำงานที่ซับซ้อนในงานวิจัยนี้จึงเลือกวงจรทบทแรงดันแบบสองทางแบบการทำงานที่ไม่ซับซ้อนขึ้นมา [5]

ดังนั้นในบทความนี้จึงเสนอการสร้าง UPS กระแสตรงขนาดเล็ก ราคาถูกที่เชื่อมต่ออยู่ภายในคอมพิวเตอร์ โดยไม่ต้องมีการตัดแปลงแหล่งจ่ายไฟฟ้าของตัวคอมพิวเตอร์ดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 1 โดย UPS กระแสตรงนี้จะใช้วงจรคอนเวอร์

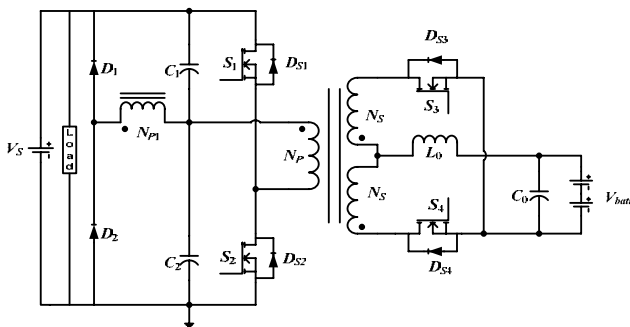
เตอร์แบบสองทาง (Bidirectional converter) เพียงตัวเดียวทำงานทั้งในโหมดชาร์จแบตเตอรี่และโหมดแบ็คอัพตอนที่เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งทำให้ลดความซับซ้อนและจำนวนอุปกรณ์ในวงจร และขนาดของ UPS ที่สร้างให้มีขนาดเล็กลงได้



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมวงจร UPS กระแสตรง

## 2. หลักการทำงานและการออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง

วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางที่นำมาใช้ในการสร้าง UPS กระแสตรง มีส่วนประกอบดังรูปที่ 2 [5],[6] โดยมีหม้อแปลงเป็นส่วนแยกระหว่างบัสของแหล่งจ่ายไฟฟ้าและแบตเตอรี่ ซึ่งวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางจะประกอบด้วยวงจรคอนเวอร์เตอร์ 2 วงจร ส่วนแรกจะเป็นส่วนของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ (Half bridge converter) ซึ่งส่วนนี้จะทำงานเพื่อลดระดับแรงดันจากบัสของแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปชาร์จแบตเตอรี่ในช่วงที่กระแสไฟฟ้าอยู่ในสภาวะปกติ ส่วนที่ 2 จะเป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบกระแสเฟด พูช-พูล (Current-fed push pull converter) โดยวงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่ทบทวนแรงดันจากแบตเตอรี่ให้เท่ากับแรงดันที่บัสเพื่อจ่ายให้กับวงจร ดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์ในขณะที่เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งข้อดีของวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่เลือก การใช้วงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์จะสามารถลดขนาดหม้อแปลงจำนวนรอบและขนาดของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในวงจรได้ ในส่วนของวงจรกระแสเฟด พูช-พูลคอนเวอร์เตอร์นั้นจะมี  $L_o$  ช่วยในการเพิ่มแรงดันและลดฟลักซ์แม่เหล็กที่ไม่สมดุลได้



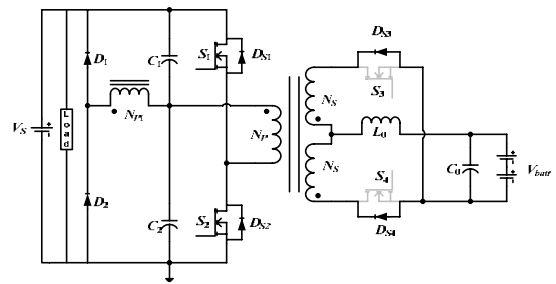
รูปที่ 2 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

### 2.1 โหมดชาร์จแบตเตอรี่

วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทางนี้จะแบ่งการทำงานเป็น 2 โหมด คือโหมดชาร์จแบตเตอรี่ จะใช้แรงดันกระแสตรงบัสมาใช้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่ในช่วงกระแสไฟฟ้าปกติ โดยในโหมดนี้ สวิตช์  $S_1$  สวิตช์  $S_2$  ไดโอด  $D_{S3}$  ไดโอด  $D_{S4}$  ทำงานดังรูปที่ 2 โดยจะแบ่งการทำงานของสวิตช์ใน 1 คาบเป็น 4 ช่วงตั้งแต่  $t_0$  ถึง  $t_4$  ดังรูปที่ 4 ซึ่ง Duty ratio ของวงจรในโหมดชาร์จแบตเตอรี่นี้จะไม่เกิน 0.5 โดยในการคำนวณค่า Duty ratio ในโหมดการชาร์จแบตเตอรี่คำนวณได้ในสมการที่ (1)

$$D = \frac{V_{batt}}{V_{Bus}} \cdot N \quad (1)$$

โดยค่า  $D$  เป็นค่า Duty ratio ที่จะนำมาใช้ในการควบคุมสวิตช์  $S_1$  และสวิตช์  $S_2$



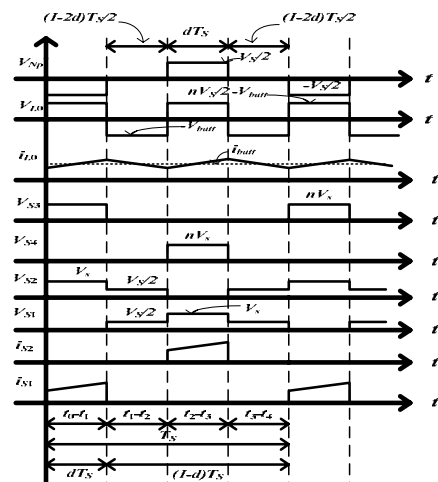
รูปที่ 3 วงจรทำงานในโหมดชาร์จแบตเตอรี่

ส่วน  $V_{batt}$  คือแรงดันแบตเตอรี่  $V_{Bus}$  คือแรงดันของบัสของแหล่งไฟฟ้า ส่วน  $N$  คืออัตราส่วนจำนวนรอบระหว่างขดลวด  $N_p$  กับ  $N_s$  ดังสมการที่ (2)

$$N = \frac{N_p}{N_s} \quad (2)$$

ในการออกแบบจะมีการออกแบบค่า  $L_o$  เพื่อให้กระแสที่ผ่าน  $L_o$  ยังต่อเนื่องอยู่ได้โดยใช้สมการที่ (3)

$$L_o = \frac{V_o \cdot (1 - 2d)}{4 \cdot f_s \cdot (i_L - I_{Lmin})} \quad (3)$$



รูปที่ 4 การทำงานในโหมดชาร์จแบตเตอรี่

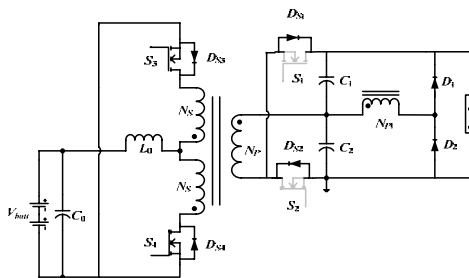
ค่า  $f_s$  คือความถี่ในการสวิตช์สวิทช์  $S_1$  และ สวิตช์  $S_2$  ค่า  $i_L$  คือกระแสเฉลี่ยของ  $L_O$  ส่วน  $I_{Lmin}$  เป็นค่ากระแสต่ำสุดที่ผ่าน  $L_O$

**2.2 โหมดแบ็คคัพ**

ในโหมดนี้จะเป็นการทบทแรงดันจากแบตเตอรี่ให้เท่ากับแรงดันในบัส โดยการทำงานในโหมดนี้จะให้สวิทช์  $S_3$  สวิตช์  $S_4$  ไดโอด  $D_{S1}$  และไดโอด  $D_{S2}$  ทำงานดังรูปที่ 5 ซึ่งจะแบ่งช่วงการทำงานใน 1 คาบเป็น 4 ช่วงตั้งแต่  $t_0$  ถึง  $t_4$  ดังรูปที่ 6 ซึ่ง Duty ratio ของโหมดนี้จะต้องมีค่าสูงกว่า 0.5 โดยการคำนวณค่า Duty ratio ในโหมดแบ็คคัพนี้หาค่าได้โดยใช้สมการที่ (4)

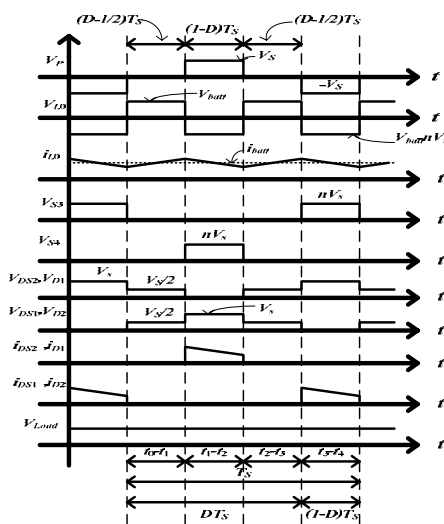
$$D = 1 - \frac{V_{batt}}{2 \cdot V_{Bus}} \cdot N \tag{4}$$

โดยค่า  $D$  เป็นค่า Duty ratio ที่จะนำมาใช้ในการควบคุมสวิทช์  $S_3$  และสวิทช์  $S_4$  และในการคำนวณค่า  $L_O$  เพื่อใช้ในการทบทแรงดันขึ้นของวงจรด้านนี้ค่า  $L_O$  คำนวณได้ดังสมการที่ (5)



รูปที่ 5 วงจรทำงานในโหมดแบ็คคัพ

$$L_O = \frac{V_{batt} \cdot (2D - 1)}{4 \cdot f_s \cdot (i_L - I_{Lmin})} \tag{5}$$



รูปที่ 6 การทำงานในโหมดแบ็คคัพ

**2.3 การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง**

ข้อกำหนดในการออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางในทั้งสองโหมดเป็นดังนี้

1. ข้อกำหนดในโหมดชาร์จแบตเตอรี่

- Battery voltage = 24 V
- Input voltage rang = 300 V (Vmin) – 350 V (Vmax)
- Output power = 100 W (Pbatt)
- Operation frequency = 100 kHz (fs)

2. ข้อกำหนดในโหมดแบ็คคัพ

- Battery voltage = 24 V
- Output voltage = 310 V (VBus)
- Output power = 150 W (Pbus)
- Operation frequency = 100 kHz (fs)

โดยค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางจะแสดงในตารางที่ 1

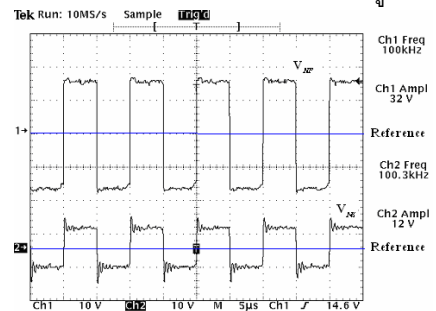
ตารางที่ 1 การเลือกค่าอุปกรณ์สำหรับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง

พารามิเตอร์	อุปกรณ์/ค่าที่เลือก	พารามิเตอร์	อุปกรณ์/ค่าที่เลือก
$D_1, D_2$	MUR460	$N_p$	105 รอบ
$C_1, C_2$	470 uF	$N_s$	21 รอบ
$S_1, S_2$	IRF840	$d$	0.38
$S_3, S_4$	IRFP250	$D$	0.86
$C_o$	470 uF	$L_o$	193 uH
$N$	5		

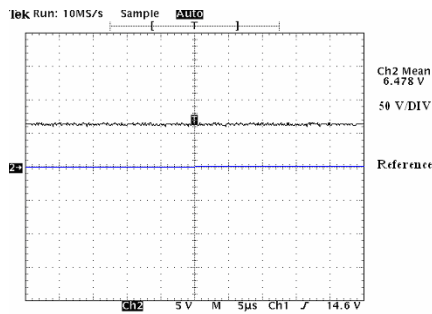
**3. ผลการทดลอง**

**3.1 ผลการทดลองในโหมดชาร์จแบตเตอรี่**

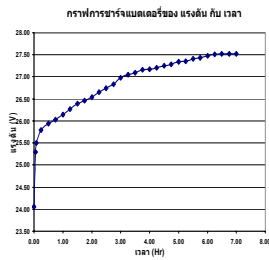
ในการทดลองส่วนนี้จะป้อนแรงดันกระแสตรง 310 โวลต์ เข้าทางด้านวงจรฮาร์ดแวร์ดังรูปที่ 2 แรงดันด้านนอกจะถูกลดระดับลงเป็น 27.6 โวลต์เพื่อนำไปชาร์จแบตเตอรี่ ในรูปที่ 7 แสดงรูปคลื่นแรงดันที่หม้อแปลงด้านปฐมภูมิ  $N_p$  และด้านทุติยภูมิ  $N_s$  ส่วนแรงดันด้านนอกในการการชาร์จแบตเตอรี่แสดงในรูปที่ 8 โดยระยะเวลาที่ใช้ในการชาร์จประมาณ 6 ชั่วโมง ค่าแรงดันและกระแสขณะชาร์จแบตเตอรี่เมื่อเทียบกับเวลาแสดงในรูปที่ 9



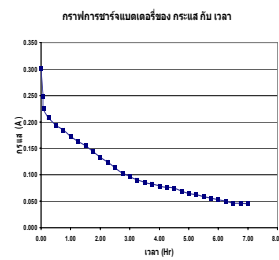
รูปที่ 7 (ก) แรงดันด้านปฐมภูมิ  $N_p$  (ข) แรงดันด้านทุติยภูมิ  $N_s$



รูปที่ 8 แรงดันด้านออกของโหมตชาร์จแบตเตอรี่



ก) แรงดันกับเวลา

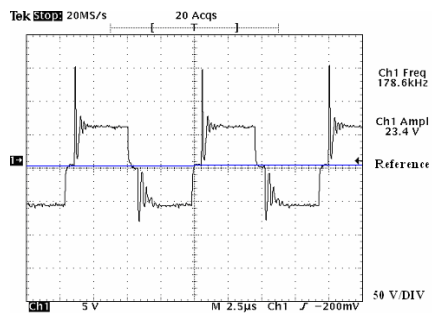


ข) กระแสกับเวลา

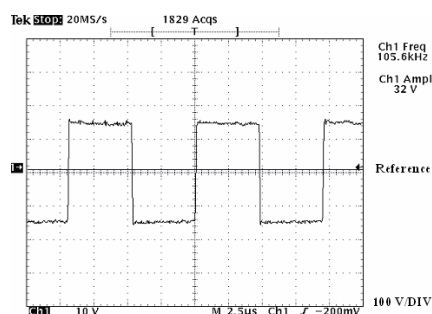
รูปที่ 9 กราฟแสดงคุณลักษณะการชาร์จแบตเตอรี่

### 3.2 ผลการทดลองในโหมตแบคอัพ

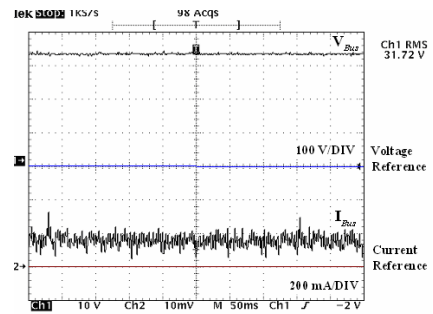
ในการทดลองส่วนนี้จะป้อนแรงดันกระแสตรงจากแบตเตอรี่ผ่านวงจรกระแสเฟด พุช-พูล ดังรูปที่ 5 วงจรจะหาค่าแรงดันด้านออกให้เท่ากับแรงดันในบัลสต์ โดยการทดลองจะใช้โหลดความต้านทานเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่โหมตแบคอัพทำงาน ซึ่งรูปคลื่นของแรงดันและกระแสจะแสดงดังรูปที่ 10 ถึง 13 แรงดันกระแสตรงด้านออกของวงจรจะมีค่าประมาณ 325 โวลต์



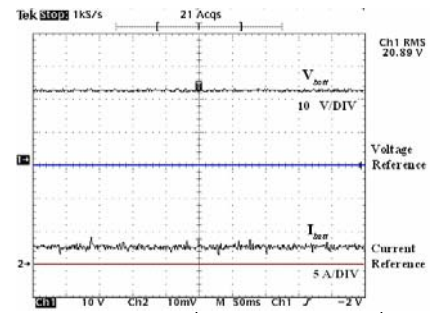
รูปที่ 10 แรงดันด้านปฐมภูมิ  $N_s$



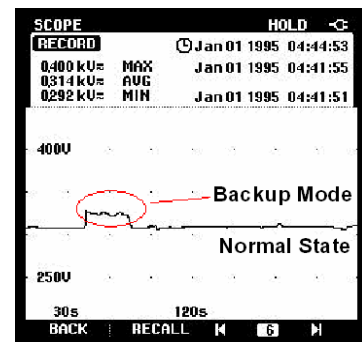
รูปที่ 11 แรงดันทุติยภูมิ  $N_p$



รูปที่ 12 (ก) แรงดันบัลสต์ (ข) กระแสบัลสต์ของคอนเวอร์เตอร์ในขณะแบคอัพ



รูปที่ 13 (ก) แรงดันแบตเตอรี่ (ข) กระแสแบตเตอรี่ของคอนเวอร์เตอร์ในขณะแบคอัพ



รูปที่ 14 แรงดันช่วงที่โหมตแบคอัพทำงาน

ในรูปที่ 14 แสดงแรงดันในการแบคอัพเมื่อไฟดับซึ่งวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางสามารถทำงานจากสภาวะที่ไฟฟ้าปกติเป็นไฟดับได้ทันก่อนที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะดับ

### 4. สรุปและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในสำหรับคอมพิวเตอร์ โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง (Bidirectional Converter) การทำงานของวงจรนี้จะมี 2 ส่วนนั่นก็คือวงจรสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ จะใช้วงจรอาร์ฟบริดจ์และวงจรสำหรับการสำรองไฟจากแบตเตอรี่เมื่อไฟดับจะใช้วงจรกระแสเฟด พุช-พูล โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางนี้สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ภายในเวลาประมาณ 6 ชั่วโมงและสามารถจ่ายแรงดันจากแบตเตอรี่เพื่อรักษา



ระดับแรงดันที่บัสให้คงที่เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง จึงทำให้สามารถนำวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางมาสร้างเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องภายในสำหรับคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาใช้งานจริงได้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee. A Novel Uninterruptible DC-DC Converter for UPS Application, IEEE Transactions Industry Application, Vol.28 , No 28, 1991:808-815
- [2] Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee. An Integrated Flyback Converter for DC Uninterupable Power Supply, IEEE Transactions on power electronics, Vol.11, 1991:318-327.
- [3] Gang Chen, Yim-Shu. Actively Clamed Bidirectional Flyback Converter. IEEE Transaction on Industrial Engineering, Jan 20, 2000: 770-779.
- [4] [http://www.shiroi.co.uk/c-peripherals-s-ups\\_&\\_power\\_protection-h1-device\\_type-f1-power\\_supply\\_-\\_power\\_factor\\_correction\\_\(pfc\)\\_-\\_internal-cal.html](http://www.shiroi.co.uk/c-peripherals-s-ups_&_power_protection-h1-device_type-f1-power_supply_-_power_factor_correction_(pfc)_-_internal-cal.html)
- [5] Manu Jain, M. Daniele, Praveen K. Jain. A Bidirectional DC-DC Converter Topology for Low Power Application, IEEE Transaction on Power Electronics, July, 2000:595-606
- [6] วีระเชษฐ์ ชันเงิน, วุฒิพล ธาราธิรเศรษฐ์, 2547, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, สำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินติ้ง, กรุงเทพฯ ฯ, หน้า 676-684