รายงานผลการประดิษฐ์
ทุนอุดหนุนโครงการสิ่งประดิษฐ์

เรื่อง

ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง

Uninterruptible Lighting Fixture

จุฬา
วศ 15
008183

โดย

ยุทธนา กุลวิทิต

2537

b13854343
8 1053942

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนอุดหนุนโครงการสิ่งประดิษฐ์

รายงาน

เรื่อง

ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง
Uninterruptible Lighting Fixture

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา กุลวิทิต

ห้องปฏิบัติการวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมษายน 2537

I16521523

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง (Uninterruptible Lighting Fixture) นี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการสิ่งประดิษฐ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณคณะกรรมการสิ่งประดิษฐ์และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุมัติโครงการสิ่งประดิษฐ์ ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง นี้

ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุญาตให้ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ตลอดจนคณาจารย์และบุคคลากรของ ห้องปฏิบัติการวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีส่วนทำให้ การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง นี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เลขหมู่ จศ
ว15
เลขทะเบียน 004145
วัน,เดือน,ปี ๕ พ.ย. ๒๙

ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง

ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. สุทธนา กุลวิทิต

เมษายน 2537

บทคัดย่อ

ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง เป็นไฟแสงสว่างที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ ซึ่งสามารถปิด หรือเปิดใช้ได้ตามความต้องการของผู้ใช้โดยไม่ขึ้นกับสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง ตราบเท่าที่ยังมีพลังงานคงเหลืออยู่ในแบตเตอรี อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วย บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งแรงดัน 220 โวลท์ ความถี่ 50 เฮริต บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรีแรงดัน 24 โวลท์ วงจรประจุแบตเตอรี วงจรป้องกันแบตเตอรี วงจรควบคุมการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง รวมทั้งแบตเตอรีจะถูกบรรจุอยู่ภายในโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง ทำให้สะดวกในการติดตั้ง โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง สามารถใช้ติดตั้งแทนโคมไฟแสงสว่างทั่วไป ที่มีสายไฟเข้าโคมไฟแสงสว่างเดิม 2 เส้นโดยไม่ต้องเดินสายไฟเพิ่มเติม โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง สามารถใช้แบตเตอรี่ แรงดัน 24 โวลท์ ที่มีความจุระหว่าง 1.2 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งจะมีเวลาสำรอง 29 ถึง 143 นาที โดยแบตเตอรี่ที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง มีราคาต่อเวลาสำรองถูกที่สุด คือ 9.8 บาทต่อนาที นอกจากนี้ยังมีเวลาที่ใช้ประจุแบตเตอรี ต่อเวลาสำรอง สั้นที่สุดคือ 3.9 เท่า

Uninterruptible Lighting Fixture

Assistant Professor Youthana Kulvitit

April 1994

Abstract

An uninterruptible lighting fixture is a lighting fixture which can be used continuously without interruption even during a power line failure period. If the light is turned on, and the ac power is present, a 36-watt fluorescent lamp is fed by the ac power line through an off-line high-frequency electronic ballast. If there is a power line failure, the 36-watt fluorescent lamp is powered by a 24-volt storage battery through a low-voltage electronic ballast. The lamp uses the energy stored in the battery until the energy is exausted or the ac line is reestablished. The two electronic ballast circuits, battery charger and protection circuits, control circuits, as well as the storage battery are included in the lighting fixture. As all the essential elements are contained in the lighting fixture, and only two feeder wires are required, a coventional lighting fixture can simply be replaced by an uninterruptible lighting fixture without any additional feeder wire. A 24-volt sealed lead-acid battery with 1.2 to 4 ampere-hour rating can be put into the uninterruptible lighting fixture. The autonomy time of the battery ranges from 29 to 143 minutes. Best performance figures are obtained with 4 ampere-hour battery. Lowest battery price to autonomy time ratio is 9.8 baht per minute, and shortest charging time to autonomy time ratio is 3.9.

สารบัญ

		หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	ii
	บทคัดย่อ	iii
	Abstract	iv
	สารบัญ	v
	สารบัญภาพประกอบ	vi
	สารบัญตารางประกอบ	x
	รายการสัญญลักษณ์	xi
I	บทนำ	1
II	แนวคิดและทฤษฎี	4
	2.1 วงจรตรวจสอบสถานะของสวิตช์เปิด-ปิด และสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง	5
	2.2 อินเวอร์เตอร์ (inverter)ความถี่สูงสำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลท์ ความถี่ 50 เฮอร์ต	7
	2.3 อินเวอร์เตอร์ (inverter) ความถี่สูง สำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 24 โวลท์ จากแบตเตอรี	10
	2.4 วงจรเลือกชุดอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์	11
	2.5 แบตเตอรี	14
	2.6 วงจรประจุแบตเตอรี	15
	2.7 วงจรป้องกันแบตเตอรี	16
III	การประดิษฐ์	18
	3.1 การเลือกแบตเตอรี	18
	3.2 การสร้างแผงวงจรควบคุม	22
	3.3 การประกอบอุปกรณ์รวมของระบบ	23
IV	การทดสอบ	24
	4.1 การทดสอบลักษณะการทำงาน	24
	4.2 การทดสอบหาเวลาสำรองของแบตเตอรีขนาดต่าง ๆ	26
	4.3 การทดสอบการประจุแบตเตอรี	33
V	สรุป	45
	เอกสารอ้างอิง	47

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

รูปที่ 1 โครงสร้างและการเชื่อมโยงระหว่างวงจรย่อยของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง 5
รูปที่ 2 วงจรวัดอิมพีแดนซ์ 6
รูปที่ 3 วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงสำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีแรงดันเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลท์ความถี่ 50 เฮอร์ต 8
รูปที่ 4 วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงสำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 24 โวลท์จากแบตเตอรี 10
รูปที่ 5 วงจรเลือดชุดอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 12
รูปที่ 6 วงจรประจุแบตเตอรีที่มีแรงดันออกคงที่ประมาณ 27.6 โวลท์ และมีการจำกัดกระแส (constant voltage with current limit) 15
รูปที่ 7 ลักษณะสมบัติการจ่ายกระแส (Discharge characteristics) ของแบตเตอรีแบบ Sealed Lead-Acid แรงดันออก 12 โวลท์ ความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง 16
รูปที่ 8 วงจรเปรียบเทียบและแรงดันของแบตเตอรีกับแรงดันอ้างอิง ซึ่งกำหนดโดยแรงดันออกต่ำสุดของแบตเตอรี 17
รูปที่ 9 รายละเอียดของวงจรควบคุมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องขนาด 36 วัตต์ 21
รูปที่ 10 ลักษณะภายนอกของแผงวงจรควบคุม 22
รูปที่ 11 ลักษณะภายนอกของโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง 23
รูปที่ 12 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออกสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง 27
รูปที่ 12 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออกสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง 27
รูปที่ 12 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายให้กับโหลด กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง 28

หน้า

รูปที่ 13 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออกสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 28
รูปที่ 13 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออกสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 29
รูปที่ 13 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายให้กับโหลด กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 29
รูปที่ 14 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออกสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง ____ 30
รูปที่ 14 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออกสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง ____ 30
รูปที่ 14 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายให้กับโหลด กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 31
รูปที่ 15 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออกสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 31
รูปที่ 15 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออกสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 32
รูปที่ 15 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายให้กับโหลด กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 32
รูปที่ 16 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง ___ 34
รูปที่ 16 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง ___ 34
รูปที่ 16 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 35
รูปที่ 17 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 35
รูปที่ 17 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง ____ 36

หน้า

รูปที่ 17 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง 36
รูปที่ 18 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง 37
รูปที่ 18 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง 37
รูปที่ 18 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง 38
รูปที่ 19 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง 38
รูปที่ 19 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง 39
รูปที่ 19 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง 39
รูปที่ 20 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่าเท่ากับ 242 โวลท์ 40
รูปที่ 20 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่า พิกัด 10 % คือมีค่าเท่ากับ 242 โวลท์ 40
รูปที่ 20 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่า พิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 242 โวลท์ 41
รูปที่ 21 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าต่ำกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่าเท่ากับ 198 โวลท์ 41

หน้า

รูปที่ 21 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรีสำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าต่ำกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่าเท่ากับ 198 โวลท์ 42

รูปที่ 21 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าต่ำกว่า พิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 198 โวลท์ 42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงให้ทราบถึงการต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ เข้ากับอินเวอร์เตอร์ (I) และสภาพการให้แสงสว่างของหลอด (L) สำหรับสภาวะต่าง ๆ ของสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง (E) สภาพการประจุของแบตเตอรี (B) และสถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง (S) _____ 13

ตารางที่ 2 แสดงราคาของแบตเตอรีต่อหน่วยพลังงานที่แบตเตอรีจ่ายได้ โดยมีหน่วยเป็น บาทต่อโวลท์-แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 20

ตารางที่ 3 แสดงให้ทราบถึงสภาพการให้แสงสว่างของหลอด (L) การประจุ (C) และการคายประจุ (D) ของแบตเตอรี สำหรับสถานะต่าง ๆ ของสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง (E) สภาพการประจุของแบตเตอรี (B) และสถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง (S) ที่ได้จากการทดสอบ _____ 25

ตารางที่ 4 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบของเวลาสำรอง (BT) เวลาสำรองต่อค่าพิกัดของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง (BT/rated A-H) จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่จ่ายออกในภาวะใช้งานต่อค่าพิกัดของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง (actual A-H)/(rated A-H) และค่าเฉลี่ยของกำลังออกของแบตเตอรี (avr W_{OP}) สำหรับแบตเตอรีความจุระหว่าง 1.2 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 33

ตารางที่ 5 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบ ของเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี (CT) และแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี (Vbat) เมื่อจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี มีค่าประมาณ 75 % ของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายออก ตลอดจนอัตราส่วนของเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี ต่อเวลาสำรองของแบตเตอรี (CT/BT) สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ ระหว่าง 1.2 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมง _____ 43

รายการสัญญลักษณ์

A-H	ความจุของแบตเตอรี่ที่มีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง
B	สภาพการประจุของแบตเตอรี
BT	เวลาสำรองของแบตเตอรี
CT	เวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี
D	การคายประจุของแบตเตอรี
E	สภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง
I	สภาพการต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์เข้ากับอินเวอร์เตอร์
L	สภาพการให้แสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์
MN	เวลา มีหน่วยเป็น นาที
S	สถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง
W_{OP}	กำลังออกของแบตเตอรี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง

Uninterruptible Lighting Fixture.

I บทนำ

ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยนับว่าได้รับการพัฒนามาอยู่ในระดับมาตรฐานแล้ว แต่อย่างไรก็ดีเรามักจะพบปัญหาไฟฟ้าดับเกิดขึ้นอยู่ไม่น้อย โดยเฉพาะในช่วงหน้าฝน และมักจะเกิดขึ้นในต่างจังหวัดบ่อยกว่าในกรุงเทพฯ ดังนั้นสถานที่หลายแห่ง เช่น ร้านค้า สำนักงานหรือแม้แต่ที่พักอาศัยบางแห่งจึงมักมีการติดตั้งไฟฉุกเฉินไว้ใช้ในช่วงที่กระแสไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้อง ไฟฉุกเฉินที่ใช้กันในปัจจุบันส่วนใหญ่แล้วมักจะติดตั้งไว้ต่างหาก แยกจากไฟแสงสว่างที่ใช้ในภาวะปกติและจะมีไว้ใช้เฉพาะในตอนที่ไฟฟ้าเกิดขัดข้องเท่านั้น ทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่และมีประโยชน์ใช้สอยน้อย นอกจากนี้แล้วไฟฉุกเฉินที่ใช้โดยทั่วไปมักจะใช้หลอดไส้ (Incandescent) หรือหลอดฮาโลเยน (Halogen) ซึ่งมีปริมาณแสงต่อวัตต์ต่ำกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) 4-5 เท่า ดังนั้นการใช้หลอดฟลูออเรสเซนส์ แทนหลอดฮาโลเยน จะทำให้เราสามารถลดขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการเก็บสะสมพลังงานลงได้ถึง 4-5 เท่า เมื่อต้องการแสงสว่างและระยะเวลาใช้งานเมื่อกระแสไฟฟ้าเกิดขัดข้องเท่า ๆ กัน อันจะเป็นผลทำให้ราคา ขนาดและน้ำหนักของแบตเตอรีลดลงได้ 4-5 เท่า จากการพิจารณาปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวความคิดที่จะรวมไฟแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้อยู่ในภาวะปกติเข้ากับไฟฉุกเฉิน เพื่อให้เกิดประโยชน์ใช้สอยสูงสุด ไฟแสงสว่างจะทำหน้าที่เป็นไฟแสงสว่างที่ใช้ในภาวะปกติ และทำหน้าที่เป็นไฟฉุกเฉินได้ด้วยนั้น ผู้ใช้จะต้องสามารถเปิดหรือปิดไฟฟ้าแสงสว่างได้ตามต้องการ ทั้งในภาวะปกติ และเมื่อไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้อง

การทำงานของไฟแสงสว่างดังกล่าวข้างต้นจะมีลักษณะคล้ายกับการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply) ดังนั้นเราจึงเรียกไฟแสงสว่างชนิดนี้ว่าไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง (Uninterruptible Lighting Fixture) ไฟแสงสว่างจะสามารถทำงานได้ตามลักษณะดังกล่าวข้างต้นได้ วงจรควบคุมของไฟแสงสว่างจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1. จะต้องทราบสถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่างว่าอยู่ในสถานะต่อหรือตัดวงจร

2. จะต้องทราบสภาพของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า และสามารถเลือกใช้พลังงานจากแหล่งที่เหมาะสม โดยในภาวะที่ไฟฟ้าจากสายส่งปกติและผู้ใช้ไฟแสงสว่างต้องการใช้แสงสว่าง ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งเพื่อจ่ายให้แก่หลอดไฟแสงสว่างและใช้พลังงานส่วนหนึ่งในการประจุแบตเตอรี แต่ถ้าไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้องในขณะที่ผู้ใช้ต้องการใช้ไฟแสงสว่าง ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะใช้พลังงานที่เก็บสะสมอยู่ในแบตเตอรีไปจนกว่าพลังงานที่เก็บสะสมไว้จะหมดไป หรือจนกว่าไฟฟ้าจากสายส่งจะเข้าสู่ภาวะปกติ

เพื่อให้ทราบสถานะของสวิตช์ และสภาพของไฟฟ้าจากสายส่ง โดยทั่วไปจะต้องมีการต่อสายจากสวิตช์มายังวงจรควบคุมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง 1 ชุด (2 เส้น) และมีสายต่อจากสายส่งโดยตรงอีก 1 ชุด (2 เส้น) ทำให้ต้องใช้สายไฟต่อไปยังวงจรควบคุมทั้งหมด 4 เส้น ส่วนแบตเตอรีนั้นมักจะติดตั้งอยู่ในโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องผู้ใช้จึงไม่จำเป็นต่อสายไฟเพิ่ม ในกรณีที่สวิตช์เปิด-ปิดติดอยู่ที่โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง จะมีการต่อสายไฟจากสายส่งไปยังโคมไฟแสงสว่างโดยตรงเพียงชุดเดียวเท่านั้น แต่โดยทั่วไปแล้วไฟแสงสว่างที่ใช้กันตามปกติสวิตช์เปิด-ปิดมักจะแยกออกจากโคมไฟแสงสว่าง โดยสวิตช์เปิด-ปิดมักจะติดตั้งเข้ากับฝาผนัง ส่วนโคมไฟแสงสว่างมักจะติดตั้งไว้บนฝ้าหรือเพดาน ซึ่งในลักษณะการติดตั้งแบบนี้การต่อสายไฟระหว่างสายส่ง สวิตช์และโคมไฟแสงสว่างมักจะมีลักษณะดังนี้คือ

1. สายไฟจากสายส่งทั้งสองเส้นจะต่อผ่านเข้าไปในโคมไฟแสงสว่างโดยตรง และมีสายอีกคู่หนึ่งต่อระหว่างสวิตช์เปิด-ปิดกับโคมไฟแสงสว่างโดยตรง โดยสายร่วม (neutral) ของสายส่งจะต่อเข้าโคมไฟโดยตรง ส่วนสายไฟ (line) ของสายส่งจะต่อเข้ากับสายเส้นหนึ่งที่มาจากสวิตช์ ส่วนสายอีกเส้นหนึ่งจากสวิตช์จะต่อเข้ากับโคมไฟแสงสว่าง

2. สายไฟจากสายส่งจะต่อผ่านเข้าไปในแผงสวิตช์ก่อนโดยสายร่วม(neutral) ของสายส่งจะต่อผ่านไปยังโคมไฟแสงสว่างโดยตรงส่วนสายไฟ (line) จะต่อเข้ากับขั้วหนึ่งของสวิตช์เปิด-ปิด ส่วนอีกขั้วหนึ่งของสวิตช์เปิด-ปิดจะต่อไปยังโคมไฟแสงสว่าง

กรณีที่การติดตั้งไฟแสงสว่างที่มีอยู่เดิมเป็นแบบแรก เมื่อต้องการติดตั้งไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องแทนนั้น การต่อสายไฟทั้งจากสายส่งโดยตรงและจากสวิตช์ไปยังไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะทำได้ โดยไม่ต้องต่อสายไฟเพิ่ม เนื่องจากมีสายไฟทั้งจากสายส่งและจากสวิตช์ต่อไปยังโคมไฟแสงสว่างอยู่แล้ว แต่ในกรณีหลังเราจะต้องต่อสายไฟจากแผงสวิตช์ไปยังโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องเพิ่มอีกอย่างน้อย

1 เส้น ดังนั้นการติดตั้งโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องแทนโคมไฟแสงสว่างที่มีอยู่เดิมจะมีความยุ่งยากมากขึ้น เนื่องจากต้องเดินสายไฟเพิ่มเติม เพื่อให้ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถติดตั้งและใช้งานได้เหมือนกับไฟแสงสว่างที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่ว ๆ ไป โครงการนี้จะเป็นการพัฒนาไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งในภาวะปกติที่มีกระแสไฟฟ้าจากสายส่ง และเมื่อไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้องโดยมีการติดตั้งและการต่อสายไฟฟ้าไปยังโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องเหมือนการติดตั้งและต่อสายไฟไปยังโคมไฟที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่ว ๆ ไปทุกประการคือใช้สายไฟที่ต่อเข้าโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องเพียง 2 เส้นในทุกกรณี ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถตรวจสอบสภาพไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งโดยตรงเนื่องจากไม่มีสายที่ต่อมาจากสายไฟ(line)โดยตรง แต่จะมีเพียงสายร่วม (neutral) เท่านั้นที่ต่อมายังโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง โดยตรงส่วนสายไฟ(line) ที่ต่อมายังโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องต่อจะผ่านสวิตช์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีตรวจสอบ สถานะของสวิตช์และสภาพของไฟฟ้าจากสายส่งโดยไม่ต้องต่อสายไฟ(line) ของสายส่งมายังโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องโดยตรงดังได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ยังต้องพัฒนาให้อุปกรณ์มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และต้องมีประสิทธิภาพสูง อันจะเป็นการช่วยลดขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการสะสมพลังงานซึ่งเป็นส่วนที่มีขนาดและน้ำหนักมากที่สุด เพื่อให้โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องมีขนาดใกล้เคียงกับโคมไฟหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กันโดยทั่วไป ทำให้การติดตั้งโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องทำได้ง่ายเหมือนการติดตั้งโคมไฟหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา

II แนวคิดและทฤษฎี

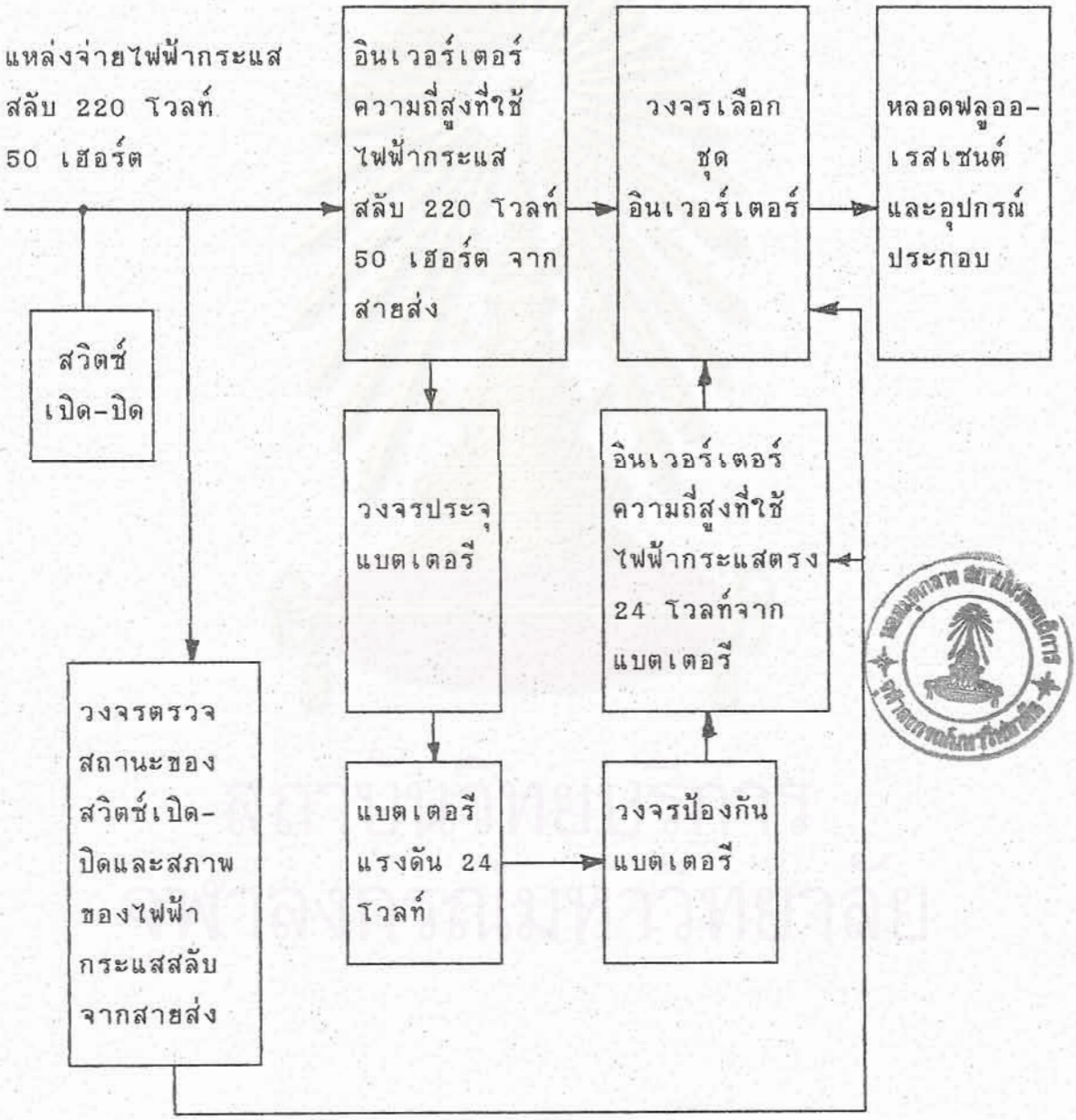
จากวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์จะสามารถสรุปคุณสมบัติและการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องได้ดังนี้

- ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นแหล่งให้กำเนิดแสงสว่าง
- สามารถเปิด-ปิดไฟแสงสว่างได้ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยในภาวะปกติที่มีกระแสไฟฟ้าจากสายส่ง ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์และประจุแบตเตอรีเพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมสำหรับใช้งาน เมื่อไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้อง
- ในภาวะที่ไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้อง (power line failure) ผู้ใช้ยังสามารถเปิด-ปิดไฟแสงสว่างได้ตามต้องการ โดยใช้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรีในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์จนกว่าสภาพการประจุของแบตเตอรี (state of charge) จะลดลงมาถึงพิกัดต่ำสุดที่ผู้ผลิตกำหนด
- มีวงจรป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับแบตเตอรีเนื่องจากสภาพการประจุของแบตเตอรีต่ำเกินไป กล่าวคือ เมื่อแบตเตอรีจ่ายพลังงานให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ จนสภาพการประจุของแบตเตอรีลดลงมาถึงพิกัดที่ผู้ผลิตกำหนด วงจรป้องกันจะตัดการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี ถึงแม้ผู้ใช้จะยังมีความต้องการใช้ไฟแสงสว่างก็ตาม
- อุปกรณ์ทั้งหมดของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องรวมทั้งแบตเตอรี (ยกเว้นสวิตช์เปิด-ปิด) จะรวมอยู่ในโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง
- การต่อไฟฟ้าเข้าโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะมีลักษณะเหมือนกันการต่อไฟฟ้าเข้าโคมไฟของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่ว ๆ ไปทุกประการ กล่าวคือจะมีสายต่อเข้าสู่โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องเพียงสองเส้นเท่านั้น

ได้มีการศึกษาโครงสร้างของระบบไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องหลายรูปแบบที่สามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์ และได้เลือกรูปแบบโครงสร้างของระบบที่คิดว่าเหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงความเชื่อถือได้ ประสิทธิภาพ ความง่าย ขนาดและจำนวนของอุปกรณ์เป็นหลัก โครงสร้างและการเชื่อมโยงระหว่างวงจรย่อยที่มีหน้าที่ต่าง ๆ จะเป็นดังในรูปที่ 1 โดยวงจรย่อยแต่ละส่วนจะมีหน้าที่ รูปแบบของวงจรและการทำงานดังนี้ คือ

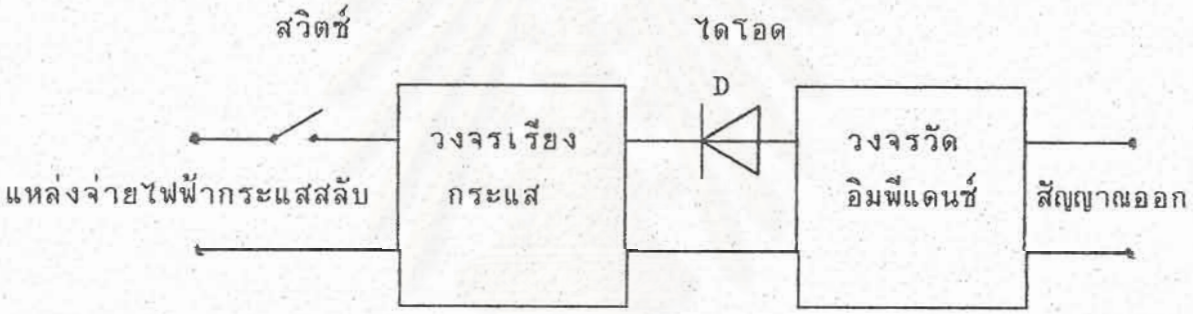
2.1 วงจรตรวจสอบสถานะของสวิตช์เปิด-ปิด และสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง

วงจรนี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของสวิตช์ ที่ใช้ในการเปิด-ปิด ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง และสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง อย่างเป็นอิสระ



รูปที่ 1 โครงสร้างและการเชื่อมโยงระหว่างวงจรย่อยของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง

ต่อกัน สามารถควบคุมการจ่ายพลังงานให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และเลือกแหล่งจ่ายพลังงานได้อย่างเหมาะสม การตรวจสอบสถานะของสวิตช์และสภาพของกระแสไฟฟ้าจากสายส่ง โดยมีสายต่อเข้าสู่โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องเพียง 2 เส้นนั้น จะใช้วงจรวัดอิมพีแดนซ์ (impedance) ที่มองจากโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องเข้าสู่สายส่งผ่านสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง การวัดอิมพีแดนซ์ของสายส่งจะใช้แรงดันที่ต่ำกว่าแรงดันจากสายส่ง โดยต่อผ่านไดโอด เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสจากสายส่งไหลผ่านเข้าไปในวงจรวัดอิมพีแดนซ์มากเกินไป โดยมีลักษณะการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรวัดอิมพีแดนซ์

ค่าอิมพีแดนซ์และการทำงานของวไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะขึ้นอยู่กับสถานะของสวิตช์ เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง และสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งและสภาพการประจุของแบตเตอรีดังนี้คือ

2.1.1 เมื่อสวิตช์เปิด-ปิด ต่อวงจร และมีไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง แรงดันออกจาก วงจรเรียงกระแสจะสูงกว่าแรงดันจากวงจรวัดอิมพีแดนซ์ ไดโอด D จะไม่นำกระแส อิมพีแดนซ์ที่วัดได้จะมีค่าสูง วงจรวัดอิมพีแดนซ์จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมให้วงจรเลือกอินเวอร์เตอร์ ต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์เข้ากับอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงที่มีแรงดันเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ เมื่อมีไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งไปเลี้ยงอินเวอร์เตอร์ หลอดฟลูออเรสเซนต์จะสว่าง และมีการประจุแบตเตอรี

2.1.2 เมื่อสวิตช์เปิด-ปิด ตัดวงจร อิมพิแดนซ์ที่วัดได้จะมีค่าสูง ไม่ว่าสถานะของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง จะปกติหรือเกิดขัดข้อง ดังนั้นวงจรวัดอิมพีแดนซ์จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมให้วงจรเลือกชุดอินเวอร์เตอร์ เลือกต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์เข้ากับอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง ที่มีแรงดันเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง แต่เนื่องจากไม่มีไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งไปเลี้ยงอินเวอร์เตอร์ ดังนั้นหลอดฟลูออเรสเซนต์จะไม่สว่างและไม่มีการประจุแบตเตอรี

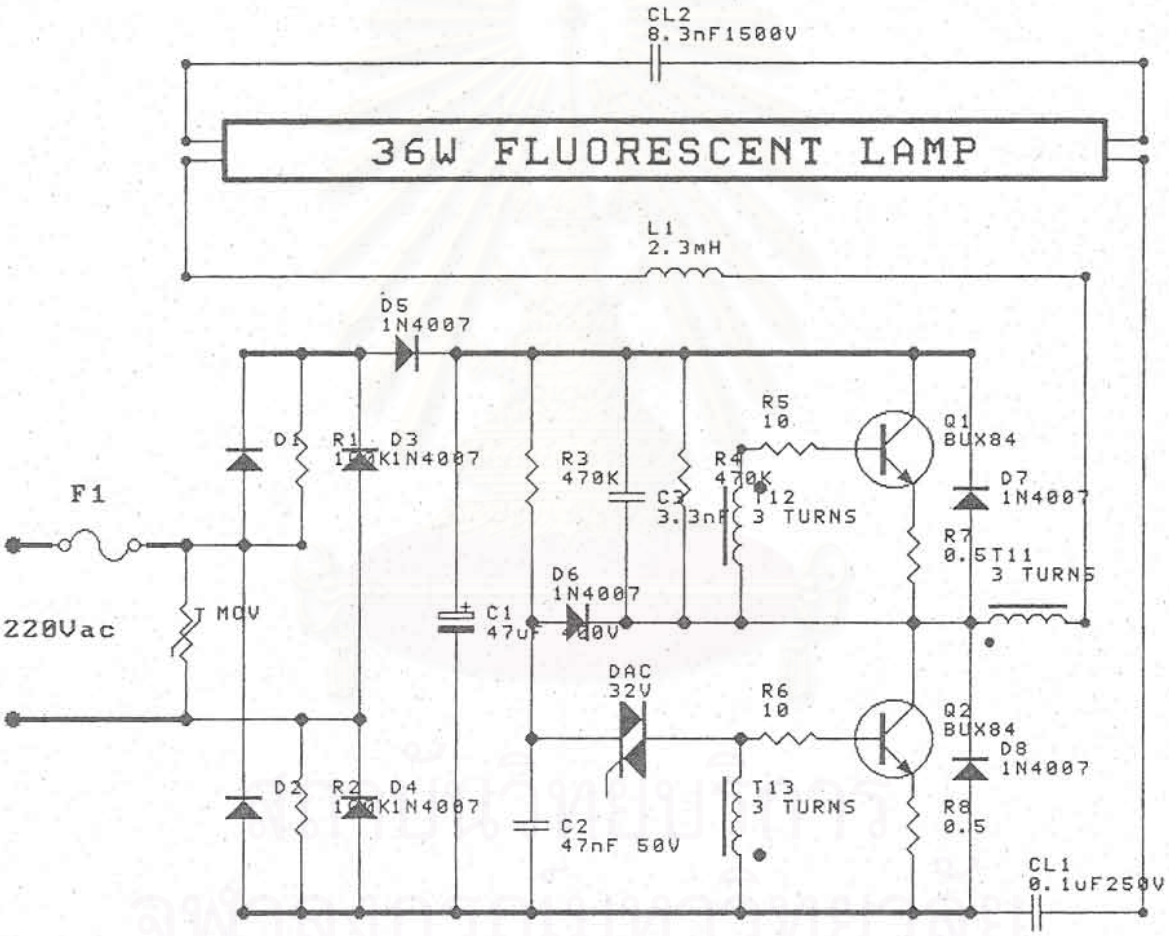
2.1.3 เมื่อสวิตช์เปิด-ปิด ต่อวงจร แต่ไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งขัดข้อง อิมพิแดนซ์ที่วัดได้จะมีค่าต่ำ วงจรวัดอิมพีแดนซ์ จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมให้วงจรเลือกอินเวอร์เตอร์ เลือกต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์เข้ากับอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง ที่มีแรงดันเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลท์ หลอดฟลูออเรสเซนต์จะสว่างโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี จนกว่าสภาพการประจุของแบตเตอรี จะต่ำกว่าพิกัดที่กำหนดหรือผู้ใช้ไฟแสงสว่างจะตัดวงจร ซึ่งจะทำให้วงจรเลือกชุดอินเวอร์เตอร์ ย้ายหลอดฟลูออเรสเซนต์ไปต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง ที่มีแรงดันเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง แต่เนื่องจากไม่มีไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งไปเลี้ยงอินเวอร์เตอร์ ดังนั้นหลอดฟลูออเรสเซนต์จะไม่สว่างและไม่มีการประจุแบตเตอรี แต่เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งเข้าสู่ภาวะปกติโดยที่สวิตช์เปิด-ปิด ยังต่อวงจรอยู่ หลอดฟลูออเรสเซนต์จะสว่าง และมีการประจุแบตเตอรี แต่ถ้าสวิตช์เปิด-ปิด ตัดวงจร หลอดฟลูออเรสเซนต์จะไม่สว่างและไม่มีการประจุแบตเตอรี จนกว่าไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งเข้าสู่ภาวะปกติ และสวิตช์เปิด-ปิด ต่อวงจร วงจรประจุแบตเตอรีจะเริ่มประจุแบตเตอรี และหลอดฟลูออเรสเซนต์จะสว่างอีกครั้งหนึ่ง

2.1.4 เมื่อสวิตช์เปิด-ปิดน่ากระแส แต่ไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้อง อิมพิแดนซ์ที่วัดได้จะมีค่าต่ำ วงจรวัดอิมพีแดนซ์จะส่งสัญญาณควบคุมให้วงจรเลือกอินเวอร์เตอร์ต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์เข้ากับอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง ที่มีแรงดันเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลท์ แต่ถ้าสภาพการประจุของแบตเตอรีจะต่ำกว่าพิกัดที่กำหนด วงจรป้องกันแบตเตอรี จะสั่งให้ย้ายหลอดฟลูออเรสเซนต์กลับไปต่อกับอินเวอร์เตอร์ที่มีแรงดันเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ แต่เนื่องจากไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้อง หลอดฟลูออเรสเซนต์จะไม่สว่างและไม่มีการประจุแบตเตอรี

2.2 <u>อินเวอร์เตอร์ (inverter)ความถี่สูงสำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลท์ ความถี่ 50 เฮอร์ต</u> [1,2]

เป็นอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์ (Half-bridge) ใช้ทรานซิสเตอร์

แบบ BJT (Q_1และ Q_2) ซึ่งมีราคาถูกเป็นสวิตช์ เพื่อให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง ภาคขาเข้าของอินเวอร์เตอร์จะเป็นวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ที่ใช้ไดโอด D1 - D4 สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และมีวงจรกรองที่ใช้ตัวเก็บประจุ C_1เพื่อจ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ รูปที่ 3 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงที่มีหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นโหลด



รูปที่ 3 วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงสำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีแรงดันเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลท์ความถี่ 50 เฮอร์ต

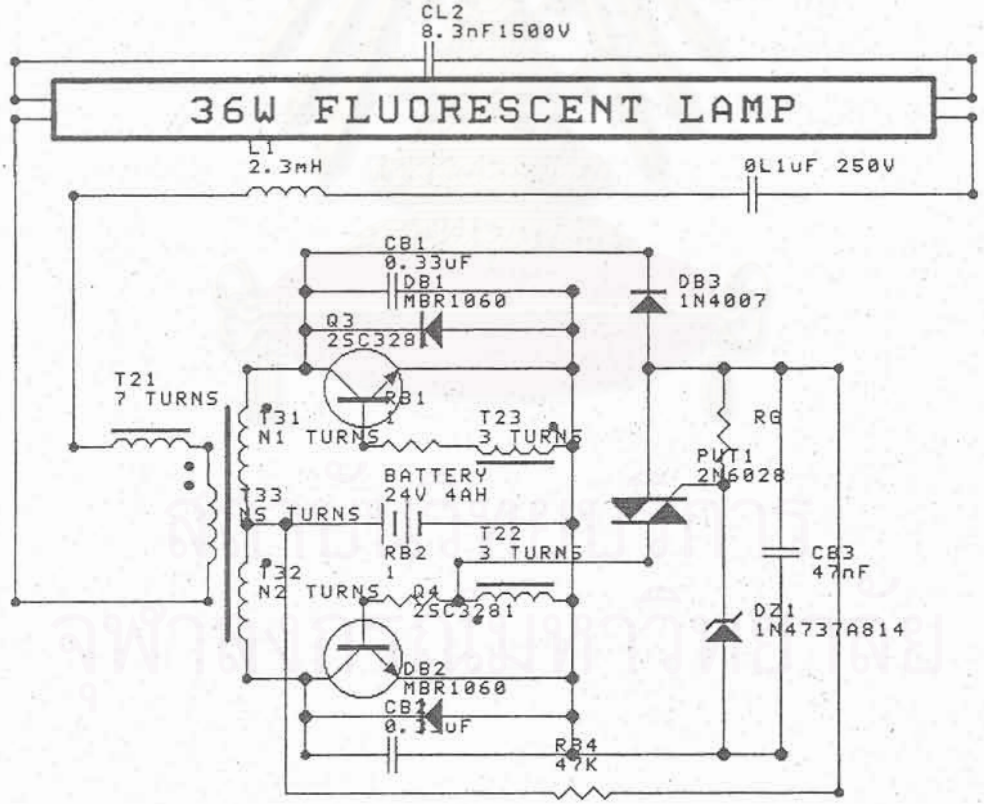
การขับน่าทรานซีสเตอร์ใช้หม้อแปลง T_1 ป้อนกลับกระแสโหลดที่มีรูปคลื่นใกล้ซายน์ซึ่งมีความถี่ที่กำหนดโดยตัวเหนี่ยวนำ L1 และตัวเก็บประจุ C3 ส่วนไดโอด D5 และ D6 จะทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสเมื่อกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์มีทิศทางตรงกันข้าม กับทิศทางการนำกระแสตามปกติของ BJT ชนิด npn ซึ่งมีทิศทางจากคอลเล็คเตอร์ไปยังอิมิตเตอร์ การต่อไดโอด D5 และ D6 ขนานกับ Q_1 และ Q_2 จะทำให้สวิตช์นำกระแสได้สองทิศทาง และปิดกั้นกระแสได้ทางเดียว การใช้สวิตช์ดังกล่าวจะทำให้พลังงานไหลได้ 2 ทาง คือจากตัวเก็บประจุ C_1 ไปยังโหลดโดยผ่าน Q_1 และ Q_2 และจากโหลดไปยังตัวเก็บประจุ C_1 โดยผ่านทางไดโอด D5 และ D6 การที่ต้องใช้ไดโอด D5 และ D6 ก็เนื่องจากค่าตัวประกอบกำลังของโหลด ไม่เท่ากับ 1 ตัวเก็บประจุ C_2 ทำหน้าที่ปิดกั้นไฟตรงจากอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์ เนื่องจากแรงดันระหว่างจุดกึ่งกลางของบริดจ์ และขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟตรง เป็น square wave ที่มีค่าระหว่างบวกและศูนย์ ทำให้มีองค์ประกอบไฟตรงรวมอยู่ด้วย การกำจัดองค์ประกอบไฟตรงทำโดยการใช้ตัวเก็บประจุ C_2 ปิดกั้นไฟฟ้ากระแสตรง ตัวเหนี่ยวนำ L1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีค่าความต้านทานพลวัติเป็นลบ เช่นเดียวกับบัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็ก สำหรับความถี่ต่ำ [3] แต่เนื่องจากความถี่ของแรงดันออกของอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง สูงกว่าความถี่ 50 เฮอร์ตมาก ดังนั้น ขนาด น้ำหนัก และกำลังสูญเสียในตัวเหนี่ยวนำ L1 จะน้อยกว่าขนาด น้ำหนัก และกำลังสูญเสียของบัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็ก ที่ใช้ความถี่ 50 เฮอร์ต มาก ตัวเก็บประจุ C_3 ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสที่ใช้ในการอุ่นไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง L1 และ C_3 นอกจากจะทำหน้าที่ดังได้กล่าวมาแล้ว ยังทำหน้าที่กรองแรงดันฮาร์โมนิกส์จากอินเวอร์เตอร์ที่จะไปยังหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ลดลงได้อย่างมาก

อินเวอร์เตอร์จะเริ่มทำงานเมื่อได้รับแรงดันไฟตรงสูงพอ โดยอาศัยวงจรจุดชนวนที่ประกอบด้วย R_S, C_S และ Diac D9 กล่าวคือเมื่อมีแรงดันไฟตรงคล่อมตัวเก็บประจุ C_1 จะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R_S มาประจุตัวเก็บประจุ C_S เมื่อแรงดันมีค่าสูงพอที่จะทำให้ Diac D9 นำกระแส (ประมาณ 33 โวลท์) ตัวเก็บประจุ C_S จะคายประจุผ่าน Diac D9 และ R_B เข้าสู่เบสของ Q_2 ขับน่าให้ Q_2 นำกระแสทำให้มีกระแสโหลดไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง T1 ป้อนกลับมาขับน่า Q_2 ต่อ เมื่อกระแสโหลดเปลี่ยนทิศ Q_2 จะหยุดนำกระแส แต่ Q_1 จะถูกขับให้นำกระแสแทน ทำให้มีการเปลี่ยนทิศทางของกระแสโหลด เมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางของกระแสโหลดอีกจะมีการขับน่าให้ Q_2 นำกระแสใหม่อีกสลับกันเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ไดโอด D10 มีหน้าที่คายประจุ C_3 ในทุกจังหวะที่ Q_2 นำกระแส แรง

ดันของตัวเก็บประจุ C_3 จะมีค่าไม่มากพอที่จะทำให้ Diac D9 นำกระแส ดังนั้น วงจรจุดชนวนจะถูกแยกออกจากเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 ตลอดเวลาตราบเท่าที่มีการสลับกันนำกระแสระหว่าง Q_1 และ Q_2 การสลับกันนำกระแสของทรานซิสเตอร์ทั้งสอง เกิดจากการเปลี่ยนทิศทางของกระแสโหลด การสลับกันนำกระแสของทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะหยุด เมื่อไม่มีกระแสโหลดไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงขับนำทรานซิสเตอร์ (T1) ในกรณีที่มีการตัดวงจรของโหลด เช่น หลอดขาด ไม่มีหลอด หรือเนื่องจากไม่มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านขาเข้า

2.3 อินเวอร์เตอร์ (inverter) ความถี่สูงสำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 24 โวลท์จากแบตเตอรี

เป็นอินเวอร์เตอร์แบบ push-pull ที่มีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 4



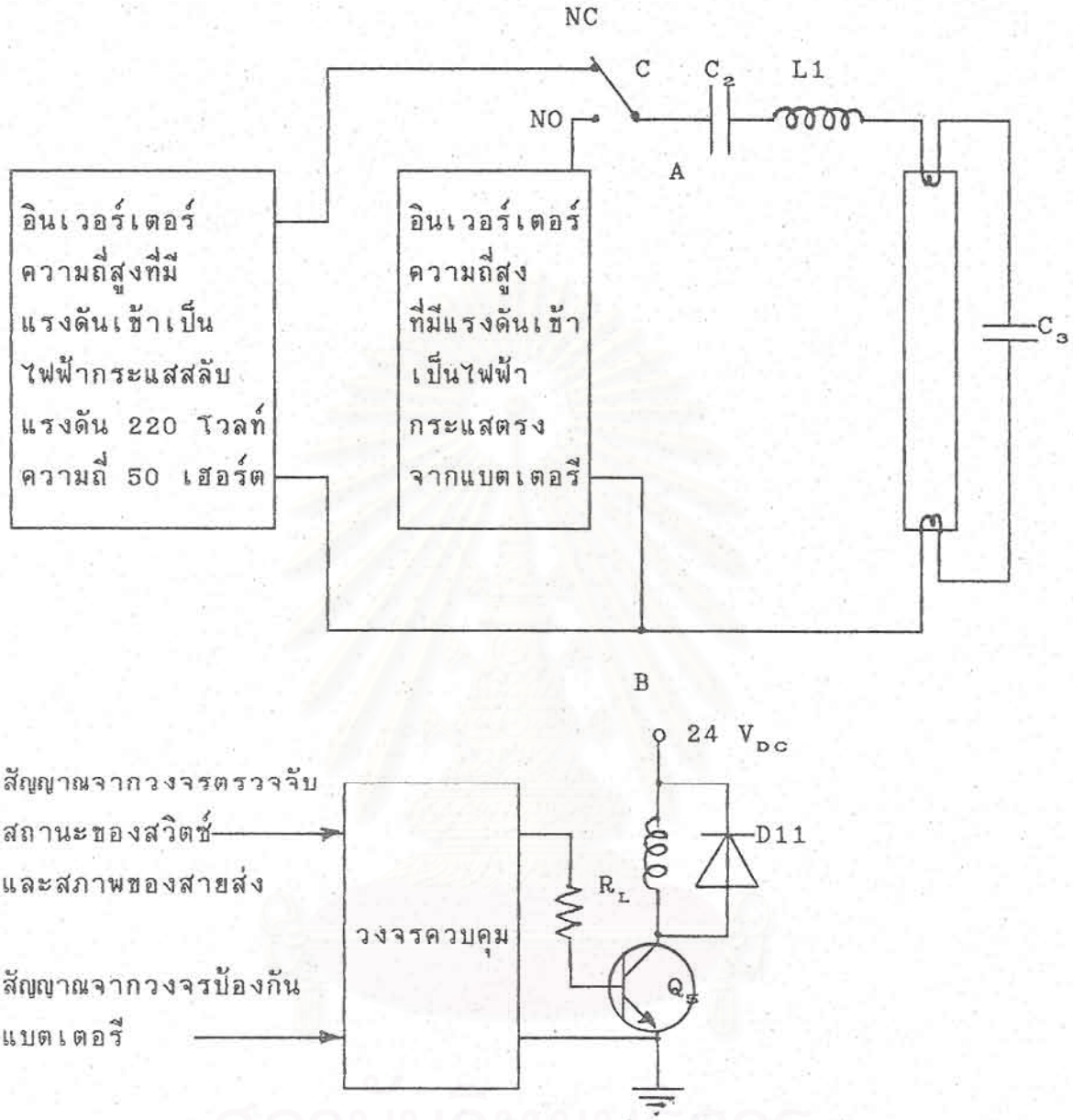
รูปที่ 4 วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงสำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 24 โวลท์จากแบตเตอรี

การใช้วงจรกึ่งบริดจ์กับแหล่งจ่ายพลังงานที่เป็นแบตเตอรีแรงดัน 24 โวลท์ จะให้แรงดันออกต่ำเกินไปไม่เพียงพอสำหรับการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้วงจร push-pull ซึ่งเป็นวงจรที่เหมาะสมกับแหล่งจ่ายไฟตรงที่มีแรงดันต่ำ ทรานซิสเตอร์ Q_3 Q_4 และไดโอด D_7 D_8 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่นำกระแส 2 ทาง และปิดกั้นกระแสทางเดียว โดยจะมีการสลับกันต่อขดลวด Np_1 และ Np_2 ของหม้อแปลงเพิ่มแรงดัน T2 เข้ากับแบตเตอรี การขับนำทรานซิสเตอร์ใช้หม้อแปลง T3 ป้อนกลับกระแสโหลดเช่นเดียวกันกับอินเวอร์เตอร์ในข้อ 2.2 แรงดันออกทางด้านขดลวดทุติยภูมิ N_3 ของหม้อแปลง T2 จะใช้ในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยต่อผ่านขดลวดปฐมภูมิ ND1 ของหม้อแปลงขับนำทรานซิสเตอร์ T3 เข้ากับตัวเก็บประจุ C_2 ตัวเหนี่ยวนำ L1 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ชุดเดียวกันกับที่ปรากฏในวงจรรูปที่ 3 ตัวเก็บประจุ C_3 เป็นตัวเดียวกับที่ปรากฏในวงจรรูปที่ 3 เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพราะวงจรเลือกชุดอินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่ต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ พร้อมทั้งอุปกรณ์ประกอบการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ C_2 L_1 และ C_3 เข้ากับอินเวอร์เตอร์ชุดใดชุดหนึ่ง โดยจะมีจุดต่อที่ A และ B วงจรนี้จะมีการทำงานเช่นเดียวกับอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์ ดังได้กล่าวมาแล้ว โดยจะต้องมีโหลดต่อเข้าระหว่างขั้ว A และ B และมีการจุดชนวนจากวงจรจุดชนวนที่ได้รับสัญญาณควบคุมจากวงจรตรวจจับสถานะของสวิตช์ สภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง เมื่อวงจรเลือกชุดอินเวอร์เตอร์ตัดโหลดออก อินเวอร์เตอร์จะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ

2.4 วงจรเลือกชุดอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์

ทำหน้าที่ต่อโหลดซึ่งประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์และอุปกรณ์ประกอบ C_2 L_1 และ C_3 เข้ากับอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงชุดใดชุดหนึ่ง ตามการควบคุมของวงจรตรวจสอบสถานะของสวิตช์ และสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งและวงจรป้องกันแบตเตอรี ดังแสดงในรูปที่ 5

การตัดต่อวงจรระหว่างโหลดและอินเวอร์เตอร์อาศัยรีเลย์ (Relay) หนึ่งขั้วที่มีสองสถานะ (Single Pole Double Throw) โดยมีการตัดต่อวงจรเพียงขั้วเดียว (A) ส่วนอีกขั้วหนึ่งของโหลดและอินเวอร์เตอร์ (B) ต่อเข้าด้วยกันตลอดเวลา โดยมีขั้วร่วมของรีเลย์ C (Common) ต่อเข้ากับขั้ว A ของโหลด ส่วนขั้วซึ่งปกติต่อกับขั้วร่วม NC (Normally Closed) และขั้วซึ่งปกติเปิดวงจรอยู่ NO (Normally Open) จะถูกต่อเข้ากับขั้ว A ของอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงที่มี



รูปที่ 5 วงจรเลือดชุดอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์

แหล่งจ่ายพลังงานด้านเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ และแบตเตอรีแรงดัน 24 โวลท์ ตามลำดับ การกระตุ้นขดลวดควบคุมด้วยแรงดันไฟตรง 24 โวลท์ ซึ่งจะทำให้ขั้วร่วมของรีเลย์ C ถูกตัดออกจากขั้ว NC ไปต่อกับขั้ว NO จะกระทำโดยวงจรควบคุมซึ่งได้รับสัญญาณเข้าจากวงจรป้องกันแบตเตอรี วงจรตรวจสถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง และสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง หลอดฟลูออเรสเซนต์และอุปกรณ์ประกอบจะถูกต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์ชุดใดนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพ

ของแบตเตอรี สถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่างและสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง เพื่อให้สดวกต่อการทำความเข้าใจการทำงานของวงจรแต่ละส่วน รวมทั้งผลที่เกิดขึ้น จะใช้ตารางในการแสดงสถานะของตัวแปรต่าง ๆ ในรูปของตัวแปรสถานะโดยใช้พีชคณิตของบูล (Boolean Algebra) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงให้ทราบถึงการต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ เข้ากับอินเวอร์เตอร์ (I) และสภาพการให้แสงสว่างของหลอด (L) สำหรับสภาวะต่าง ๆ ของสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง (E) สภาพการประจุของแบตเตอรี (B) และสถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง (S)

Input			Output	
E	B	S	I	L
F	F	F	T	F
T	F	F	T	F
F	T	F	T	F
T	T	F	T	F
F	F	T	T	F
T	F	T	T	T
F	T	T	F	T
T	T	T	T	T

โดยที่ตัวแปรสถานะต่าง ๆ ในตารางที่ 1 มีความหมายดังนี้คือ

- สถานะของสวิตช์ เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง S
  สวิตช์ต่อวงจร S = T
  สวิตช์ตัดวงจร S = F

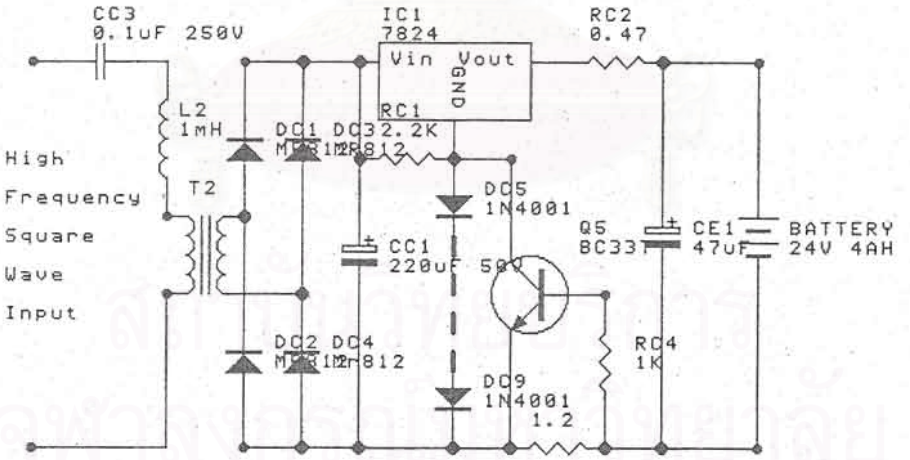
- สภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง E
  ไฟฟ้าจากสายส่งปรกติ E = T
  ไฟฟ้าจากสายส่งขัดข้อง E = F
- สภาพการบรรจุของแบตเตอรี B
  สภาพการประจุของแบตเตอรีสูงกว่าพิกัดต่ำสุด B = T
  สภาพการประจุของแบตเตอรีต่ำกว่าพิกัดต่ำสุด B = F
- การต่อโหลดเข้ากันอินเวอร์เตอร์ I
  โหลดต่อกับอินเวอร์เตอร์ 220 โวลท์ I = T
  โหลดต่อกับอินเวอร์เตอร์ 24 โวลท์ I = F
- สภาพการให้แสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ L
  หลอดฟลูออเรสเซนต์สว่าง L = T
  หลอดฟลูออเรสเซนต์ไม่สว่าง L = F

2.5 แบตเตอรี

แบตเตอรีทำหน้าที่เก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ เมื่อกระแสไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้องและผู้ใช้มีความต้องการใช้ไฟแสงสว่าง เนื่องจากแบตเตอรีจะถูกบรรจุอยู่ในโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องที่มีขนาดจำกัด จึงยากต่อการบำรุงรักษาและจะต้องติดตั้งได้ในทุกลักษณะเช่นเดียวกันกับหลอดไฟแสงสว่างทั่ว ๆ ไป ดังนั้นจึงเลือกใช้แบตเตอรีชนิดที่ไม่ต้องเติมน้ำกลั่น (seal type) ซึ่งมีสารอิเล็กโทรไลท์เป็นแบบวุ้น (Gel) ความจุ (capacity) ของแบตเตอรีจะใหญ่มากไม่ได้ เนื่องจากที่จำกัด โดยทั่วไปจะออกแบบให้มีความจุที่ใช้ได้ระหว่าง 15 นาทีถึง 2 ชั่วโมงเป็นอย่างมาก เมื่อใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 หรือ 40 วัตต์ ส่วนแรงดันของแบตเตอรีนั้น ถ้ามีค่าต่ำ ~ 12 โวลท์ จะมีความเหมาะสมสำหรับวงจรควบคุมและมีกำลังสูญเสียน้อย แต่ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจากแบต-เตอรีให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงที่ใช้จุดหลอดฟลูออเรสเซนต์จะต่ำ แต่ถ้าแรงดันรวมของแบตเตอรีมีค่าสูง ~ 48 โวลท์ จะทำให้ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์สูงขึ้นแต่จะมีค่าสูงเกินไป สำหรับวงจรควบคุมจึงจำเป็นต้องมีวงจรลดแรงดันซึ่งจะมีความยุ่งยากมากขึ้น และกำลังสูญเสียในวงจรควบคุมสูง ดังนั้นจึงเลือกใช้แบตเตอรีที่มีแรงดัน 24 โวลท์ ซึ่งอาจจะใช้แบตเตอรี ที่มีแรงดัน 6 โวลท์ 4 ชุด หรือ ที่มีแรงดัน 12 โวลท์ 2 ชุด โดยจะมีความจุ (capacity) 1 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ต้องการใช้ไฟแสงสว่าง เมื่อกระแสไฟฟ้าเกิดขัดข้อง

2.6 วงจรประจุแบตเตอรี

วงจรประจุแบตเตอรีทำหน้าที่ ประจุแบตเตอรีเพื่อให้มีพลังงานเก็บไว้ใช้เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งขัดข้อง โดยจะมีการประจุแบตเตอรีเมื่อมีการเปิดใช้ไฟแสงสว่างขณะที่มีกระแสไฟฟ้าจากสายส่ง ดังนั้นจึงควรติดตั้งไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องในจุดที่มีการใช้ไฟแสงสว่างประจำ ซึ่งก็น่าจะเป็นจุดที่ต้องการไฟแสงสว่างเมื่อกระแสไฟฟ้าจากสายส่งเกิดขัดข้องด้วย วงจรประจุแบตเตอรีที่ใช้จะเป็นแหล่งจ่ายไฟตรงที่มีแรงดันคงที่ และมีการจำกัดกระแสออก(constant voltage with current limit) แรงดันออกคงที่ในภาวะปกติประมาณ 28 โวลท์ และจำกัดกระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีไว้ที่ 15 เปอร์เซ็น ของค่าแอมแปร์-ชั่วโมงของแบตเตอรีที่ใช้ เช่น แบตเตอรีขนาด 4 แอมแปร์-ชั่วโมง จะจำกัดกระแสประจุแบตเตอรีไว้ที่ประมาณ 0.6 แอมแปร์ เป็นต้น พลังงานที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีจะได้จากอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง ที่มีแรงดันเข้า 220 โวลท์ ความถี่ 50 เฮอร์ต โดยมีวงจรดังแสดงในรูปที่ 6 ตัวเก็บประจุ C_4 ทำหน้าที่ตัดองค์ประกอบไฟตรงของ square wave ซึ่งเป็นแรงดันออกของอินเวอร์เตอร์ ส่วนตัวเหนี่ยวนำ L_4 ทำหน้าที่เพิ่มอิมพีแดนซ์ด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ที่จ่ายพลังงานผ่านหม้อแปลง T_4



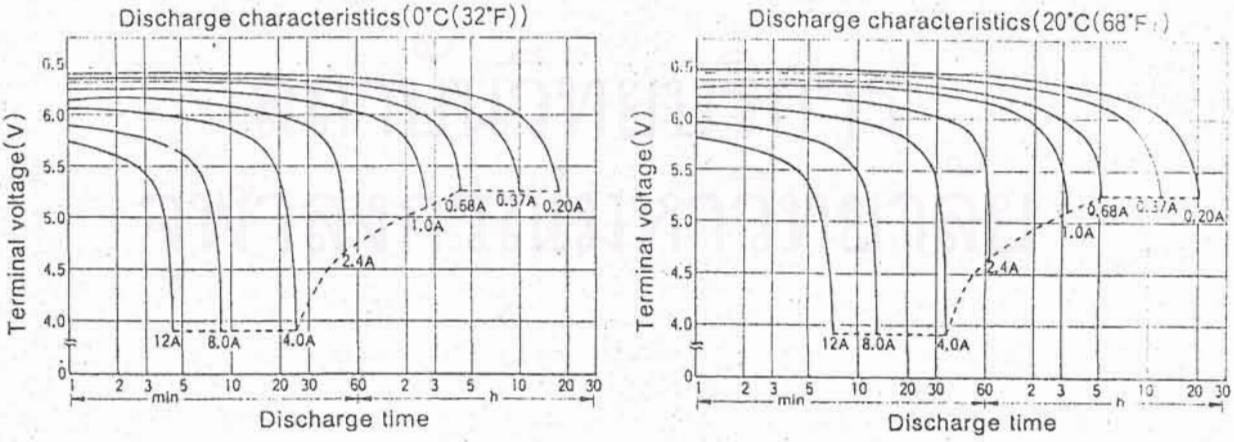
รูปที่ 6 วงจรประจุแบตเตอรีที่มีแรงดันออกคงที่ประมาณ 27.6 โวลท์ และมีการจำกัดกระแส (constant voltage with current limit)

และจำกัดกระแสด้านขาออกของวงจรประจุแบตเตอรี หม้อแปลง T4 จะลดแรงดันออกของอินเวอร์เตอร์เพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสมและผ่านวงจรเรียงกระแสที่ใช้ไดโอด D12-D15 และวงจรกรองที่ใช้ตัวเก็บประจุ C_8 วงจรประมวล 7824 ทำหน้าที่ คง

ค่าแรงดัน 24 โวลท์ โดยมี Zener diode DZ ขนาด 3.6 โวลท์ ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันออกเป็น 27.6 โวลท์ R_D เป็นความต้านทานที่เป็นทางผ่านของกระแสที่ใช้เลี้ยง Zener diode DZ ทรานซิสเตอร์ Q6 ทำหน้าที่ลดแรงดันคล่อม Zener diode DZ เพื่อลดแรงดันที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีลงในขบวนการจำกัดกระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี กล่าวคือเมื่อกระแสที่ผ่านความต้านทาน R_s ซึ่งเป็นกระแสปริมาณเดียวกันกับกระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีมีค่ามากถึงพิกัดที่กำหนดแรงดันคล่อม ความต้านทานจะมีค่ามากพอที่จะไบแอสทรานซิสเตอร์ให้นำกระแส ทำให้แรงดันคล่อม Zener diode ลดลง ส่งผลให้แรงดันออกลดลง อันเป็นการจำกัดกระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีให้อยู่ในพิกัดสูงสุดที่กำหนด

2.7 วงจรป้องกันแบตเตอรี

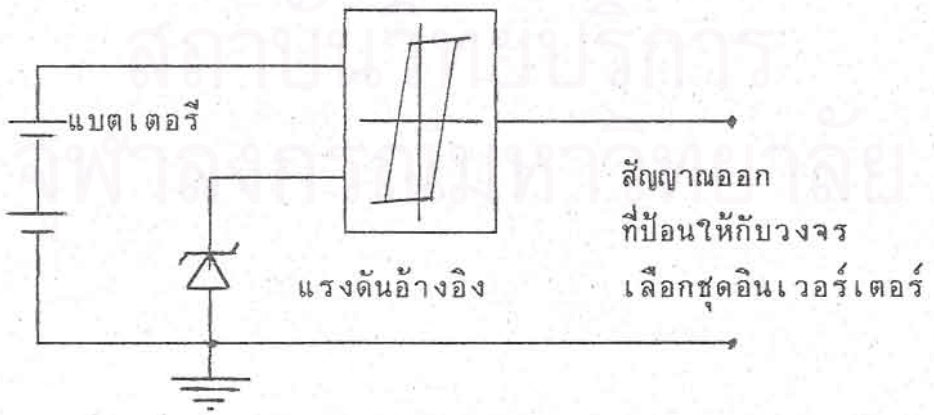
วงจรป้องกันแบตเตอรีทำหน้าที่ตัดการจ่ายกระแสของแบตเตอรี เมื่อสภาพการประจุของแบตเตอรี (state of charge) ลดลงต่ำกว่าพิกัดที่ผู้ผลิตกำหนด โดยการส่งสัญญาณไปควบคุมให้วงจรเลือกชุดอินเวอร์เตอร์ตัดหลอดฟลูออเรสเซนต์และอุปกรณ์ประกอบออกจากอินเวอร์เตอร์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี ตัวแปรที่บ่งชี้สภาพการประจุของแบตเตอรีที่สามารถวัดได้ก็คือ แรงดันออกของแบตเตอรี ผู้ผลิตแบตเตอรีมักจะให้กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันออกของแบตเตอรี (Terminal voltage) กับเวลาที่จ่ายกระแส (Discharge time) สำหรับอัตราการจ่ายกระแสที่ต่าง ๆ กัน (Discharge rate) [4] ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ลักษณะสมบัติการจ่ายกระแส (Discharge characteristics) ของแบตเตอรีแบบ Sealed Lead-Acid แรงดันออก 12 โวลท์ ความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง

จากกราฟลักษณะสมบัติการจ่ายกระแส (Discharge characteristics) ของแบตเตอรีจะเห็นได้ว่าผู้ผลิตได้กำหนดแรงดันออกต่ำสุด สำหรับอัตราการจ่ายกระแสต่าง ๆ กันด้วยเส้นประ เนื่องจากโหลดของแบตเตอรีในกรณีไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องเป็นหลอดไฟที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นกำลังออกของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรีจะมีค่าเกือบคงที่ โดยมีค่าลดลงเล็กน้อยตามแรงดันออกของแบตเตอรี ทำให้สามารถประมาณได้ว่า กระแสออกของแบตเตอรีมีค่าคงที่จากขนาดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ แรงดันและความจุของแบตเตอรีที่ใช้จะสามารถหาแรงดันออกต่ำสุดของแบตเตอรีได้ แรงดันออกต่ำสุดดังกล่าวจะใช้เป็นแรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบแรงดันดังแสดงในรูปที่ 8

วงจรเปรียบเทียบแรงดันจะเปรียบเทียบแรงดันของแบตเตอรีกับแรงดันอ้างอิง ซึ่งกำหนดโดยแรงดันออกต่ำสุดของแบตเตอรี สัญญาณออกของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะใช้เป็นสัญญาณเข้าชุดหนึ่งของวงจรควบคุมการเลือกชุดอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 5 โดยจะบังคับให้ย้ายโหลดไปต่อกับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้แรงดันเข้า 220 โวลท์ เมื่อแรงดันของแบตเตอรีลดลงต่ำกว่าพิกัดต่ำสุดของแรงดันแบตเตอรี วงจรป้องกันแบตเตอรีจะยอมให้ต่อโหลดเข้ากับแบตเตอรีได้เมื่อแบตเตอรีได้รับการประจุจนมีแรงดันเท่ากับ 25 โวลท์ สำหรับระบบที่ใช้แรงดัน 24 โวลท์ เพื่อป้องกันการตัดต่อวงจรผิดปกติ (Oscillate) ของวงจรป้องกันแบตเตอรีอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันออกของแบตเตอรีจากการเปลี่ยนแปลงโหลด (Voltage regulation) ดังนั้นวงจรเปรียบเทียบที่ใช้จึงต้องเป็นวงจรเปรียบเทียบแบบที่มี hysteresis ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 วงจรเปรียบเทียบและแรงดันของแบตเตอรีกับแรงดันอ้างอิง ซึ่งกำหนดโดยแรงดันออกต่ำสุดของแบตเตอรี

III การประดิษฐ์

จากแนวคิดทางทฤษฎี โครงสร้าง และลักษณะการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง ที่จะนำไปสู่การประดิษฐ์ ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง อาจจะจำแนกการประดิษฐ์ออกได้สามส่วนคือ

- การเลือกแบตเตอรี่
- การสร้างแผงวงจรควบคุม
- การประกอบอุปกรณ์รวมของระบบ

จะเห็นได้ว่าการประดิษฐ์จะเริ่มจากการเลือกแบตเตอรี่ เนื่องจากแบตเตอรี่จะเป็นส่วนที่มีขนาดและน้ำหนักมากที่สุด และจะเป็นตัวกำหนดลักษณะและขนาดของโคมไฟ นอกเหนือไปจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งเป็นตัวกำหนดความยาวของโคมไฟ ซึ่งหลังจากการเลือกชนิดและขนาดของแบตเตอรี่และขนาดของหลอดฟลูออเรสเซนต์แล้ว จะสามารถออกแบบโคมไฟให้มีขนาดเล็กที่สุดที่เป็นไปได้ จากนั้นจะเป็นการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ของชุดควบคุมซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง

3.1 การเลือกแบตเตอรี่

เนื่องจากโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะต้องมีอุปกรณ์ทุกอย่างอยู่ภายในโคม และจะต้องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและติดตั้งในลักษณะต่าง ๆ กัน ได้ตามต้องการของผู้ใช้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแบตเตอรีที่ใช้ ควรจะเป็นประเภทที่ปิดสนิท เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาจากน้ำกรดที่บรรจุอยู่ในแบตเตอรี่ จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้เลือกใช้แบตเตอรี่แบบ Sealed Lead-Acid สำหรับขนาดของแบตเตอรี่นั้นได้มีการศึกษาข้อมูลของผู้ผลิตแบตเตอรี่แบบ Sealed Lead-Acid ทั้งในแง่ความจุ (Capacity) ขนาด รูปร่างและราคา พบว่าแบตเตอรี่ที่อาจจะมีความเหมาะสมที่จะใช้โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์มี 3 รุ่นดังนี้คือ

3.1.1 แบตเตอรี่แรงดัน 6 โวลท์ ความจุเมื่อจ่ายกระแสออก 0.2 แอมแปร์ (C/20) เท่ากับ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง

- โคมไฟ 1 ชุด ใช้แบตเตอรี่ 4 ลูกต่ออนุกรมกันให้แรงดันออก 24 โวลท์
- สำหรับหลอด 36 วัตต์ จ่ายกระแสออกเฉลี่ย 1.5 แอมแปร์ เวลาสำรองประมาณ 2 ชั่วโมง
- ราคาของแบตเตอรีต่อชุด (4 ลูก) 1,400 บาท
- ขนาดของแบตเตอรี่ 50x71x110 $(mm)^3$

- ขนาดของโคมไม่รวมความสูงของขาหลอด 55x75x1240 $(mm)^3$

3.1.2 **แบตเตอรีแรงดัน 12 โวลท์ ความจุเมื่อจ่ายกระแสออก 0.1 แอมแปร์(C/20) เท่ากับ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง**

- โคมไฟหนึ่งชุดใช้แบตเตอรี่ 2 ลูกต่ออนุกรมกันให้แรงดันออก 24 โวลท์ หรือใช้ 4 ลูกต่ออนุกรมกันชุดละ 2 ลูก 2 ชุด แล้วต่อขนานกันให้แรงดันออก 24 โวลท์
- สำหรับหลอด 36 วัตต์ จ่ายกระแสออกเฉลี่ย 1.5 แอมแปร์ เวลาสำรองประมาณ 2 ชั่วโมง เมื่อใช้แบตเตอรี 4 ลูก และเวลาสำรองประมาณ 45 นาที เมื่อใช้แบตเตอรี่ 2 ลูก
- ราคาของแบตเตอรีต่อชุด (4 ลูก) 2,350 บาท
- ราคาของแบตเตอรีต่อชุด (2 ลูก) 1,175 บาท
- ขนาดของแบตเตอรี 35x68x180 $(mm)^3$
- ขนาดของโคมไม่รวมความสูงของขาหลอด 40x73x1240 $(mm)^3$

3.1.3 **แบตเตอรีแรงดัน 6 โวลท์ ความจุเมื่อจ่ายกระแสออก 0.06 แอมแปร์ (C/20) เท่ากับ 1.2 แอมแปร์/ชั่วโมง**

- โคมไฟ 1 ชุด ใช้แบตเตอรี 4 ลูก โดยต่ออนุกรมกัน ให้แรงดันออก 24 โวลท์ หรือใช้ 8 ลูกต่ออนุกรมกันชุดละ 4 ลูก 2 ชุด แล้วต่อขนานกันให้แรงดันออก 24 โวลท์
- สำหรับหลอด 36 วัตต์ จ่ายกระแสออกเฉลี่ย 1.5 แอมแปร์ เวลาสำรองประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อใช้แบตเตอรี 8 ลูก เวลาสำรองประมาณ 25 นาที เมื่อใช้แบตเตอรี 4 ลูก
- ราคาของแบตเตอรีต่อชุด (8 ลูก) 2,120 บาท
- ราคาของแบตเตอรีต่อชุด (4 ลูก) 1,060 บาท
- ขนาดของแบตเตอรี 26x60x99 $(mm)^3$
- ขนาดของโคมไม่รวมความสูงของขาหลอด 45x60x1240 $(mm)^2$

จากคุณสมบัติและราคาของแบตเตอรีแบบ Sealed Lead-Acid จะสามารถทำตารางแสดงราคาต่อหน่วยพลังงานเป็น บาท ต่อ โวลท์-แอมแปร์-ชั่วโมง สำหรับชนิดและจำนวนแบตเตอรี ตลอดจนการจ่ายกระแสแบบต่าง ๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงราคาของแบตเตอรีต่อหน่วยพลังงานที่แบตเตอรีจ่ายได้โดยมีหน่วยเป็น บาทต่อโวลท์-แอมแปร์-ชั่วโมง

ราคา/พลังงาน ขนาด แรงดัน-ความจุ และจำนวนลูก	ราคา/พลังงาน ที่อัตราการจ่ายกระแส C/20 (บาทต่อโวลท์-แอมแปร์-ชั่วโมง)	ราคา/พลังงาน ที่กระแสออก 1.5 แอมแปร์ (บาทต่อโวลท์-แอมแปร์-ชั่วโมง
6 โวลท์ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก	14.6	19
12 โวลท์ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก	24.5	32.6
12 โวลท์ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 2 ลูก	24.5	43.5
6 โวลท์ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 8 ลูก	36.8	58.9
6 โวลท์ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก	36.8	73.6

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าราคาแบตเตอรีต่อหน่วยพลังงานเป็นโวลท์-แอมแปร์-ชั่วโมง จะมีค่าต่ำสุดสำหรับกรณีที่ใช้แบตเตอรี 6 โวลท์ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก และอาจจะสรุปได้ว่าเมื่อใช้แบตเตอรีที่มีความจุต่อลูกสูงขึ้น ราคาต่อหน่วยพลังงานที่แบตเตอรีจ่ายได้จะลดลง

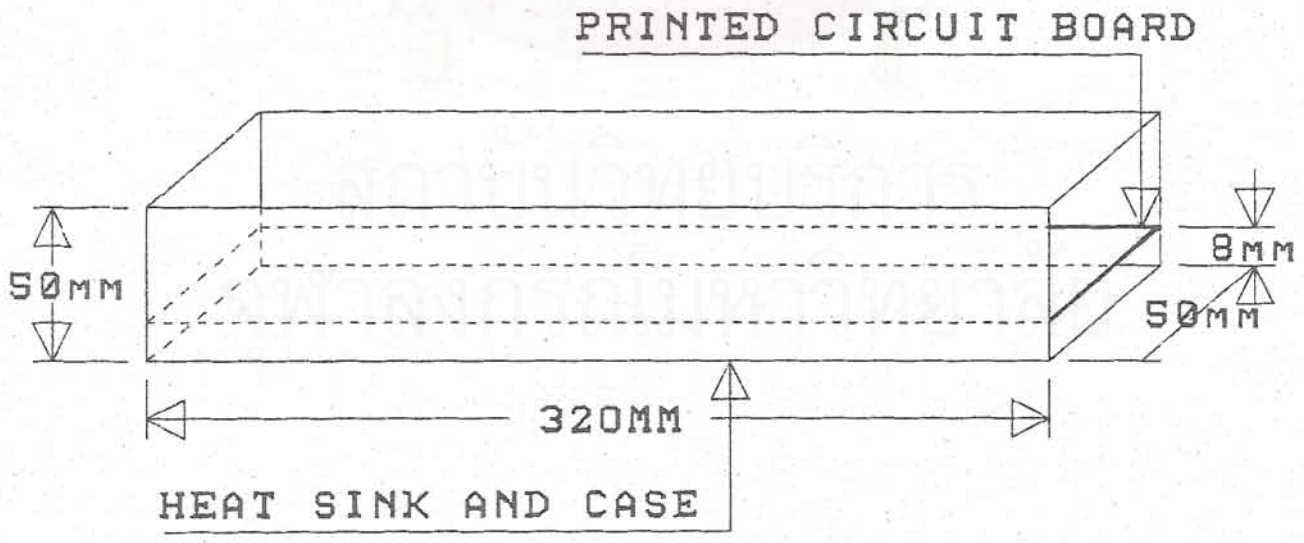
จากการพิจารณาเวลาสำรอง ราคาแบตเตอรีต่อชุด และขนาดของโคมจะเห็นได้ว่าราคาต่อชุดของแบตเตอรีในหัวข้อ 3.1.1 จะสูงกว่าราคาต่อชุดของแบตเตอรีในหัวข้อ 3.1.2 ที่ใช้แบตเตอรี 2 ลูกอยู่ประมาณ 1.2 เท่า ในขณะที่มีระยะเวลาสำรองสูงเป็นประมาณ 3 เท่า และแบตเตอรีในหัวข้อ 3.1.1 มีราคาต่อชุดสูงกว่าราคาต่อชุดของแบตเตอรีในหัวข้อ 3.1.3 ที่ใช้แบตเตอรี 4 ลูก อยู่ประมาณ 1.3 เท่า ในขณะที่มีระยะเวลาสำรองสูงเป็นประมาณ 5 เท่า

CL2
8.3nF1500V
36W FLUORESCENT LAMP
0.1uF 250V
F1
220Vac
D5
1N4007
D1 1N4007
D3 1N4007
D2 1N4007
D4 1N4007
MOV
R3
470K
C2
3.3nF
R4
470K
R5
10
Q1
BUX84
T12
400TURNS
D7
1N4007
N4 T11
0.60 TURNS
D6
1N4007
C1
47uF
400VAC
32V
R6
10
Q2
BUX84
T13
3 TURNS
D8
1N4007
C2
47nF 50V
R8
0.68
RK3
L1
2.3mH
T21
RK2 TURNS
CB1
0.33uF
DB1
MBR1060
Q3
2SC3281
RB1
1
T31
N1 TURNS
T23
3 TURNS
BATTERY
24V 4AH
T33
N3 TURNS
RB2
1
T22
3 TURNS
T32
N2 TURNS
Q4
2SC3281
DB2
MBR1060
CB2
0.33uF
DB3
1N4007
RG
PUT1
2N6028
RB4
47K
CB3
47nF
DZ1
1N4737A814
DS1
L2
1mH
CC3
0.1uF 250V
IC1
7824
Vin Vout
GND
RC2
0.47
KR
24V
VI2
VOLTREG
Vin Vout
GND
QR2
DC1 DC3
MBR812
RC1
2.2K
T2
DC5
1N4001
Q5
BC337
CC2
RR4
CC1
220uF 50V
DC2 DC4
MBR812
DC9
1N4001
1.2
RC4
1K
RR3
RR2
RS6
CS4
RS5
RS2
CS9
RS3
CP2
DP2
RS4
CS5
RS2
RP1
CP3
RP3
CP4
DZP1
RP4
RP5
UNINTERRUPTIBLE LIGHTING

สำหรับขนาดของโคมไฟนั้น ถ้าใช้แบตเตอรีในหัวข้อ 3.1.1 โคมไฟจะมีความกว้างและความสูงมากกว่าแบบอื่นเล็กน้อย แต่เมื่อรวมความสูงของขาหลอดอีกประมาณ 60 mm แล้วจะเห็นได้ว่าขนาดแทบจะไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในการประดิษฐ์ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจึงได้เลือกใช้แบตเตอรีที่มีแรงดัน 6 โวลท์ และความจุเมื่อจ่ายกระแสออก 0.2 แอมแปร์-ชั่วโมง เท่ากับ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก ซึ่งจะทำให้ได้โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องที่มีเวลาสำรองสูงสุด ประมาณ 2 ชั่วโมง และโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะมีความยาว 1240 mm ความกว้าง 75 mm ส่วนความสูงที่รวมความสูงของขาหลอดด้วยเท่ากับ 115 mm

3.2 การสร้างแผงวงจรควบคุม

จากโครงสร้างของระบบและวงจรย่อยของส่วนต่าง ๆ ของระบบดังที่ได้แสดงไว้ในข้อ 2 ได้มีการออกแบบวงจรและทดสอบการทำงานของวงจรย่อย แก้ไขและปรับปรุงการทำงานของวงจรย่อย จากนั้นก็ทำการเชื่อมโยงวงจรย่อยส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทดสอบและแก้ไขวงจรจนสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ได้วงจรรวมดังแสดงในรูปที่ 9 จากนั้นได้มีการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) ของวงจรรวม จัดทำแผ่นวงจรพิมพ์ ติดตั้งอุปกรณ์ และทดสอบการทำงานของแผงวงจรควบคุม แก้ไขวงจรให้สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ แผงวงจรควบคุมที่ประกอบเรียบร้อยรวมทั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนจะมีความกว้าง 50 mm ยาว 320 mm และสูงประมาณ 50 mm โดยมีลักษณะภายนอกดังแสดงในรูปที่ 10

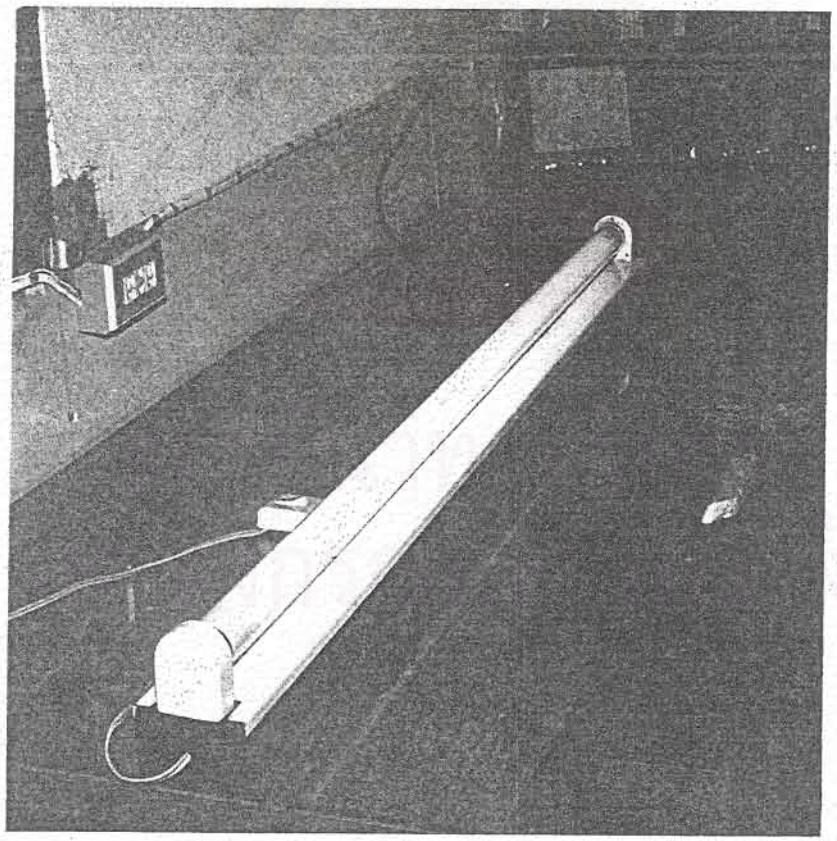


รูปที่ 10 ลักษณะภายนอกของแผงวงจรควบคุม

3.3 การประกอบอุปกรณ์รวมของระบบ

หลังจากที่ได้จัดซื้อแบตเตอรีตามที่ได้เลือกไว้ จัดทำแผงวงจรควบคุม ตลอดจนจัดหาโคมไฟและหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์เรียบร้อยแล้ว จึงได้ทำการประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี แรงดัน 6 โวลท์ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 4 ก้อน แผงอุปกรณ์ควบคุม และหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ เข้ากับโคมไฟเดินสายเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และทดสอบการทำงานของระบบ จะได้โคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องที่มีลักษณะภายนอกดังแสดงในรูปที่ 11 โดยโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะมีขนาดต่าง ๆ ดังนี้

ความกว้าง	75	mm
ความยาว	1240	mm
ความสูงรวมขาหลอด	115	mm
น้ำหนักรวมอุปกรณ์ทุกอย่าง	6.5	kg



รูปที่ 11 ลักษณะภายนอกของโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง

IV การทดสอบ

ได้มีการทดสอบการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องขนาด 36 วัตต์ โดยมีการทดสอบในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้คือ

- การทดสอบลักษณะการทำงาน
- การทดสอบหาเวลาสำรองของแบตเตอรีขนาดต่าง ๆ
- การทดสอบการประจุแบตเตอรี

4.1 การทดสอบลักษณะการทำงาน

การทดสอบลักษณะการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องเป็นการทดสอบการตอบสนองของแผงวงจรควบคุมต่อสถานะของสวิตช์ สภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งและสภาพการประจุจุของแบตเตอรี โดยจะมีการสังเกตสภาพการให้แสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์และสภาพการประจุหรือการคายประจุของแบตเตอรี และเพื่อให้สะดวกต่อการทำความเข้าใจการทำงานของวงจรแต่ละส่วนที่สัมพันธ์กับสภาพของตัวแปรที่เกี่ยวข้องจะใช้ตารางในการแสดงสถานะของตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบในรูปของตัวแปรสถานะโดยใช้พีชคณิตของบูล (Boolean Algebra) ทำนองเดียวกันกับการออกแบบวงจรเลือกชุดอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ในหัวข้อ 2.4 ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองกับไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง แสดงอยู่ในตารางที่ 3โดยที่ตัวแปรสถานะต่าง ๆ ในตารางที่ 3 มีความหมายดังนี้คือ

- สภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง E
  ไฟฟ้าจากสายส่งปกติ E = T
  ไฟฟ้าจากสายส่งขัดข้อง E = F

- สภาพการประจุของแบตเตอรี B
  สภาพการประจุของแบตเตอรีสูงกว่าพิกัดที่กำหนด B = T
  สภาพการประจุของแบตเตอรีต่ำกว่าพิกัดที่กำหนด B = F

- สถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง S
  สวิตช์ต่อวงจร S = T
  สวิตช์ตัดวงจร S = F

- สภาพการให้แสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ L
  หลอดฟลูออเรสเซนต์สว่าง L = T
  หลอดฟลูออเรสเซนต์ไม่สว่าง L = F

- การประจุแบตเตอรี C
  มีการประจุของแบตเตอรี C = T
  ไม่มีการประจุของแบตเตอรี C = F

- การคายประจุของแบตเตอรี D
  มีการคายประจุของแบตเตอรี D = T
  ไม่มีการคายประจุของแบตเตอรี D = F

ตารางที่ 3 ตารางแสดงให้ทราบถึงสภาพการให้แสงสว่างของหลอด (L) การประจุ (C) และการคายประจุ (D) ของแบตเตอรี สำหรับสถานะต่าง ๆ ของสภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง (E) สภาพการประจุของแบตเตอรี (B) และสถานะของสวิตช์เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง (S) ที่ได้จากการทดสอบ

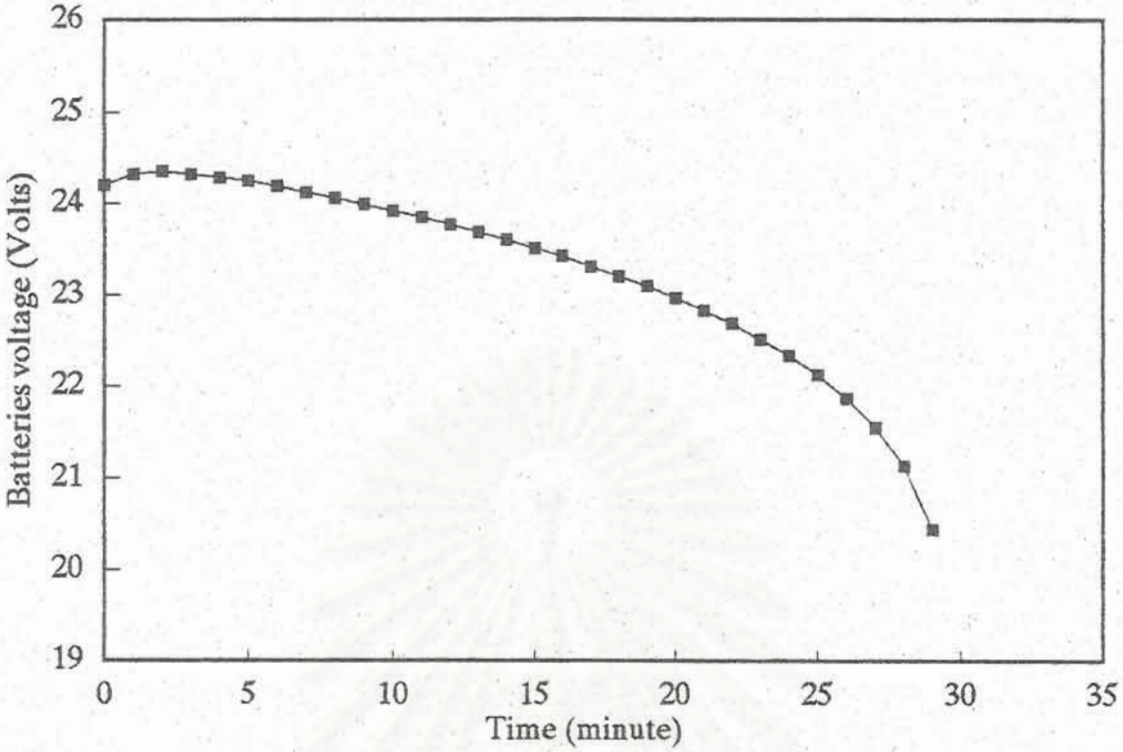
Input			Output		
E	B	S	L	C	D
F	F	F	F	F	F
T	F	F	F	F	F
F	T	F	F	F	F
T	T	F	F	F	F
F	F	T	F	F	F
T	F	T	T	T	F
F	T	T	T	F	T
T	T	T	T	T	F

จะเห็นได้ว่าการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องที่สร้างขึ้นมีลักษณะการทำงานเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 2

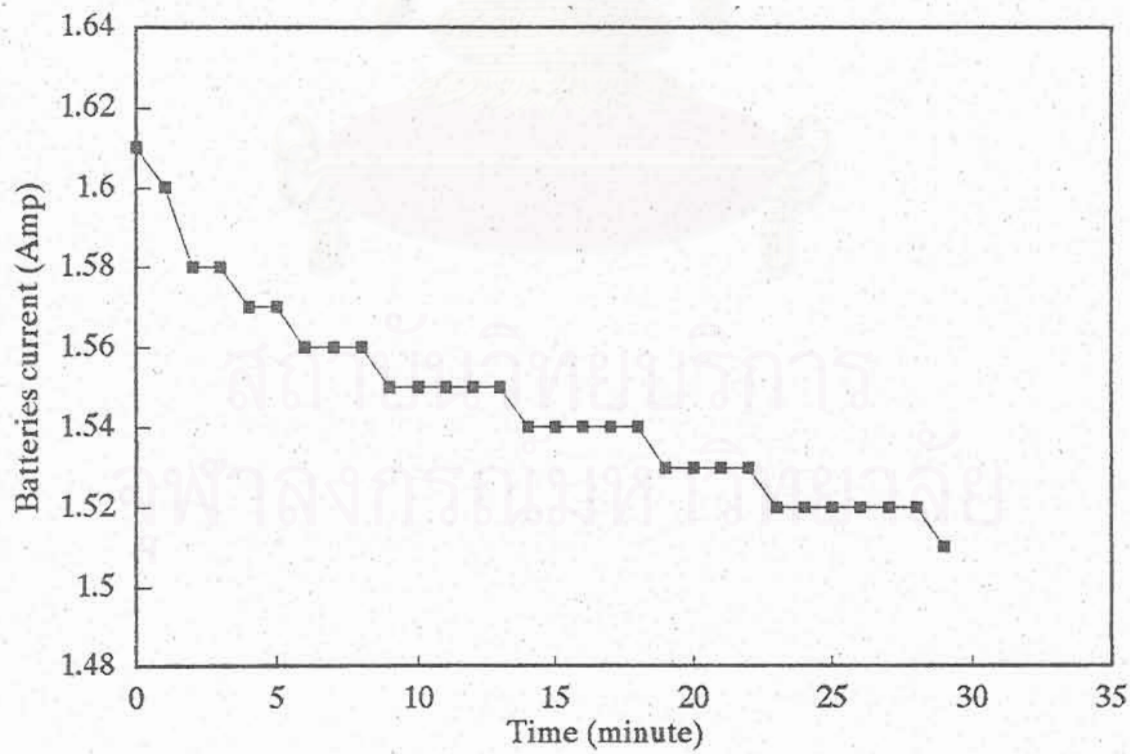
4.2 การทดสอบหาเวลาสำรองของแบตเตอรีขนาดต่าง ๆ

เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาสำรองของไฟแสงสว่าง เมื่อใช้แบตเตอรีขนาดต่าง ๆ กันในวงจรจริง จึงได้มีการทดลองหาเวลาสำรองของไฟแสงสว่างขนาด 36 วัตต์ ที่ให้แสงสว่างด้านขาออกเฉลี่ยประมาณเท่ากับค่าพิกัด เมื่อใช้แบตเตอรีที่มีค่าความจุ 1.2 2 2.4 และ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง ตามลำดับ และเพื่อให้ทราบถึงลักษณะสมบัติของแบตเตอรี ในขณะจ่ายพลังงานออกจึงได้มีการวัดแรงดันออก กระแสออก แอมแปร์-ชั่วโมงของแบตเตอรี ที่จ่ายให้กับโหลด กับเวลาดังแสดงในรูปที่ 12 ถึง 15 ตามลำดับ จากรูปที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันออกของแบตเตอรีกับเวลาจะเห็นได้ว่า เมื่อแบตเตอรีเริ่มจ่ายกำลังออกแรงดันออกจะลดต่ำลงจากแรงดันออกในภาวะวงจรเปิด ซึ่งจะมีค่าประมาณ 26.7 โวลท์ โดยแบตเตอรีที่มีความจุน้อยจะมีการลดลงของแรงดันออกมากกว่าแบตเตอรีที่มีความจุมาก เนื่องจากแบตเตอรีที่มีความจุน้อย มีความต้านทานออกมากกว่าแบตเตอรีที่มีความจุมาก ดังนั้น เมื่อจ่ายกระแสออกเท่ากัน แรงดันตกคล่อมความต้านทานออกจะมีค่ามากกว่า และเมื่อเวลาผ่านไป แรงดันออกจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากนั้นจะเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ อัตราการลดลงจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และอัตราการลดลงนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในตอนท้าย สำหรับการเปลี่ยนแปลงของกระแสออกของแบตเตอรีกับเวลานั้นจะเห็นได้ว่ากระแสออกของแบตเตอรีจะมีค่ามากในตอนแรก และลดลงเล็กน้อยกับแรงดันออกโดยมีการลดลงประมาณ 0.1 แอมแปร์ จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสออกของแบตเตอรีกับเวลาจะมีค่าต่ำกว่า 7 % ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจะทำให้จำนวน แอมแปร์-ชั่วโมง ของแบตเตอรี ที่จ่ายให้กับโหลดเพิ่มขึ้นกับเวลาเกือบเป็นเชิงเส้น ทำให้จำนวน วัตต์-ชั่วโมง ของแบตเตอรี ที่จ่ายให้กับโหลดเพิ่มขึ้นกับเวลา โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวน วัตต์-ชั่วโมง จะลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการลดลงของ กระแสออก และแรงดันออก ของแบตเตอรี กับ เวลา และเพื่อให้เห็นภาพรวมของลักษณะสมบัติของแบตเตอรีขนาดต่าง ๆ กัน จึงได้รวบรวมค่าของเวลาสำรอง เวลาสำรองต่อค่าพิกัดของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมงที่จ่ายออกในภาวะใช้งานจริงต่อค่าพิกัดของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยของกำลังออกของแบตเตอรี ไว้ในตารางที่ 4 จากตาราง จะเห็นได้ว่า เวลาสำรองจะเพิ่มขึ้นกับความจุของแบตเตอรี โดยมีค่าระหว่าง 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมง 20 นาที สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ ระหว่าง 1.2 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมง

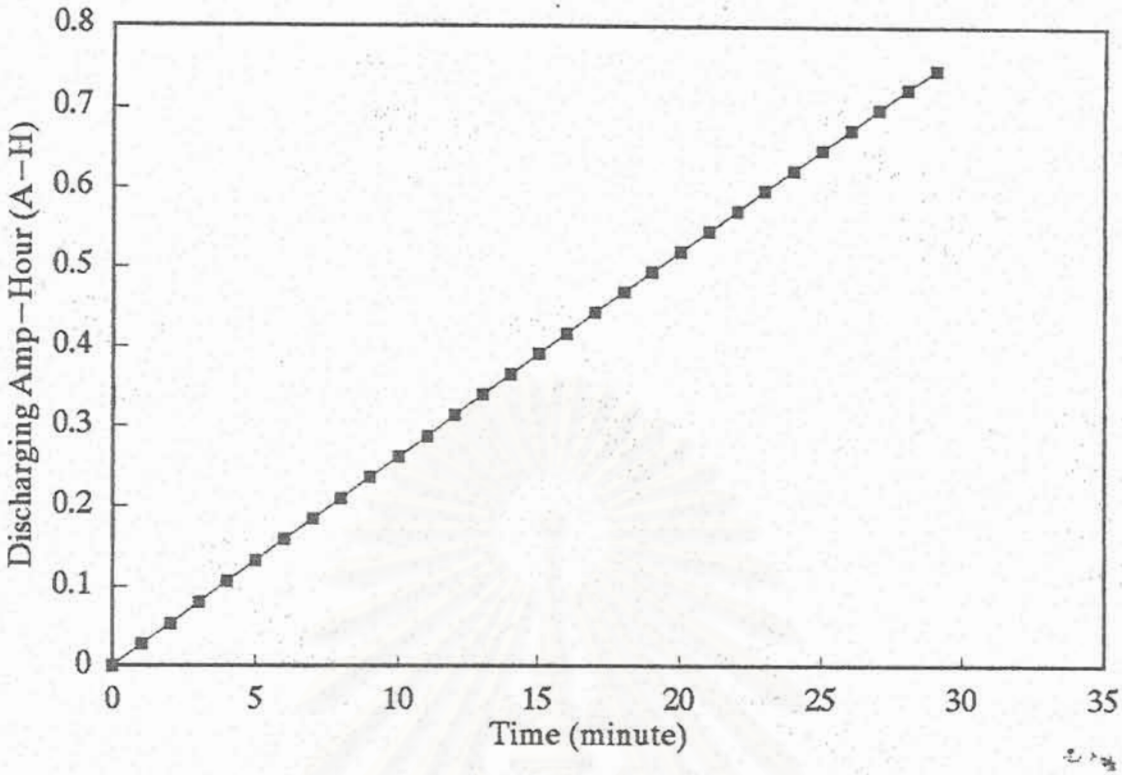
นอกจากนี้แล้วจะเห็นได้ว่า ทั้งอัตราส่วนระหว่างจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมงที่แบตเตอรีจ่ายออกในภาวะใช้งานจริง กับค่าพิกัดของ แอมแปร์-ชั่วโมง ของแบตเตอรี จะเพิ่มขึ้นกับขนาดของแบตเตอรี โดยจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมงที่แบตเตอรีจ่ายออกในภาวะใช้งานจริงกับค่าพิกัดของแอมแปร์-ชั่วโมง จะเพิ่มจาก 62 % สำหรับแบตเตอรีขนาด 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง เป็น 89 % สำหรับแบตเตอรีขนาด 4 แอมแปร์-ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจาก ความจุของแบตเตอรี จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการจ่ายกระแสออกลดลง โดยทั่วไปแล้วผู้ผลิตมักจะกำหนดความจุ เมื่อเวลาสำรองของ



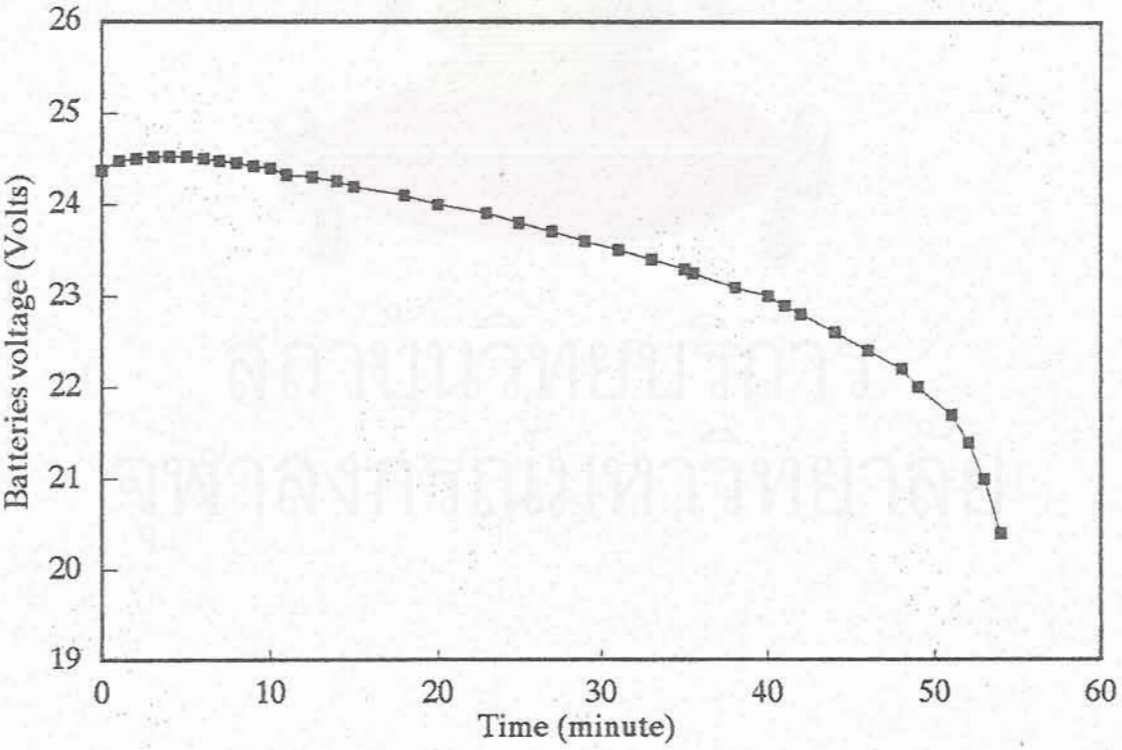
รูปที่ 12 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออก สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง



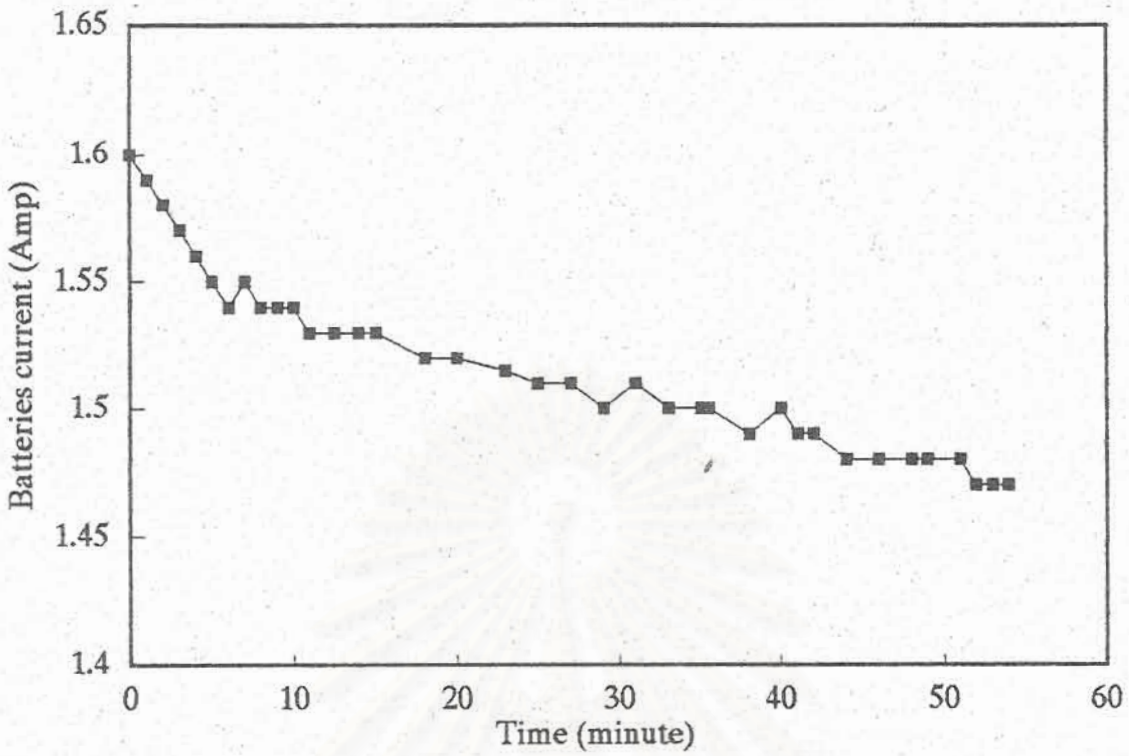
รูปที่ 12 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออก สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง



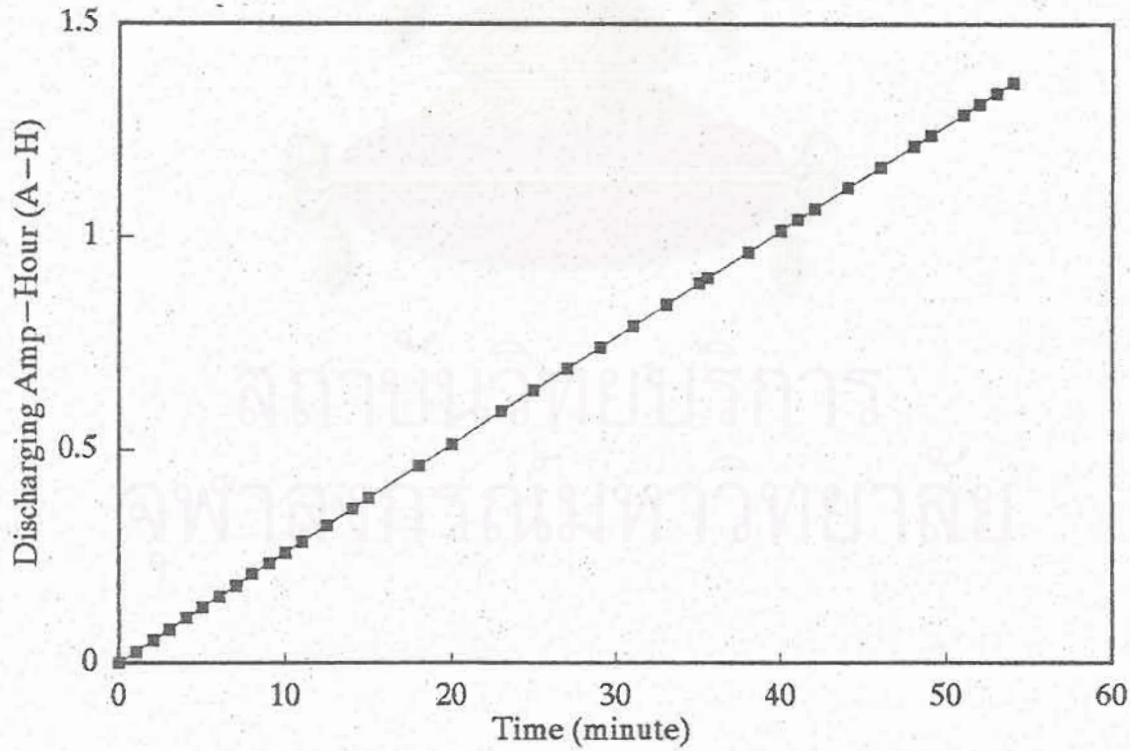
รูปที่ 12 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายให้กับโหลด กับ เวลา สำหรับแบตเตอรี ที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง



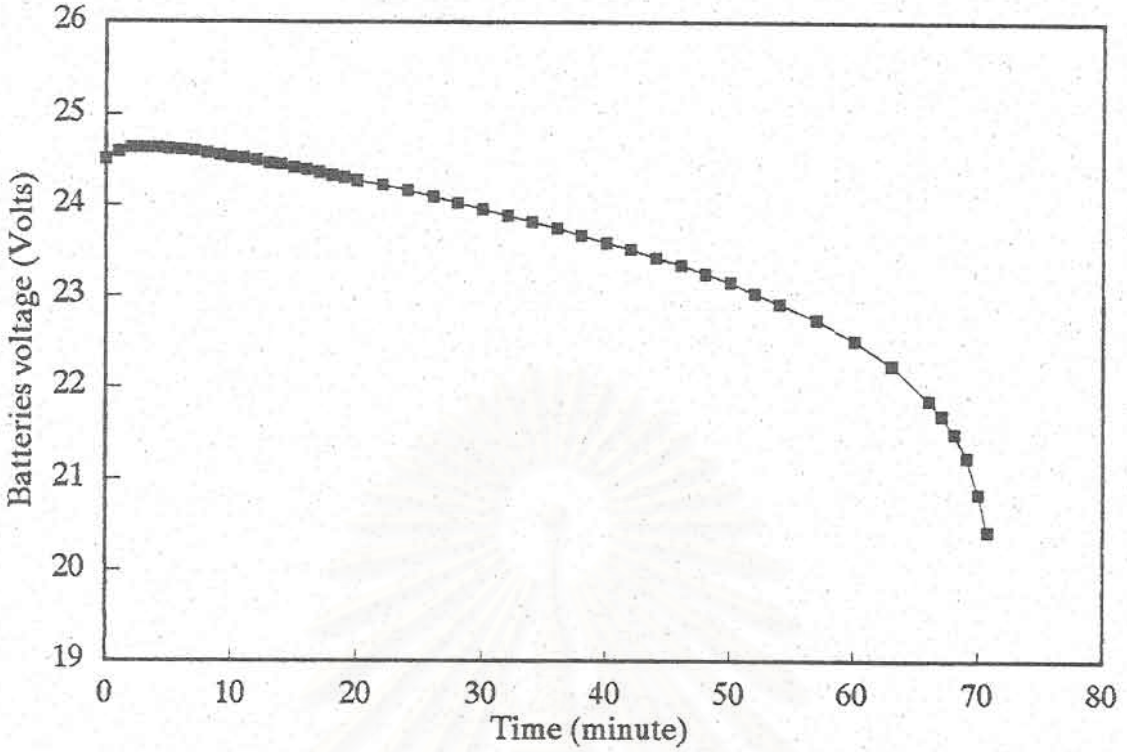
รูปที่ 13 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออก สำหรับ แบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง



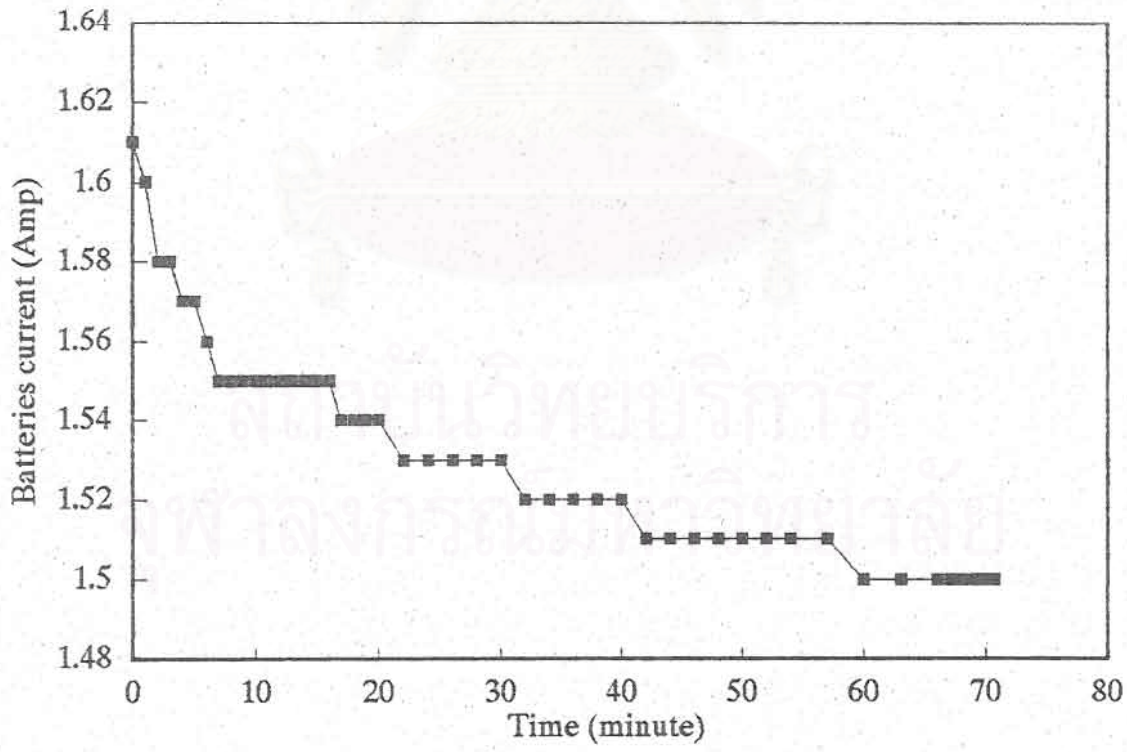
รูปที่ 13 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออก สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง



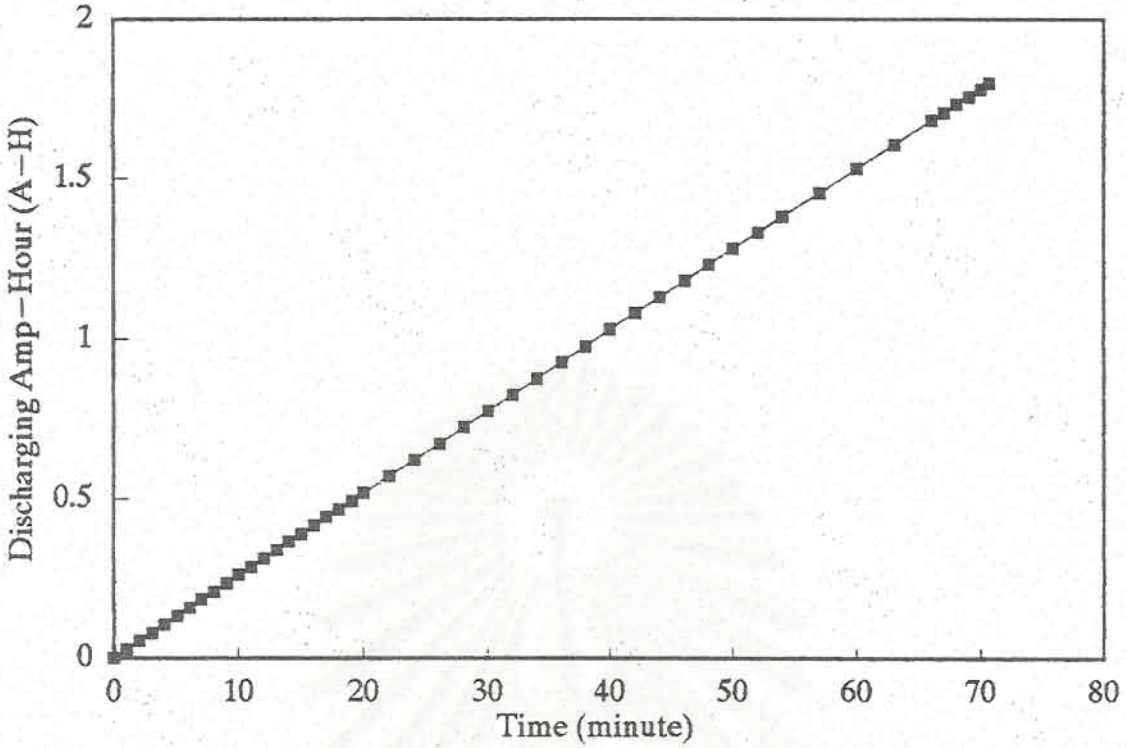
รูปที่ 13 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายให้กับโหลด กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง



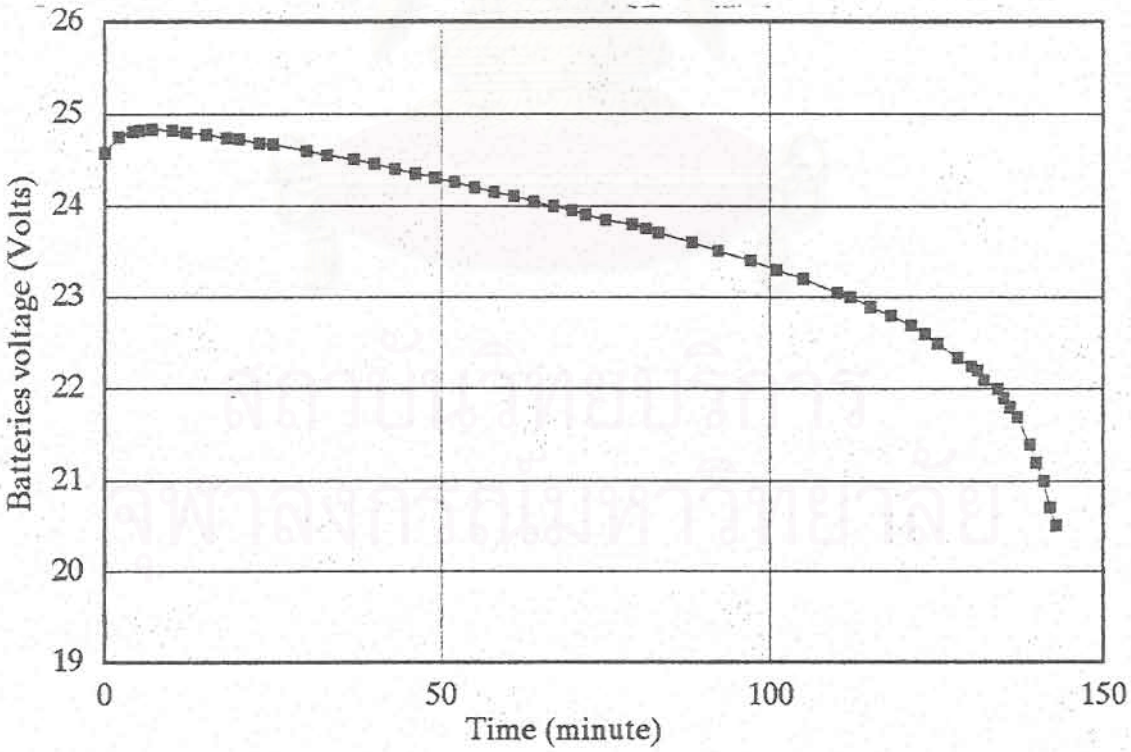
รูปที่ 14 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออก สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง



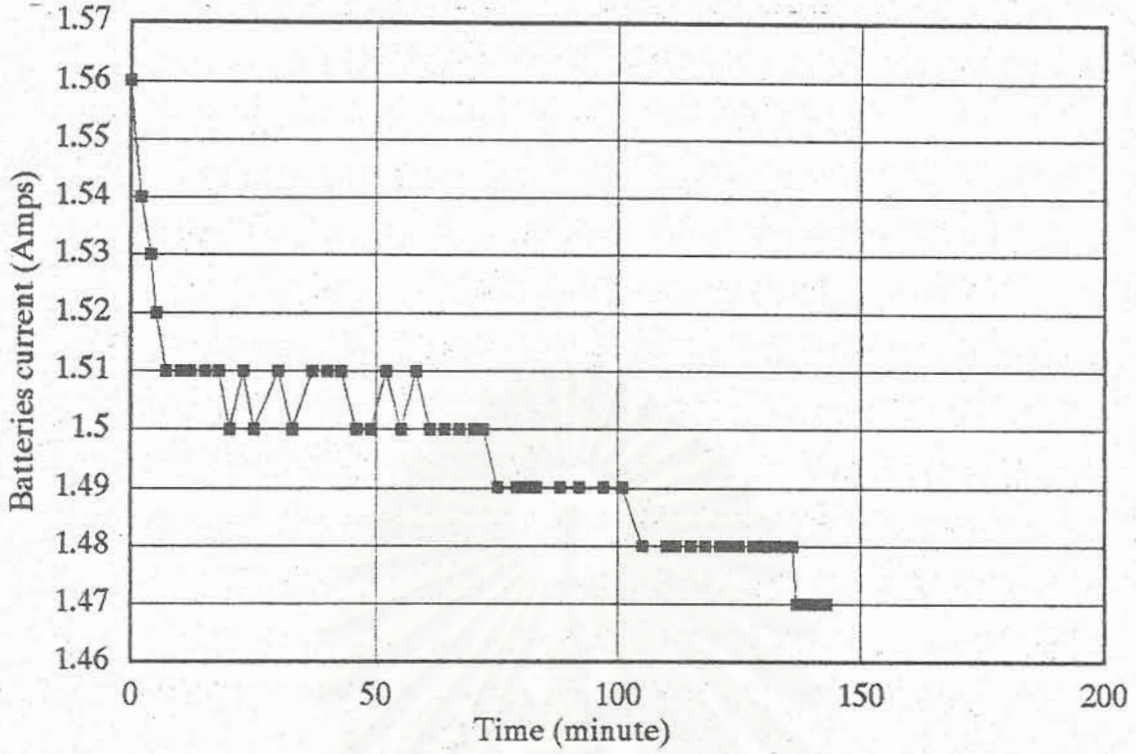
รูปที่ 14 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออก สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง



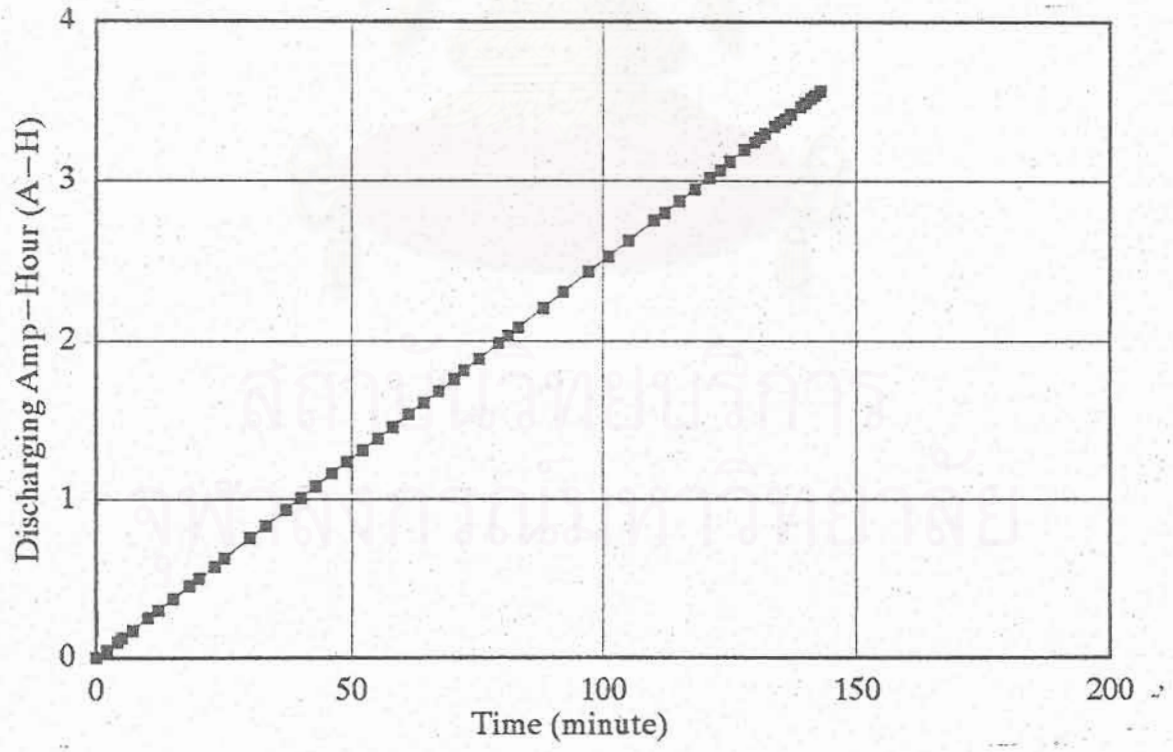
รูปที่ 14 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายให้กับโหลด กับ เวลา สำหรับแบตเตอรี่ที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง



รูปที่ 15 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออก สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง



รูปที่ 15 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะจ่ายกำลังออก สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง



รูปที่ 15 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายให้กับโหลด กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง

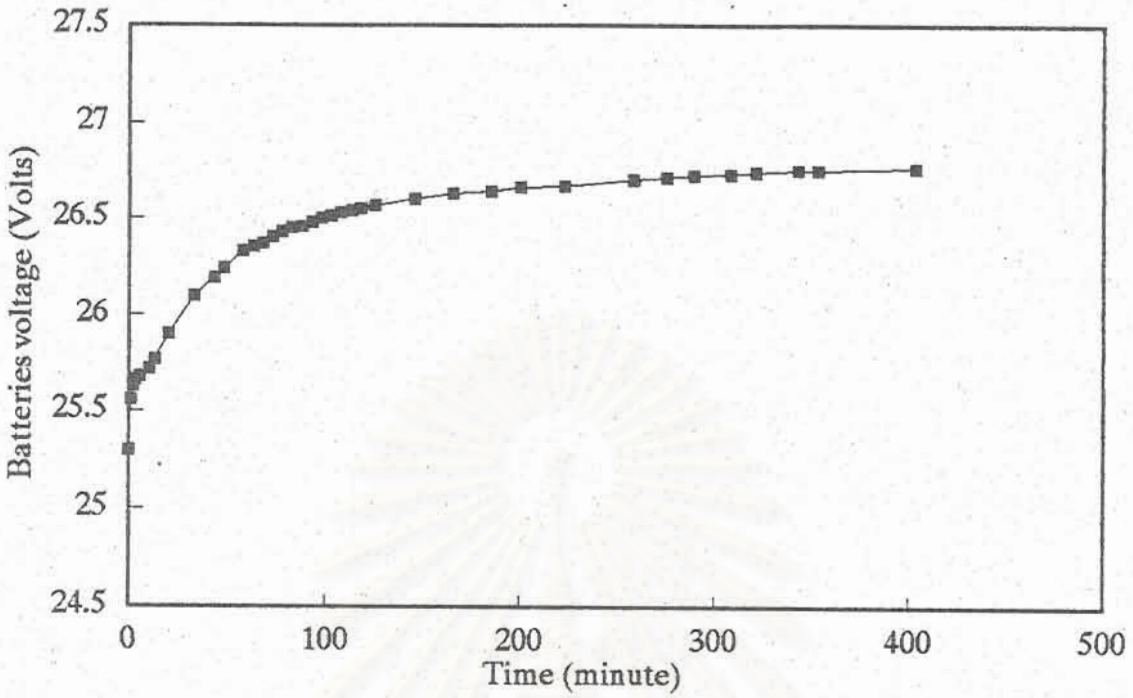
แบตเตอรีเท่ากับ 20 ชั่วโมง สำหรับค่าเฉลี่ยของกำลังออกของแบตเตอรีนั้นจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดคือ 36 วัตต์

ตารางที่ 4 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบของเวลาสำรอง (BT) เวลาสำรองต่อค่าพิกัดของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง (BT/rated A-H) จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่จ่ายออกในภาวะใช้งานต่อค่าพิกัดของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง (actual A-H)/(rated A-H) และค่าเฉลี่ยของกำลังออกของแบตเตอรี (avr W_{op}) สำหรับแบตเตอรีความจุระหว่าง 1.2 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมง

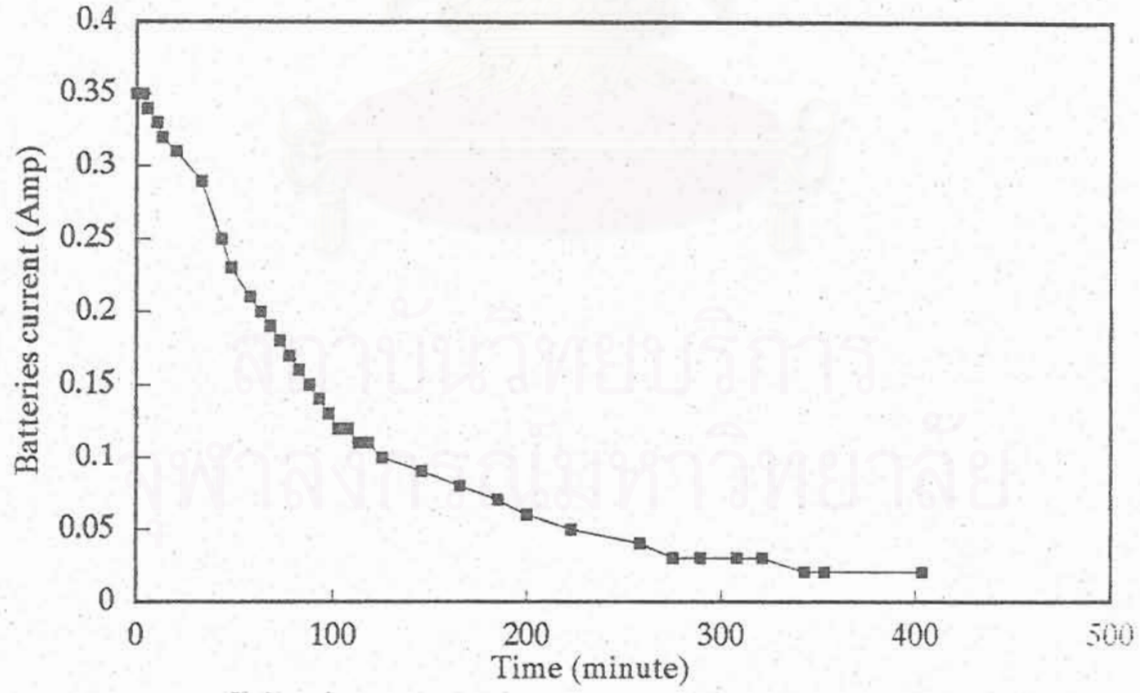
	1.2 A-H	2.0 A-H	2.4 A-H	4.0 A-H
BT(minute)	29	54	70	143
BT/rated A-H	24 MN/(A-H)	27 MN/(A-H)	29 MN/(A-H)	36 MN/(A-H)
a A-H/r A-H	62.3 %	68 %	75 %	89 %
avr WOP (W)	35.9	35.7	35.9	35.5

4.3 การทดสอบการประจุแบตเตอรี

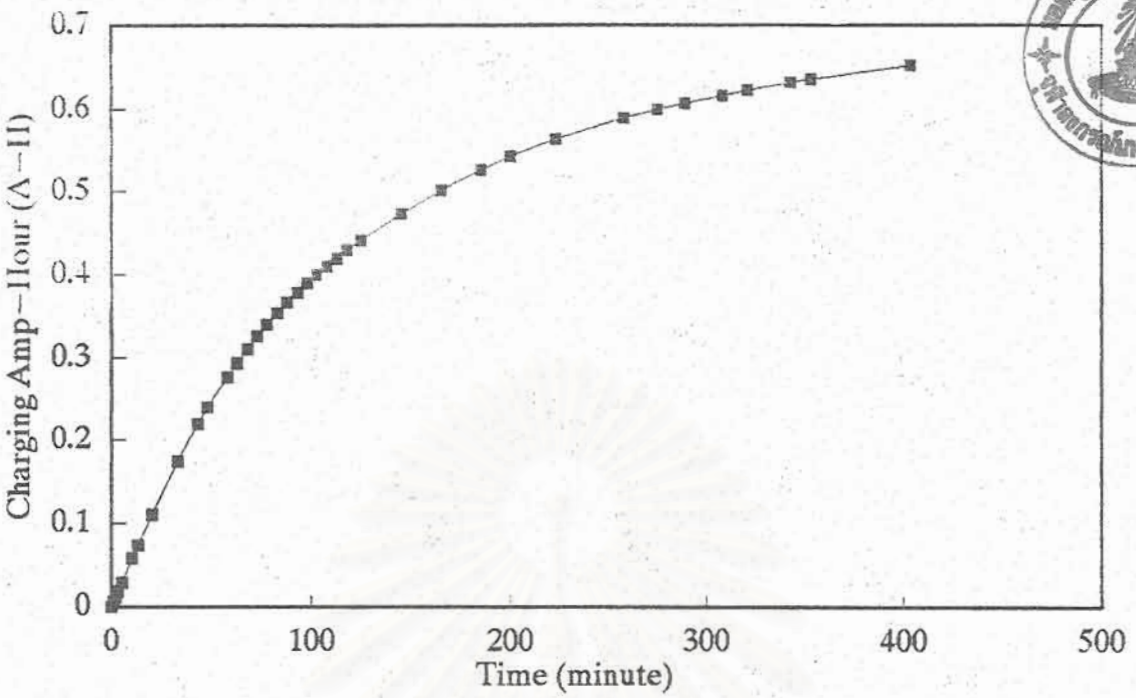
เนื่องจากวงจรประจุแบตเตอรีเป็นแบบที่มีแรงดันออกคงที่ และมีการจำกัดกระแส (constant voltage with current limit) ดังนั้นกระแสประจุแบตเตอรีจะมีค่าขึ้นอยู่กับแรงดันของแบตเตอรี โดยมีค่าขึ้นอยู่กับผลต่างของแรงดันออกของเครื่องประจุแบตเตอรีกับแรงดันแบตเตอรี และมีค่าสูงสุดเท่ากับกระแสที่จำกัด ซึ่งจะต้องไม่เกินพิกัดสูงสุดของแบตเตอรีที่ผู้ผลิตกำหนด ในการประจุแบตเตอรีขนาด 2 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมงจะจำกัดกระแสสูงสุดไว้ที่ประมาณ 440 มิลิแอมแปร์ ส่วนแบตเตอรีขนาด 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมงการประจุแบตเตอรีจะจำกัดกระแสไว้ที่ 350 มิลิแอมแปร์ ซึ่งเป็นพิกัดสูงสุดของแบตเตอรีที่อยู่ผลิตกำหนด รูปที่ 16 ถึง 19 แสดงค่าของแรงดันของแบตเตอรี กระแสประจุแบตเตอรี และจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมงที่แบตเตอรีได้รับกับเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีขนาด 1.2, 2, 2.4 และ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าเท่ากับค่าพิกัดคือ 220 โวลท์ ส่วนในรูปที่ 20 และ 21 แสดงค่าของแรงดันของแบตเตอรี และกระแสประจุแบตเตอรี กับเวลาที่ใช้ในการประจุแบต



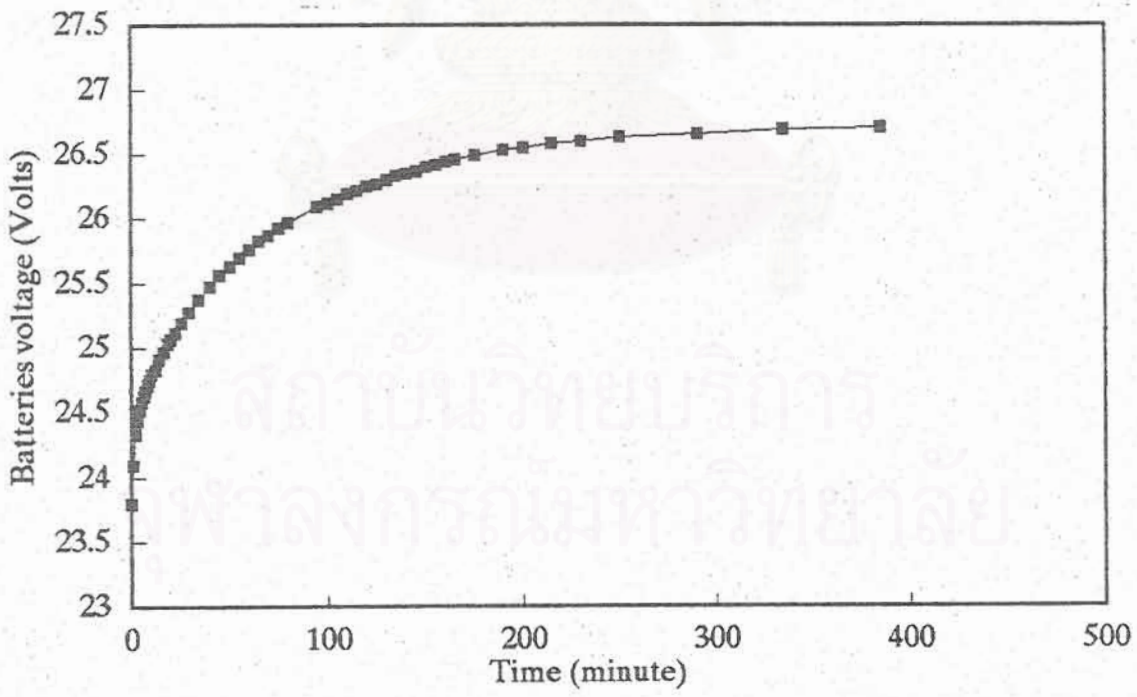
รูปที่ 16 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี่ กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี่ สำหรับแบตเตอรี่ที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง



รูปที่ 16 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี่ กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี่ สำหรับแบตเตอรี่ที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง

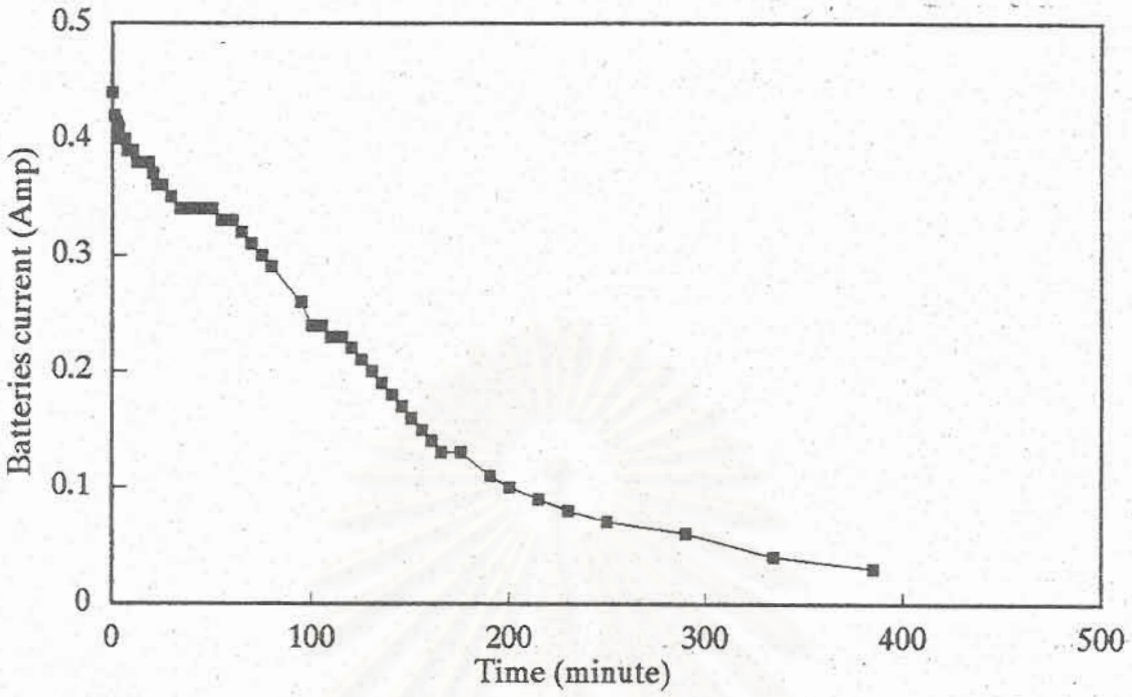


รูปที่ 16 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรี ที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง

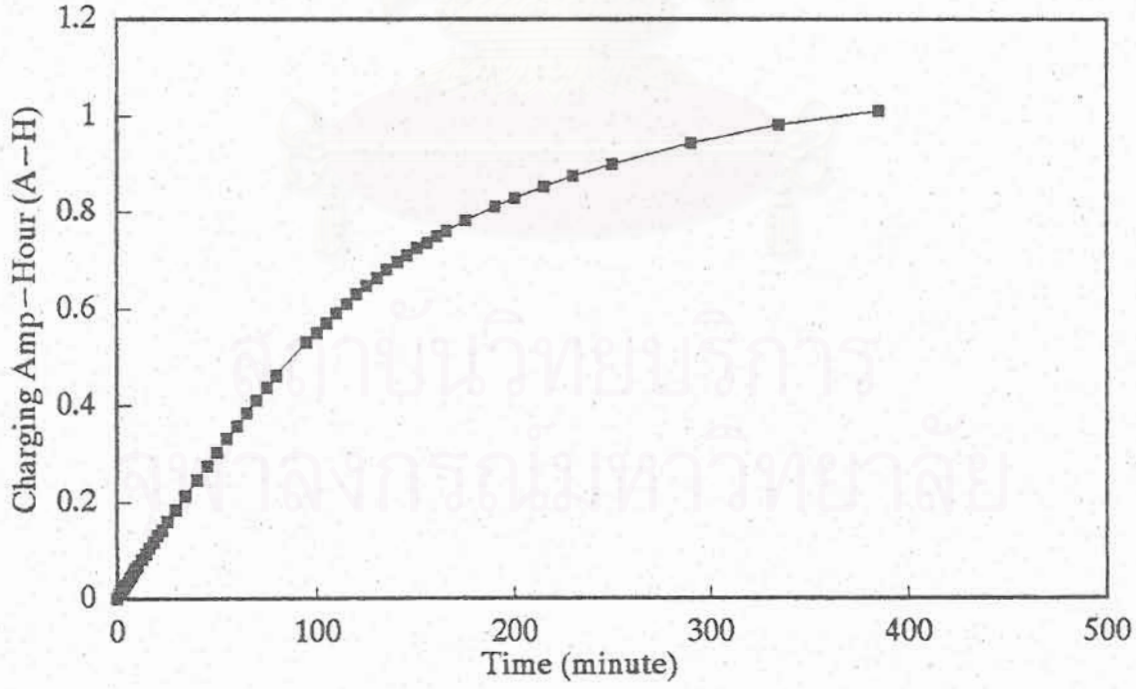


รูปที่ 17 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง

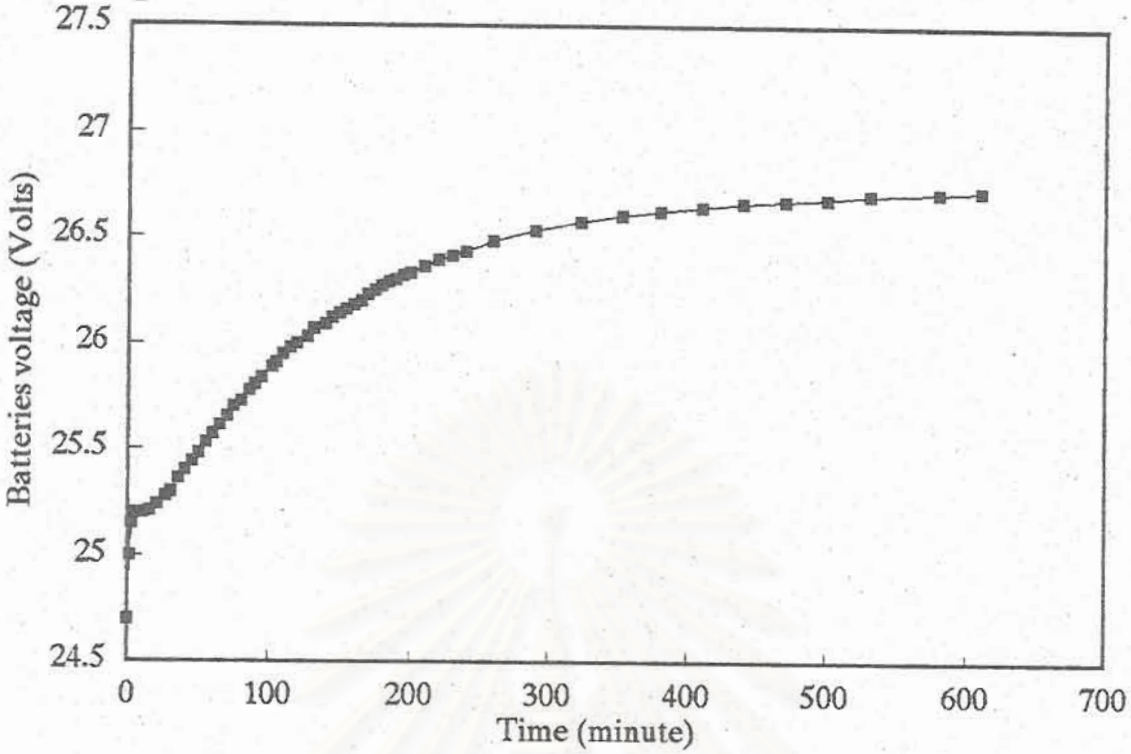
I16521523



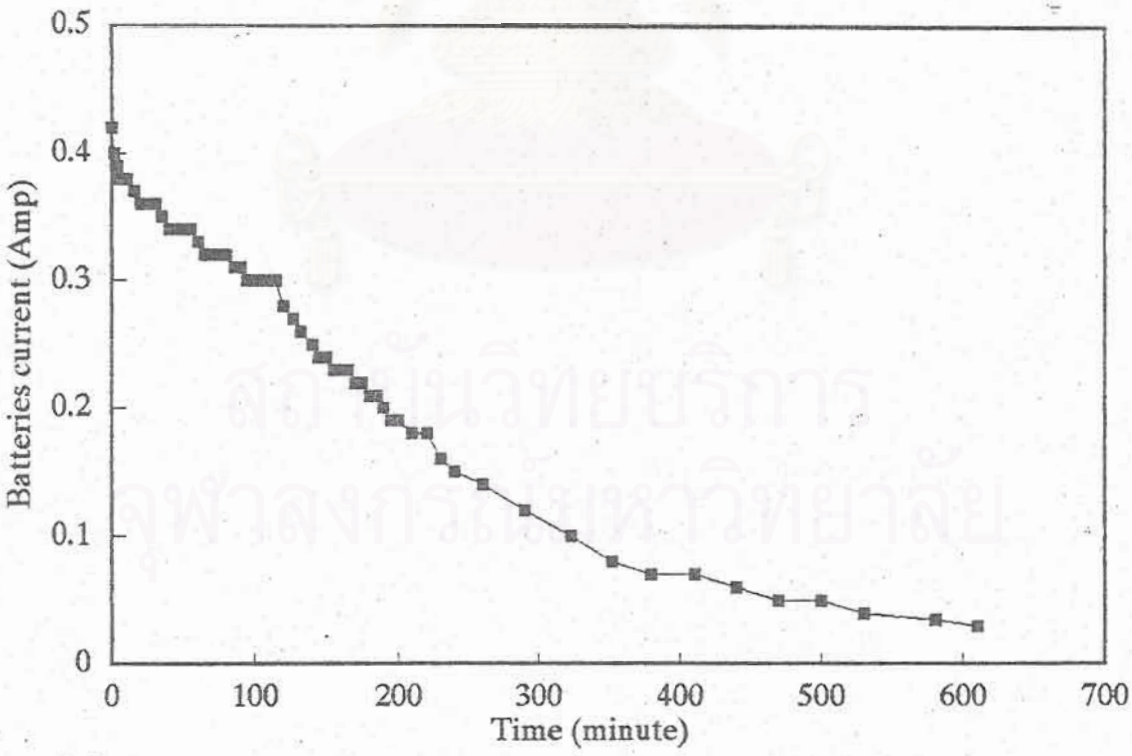
รูปที่ 17 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง



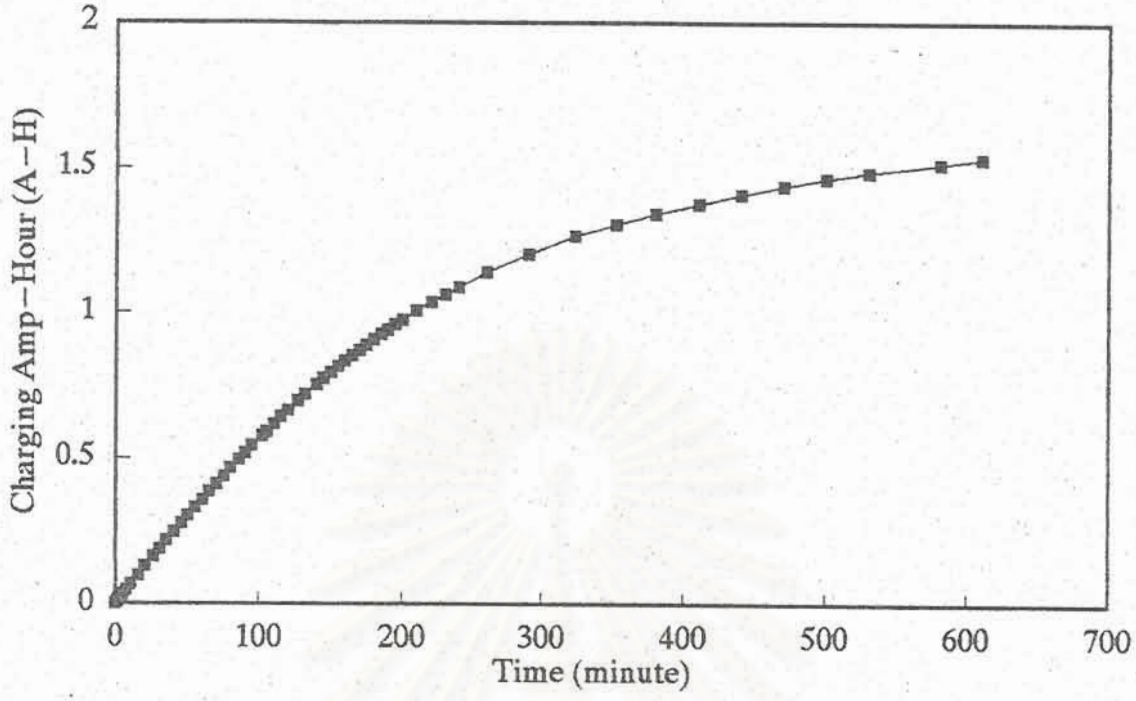
รูปที่ 17 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2 แอมแปร์-ชั่วโมง



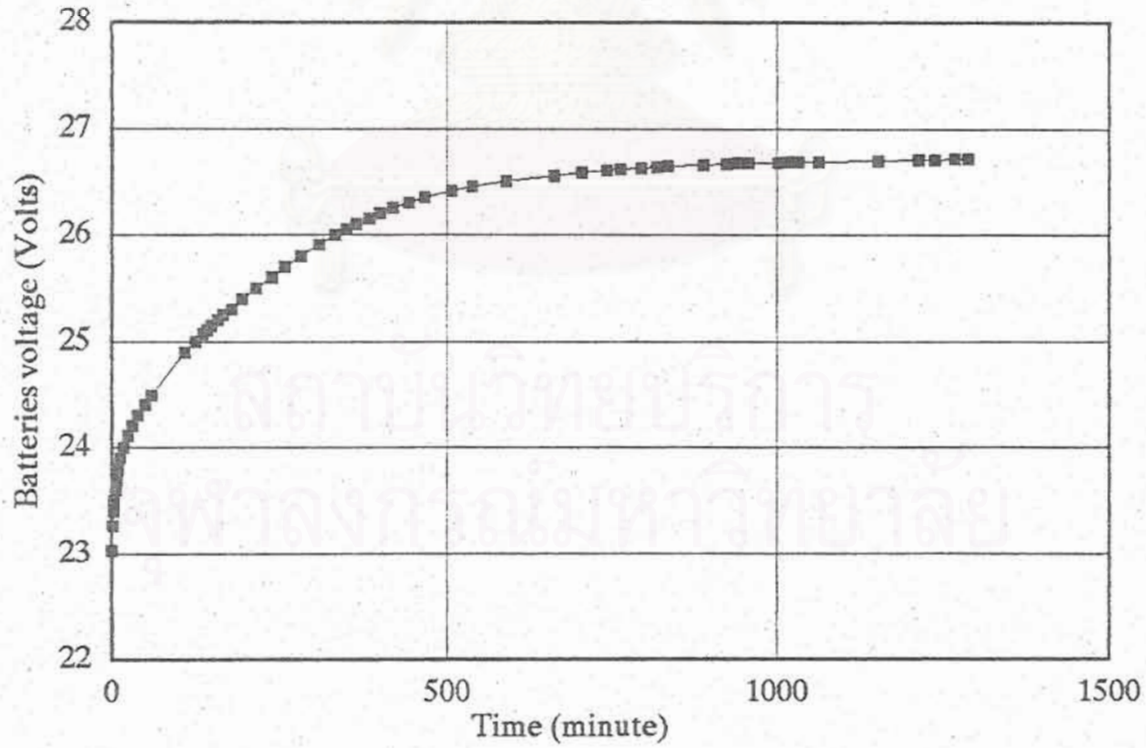
รูปที่ 18 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง



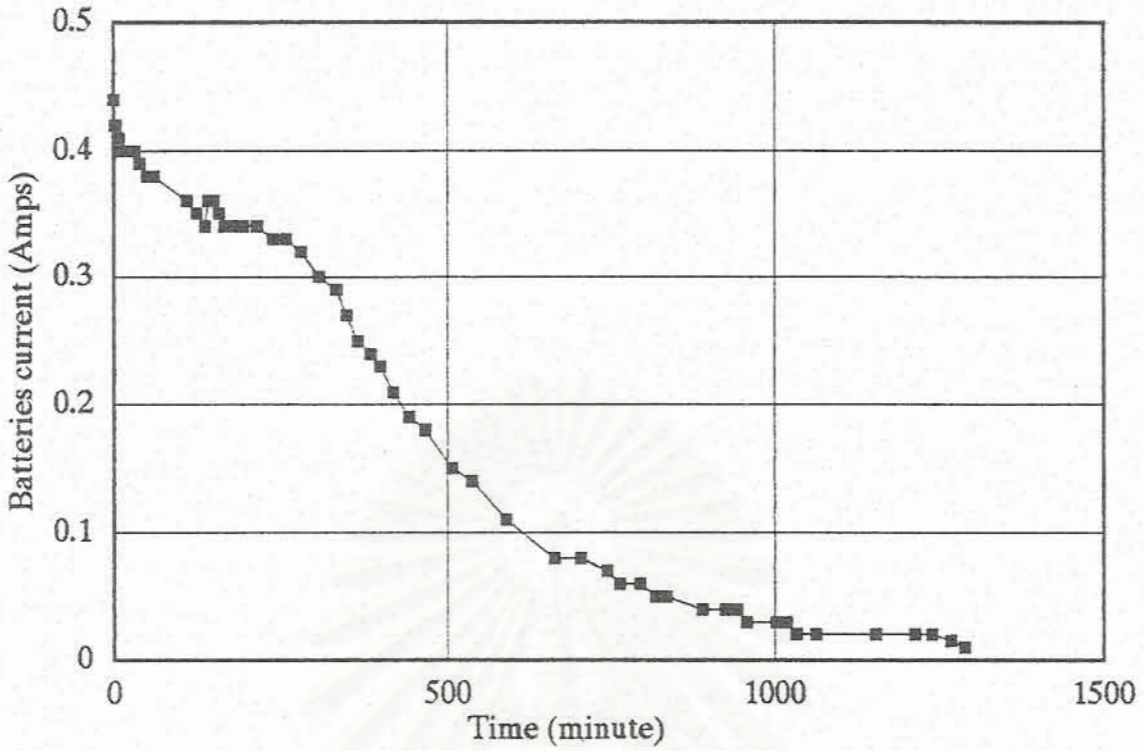
รูปที่ 18 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง



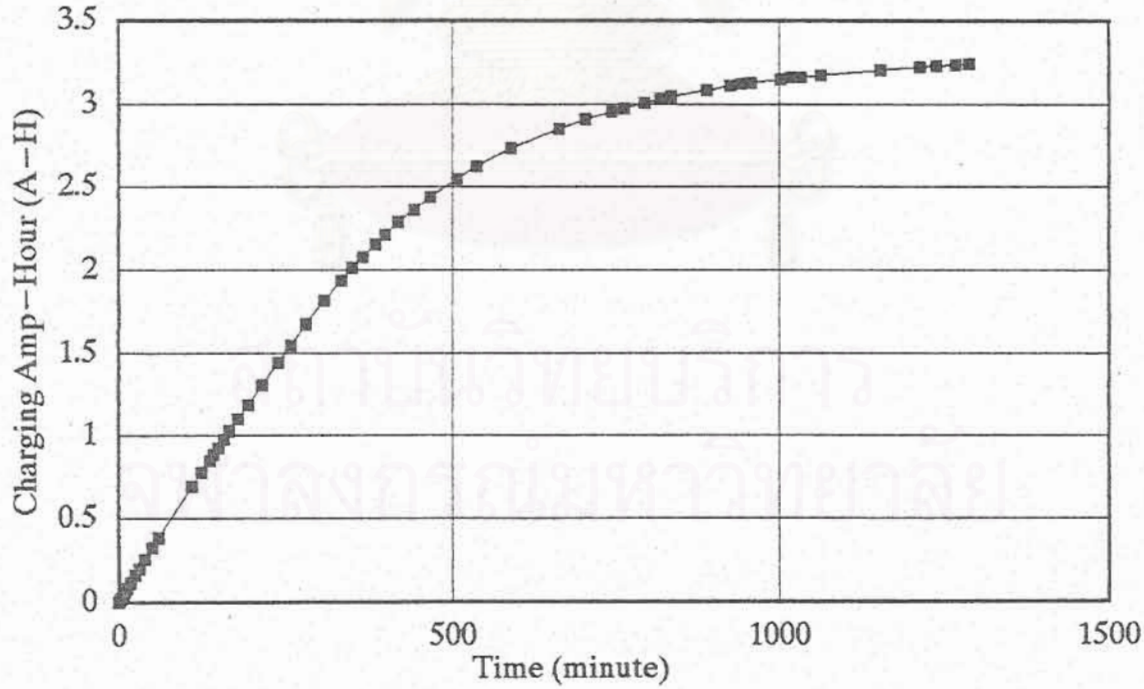
รูปที่ 18 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรี ที่มีความจุ 2.4 แอมแปร์-ชั่วโมง



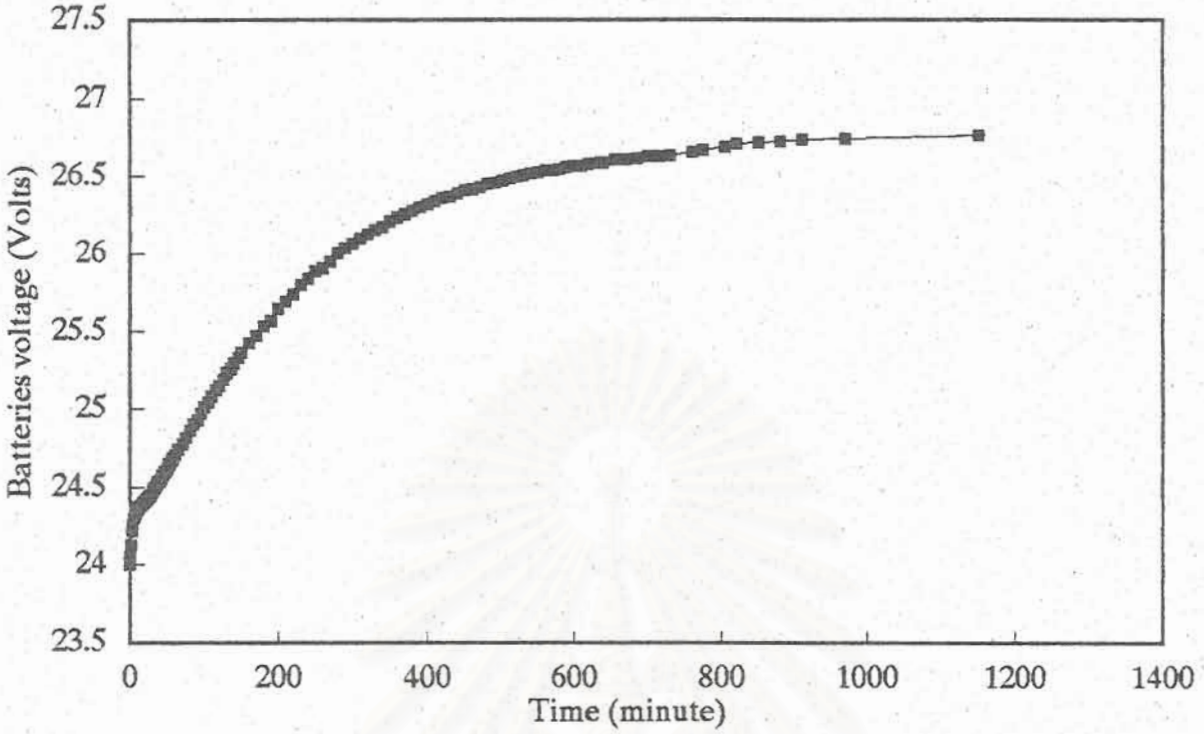
รูปที่ 19 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง



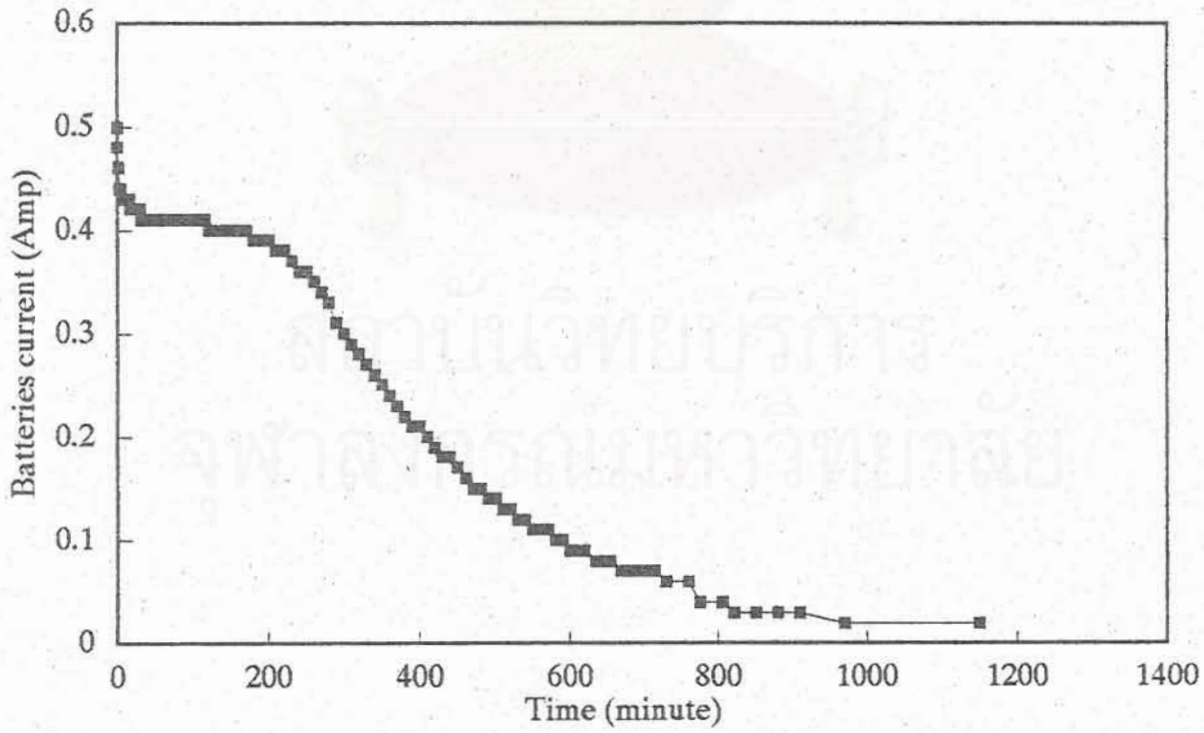
รูปที่ 19 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง



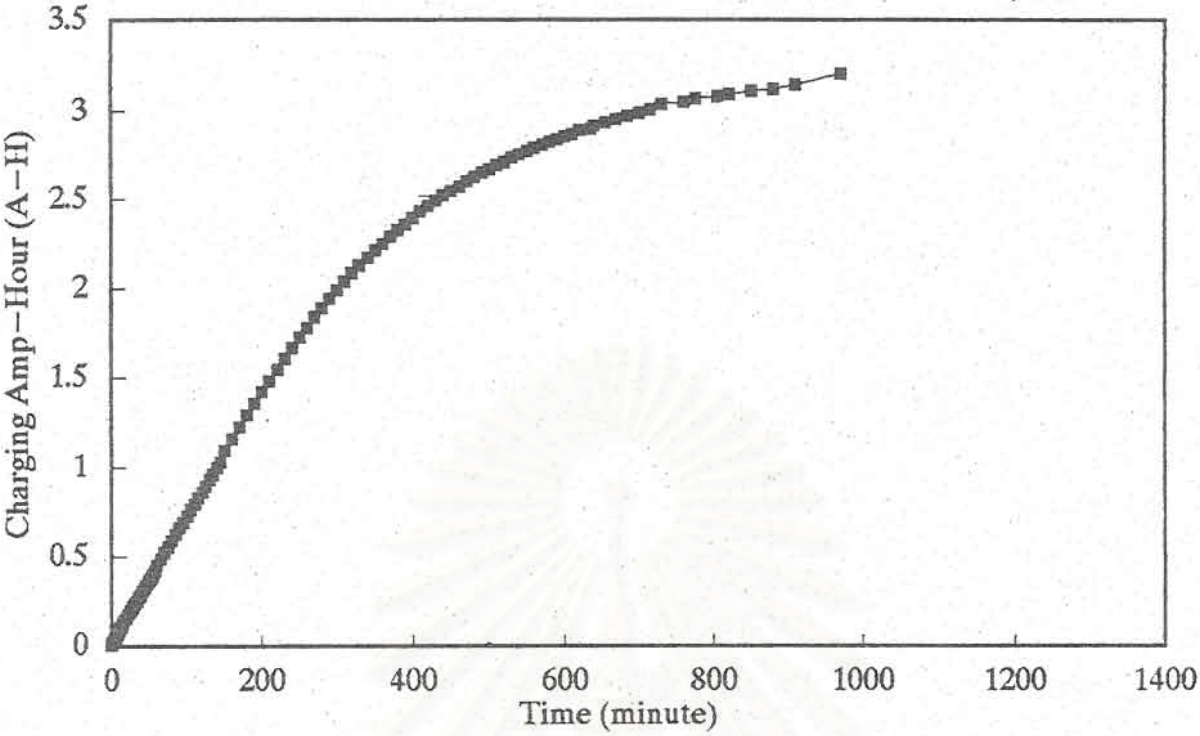
รูปที่ 19 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง



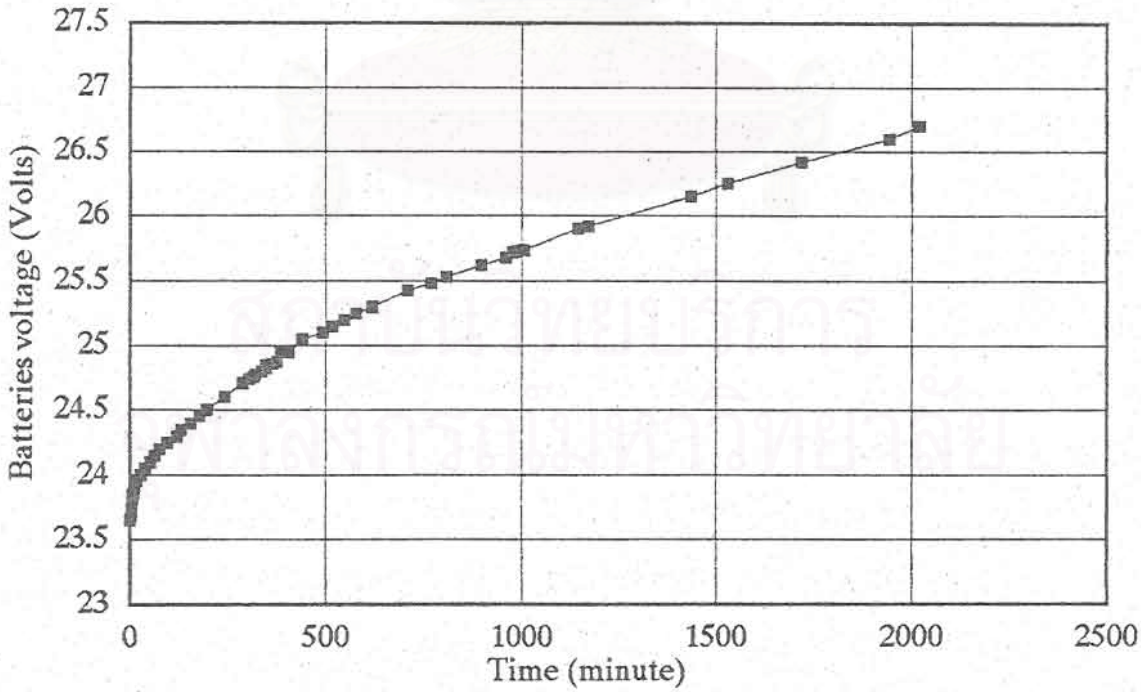
รูปที่ 20 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี่ กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี่ สำหรับแบตเตอรี่ที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 242 โวลท์



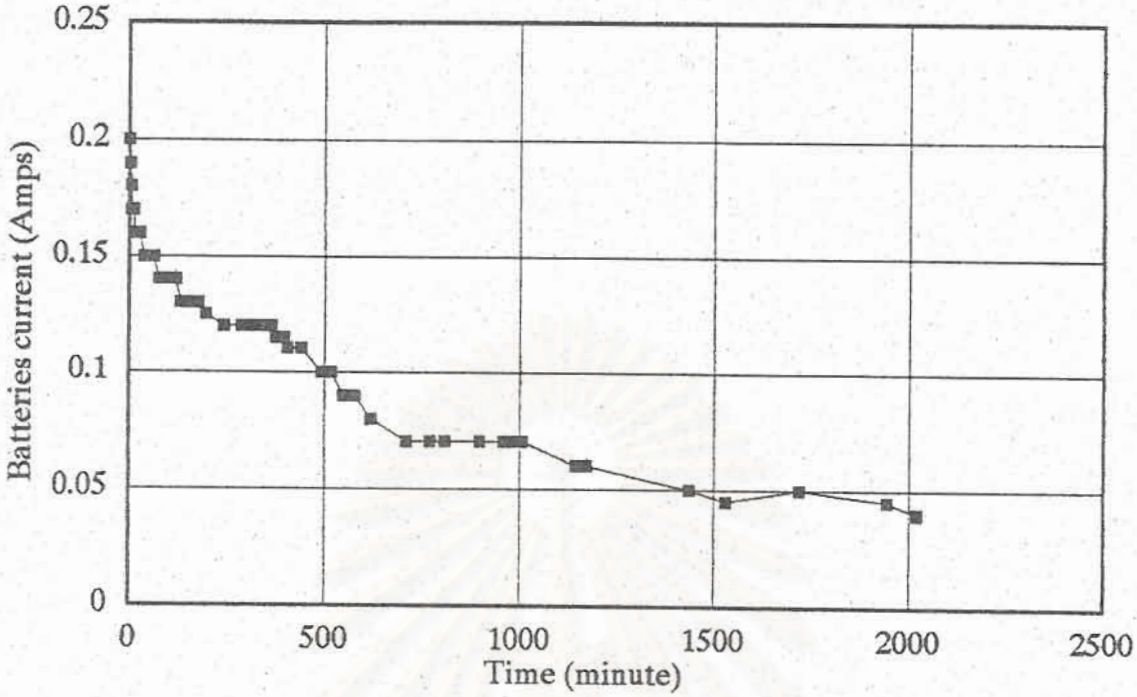
รูปที่ 20 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี่ กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี่ สำหรับแบตเตอรี่ที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 242 โวลท์



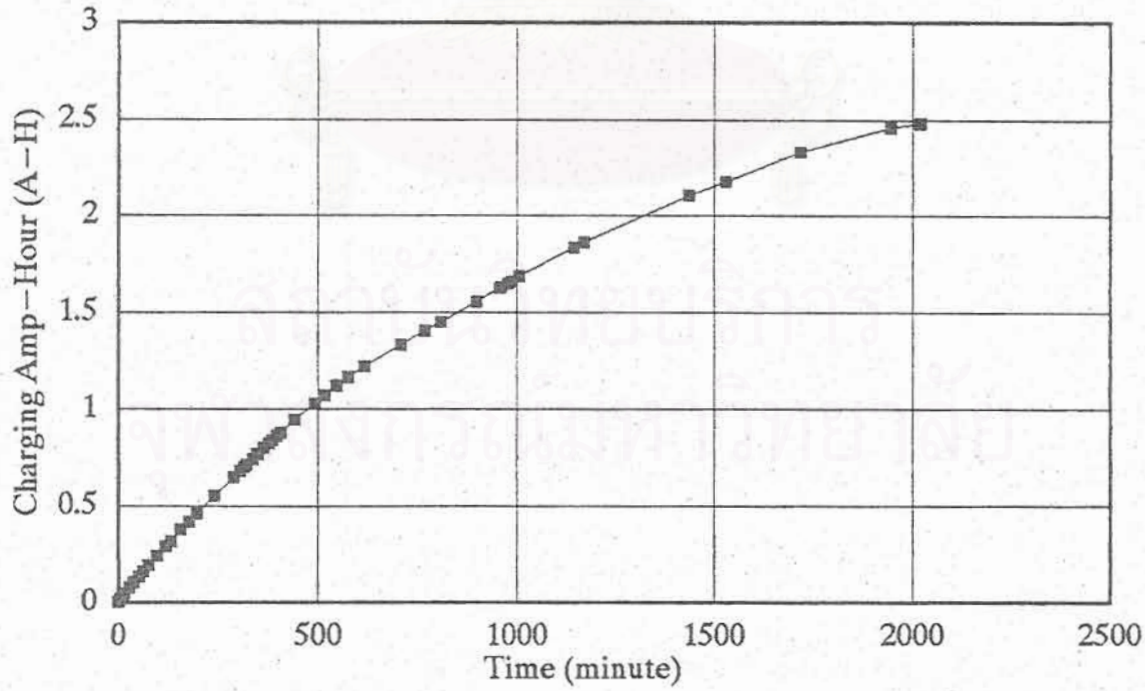
รูปที่ 20 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรี ที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 242 โวลท์



รูปที่ 21 ก. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าต่ำกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 198 โวลท์



รูปที่ 21 ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสแบตเตอรี กับ เวลา ในขณะประจุแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าต่ำกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 198 โวลท์



รูปที่ 21 ค. จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ประจุแบตเตอรี กับ เวลา สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าต่ำกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 198 โวลท์

ตารางที่ 5 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบ ของเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี (CT) และแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี (Vbat) เมื่อจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี มีค่าประมาณ 75 %ของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายออก ตลอดจนอัตราส่วนของเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี ต่อเวลาสำรองของแบตเตอรี (CT/BT) สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุระหว่าง 1.2 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมง

	1.2 A-H	2.0 A-H	2.4 A-H	4.0 A-H
CT(minute)	220	385	390	563
Vbat(volts)	26.67	26.72	26.62	26.47
CT/BT	7.5	7.1	5.5	3.9

เตอรี สำหรับแบตเตอรีขนาด 4 แอมแปร์-ชั่วโมง เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่า และต่ำกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 242 โวลท์ และ 198 โวลท์ ตามลำดับ จากกราฟในรูปที่ 16 ถึง 21 จะเห็นได้ว่าแรงดันของแบตเตอรีจะมีค่าเพิ่มขึ้นกับเวลาในขณะที่กระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีลดลง โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงของทั้งกระแส และแรงดันจะมีค่าสูงในช่วงแรกและลดลงเป็นลำดับเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น สำหรับจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมงที่แบตเตอรีได้รับ จะเพิ่มขึ้นเร็วในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นช้าลงเมื่อเวลาผ่านไป เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบลักษณะการประจุแบตเตอรีที่มีขนาดแตกต่างกันได้สดวก จึงได้แสดงค่าของเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี (CT) และแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี (Vbat) เมื่อจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีมีค่าประมาณ 75 % ของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมงที่แบตเตอรีจ่ายออกตลอดจนอัตราส่วนของเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีต่อเวลาสำรองของแบตเตอรี (CT/BT) ไว้ในตารางที่ 5

จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีจะเพิ่มขึ้น เมื่อความจุของแบตเตอรีเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ดี อัตราส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี ต่อเวลาสำรองของแบตเตอรีจะลดลงเมื่อแบตเตอรีมีความจุเพิ่มขึ้นโดยเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี ให้มีค่าความจุประมาณ 75 % ของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายออกจะมีค่าประมาณ 7.5 เท่าของเวลาสำรองของแบตเตอรี สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง และมีค่าประมาณ 3.9 เท่า สำหรับแบตเตอรีที่มีความจุ 4 แอมแปร์-ชั่วโมง จากการเปรียบเทียบลักษณะการประจุแบตเตอรี ขนาด 4 แอมแปร์-ชั่วโมง สำหรับแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งค่าต่าง ๆ กัน

ดังแสดงในกราฟรูปที่ 19 ถึง 21 จะเห็นได้ว่า เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่าเท่ากับ 242 โวลท์ อัตราการประจุแบตเตอรี ซึ่งได้แก่กระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี หรือ จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีได้รับในเวลาที่เท่ากัน จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าต่ำกว่าค่าพิกัด 10 % คือมีค่า เท่ากับ 198 โวลท์ อัตราการประจุแบตเตอรีจะลดลงอย่างมาก กล่าวคือ เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าสูงกว่าพิกัด 10 % เวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีให้ได้ 2.5 แอมแปร์-ชั่วโมง จะลดลงจากประมาณ 500 นาที เป็นประมาณ 420 นาที ในขณะที่เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีค่าต่ำกว่าพิกัด 10 % เวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีให้ได้ 2.5 แอมแปร์-ชั่วโมง จะเพิ่มขึ้นจากประมาณ 500 นาที เป็นประมาณ 2000 นาที ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่าตัว ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการลดลงของแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งมีผลอย่างมากต่อการประจุแบตเตอรี

V สรุป

จากการทดสอบลักษณะการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง สำหรับสถานะต่าง ๆ ของสวิตช์ สภาพของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง และสภาพการประจุของแบตเตอรีที่แตกต่างกัน สามารถสรุปได้ว่า ผู้ใช้ไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง สามารถที่จะ ปิด หรือ เปิดใช้ ไฟแสงสว่างได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าของไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งจะอยู่ในสภาพปกติหรือเกิดขัดข้อง ซึ่งก็เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์ ยกเว้นกรณีที่ สภาพการประจุของแบตเตอรีจะต่ำกว่าพิกัดต่ำสุดที่ผู้ผลิตกำหนดในขณะที่ไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งเกิดขัดข้อง ซึ่งในภาวะดังกล่าวทำให้ไม่มีแหล่งพลังงานที่จะป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ การประจุแบตเตอรีเพื่อเก็บพลังงานไว้ใช้เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งเกิดขัดข้องนั้น จะมีการประจุเฉพาะเพื่อผู้ใช้เปิดใช้ไฟแสงสว่างเท่านั้น ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาถ้ามีการเปิดใช้ไฟแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอในขณะที่ไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งอยู่ในภาวะปกติ ดังนั้นจึงไม่ควรติดตั้งไฟแสงสว่งแบบต่อเนื่อง ในบริเวณที่ไม่มีการใช้ไฟแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากจะทำให้ไม่มีการประจุแบตเตอรีอย่างเพียงพอเพื่อการใช้งานเมื่อไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งเกิดขัดข้อง

นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าไม่มีการเปิดใช้ไฟแสงสว่างอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหนึ่งหลังจากที่ได้ประจุแบตเตอรีจนเต็มแล้ว สภาพการประจุแบตเตอรีจะลดลงเนื่องจากวงจรควบคุมการทำงานของไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องจะต้องใช้ไฟเลี้ยงตลอดเวลา ซึ่งทำให้ต้องใช้พลังงานจากแบตเตอรีตลอดเวลา ดังนั้นจึงไม่ควรต่อแบตเตอรีไว้เมื่อไม่มีการใช้ไฟแสงสว่างเป็นเวลานาน เพราะจะทำให้สภาพการประจุของแบตเตอรีลดลงต่ำกว่าพิกัดต่ำสุดของแบตเตอรี ที่ผู้ผลิตกำหนด ซึ่งอาจจะทำให้แบตเตอรีเสียหายได้

จากการวัดเวลาสำรองของแบตเตอรีเมื่อใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ สำหรับแบตเตอรีที่มี ความจุระหว่าง 1.2 ถึง 4 แอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งเป็นแบตเตอรีที่สามารถบรรจุลงในโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่องได้ พบว่า เวลาสำรองของแบตเตอรี จะมีค่าระหว่าง 29 ถึง 143 นาที จากการคำนวณหาเวลาสำรองต่อความจุ 1 แอมแปร์-ชั่วโมง พบว่า เวลาสำรองต่อความจุ จะเพิ่มขึ้นเมื่อความจุของแบตเตอรีเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 24 นาทีต่อแอมแปร์-ชั่วโมง สำหรับแบตเตอรีขนาด 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นเป็น 36 นาทีต่อแอมแปร์-ชั่วโมง สำหรับแบตเตอรีขนาด 4 แอมแปร์-ชั่วโมง การเพิ่มขึ้นของเวลาสำรองกับขนาดของแบตเตอรี เกิดจากการที่ความจุของแบตเตอรีมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการคายประจุต่อความจุของแบตเตอรีลดลง ดังจะเห็นได้จากผลของการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความจุในสภาวะใช้งานจริง(actual A-H) ต่อค่าพิกัดที่ผู้ผลิตกำหนด(rated A-H) เมื่อจ่ายกระแสออกใกล้เคียงกัน อัตราส่วนดังกล่าวจะมีค่าประมาณ 62 % สำหรับแบตเตอรีขนาด 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง แต่จะมีค่าสูงถึงประมาณ 89 % สำหรับแบตเตอรีขนาด 4 แอมแปร์-ชั่วโมง

การทดสอบการประจุแบตเตอรีพบว่า อัตรส่วนของเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีจนมีค่าความจุประมาณ 75 % ของจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่แบตเตอรีจ่ายออกต่อเวลาสำรองของแบตเตอรีพบว่า อัตราส่วนดังกล่าวจะมีค่าสูงถึง 7.5 เท่า สำหรับแบตเตอรีขนาด 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง ในขณะที่แบตเตอรีขนาด 4 แอมแปร์-ชั่วโมง มีค่าเพียง 3.9 เท่า ซึ่งแสดงว่าแบตเตอรีที่มีความจุมากจะใช้เวลาในการประจุน้อยกว่าแบตเตอรีที่มีความจุต่ำ เมื่อจ่ายพลังงานให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นเวลาเท่ากัน ขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งจะมีผลต่อการประจุแบตเตอรีดังนี้คือ ถ้าแรงดันเพิ่มขึ้นจากค่าพิกัด 10 % เวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี จะลดลงเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าแรงดันลดลงต่ำกว่าพิกัด 10 % จะทำให้เวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรีเพิ่มขึ้นอย่างมาก

สำหรับราคาของแบตเตอรีต่อเวลาสำรองนั้น จากข้อมูลของราคาที่หาได้พบว่าแบตเตอรีขนาด 1.2 แอมแปร์-ชั่วโมง จะมีราคาแพงสุด คือ 36.6 บาทต่อนาที ในขณะที่แบตเตอรีขนาด 4 แอมแปร์-ชั่วโมงจะมีราคาถูกที่สุดคือ 9.8 บาท ต่อนาที

จากผลการทดสอบดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า การใช้แบตเตอรีที่มีความจุสูงสุดที่สามารถบรรจุลงในโคมไฟแสงสว่างแบบต่อเนื่อง จะมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากจะทำให้ราคาของแบตเตอรีต่อเวลาสำรองถูกที่สุด ใช้เวลาในการประจุต่อเวลาสำรองน้อยที่สุด นอกจากนี้แล้วยังสามารถทิ้งไว้โดยไม่ใช้งานได้นานที่สุด ดังนั้นถ้าไม่มีปัญหาเกี่ยวกับน้ำหนัก และต้องการให้มีเวลาสำรองนานพอสมควร ควรเลือกใช้แบตเตอรีที่มีความจุสูงที่สุดที่เป็นไปได้

oooooooooooOOOOOOOOOOooooooooooo

เอกสารอ้างอิง

1) Catalog ของ Electronic ballast "Quicktronic Deluxe." ของ Osram.

2) "High Frequency Electronic Lighting System." Philips Technical Manual. 1984.

3) Gluskin,E. "On the Theory of Fluorescent Lamp Circuit" IEE Proceeding, Vol. 137. Pt A, No. 4, July 1990.

4) Catalog "Seal Lead-Acid Storage Batteries" ของ Hitachi.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย