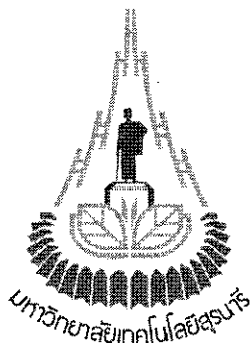


CONTRIBUTION



วงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง

โดย

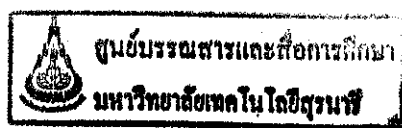
นายอัคชน นิมิตรเกียรติไกล B4611684

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2549



โครงการ	วงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง
โดย	นายอัคชน นิมิตรเกียรติไกล B4611684
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษาที่	3/2549

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้ศึกษาและออกแบบวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพสูง เพื่อที่จะนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ถูกออกแบบขึ้นสำหรับการบริหารจัดการในรถบัสโดยสาร เนื่องจากแบตเตอรี่ในรถยนต์จะมีการกระชากของกระแสไฟฟ้าในขณะที่เปิดปิดเครื่องยนต์ซึ่งอาจส่งผลให้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาดหรือเสียหายได้ นอกจากนี้ยังได้ออกแบบวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง เพื่อใช้งานในกรณีที่ปัญหาจากระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าจากวงจรควบคุมดังกล่าวด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำปรึกษา และให้ความรู้ตลอดระยะเวลาการทำโครงการ ตลอดจนตรวจทานแก้ไขการทำและเขียนโครงการฉบับนี้ จนสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านต่างๆ ส่งผลให้ผู้เขียนมีความรู้ความสามารถ และนำความรู้และประสบการณ์ต่างๆ มาใช้ในการทำโครงการครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบุคลากรสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกในการทำโครงการครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคน สำหรับกำลังใจ คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่างๆ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่ให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือในด้านทุนการศึกษาแก่ผู้เขียนเสมอมา

อัคชน นิมิตรเกียรติไกล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตการทำงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 วงจรรักษาระดับแรงดัน	
2.1.1 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม	4
2.1.2 ลักษณะทั่วไปของวงจรรักษาระดับแรงดัน	4
2.1.3 การป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวงจร	5
2.1.4 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรักษาระดับแรงดัน	7
2.1.5 ไอซีรักษาระดับแรงดัน	8
2.1.6 ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้สามขา	12
2.2 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	15
2.2.1 ความหมายของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	15
2.2.2 ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	16
2.2.3 หลักการทำงานทั่วไปของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	16
2.2.5 ประโยชน์ของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	17
2.2.6 การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	17
2.3 เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Uninterruptible Power Supply; USP)	19
2.3.1 หลักการทำงานทั่วไปของ UPS	19
2.3.2 ส่วนประกอบสำคัญของ UPS	19
2.3.3 ประโยชน์ของ UPS	20
2.3.4 ชนิดของ UPS	20
2.4 สรุป	24
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพสูง	25
3.1 กล่าวนำ	25
3.2 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า	25
3.2.1 ข้อกำหนดของวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า	25
3.2.2 การเลือกใช้อิซีในการออกแบบ	25
3.2.3 การออกแบบลายวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า ลงบนแผ่นปริ้นท์ (PCB)	27
3.2.4 การลงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ออกแบบไว้	27
3.3 วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	28
3.3.1 ข้อกำหนดของวงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	28
3.3.2 การออกแบบลายวงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ ลงบนแผ่นปริ้นท์ (PCB)	28
3.3.3 การลงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ออกแบบไว้	29
3.4 วงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง	29
3.4.1 ข้อกำหนดของวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.2 การออกแบบวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง	30
3.4.3 การออกแบบลายวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง ลงบนแผ่นปริ้นท์	31
3.4.4 การเลือกใช้ไอซีในการออกแบบ	32
3.4.5 การลงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ออกแบบ	34
3.5 สรุปผลการออกแบบ	34
บทที่ 4 การทดสอบวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง	35
4.1 การทดสอบวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง	35
4.1.1 การทดสอบวงจรกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	35
4.1.2 การทดสอบวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า	36
4.2 การทดสอบกระแสเอาต์พุต	36
4.3 สรุปผลการทดลอง	37
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	38
5.1 ส่วนประกอบของวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง	38
5.2 ปัญหาที่พบในขั้นตอนการทำงาน	38
5.3 ข้อจำกัดของโครงการ	38
5.4 ผลที่ได้จากโครงการนี้	39
5.5 แนวทางการพัฒนาต่อ	39
บรรณานุกรม	40
ประวัติผู้เขียน	41

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างคุณลักษณะทางไฟฟ้าของไอซีเบอร์ 7805

11

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงแผนผังไดอะแกรมของโครงการ	3
รูปที่ 2.2 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม	4
รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม	4
รูปที่ 2.4 การแก้ไขกระแสผ่านโหลดมากเกินไป	6
รูปที่ 2.5 วงจรในส่วนของการป้องกันแบบ SOA	7
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างของไอซีรักษาระดับแรงดัน	8
รูปที่ 2.7 แสดงรูปร่างของไอซีชนิดรักษาระดับแรงดันลบแบบคงที่	9
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีชนิดรักษาระดับแรงดันบวกแบบคงที่	9
รูปที่ 2.9 แสดงวงจรตัวอย่างของการต่อ C ₂ ลงในวงจร	12
รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมแสดงถึงโครงสร้างภายในไอซีเบอร์ LM338	13
รูปที่ 2.11 ลักษณะการต่อใช้งานของไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้สามขา	13
รูปที่ 2.12 รูปภาพแสดงการติดตั้ง Surge Protector	18
รูปที่ 2.13 แผนผังแสดงการทำงาน Offline UPS หรือ Standby UPS	20
รูปที่ 2.14 แผนผังแสดงการทำงาน Online Protection UPS	22
รูปที่ 2.15 แผนผังแสดงการทำงาน True Online UPS	23
รูปที่ 3.1 ภาพโครงสร้างโดยรวมของระบบ	25
รูปที่ 3.2 ลักษณะการต่อใช้งานของไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้สามขา	26
รูปที่ 3.3 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า	27
รูปที่ 3.4 ลายวงจรที่ได้จากโปรแกรม Prote199SE บนแผ่นปริ้นท์	27
รูปที่ 3.5 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า	28
รูปที่ 3.6 วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	28
รูปที่ 3.7 ลายวงจรที่ได้จากโปรแกรม Prote199SE บนแผ่นปริ้นท์	29
รูปที่ 3.8 วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	29

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 รูปโครงสร้างวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง	30
รูปที่ 3.10 วงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง	31
รูปที่ 3.11 ลายวงจรที่ได้จากโปรแกรม Prote199SE บนแผ่นปริ้นท์	32
รูปที่ 3.11 (ก) โครงสร้างภายในของไอซี LM301A	33
รูปที่ 3.11 (ข) การจัดเรียงขาของไอซี LM301A	33
รูปที่ 3.12 (ก) โครงสร้างภายในของไอซี MC7800A	33
รูปที่ 3.12 (ข) การจัดเรียงขาของไอซี MC7800A	34
รูปที่ 3.13 ชุดวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง	34
รูปที่ 4.1 แสดงการทดสอบวงจรกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ	35
รูปที่ 4.2 แสดงการทดสอบแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าแรงดันลบ	36
รูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบกระแสเอาต์พุต	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันวงจรควบคุมกระแสตรงหรือ DC-Regulator มีความจำเป็นอย่างมากในการจ่ายกำลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ต้องการความเสถียรในการใช้งานประกอบกับ ขณะนี้ทางห้องปฏิบัติการโทรคมนาคมได้มีการพัฒนาและออกแบบอุปกรณ์สำหรับบริหารจัดการในรถบัสโดยสารขึ้น แต่ยังคงขาดอุปกรณ์ควบคุมกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจจะเกิดจากการกระชากของกระแสที่เกิดขึ้นจากแบตเตอรี่ในขณะที่มีการเปิดปิดเครื่องยนต์

โครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาและออกแบบวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง เพื่อที่จะนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานมาก่อนหน้านี้ และนอกจากนี้ยังได้ออกแบบวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง เพื่อใช้งานในกรณีที่มีปัญหาจากระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าจากวงจรควบคุมดังกล่าวด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันให้มีความรู้มากขึ้น
- 1.2.2 เพื่อศึกษาตัวอุปกรณ์ DC-Regulator ให้เข้าใจและนำไปใช้งานได้
- 1.2.3 เพื่อศึกษาอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้ใช้งานร่วมกัน

1.3 ขอบเขตการทำงาน

- 1.3.1 ศึกษาวงจรควบคุมกระแสตรง DC-Regulator
- 1.3.2 ออกแบบและสร้างวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง
- 1.3.3 ทดสอบตัววงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูงที่ได้จากการศึกษา
- 1.3.4 วัดและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

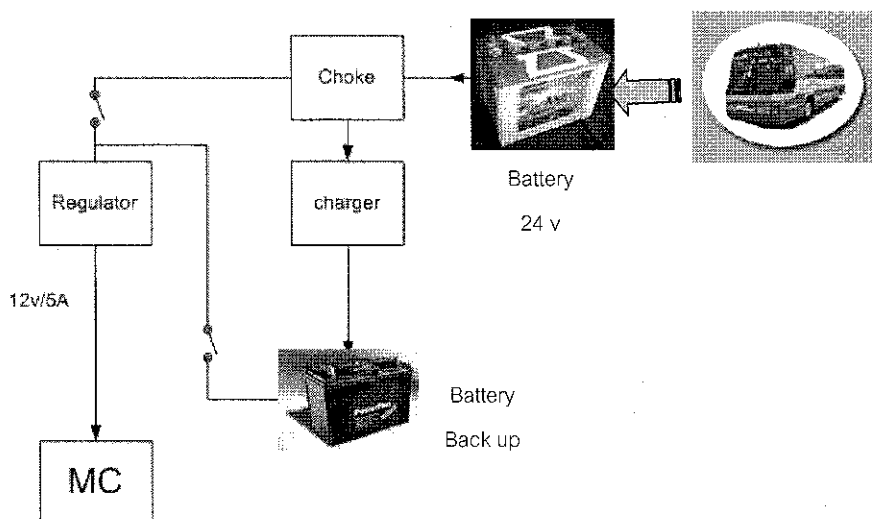
- 1.4.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง
- 1.4.2 วางแผนโครงงานในการสร้างวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง
- 1.4.3 เขียนโครงการและนำเสนอโครงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา
- 1.4.4 ทำการออกแบบวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง
- 1.4.5 ทำการสร้างและทดสอบชุดวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง
- 1.4.9 สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
- 1.4.10 นำเสนอโครงงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

วงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพสูง ได้ทำการออกแบบและสร้างวงจรควบคุมกระแสตรงโดยวงจรมีองค์ประกอบที่สำคัญดังรูปที่ 2.1 และมีรายละเอียดดังนี้

- วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator)
- วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protector)
- วงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง (Battery Charger)



รูปที่ 2.1 แสดงแผนผังโคอะแกรมของโครงการ

2.1 วงจรรักษาระดับแรงดัน [1]

วงจรรักษาระดับแรงดันมีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้โหลด มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาพโหลด โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม (Series Regulator) และวงจรรักษาระดับแรงดันแบบสับเปลี่ยน (Switching Regulator) (ในที่นี้จะสนใจเฉพาะวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมเท่านั้น)

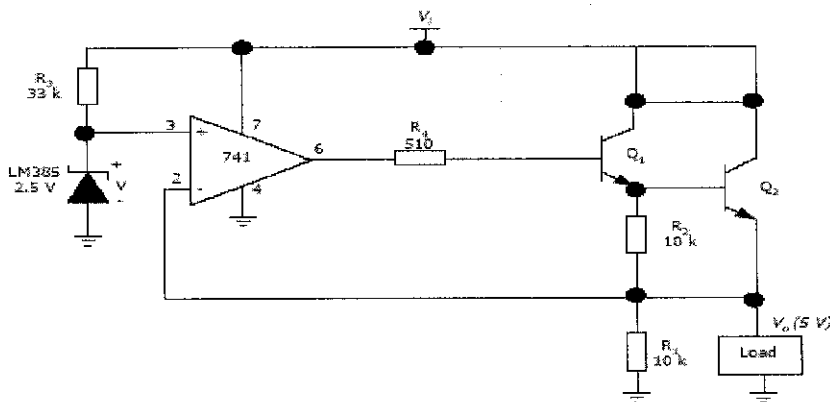
วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมจะควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ได้โดยใช้ตัวเปรียบเทียบแรงดันกับแรงดันเอาต์พุตที่ย้อนกลับมา ส่วนวงจรรักษาระดับแรงดันแบบสับเปลี่ยน

นั้นจะทำงานในลักษณะเปิด-ปิด จะผ่านวงจรกรองแอสแบบ LC (LC Filter) เพื่อกรองกระแสให้เรียบเป็นไฟตรง ส่วนการควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ทำได้โดยการปรับค่าเวลาในการเปิด (t_{on})

2.1.1 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

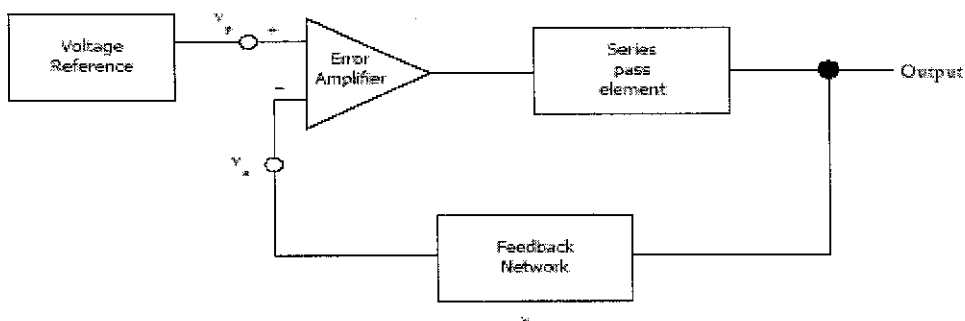
วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมเป็นหลักการรักษาระดับแรงดันของวงจรรวม (Integrated Circuit (IC)) ที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดัน โดยทั่วไปในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นไอซีตระกูล 78XX (ไอซีสามขารักษาระดับแรงดันบวกคงที่) หรือ 79XX (ไอซีสามขารักษาระดับแรงดันลบคงที่) ตลอดจนไอซีแบบปรับค่าแรงดันได้

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของวงจรรักษาระดับแรงดัน



รูปที่ 2.2 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

จากวงจรรูปที่ 2.2 ด้านบนเป็นวงจรเบื้องต้นของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม เพื่อให้เข้าใจในการทำความเข้าใจเราสามารถจำลองออกมาเป็นบล็อกไดอะแกรมดังนี้



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

1. แรงดันอ้างอิง (Voltage Reference) เป็นจุดเริ่มต้นซึ่งเป็นตัวกำหนดแรงดันอ้างอิงขึ้นมาเพื่อใช้เปรียบเทียบกับแรงดันเอาต์พุตที่ป้อนกลับเข้ามายังตัวตรวจสอบความผิดพลาด (Error Amplifier) ซึ่งวงจรนี้ก็คือส่วนของ R_3 และ LM385 จะให้แรงดันอ้างอิงออกมา 2.5V และเป็นอิสระต่ออุณหภูมิ

2. ตัวตรวจสอบความผิดพลาดทำหน้าที่รับสัญญาณแรงดัน V_p คือ V_{ref} และ V_n คือแรงดันที่ผ่านมาจากตัวป้อนกลับ (Feedback Network) ซึ่งได้รับมาจาก V_o โดยที่ V_o หาได้จากสมการ

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_{ref} \quad (2.1)$$

ส่วนเอาต์พุตของตัวตรวจสอบความผิดพลาดคือ $V_d = V_p - V_n$

3. ตัวตรวจสอบความผิดพลาดส่วนนี้คือวงจรแบ่งแรงดัน R_1 และ R_2 จาก V_o ทำหน้าที่แบ่งแรงดันให้เหมาะสมในการเปรียบเทียบกับ V_{ref} โดยตัวตรวจสอบความผิดพลาด

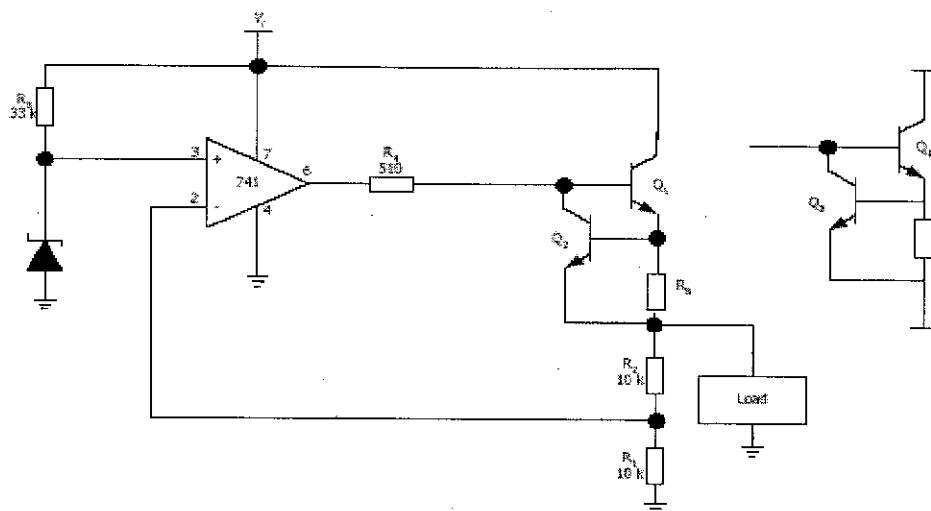
4. ส่วนประกอบการส่งผ่านแบบอนุกรม (Series Pass Element) ส่วนนี้คือทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 คาร์ลิงตัน (Darlington) หลังภาคส่วนประกอบการส่งผ่านแบบขนานทำหน้าที่ขยายกระแสให้เพียงพอที่จ่ายให้โหลดได้ตามต้องการ

2.1.3 การป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวงจร

วงจรรักษาระดับแรงดันเมื่อนำมาใช้งานจะต้องมีการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวงจรเองและโหลดที่นำมาต่อการป้องกันที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 วิธีดังนี้

ก) การป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโหลด (Overload Protection)

จุดประสงค์ของการป้องกันในส่วนนี้ ก็เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไหลผ่านโหลดซึ่งต้องผ่านวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมมากเกินไป ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



รูปที่ 2.4 การแก้ไขกระแสผ่านโหลดมากเกินไป

วงจรรูปที่ 2.4 นี้สามารถที่จะลัดวงจรฝั่งเอาต์พุตได้โดยที่วงจรไม่เสียหายเนื่องจากในขณะที่ลัดวงจร จะมีกระแส $I_{out(max)}$ ไหล ซึ่งเราก็กำหนดได้โดย R_{sc}

$$I_{out(max)} = \frac{V_{BE2(on)}}{R_{sc}} \quad (2.2)$$

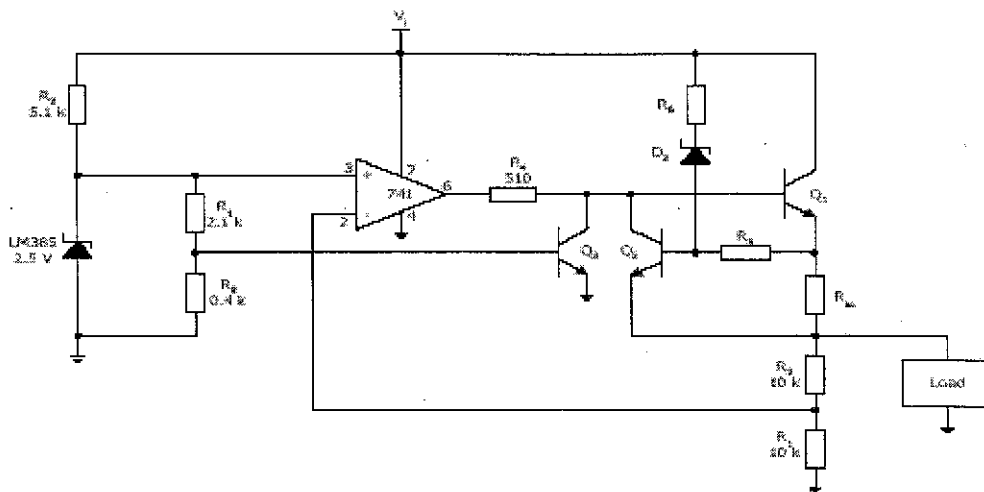
ค่า $V_{BE2(on)}$ คือแรงดันที่ตกคร่อมขาเบสกับอีมิสเตอร์ในขณะทำงาน ซึ่งจะมีค่าที่อยู่ในช่วง 0.6V–1V ตามเอกสารข้อมูลของทรานซิสเตอร์เบอร์นั้นระบุไว้ ดังนั้นจากวงจรดังกล่าวเราสามารถจำกัดกระแสวงจรรักษาระดับแรงดันโดยกำหนดกระแสที่ต้องการจะจำกัดได้โดยการเลือกค่า R_{sc}

ข) การป้องกันแบบ SOA (SOA protection)

SOA คือ Safe Operating Area หมายถึงบริเวณทำงานที่ปลอดภัยของการกระจายตัวของกำลังงาน (Power Dissipation) ในแหล่งจ่ายกำลังงานของทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้ จำยกระแสในวงจรรักษาระดับแรงดัน

$$\text{Powerdissipation, } P_D = I_c V_{ce} \quad (2.3)$$

โดยทั่วไปค่า P_D จะระบุมาในเอกสารข้อมูลของทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์ด้วย ในขณะที่ใช้งานผลคูณระหว่าง I_c และ V_{ce} จะต้องมามีค่าไม่เกิน $P_{D(max)}$ อย่างเด็ดขาดเพราะทรานซิสเตอร์จะร้อนและเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 2.5 วงจรในส่วนของการป้องกันแบบ SOA

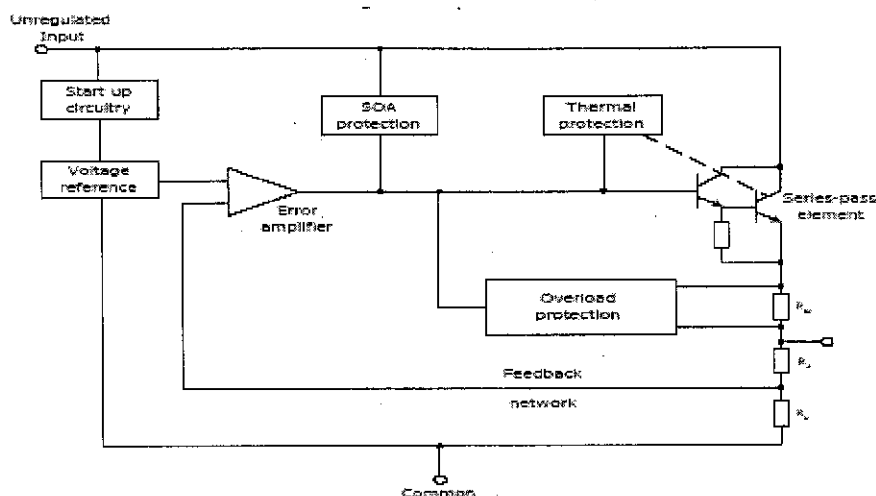
จากวงจรรูปที่ 2.5 ส่วนที่ทำหน้าที่การป้องกันแบบ SOA คือ D_2 , R_5 และ R_6 เมื่อ V_1 ยังมีค่าปกติซีเนอร์ไดโอด (Zener diode) D_2 ไม่สามารถที่จะทำงานได้ ดังนั้นวงจรในส่วนการป้องกันแบบ SOA จึงไม่มีผลต่อวงจรโดยรวม แต่เมื่อ V_1 มีค่าสูงมาก (V_{CEQ1} ก็จะมีค่าสูงขึ้นตาม) ซีเนอร์ไดโอด D_2 จะทำงาน ซึ่งส่งผลทำให้ Q_2 ทำงานด้วย จากนั้นชุดจำกัดกระแสจึงจะเริ่มทำงาน เพื่อลดกระแสลงเป็นการป้องกันไม่ให้ Q_1 เสียหาย

ก) การปิดวงจรอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Thermal Shutdown)

ในวงจรรักษาระดับแรงดันที่มีกำลังงานสูงจะเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้อุปกรณ์เสียหายได้ ดังนั้นจึงอาศัยหลักการคือ ลดการกระจายตัวของกำลังงานลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อลดการกระจายตัวของกำลังงานลงได้ อุณหภูมิก็จะลดลงเอง ในวงจรส่วนการปิดวงจรอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก็คือ Q_3 , R_5 และ R_6 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงประมาณ 175°C Q_3 จะดึงกระแส I_B มาจาก Q_1 ทำให้การกระจายตัวของกำลังงานของ Q_1 ลดลง (เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น I_C ของ Q_3 จะสูงขึ้นตาม) ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิที่ตัว Q_1 ลดลงตามไปด้วย

2.1.4 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรักษาระดับแรงดัน

เราสามารถสรุปโครงสร้างของวงจรรักษาระดับแรงดันได้ตามบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 2.6 ข้างล่างนี้ ซึ่งเป็นโครงสร้างของไอซีรักษาระดับแรงดัน (IC Voltage Regulator) ที่มีอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างของไอซีรักษาระดับแรงดัน

2.1.5 ไอซีรักษาระดับแรงดัน

ไอซีรักษาระดับแรงดันเป็นที่นิยมนำมาใช้กันมาก เนื่องจากใช้งานง่ายและมีราคาไม่แพงมาก อีกทั้งยังมีวงจรป้องกันภายในตัวไอซี นอกจากนี้ยังมีหลายประเภทไว้ให้เลือกเพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน

ก) ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบคงที่ชนิดสามขา (Three-terminal fixed voltage Regulators)

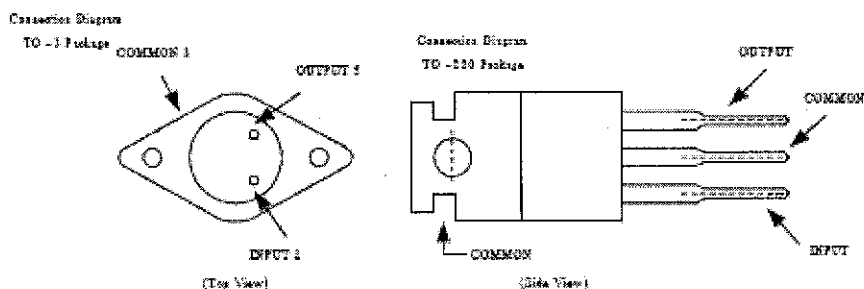
เป็นไอซีที่ให้แรงดันออกมาคงที่ (ตามเบอร์ไอซี) โดยประกอบด้วย 3 ขาคือ ขาอินพุต, ขาเอาต์พุตและขากราวด์ (Ground) ไอซีชนิดนี้สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

1. ไอซีรักษาระดับแรงดันบวกแบบคงที่ (Positive fixed Voltage Regulators) จะขึ้นต้นด้วย 78XX โดยที่ XX นี้หมายถึงแรงดันไฟตรงที่ผ่านการรักษาระดับแรงดันแล้วเช่น 7805 ทำให้แรงดันไฟตรงออกมาคงที่ 5V

2. ไอซีรักษาระดับแรงดันลบแบบคงที่ (Negative fixed Voltage Regulators) จะขึ้นต้นด้วย 79XX โดยที่ XX นี้มีความหมาย คือ เป็นแรงดันไฟลบที่ผ่านการรักษาระดับแรงดันแล้วเช่นกัน

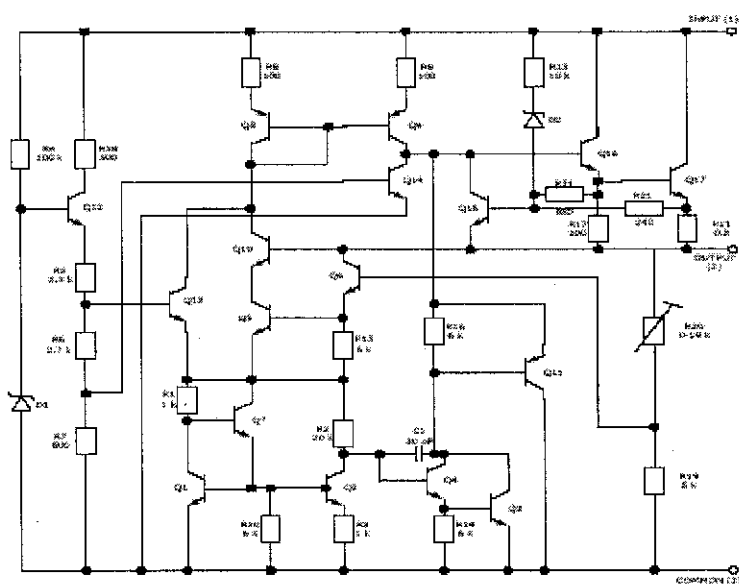
สำหรับรูปร่างของไอซีชนิดนี้จะมีอยู่ 2 แบบดังรูปที่ 2.7 ถ้าเป็นไอซีที่จ่ายกระแสได้ประมาณ 1A ตัว ไอซีจะเป็นที่โอ-220 แพคเกจ (To -220 Package) แต่ถ้าจ่ายกระแสได้สูงกว่านั้น ตัวไอซีจะมีรูปร่างเป็นที่โอ-3 แพคเกจ (To-3 Package) ทั้ง 2 แบบนี้ ต้องติดแผ่นระบายความร้อนให้กับตัวไอซีด้วย

ถ้าไอซีที่จ่ายกระแสได้ต่ำกว่า 1A ก็จะมีรูปร่างเล็กลงไปด้วย ซึ่งผู้ผลิตจะไม่มีการเตรียมสำหรับยึดตัวไอซีเข้ากับแผ่นระบายความร้อนหรือ (Heat Sink) เนื่องจากเกิดความร้อนขึ้นไม่มาก แต่ก็ไม่ค่อยนำมาใช้มากนักเนื่องจากจ่ายกระแสได้ต่ำ



รูปที่ 2.7 แสดงรูปร่างของไอซีชนิดรักษาระดับแรงดันลบแบบคงที่

ข) โครงสร้างภายในของไอซี



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีชนิดรักษาระดับแรงดันบวกแบบคงที่

โครงสร้างภายในตัวไอซีรูปที่ 2.8 เป็นไอซีรักษาระดับแรงดันที่ให้อุปกรณ์ ซึ่งเป็น ทรานซิสเตอร์ 78XX (จ่ายกระแสได้ประมาณ 1A) ซึ่งจากโครงสร้างสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น ส่วน ๆ ดังนี้

1. ทรานซิสเตอร์ Q_1 ถึง Q_{11} ทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบอ้างอิงสำหรับกรณีมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นในสภาวะปกติ (แรงดันที่ขาของ Q_6) จะมีค่า 5V

2. R_{19} และ R_{20} เป็นตัวป้อนกลับ ดังนั้นแรงดันเอาต์พุต (V_o) สามารถหาได้จากสมการ

$$V_o = \left(1 + \frac{R_{20}}{R_{19}}\right) \cdot 5V \quad (2.4)$$

ดังนั้นในการผลิต ผู้ผลิตสามารถควบคุมแรงดันเอาต์พุตได้ โดยการเลือกค่า R_{20} ยกตัวอย่าง ถ้า R_{20} เท่ากับ 0 โอห์มตัวนี้ก็คือเบอร์ 7805 ถ้า $R_{20}=10k\Omega$ ก็เป็นเบอร์ 7815

3. Q_{16} และ Q_{17} ทำหน้าที่ช่องทางการส่งผ่านแบบอนุกรม

4. R_{11} และ Q_{15} ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโหลด

5. D_2 และ R_{12} ทำหน้าที่ป้องกันแบบ SOA

6. Q_{14} จะตรวจสอบอุณหภูมิเพื่อทำหน้าที่ปิดวงจรอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงประมาณ 150°C

7. R_4 และ D_1 ทำหน้าที่เป็นแรงดันอ้างอิงให้กับวงจร

ก) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซีเบอร์ 7805

ค่าสูงสุดของไอซีเบอร์ 7805

แรงดันอินพุต (5 V ถึง 18 V) 35 V

(24 V)

40 V

การกระจายกำลังงานภายใน

ข้อจำกัด

ช่วงของอุณหภูมิ

- 65°C to + 150°C

การเชื่อมต่อการใช้งาน

ช่วงของอุณหภูมิ

$\mu A7800$

-55°C to + 150°C

$\mu A7800C$

0°C to + 125°C

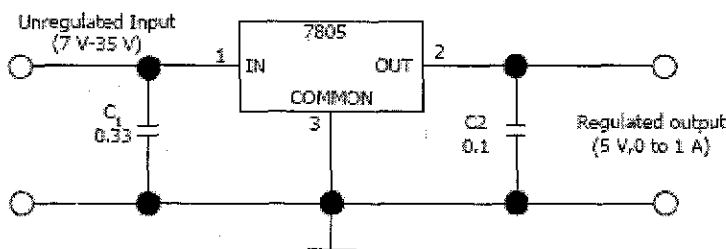
C A7805C

คุณลักษณะลักษณะทางไฟฟ้า

$V_{2V} = 10V, I_{out} = 500mA, 0^\circ\text{C} \geq 125^\circ\text{C}, C_{in} = 0.33\mu F, C_{out} = 0.1\mu F$

คุณลักษณะ	เงื่อนไข	น้อยสุด	มาตรฐาน	มากที่สุด	หน่วย
แรงดันเอาต์พุต	$T_J=25^{\circ}\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V
การปรับระดับฝั่งอินพุต	$T_J=25^{\circ}\text{C}$		3	100	mV
	$7V \leq V_{IN} \leq 25V$				
	$8V \leq V_{IN} \leq 12V$		1		mV
การปรับระดับฝั่งเอาต์พุต	$5mA \leq I_{out} \leq 1.5A$		15		mV
	$250mA \leq I_{out} \leq 750mA$		5		mV
แรงดันเอาต์พุต	$7V \leq V_{IN} \leq 20V$	4.75		5.25	V
	$5mA \leq I_{out} \leq 1.0A$				
	$P \leq 25W$				
กระแสหนึ่ง	$T_J=25^{\circ}\text{C}$		4.2	8.0	mV
กระแสหนึ่ง อินพุตที่เปลี่ยนไป	$7V \leq V_{IN} \leq 25V$				mV
เอาต์พุต	$5mA \leq I_{out} \leq 1.0A$				mV
สัญญาณรบกวนฝั่งเอาต์พุต	$T_J=25^{\circ}\text{C}, 10\text{Hz} \leq f \leq 100\text{Hz}$			40	μV
ระดับกระเพื่อมที่ยอมรับได้	$F=120\text{Hz}, 8V \leq V_{in} \leq 18V$			78	dB
แรงดันครอปเอาต์	$I_{OUT} = 1.0A, T_J=25^{\circ}\text{C}$			2.0	V
ค่าความต้านทานเอาต์พุต	$F=1\text{kHz}$			17	$\text{m}\Omega$
กระแสลัดวงจร	$T_J=25^{\circ}\text{C}, V_{IN}=35V$			750	mA
กระแสสูงสุด	$T_J=25^{\circ}\text{C}$			2.2	A
อุณหภูมิเฉลี่ยของประสิทธิภาพแรงดันเอาต์พุต	$I_{OUT} = 5mA, \theta^{\circ} T, 125^{\circ}\text{C}$			1.1	$\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

จากตารางที่ 2.1 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของไอซี 7805 จะเห็นได้ว่าแรงดันเอาต์พุต ออกมาคงที่ที่ 5V เราจะต้องจ่ายแรงดันอินพุตให้มากกว่า 5V แต่ก็มากกว่าได้ระดับหนึ่ง เท่านั้น ซึ่งดูจากตารางข้างบนแล้วไอซีเบอร์ 7805 จะจ่ายแรงดันอินพุตได้ไม่เกิน 35V และต้องจ่ายแรงดันอินพุตไม่ต่ำกว่า $V_{out} + V_{Dropout}$ ซึ่งจะได้ $5V + 2V = 7V$ ในเอกสารข้อมูลจะระบุให้เราต่อ C_2 ตัวคร่อมตรงอินพุตและ เอาต์พุตด้วย



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรตัวอย่างของการต่อ C_2 ลงในวงจร

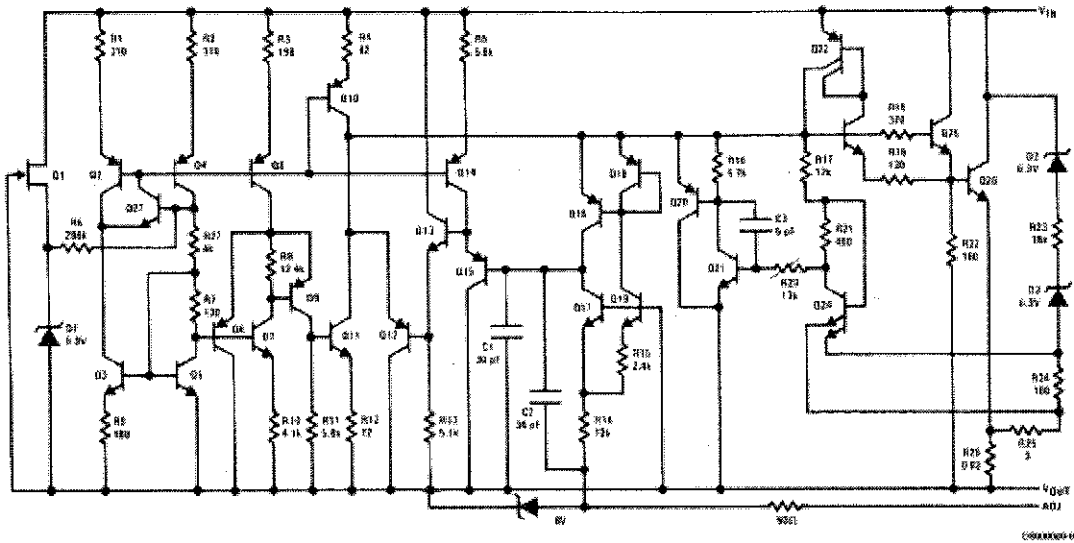
จากรูปที่ 2.9 C_1 จะทำหน้าที่ลดผลของการเหนี่ยวนำเบี่ยงเบนที่เกิดจากสายไฟ ซึ่งจะมี ความจำเป็นมาก ในกรณีที่วงจรรักษาระดับแรงดันอยู่ห่างจากวงจรเรียงกระแสมาก ส่วน C_2 ช่วยในการป้องกันการตอบสนองสัญญาณ (transient Response) ที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลดแบบทันทีทันใด

2.1.6 ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้สามขา (Three-terminal Adjustable

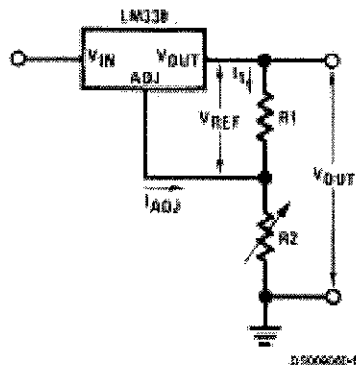
Regulators)

ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้สามขาจะมีจุดที่เตรียมไว้สำหรับต่อความต้านทานภายนอกเพื่อปรับแรงดันเอาต์พุต ซึ่งแรงดันเอาต์พุตนี้มีทั้งไอซีที่ให้ไฟบวก (Positive) และไอซีที่ให้ไฟลบ (Negative)

ตัวอย่างของไอซีประเภทนี้ที่เป็นไฟบวกคือไอซีเบอร์ LM338 ซึ่งไอซีประเภทนี้สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดประมาณ 5A โดยโครงสร้างของไอซีเบอร์ LM338แสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมแสดงถึงโครงสร้างภายในไอซีเบอร์ LM338



รูปที่ 2.11 ลักษณะการต่อใช้งานของไอซีรีกขาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้สามขา

จากรูปที่ 2.11 แสดงถึงลักษณะการต่อใช้งานของไอซีเบอร์ LM338 จะเห็นว่าช่องว่างอ้างอิงมีค่า 1.25V และมีกระแสไหลผ่านขณะทำงาน $50\mu A$ ซึ่งมาจากแหล่งจ่ายกระแส วงจรในส่วนนี้จะทำงานเป็นอิสระต่ออุณหภูมิ นอกจากนี้ไอซีเบอร์ LM338 ยังมีการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวงจรเช่นเดียวกับไอซีทั่วไป ซึ่งสามารถหาค่าแรงดันเอาต์พุตได้จากบล็อกไดอะแกรมดังนี้

$$KVL; V_0 = V_{Adj} + 1.25V \text{ (เนื่องจาก } V_n = V_p \text{) และ}$$

$$V_0 = V_{R1} + V_{R2} \text{ (เนื่องจาก } V_{Adj} = V_{R2} \text{) และ}$$

$$V_{R1} = 1.25V \text{ ดังนั้น}$$

$$V_0 = 1.25V + R_2(50\mu A + \frac{1.25V}{R_1}) \quad (2.5)$$

เมื่อจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$V_0 = (1 + \frac{R_2}{R_1})(1 + \frac{50\mu A}{(1.25V)(R_1 // R_2)})1.25V \quad (2.6)$$

จากสมการจะพบว่า V_0 ขึ้นอยู่กับค่าของ R_1 และ R_2 แต่ในทางปฏิบัติเราสามารถลดรูปสมการให้สั้นลงได้ เนื่องจากเอกสารข้อมูลไอซีเบอร์ LM338 ผู้ผลิตบอกว่ากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่าน R_1 ควรอยู่ในค่าประมาณ 5 mA ดังนั้นค่าของ R_1 คือ

$$R_1 = \frac{1.25V}{5mA} = 250 \Omega \quad (2.7)$$

ซึ่งจะให้ $\frac{50\mu A}{(1.25V)(R_1 // R_2)} = 1$ ดังนั้นจากสมการที่ (2.6) จะได้

$$V_0 = (1 + \frac{R_2}{R_1})1.25V \quad (2.8)$$

ในการใช้งานจริงจะใช้ค่า R_1 เป็นความต้านทานที่มีค่าคงซึ่งมีค่าประมาณ 250Ω และ R_2 เป็นแรงดันปรับค่าได้ต่อไว้เพื่อปรับแรงดันเอาต์พุตสามารถปรับได้อยู่ในช่วง $1.25 \leq V_0 \leq 35V$ โดยปกติแล้วนิยมใช้ค่า R_2 ประมาณ $5k\Omega$

ข้อควรระวัง

การจ่ายแรงดันอินพุตสำหรับไอซีเบอร์ LM338 จะต้องจ่ายแรงดันอินพุตไม่มากกว่าแรงดันเอาต์พุต 40V เพราะจะทำให้ไอซีพังได้ดังแสดงในสมการที่ (2.9)

$$V_i = V_0 + 40V \quad (2.9)$$

ไอซีเบอร์ LM338 สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5A ถ้าหากว่าเราต้องการกระแสที่สูงกว่านี้ ก็อาจหันมาใช้ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าเบอร์ LM396 ซึ่งสามารถจ่ายกระแสสูงสุดได้ถึง

10A แต่ในการออกแบบเพื่อใช้งานควรศึกษาถึงเอกสารข้อมูลของไอซีตัวนั้นก่อน ซึ่งก็จะมีหลัก การที่คล้ายกันกับไอซีที่ได้กล่าวไปแล้ว

2.2 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protector) [2]

Surge (ไฟเกิน) เป็นสภาวะที่แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าสูงขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ ซึ่ง เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 2,000 โวลต์และกระแสไฟฟ้าสูงกว่า 100 แอมแปร์ เกิดขึ้นในระยะเวลาประมาณ 1-10 ไมโครวินาที Surge จัดว่าเป็นปัญหาทางไฟฟ้าที่มักเกิด ขึ้นอยู่เสมอ และผลกระทบจากปัญหาทางไฟฟ้าเหล่านี้สร้างความเสียหายได้อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็น ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชำรุดเสียหาย, ระบบหยุดทำงาน, ทำให้สูญเสีย ข้อมูล, เวลา ตลอดจนโอกาสทางธุรกิจ เป็นต้น

สาเหตุของการเกิดไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ มีได้หลายสาเหตุ เช่น

- ปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฝนตกฟ้าคะนอง, พายุ, ฟ้าผ่า และแผ่นดินไหว ฯลฯ
- เกิดความผิดปกติของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า
- การเปิด-ปิดสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก
- ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากเกินไป สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ฯลฯ

2.2.1 ความหมายของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ

ไม่ว่าจะเป็นคำว่า Surge Protection Device (SPD), Surge Suppression Equipment (SSE) หรือ Transient Voltage Surge Suppressor (TVSS) จะหมายถึงอุปกรณ์ชนิดเดียวกันคือ **Surge Protector** หรือ **"อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ"**

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ ได้ ซึ่งพลังงานที่สูงมากเช่นนี้สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือ-เครื่องใช้ในการควบคุมการ ประมวลผล ฯลฯ

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ มีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ

1. สร้างบริเวณหนึ่งให้มีความต้านทานต่ำ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้น กลับอยู่ในสภาวะปกติ ได้แก่ สายดิน
2. ทำการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปยังบริเวณที่สร้างขึ้น (สาย ดิน) เพื่อป้องกันความเสียหายที่สามารถเกิดขึ้นได้

2.2.2 ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว แบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ดังนี้

1. Filter เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราวที่มีลักษณะเป็นตัวกักขวาง คอยสกัดกั้นพลังงานไฟฟ้าที่มีความถี่สูง (มักจะเป็นสัญญาณรบกวน) ในขณะเดียวกันก็จะปล่อยให้พลังงานไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำไหลผ่านได้โดยสะดวก

2. Transients Diverters เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราวที่มีการสร้างแนวซึ่งมีความต้านทานต่ำสำหรับให้แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นชั่วคราวไหลไปตามแนวนั้นลงสู่สายดิน

2.2.3 หลักการทำงานทั่วไปของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว ได้รับการออกแบบให้สามารถเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นในช่วงเวลาอันสั้นออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสร้างแนวที่มีความต้านทานต่ำเชื่อมต่อไปสู่ตำแหน่งของสายดิน เพื่อให้แรงดันที่สูงขึ้นชั่วคราวไหลไปตามแนวความต้านทานต่ำไปยังสายดิน

2.2.4 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว

การใช้อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราวสำหรับแต่ละลักษณะการใช้งาน จะมีความแตกต่างกัน ดังนั้น ชิ้นส่วนที่ประกอบอยู่ภายในอุปกรณ์ก็จะแตกต่างกันด้วย แต่มีจุดมุ่งหมายเช่นเดียวกัน คือ เพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในระยะเวลาอันรวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ, เชื้อถือได้ และตอบสนองต่อพลังงานสูงได้อย่างรวดเร็ว ส่วนมากชิ้นส่วนที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่พบ จะต้องมีส่วนทำให้เกิดความต้านทานต่ำ เช่น MOV (Metal Oxide Varistor), Gas Discharge Tube (GDT) และ Silicon Avalanche Diode (SAD) ฯลฯ หรือรวมเอาชิ้นส่วนของอุปกรณ์เหล่านี้เข้าไว้ด้วยกัน

ชิ้นส่วนที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์แต่ละชนิด มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

MOV (Metal Oxide Varistor) จะมีการตอบสนองต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในช่วงเวลาสั้นได้เร็ว (ประมาณ 20 นาโนวินาที) แต่ถ้ารับกระแสไฟฟ้าสูง (100 A) เข้ามา จะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ลดลง ภายใต้สภาวะปกติ MOV จะมีความต้านทานสูง แต่เมื่อมีการรับแรงดันไฟฟ้าสูงเข้ามา ความต้านทานของ MOV จะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เพื่อสร้างแนวที่มีความต้านทานต่ำสำหรับให้แรงดันไฟฟ้าสูงไหลไปสู่สายดิน นอกจากนี้ MOV ยังมีความสามารถในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าอีกด้วย

Gas Discharge Tube (GDT) มีความสามารถในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่สูงมาก (20 kV) และกระแสไฟฟ้าที่สูงมาก (2500 A) แต่มีการตอบสนองต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในช่วงเวลาสั้นได้ช้า

Silicon Avalanche Diode (SAD) จะมีการตอบสนองต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในช่วงเวลาสั้นได้เร็วมาก (ประมาณ 5 นาโนวินาที) และสามารถควบคุมกระแสไฟฟ้าในปริมาณมาก (1000 A) แต่มีความไวต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้า (dv/dt) และสถานะเกิดข้อผิดพลาดเมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Peak Voltage Failure Modes)

Choke มีความสามารถในการป้องกันแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ได้อย่างรวดเร็ว โดยจะให้ค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ออกมีความราบเรียบเพื่อไม่ให้ไปเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์อื่นๆ

นอกเหนือไปจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ก็ได้มีการรวมเอาชิ้นส่วนของอุปกรณ์อื่นๆ เข้าไว้ด้วยกันในอุปกรณ์ป้องกันแรงดันสูงชั่วคราว เช่น ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ฯลฯ

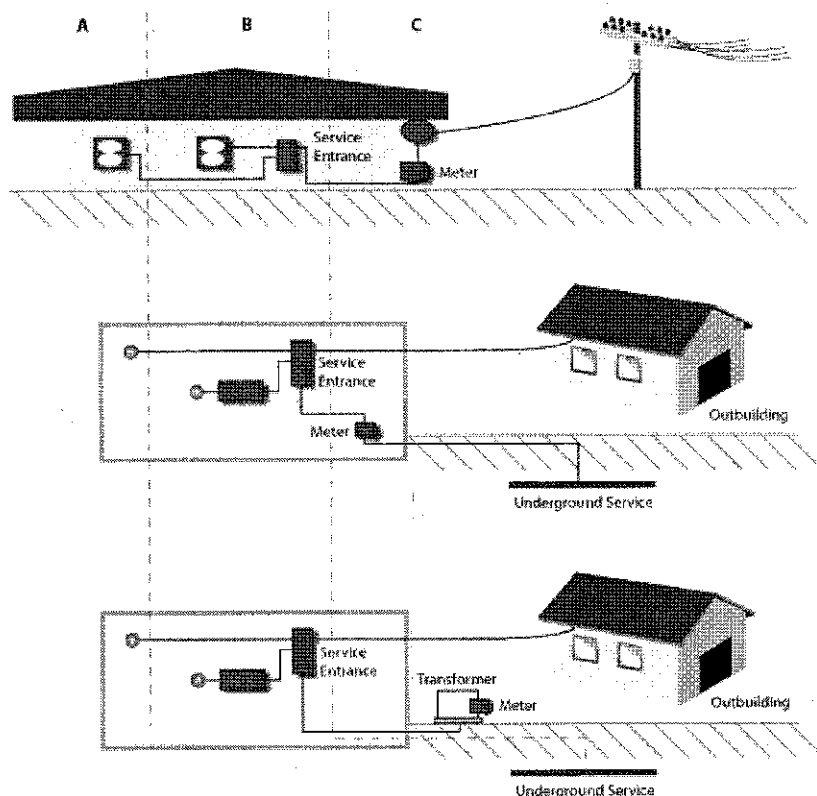
2.2.5 ประโยชน์ของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว ช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว ที่สามารถเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ได้ เช่น

- ปราบปรามการรบกวนทางไฟฟ้า เช่น ไฟฟ้า
- ปัญหาที่เกิดจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า
- อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า
- สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า

2.2.6 การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว สามารถนำไปติดตั้งในจุดต่างๆ ได้ตามลักษณะการใช้งาน โดยจัดแบ่งออกเป็น 3 ลำดับชั้น (Category) ดังนี้



รูปที่ 2.17 รูปภาพแสดงการติดตั้ง Surge Protector

Category A ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงช่วงขณะใกล้กับชิ้นส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความไว ต่อคุณภาพไฟฟ้าที่ต้องการป้องกัน เพื่อป้องกันชิ้นส่วนนั้นๆ โดยเฉพาะ เช่น คอมพิวเตอร์, เครื่องชั่ง, เครื่องวัด, อุปกรณ์ควบคุมการประมวลผล และแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า DC ฯลฯ

Category B ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงช่วงเวลาที่แผงวงจรควบคุมการจ่าย (Distribution panel board) และแผงสวิตช์ไฟฟ้า (Switchboard) การติดตั้งอุปกรณ์ฯ ที่จุดนี้จะช่วยป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงช่วงขณะจากภายนอก รวมถึงแรงดันไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความไวต่อคุณภาพไฟฟ้าหรือรับพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายจากสถานีไฟฟ้าย่อย

Category C ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงช่วงเวลาที่หน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้า เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่เกิดจากความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้า การติดตั้งอุปกรณ์ฯ ที่จุดนี้จะช่วยป้องกันกรณีเกิดฟ้าผ่าซึ่งเข้ามาภายในอาคารโดยผ่านทางสายไฟ

2.3 เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Uninterruptible Power

Supply; USP) [3]

อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าแลอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างต่อเนื่องแม้ในเวลาที่เกิดไฟดับหรือเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าผันผวนผิดปกติ โดย UPS จะทำการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

UPS มีหน้าที่หลัก คือ ป้องกันความเสียหายที่สามารถเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อ) อันมีสาเหตุจากความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้า เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชากและไฟเกิน เป็นต้น รวมถึงมีหน้าที่ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่ให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า

2.3.1 หลักการทำงานทั่วไปของ UPS

โดยทั่วไปแล้ว เมื่อ UPS รับพลังงานไฟฟ้าเข้ามา ไม่ว่าคุณภาพไฟฟ้าจะเป็นอย่างไรก็จะสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เป็นปกติ รวมถึงทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งหลักการของ UPS ก็คือ ใช้วิธีการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ส่วนหนึ่ง และในกรณีที่เกิดปัญหาทางไฟฟ้า (เช่น ไฟดับ หรือคุณภาพไฟฟ้าผิดปกติ เป็นต้น) อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่รับมาได้ UPS ก็จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่ ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แล้วจึงจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าตามปกติ

2.3.2 ส่วนประกอบสำคัญของ UPS

ก) เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Charger) หรือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า AC เป็น DC (Rectifier) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้า AC จากระบบจ่ายไฟ แปลงเป็นกระแสไฟฟ้า DC จากนั้นประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่

ข) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้า DC จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า AC เป็น DC หรือแบตเตอรี่ และแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า AC สำหรับใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ค) แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองไว้ใช้ในกรณีเกิดปัญหาทางไฟฟ้า โดยจะจ่ายกระแสไฟฟ้า DC ให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ไม่สามารถรับกระแสไฟฟ้า AC จากระบบจ่ายไฟได้

ง) ระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Stabilizer) ทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่และสม่ำเสมออยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

2.3.3 ประโยชน์ของ UPS

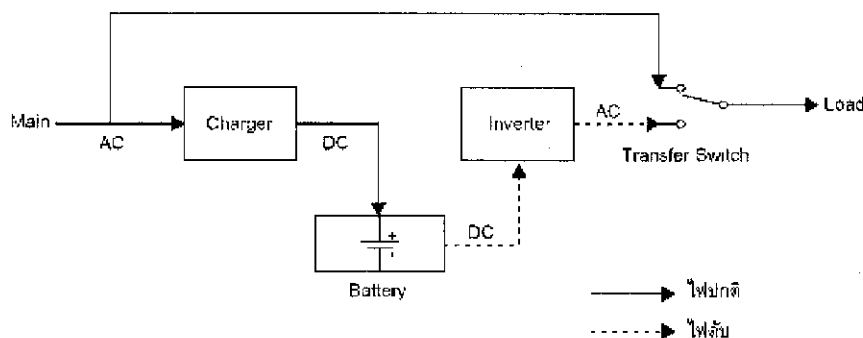
UPS สามารถช่วยป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ) อันเนื่องมาจากกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติได้ (เช่น จากความบกพร่องของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าเอง หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ - ฝนตกฟ้าคะนอง พายุฝน หรือจากการรบกวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารที่ใช้กระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ ฯลฯ) ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติในแต่ละประเภท อาจก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้ โดย UPS จะทำหน้าที่ป้องกัน ดังนี้

- จ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเกิดไฟดับหรือไฟตก เพื่อให้มีเวลาสำหรับการ Save ข้อมูล และไม่ให้ floppy disk และ hard disk เสีย
- ปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชาก และไฟเกิน เป็นต้น
- ป้องกันสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าที่สามารถสร้างความเสียหายต่อข้อมูลและอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

2.3.4 ชนิดของ UPS

UPS แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

ก) Offline UPS หรือ Standby UPS



รูปที่ 2.18 แผนผังแสดงการทำงาน Offline UPS หรือ Standby UPS

สถานะไฟฟ้าปกติ อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) จะได้รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Main) จากการไฟฟ้าโดยตรง ในขณะเดียวกัน เครื่องประจุกระแสไฟฟ้า (Charger) จะทำการประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ไปด้วย แต่เวลาที่ไฟฟ้าดับ แบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าและจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้ตัวสลับเปลี่ยน (Transfer Switch) สำหรับเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าระหว่างระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าหรือเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

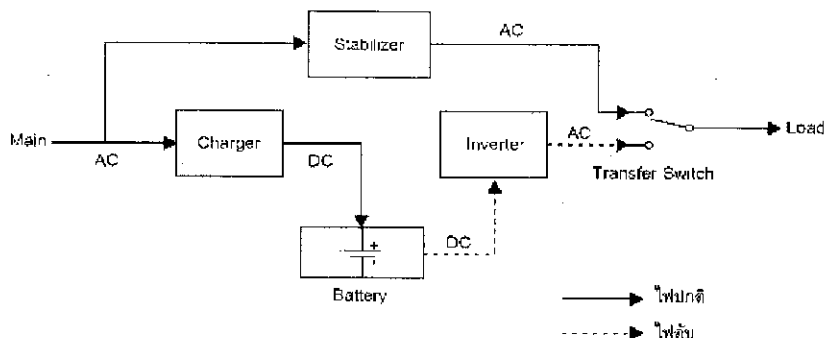
กรณีที่สถานะไฟฟ้าปกติหรือกระแสไฟฟ้าผิดปกติเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้นมากจนตัวสลับเปลี่ยน (Transfer Switch) สลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่ทัน พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าจะมาจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ดังนั้น ถ้าคุณภาพไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าไม่ดี (เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชาก หรือมีสัญญาณรบกวน ฯลฯ) อุปกรณ์ไฟฟ้าก็จะได้รับพลังงานไฟฟ้าคุณภาพไม่ดีเช่นเดียวกัน

เนื่องจาก UPS ชนิดนี้ถูกออกแบบให้ป้องกันกรณีเกิดไฟดับเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่สามารถป้องกันปัญหาแรงดันไฟฟ้าที่ผันผวนและสัญญาณรบกวนได้ จึงทำให้มีราคาถูกกว่า UPS ชนิดอื่นๆ และไม่เหมาะกับการใช้งานในบางพื้นที่ เช่น สถานที่ใกล้แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า อาทิ เขื่อน, สถานีไฟฟ้า และสถานีไฟฟ้าย่อย เป็นต้น รวมถึงไม่เหมาะกับการใช้งานในประเทศไทยด้วย เนื่องจากเกิดไฟตกบ่อยครั้ง

คุณสมบัติของ Offline UPS หรือ Standby UPS

- ราคาถูก
- ป้องกันปัญหาไฟดับได้เพียงอย่างเดียว
- ไม่เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดไฟฟ้า, สถานีไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ
- อายุการใช้งานของแบตเตอรี่และ UPS สั้น

ข) Online Protection UPS หรือ Line Interactive UPS with Stabilizer



รูปที่ 2.19 แผนผังแสดงการทำงาน Online Protection UPS

จากผังแสดงการทำงาน จะพบว่า มีความคล้ายคลึงกับ Offline UPS มาก แต่จะมีส่วนที่เพิ่มขึ้นมา คือ ระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Stabilizer) ในขณะที่สภาวะไฟฟ้าปกติ อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) จะได้รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Main) จากการไฟฟ้า โดยผ่านระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งจะมีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ ป้องกันปัญหาไฟตก, ไฟเกิน และไฟกระชาก เป็นต้น พร้อมกันนี้ เครื่องประจุกระแสไฟฟ้า (Charger) ก็จะทำการประจุกระแสไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อไฟดับจะจ่ายพลังงานให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำการแปลงกระแสไฟฟ้า และจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้ตัวสับเปลี่ยน (Transfer Switch) สำหรับเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าระหว่างระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติหรือเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

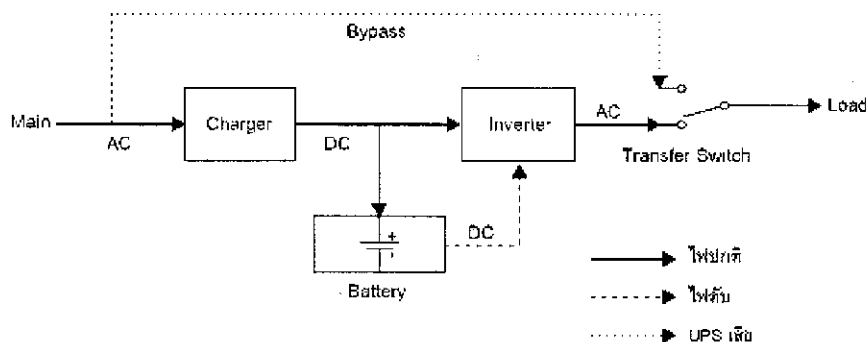
UPS ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจาก Offline UPS โดยเพิ่มระบบป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงหรือต่ำอัตโนมัติ (Stabilizer) เพื่อป้องกันปัญหาทางไฟฟ้า ช่วยให้ UPS ไม่จำเป็นต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่ทุกครั้งที่เกิดไฟตกหรือไฟเกินไม่มากนัก Online Protection UPS หรือ Line Interactive UPS with Stabilizer จัดได้ว่าเป็น UPS ที่นิยมมากที่สุดในประเทศไทยขณะนี้ ราคาไม่แพงและคุณภาพไฟฟ้าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

คุณสมบัติของ Online Protection UPS หรือ Line Interactive UPS with Stabilizer

- ราคาไม่แตกต่างจาก Offline UPS หรือ Standby UPS
- เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ที่มีความผันผวนของแรงดันไฟฟ้ามากๆ เช่น ประเทศไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย ฯลฯ

- ไม่เหมาะสำหรับนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความไวต่อคุณภาพของกระแสไฟฟ้ามากๆ เช่น เครื่องมือแพทย์และเครื่องจักรในโรงงาน ฯลฯ
- มีระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Stabilizer) เพื่อป้องกันปัญหาไฟเกินและไฟตก
- สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าบางอย่างที่ไม่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้ายังสามารถผ่านเข้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้
- อายุการใช้งานของแบตเตอรี่และ UPS ยาวนาน

ค) True Online UPS



รูปที่ 2.20 แผนผังแสดงการทำงาน True Online UPS

จากผังแสดงการทำงาน จะพบว่า True Online UPS เป็น UPS ที่มีศักยภาพสูงสุด กล่าวคือ เครื่องประจุกระแสไฟฟ้า (Charger) และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) จะทำงานตลอดเวลา ไม่ว่าคุณภาพไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร ก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) ได้ตามปกติ ยกเว้นกรณีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเสีย จึงจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Main) จากการไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า (แต่ไม่ควรใช้งานต่อไปหากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเสีย)

True Online UPS เป็น UPS ที่มีศักยภาพสูงที่สุดในจำนวน UPS ที่มีใช้งานอยู่ สามารถป้องกันปัญหาทางไฟฟ้าได้ทุกกรณี ไม่ว่าจะเป็น ไฟดับ, ไฟตก, ไฟเกิน หรือสัญญาณรบกวนใดๆ และให้คุณภาพไฟฟ้าที่ดี ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ UPS ชนิดนี้มีราคาสูงกว่า UPS ชนิดอื่นๆ

คุณสมบัติของ True Online UPS

- ราคาค่อนข้างสูง
- มีศักยภาพสูงสุด สามารถป้องกันปัญหาทางไฟฟ้าได้ทุกกรณี
- ไฟฟ้ากระแสสลับที่อุปกรณ์ไฟฟ้าจะได้รับจาก UPS ชนิดนี้ จะเป็นไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง มีความเที่ยงตรงของระดับแรงดันไฟฟ้า และปราศจากสัญญาณรบกวนใดๆ
- กรณีไฟฟ้าดับหรือขาดช่วง UPS จะนำพลังงานสำรองในแบตเตอรี่มาแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ในทันที

2.4 สรุป

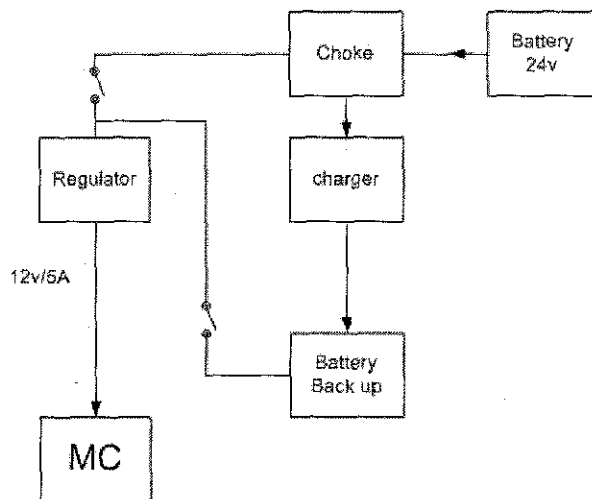
วงจรเชื่อมควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพสูง มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ วงจรรักษาแรงดันไฟฟ้า, วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ, วงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง โดยที่ทั้ง 3 ส่วนจะต้องทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพสูง

3.1 กล่าวนำ

ระบบโดยรวมของวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพสูงมีอยู่ทั้งหมด 3 ส่วนด้วยกัน โดยได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.1 คือ วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า, วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ, วงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง



รูปที่ 3.1 ภาพโครงสร้างโดยรวมของระบบ

3.2 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

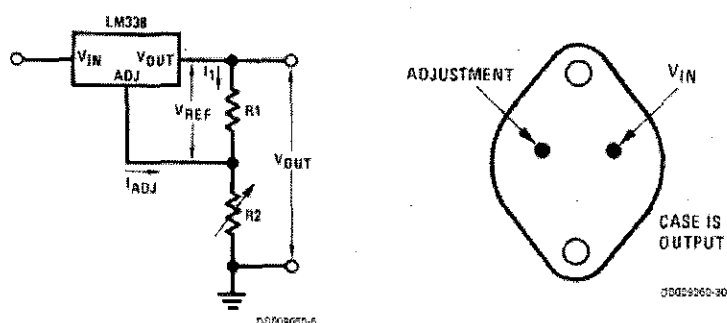
3.2.1 ข้อกำหนดของวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

- ก) รับสัญญาณเข้า (Input) ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง 24 V และ 14 V
- ข) สัญญาณขาออก (Output) จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24V/5A

3.2.2 การเลือกใช้ไอซีในการออกแบบ

ในการเลือกใช้ไอซีคงค่าระดับแรงดันนอกจากจะคำนึงถึงแรงดันที่ต้องการ ยังต้องคำนึงกระแสที่จะจ่ายให้กับโหลดว่าเพียงพอกับความต้องการหรือไม่ ในวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่จะจ่ายให้กับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จำเป็นต้องการกระแสที่จะจ่ายให้กับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ถึง 5A และต้องการแรงดันเอาต์พุต 12V ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซีรักษาระดับแรงดัน

แบบปรับค่าได้เบอร์ LM338 สำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันนี้แรงดันไฟบวกที่สามารถจ่ายแรงดันอยู่ระหว่าง $1.2 \leq V_0 \leq 32V$ ซึ่งไอซีนี้สามารถจ่ายกระแสสูงสุดได้ 5A



รูปที่ 3.2 ลักษณะการต่อใช้งานของไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้สามขา

จากรูป 3.2 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (R_2) โดยปกติแล้วนิยมใช้ค่าความต้านทาน 10 k Ω ส่วนตัวต้านทาน R_1 แล้วแต่ผู้ออกแบบจะเลือกใช้ สำหรับการออกแบบครั้งนี้จะเลือกใช้ค่าความต้านทาน 100 Ω โดยต้องการแรงดันเอาต์พุต 12V

ตัวอย่างการวิเคราะห์การเลือกความต้านทาน

จากสมการที่ 2.8
$$V_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) 1.25$$

เลือกค่าแรงดันที่ต้องการคือ 12V และค่าความต้านทานคงที่ $R_1 = 100\Omega$ จะได้

$$12 = \left(1 + \frac{R_2}{100}\right) 1.25$$

$$12 = \left(\frac{125 + 1.25R_2}{100}\right)$$

$$1200 = 125 + 1.25R_2$$

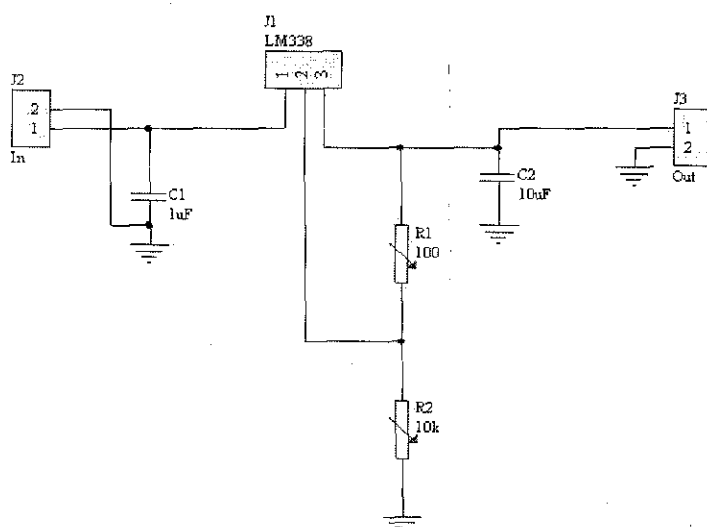
$$R_2 = 860 \Omega$$

จากการวิเคราะห์จะเห็นว่าตัวความต้านทานแบบปรับค่าได้ (R_2) มีค่าความต้านทานอยู่ที่ 860 Ω สำหรับการออกแบบได้เลือกใช้ค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้สูงสุดถึง 5 k Ω ซึ่งเพียงพอ

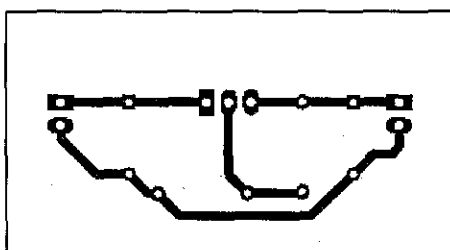
กับความต้องการ ข้อควรระวังในการจ่ายแรงดันอินพุตสำหรับไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้เบอร์ LM338 จะต้องจ่ายแรงดันอินพุตไม่มากกว่าแรงดันเอาต์พุต 40V

3.2.3 การออกแบบลายวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า ลงบนแผ่นปริ้นท์ (PCB)

จากรูปที่ 3.3 ได้แสดงถึงวงจรที่ได้ทำการออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าไว้ โดยเลือกใช้ไอซีที่มีคุณสมบัติตามต้องการ จากนั้นทำการออกแบบลายวงจรด้วยโปรแกรม Protel 99SE เพื่อที่ได้ลายวงจรเป็นแผ่นลายทองแดงที่สามารถนำมาใช้งานได้ตามรูปที่ 3.4



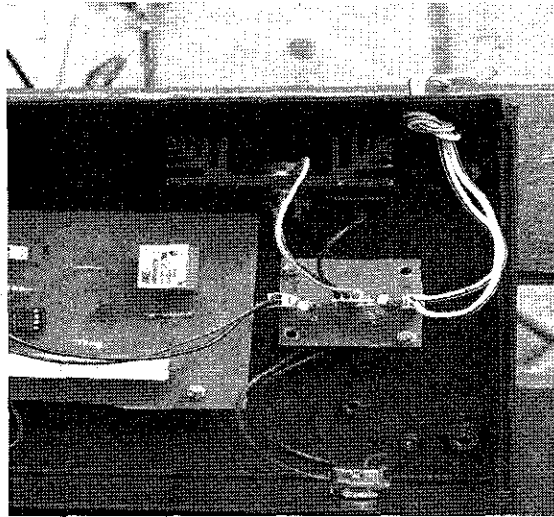
รูปที่ 3.3 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 3.4 ลายวงจรที่ได้จากโปรแกรม Protel99SE บนแผ่นปริ้นท์

3.2.4 การลงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ออกแบบไว้

นำอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและจัดเตรียมมาประกอบลงบนแผ่นปริ้นท์ได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

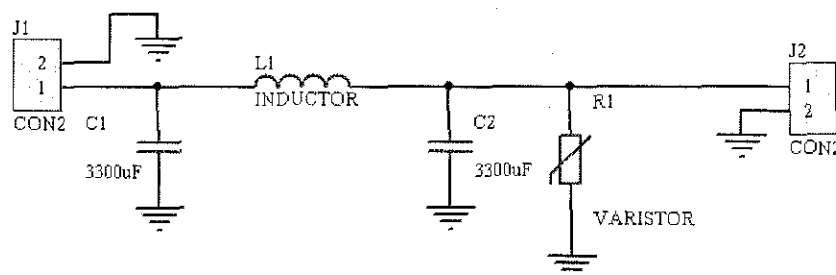
3.3 วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ

3.3.1 ข้อกำหนดของวงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ

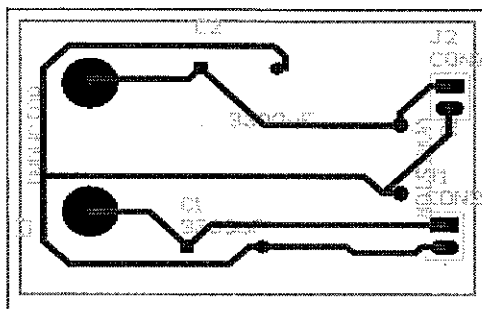
- ก) รับสัญญาณขั้วเข้าไฟฟ้ากระแสตรง 24 V และ ให้สัญญาณขั้วออกไฟฟ้ากระแสตรง 24 V
- ข) จะต้องมีความดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ออกคงที่ไม่ว่าสัญญาณที่ขั้วเข้าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

3.3.2 การออกแบบลายวงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ ลงบนแผ่นปริ้นท์ (PCB)

จากรูปที่ 3.6 ได้แสดงถึงวงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ ที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยเลือกใช้อุปกรณ์มีคุณสมบัติตามต้องการ จากนั้นทำการออกแบบลายวงจรด้วยโปรแกรม Protel 99SE เพื่อให้ได้ลายวงจรเป็นแผ่นลายทองแดงที่สามารถนำมาใช้งานได้ตามรูปที่ 3.7



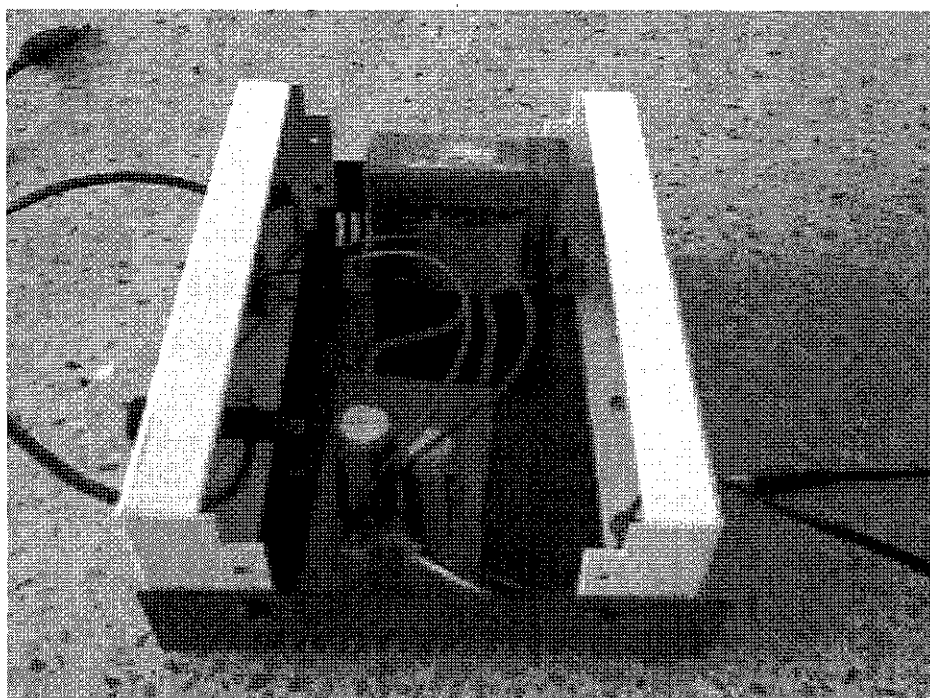
รูปที่ 3.6 วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ



รูปที่ 3.7 ลายวงจรที่ได้จากโปรแกรม Protel99SE บนแผ่นปริ้นท์

3.3. 3 การลงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ออกแบบไว้

นำอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและจัดเตรียมมาประกอบลงบนแผ่นปริ้นท์ได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว

3.4 วงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง

3.4.1 ข้อกำหนดของวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง

- ก) รับสัญญาณเข้าไฟฟ้ากระแสตรง 24V และไฟฟ้ากระแสตรง 14V
- ข) สัญญาณขั้วออกจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24V และไฟฟ้ากระแสตรง 14V

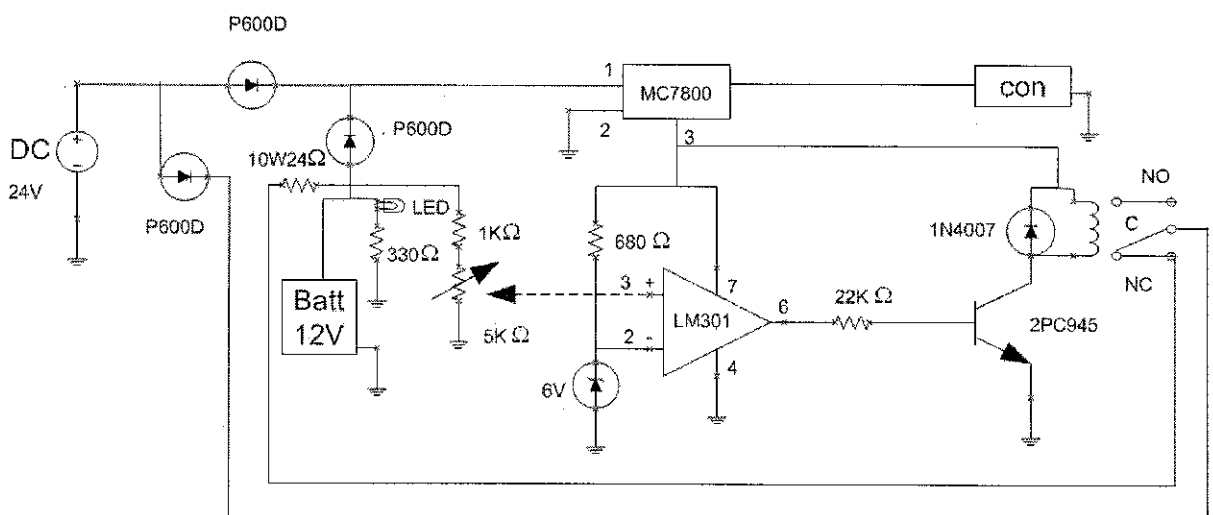
กรณีที่สัญญาณเข้าไฟฟ้ากระแสตรง 24 V ไม่ทำงาน

ค) เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน เช่น ทำการถอดแบตเตอรี่ 24V ของรถบัสโดยสารออกไฟฟ้ากระแสตรง 14V จะต้องทำงานแทนไฟฟ้ากระแสตรง 24V ได้ทันที

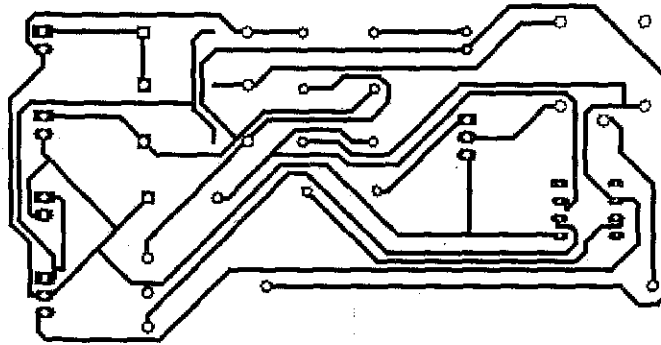
ง) ในกรณีปกติแบตเตอรี่รถบัสจะทำการประจุกระแสไปให้ยังแบตเตอรี่สำรองจนเต็มทำให้แบตเตอรี่สำรองมีขนาดของแรงดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนครบ 14V ระบบจะทำการตัดการประจุกระแสให้กับแบตเตอรี่สำรองทันที

3.4.2 การออกแบบวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง

ในการออกแบบวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรองนั้นเราได้ใช้ไดโอดเบอร์ P600D ในการเรียงกระแสไปยังแบตเตอรี่สำรอง กรณีแบตเตอรี่สำรองเต็มโดยในที่นี้เราได้กำหนดให้แบตเตอรี่สำรองเต็มที่ระดับแรงดันของแบตเตอรี่สำรองมีขนาด 14V โดยแรงดัน 14V นี้เราให้เป็นเป็นแรงดันตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้การแบ่งแรงดัน 14V นี้มาอีกขา 3 ของออฟแอมป์ โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 5 k Ω มาเป็นตัวแบ่งแรงดัน โดยออฟแอมป์จะให้แรงดันออกที่ขา 6 เมื่อทำการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างขา 3 กับขา 2 แล้วได้ค่า HIGH คือแรงดันจากขา 3 มีค่าของแรงดันมากกว่าแรงดันจากขา 2 ซึ่งเป็นแรงดันอ้างอิงขนาด 6V ที่ได้จากซีเนอร์ไดโอดขนาด 6V เมื่อขา 6 ของออฟแอมป์มีค่าแรงดันเกิดขึ้นจะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ทำงานครบวงจรและไปขับรีเลย์ให้ทำงานมายังขาเปิด เป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่รถบัสโดยสารหยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรองดังรูป 3.9



รูปที่ 3.9 รูปโครงสร้างวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง

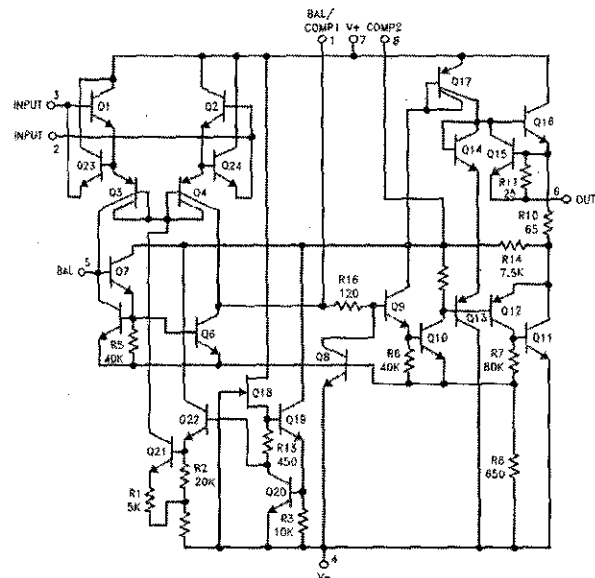


รูปที่ 3.11 สายวงจรที่ได้จากโปรแกรม Protel99SE บนแผ่นปริ้นท์

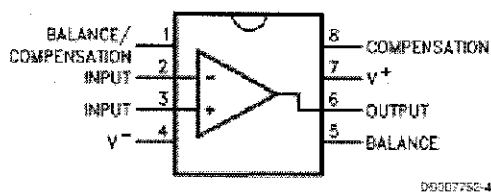
3.4.4 การเลือกใช้ไอซีในการออกแบบ

ในวงจรประจักษ์แสงไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง ได้เลือกใช้ไอซีจำนวน 2 ตัว คือ LM301A และ MC7800A

LM301A มีคุณสมบัติเป็นตัวตรวจสอบแรงดันตัวอย่างที่เข้ามากับแรงดันอ้างอิงมาทำการเปรียบเทียบกัน มีโครงสร้างภายในและมีการจัดเรียงขาของไอซีดังรูปที่ 3.12 (ก) และรูปที่ 3.12 (ข) ตามลำดับ



(ก)

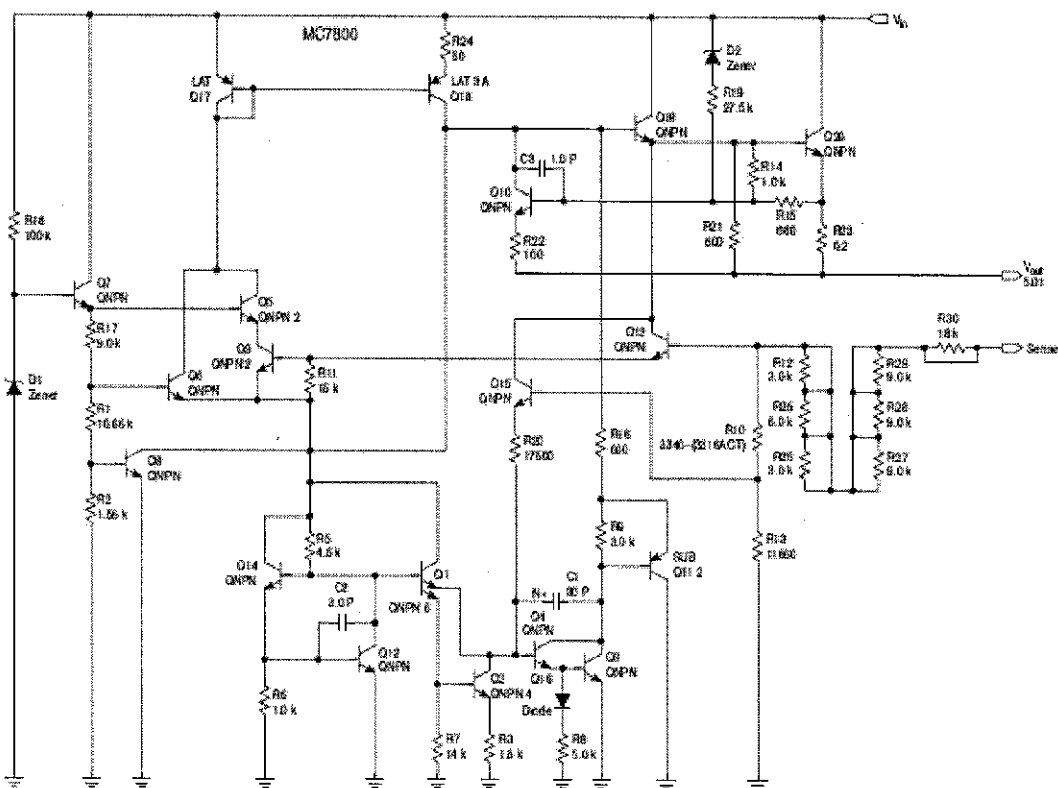


(ข)

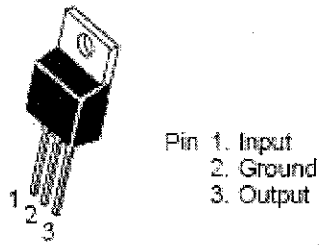
รูปที่ 3.12 (ก) โครงสร้างภายในของไอซี LM301A

(ข) การจัดเรียงขาของไอซี LM301A

MC7800A มีคุณสมบัติในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 10-24 V เป็น 9 V เพื่อจ่ายให้กับไอซี LM301A ทำงาน โดยไอซีมีโครงสร้างภายในและมีการจัดเรียงขาของไอซีดังรูปที่ 3.12 (ก) และรูปที่ 3.12 (ข) ตามลำดับ



(ก)



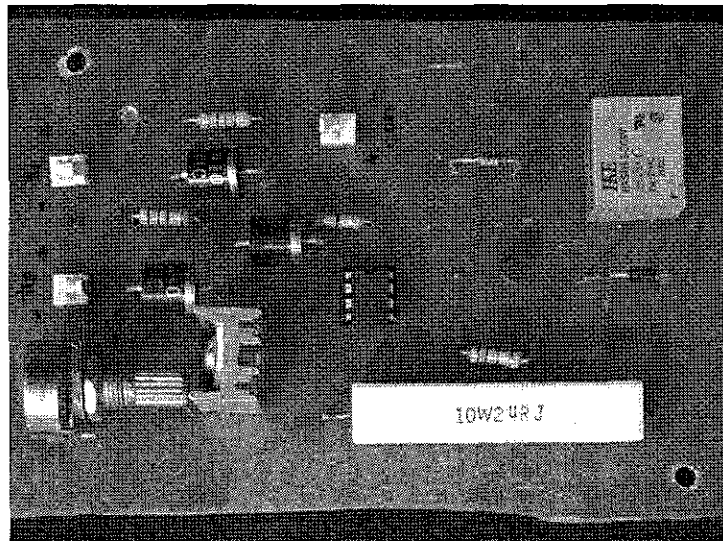
(ข)

รูปที่ 3.13 (ก) โครงสร้างภายในของไอซี MC7800A

(ข) การจัดเรียงขาของไอซี MC7800A

3.4.5 การลงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ออกแบบ

นำอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและจัดเตรียมมาประกอบลงบนแผ่นปริ้นท์ที่ได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง

3.5 สรุปผลการออกแบบ

การออกแบบวงจรทั้ง 3 ส่วนอันได้แก่ วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า, วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ และวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรองนั้นจะต้องใช้ความรู้และความเข้าใจในเรื่องของวงจรไฟฟ้ากระแสตรงรวมไปถึงอุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นอย่างมาก และยังต้องให้ความสนใจในเรื่องการเลือกใช้ไอซีเพื่อควบคุมการทำงานของระบบ

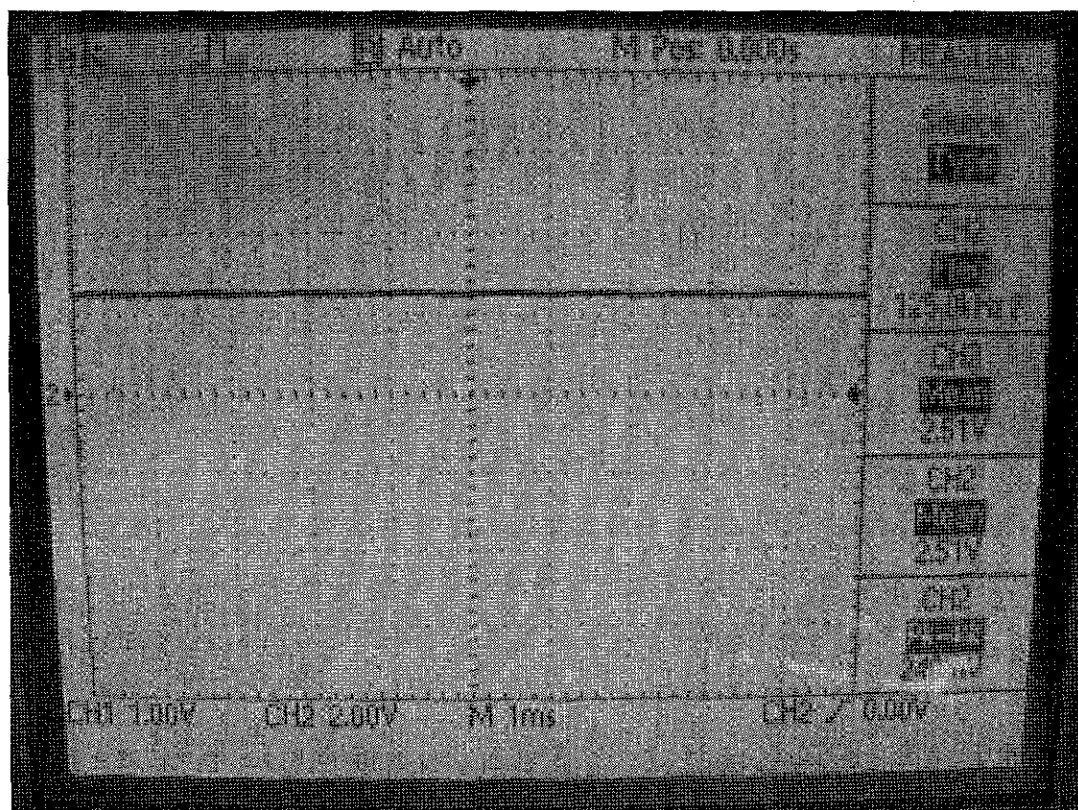
บทที่ 4

การทดสอบวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง

4.1 การทดสอบวงจรวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง

เมื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ออกแบบไว้ ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง เพื่อตรวจสอบรอบแรงดันเอาต์พุตที่ได้ให้ตรงตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

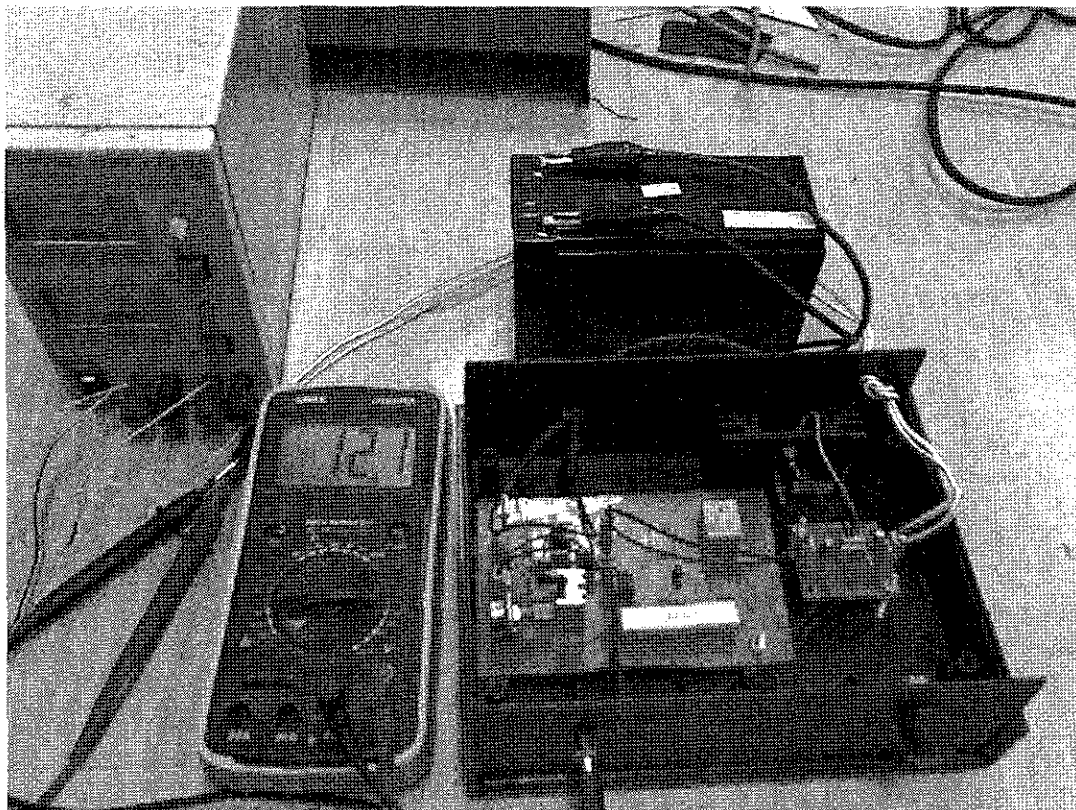
4.1.1 การทดสอบวงจรกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ



รูปที่ 4.1 แสดงการทดสอบวงจรกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ

จากรูปที่ 4.1 แสดงถึงการทดสอบวงจรกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะจากค่าที่สามารถวัดได้สามารถวัดค่าแรงดันได้ 24V และระดับแรงดันที่ได้มีความราบเรียบซึ่งแสดงว่าวงจรกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะสามารถกันการกระชากของแรงดันไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นได้รวมทั้งระดับแรงดันที่ได้เพียงพอสำหรับแรงดันที่ต้องจ่ายให้กับวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าและวงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรองต่อไป

4.1.2 การทดสอบวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

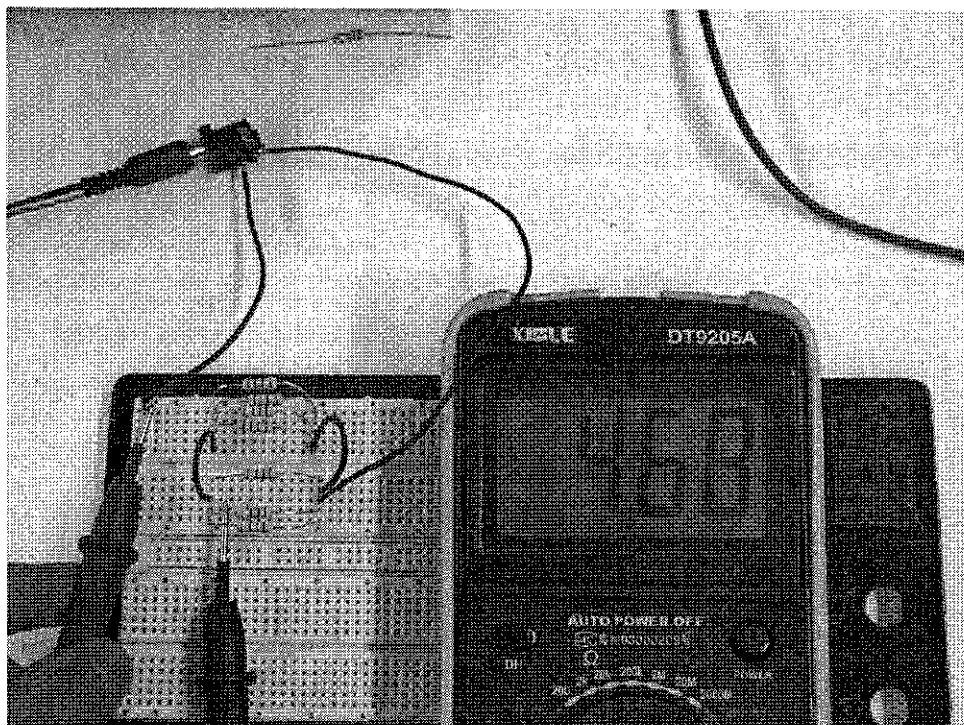


รูปที่ 4.2 การทดสอบวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงการทดสอบวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า จากค่าที่สามารถวัดได้จาก DMM สามารถวัดค่าแรงดันได้ 12V ซึ่งเพียงพอสำหรับแรงดันที่ต้องจ่ายให้กับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานมาก่อนหน้านี้ต่อไป

4.2 การทดสอบกระแสเอาต์พุต

สิ่งสำคัญในการเลือกใช้อิซึรักษาระดับแรงดันอีกประการหนึ่งคือกระแสเอาต์พุตที่จ่ายให้กับโหลดว่าเพียงพอหรือไม่ สำหรับอิซึรักษาระดับแรงดันเบอร์ LM338 ที่เลือกใช้สามารถให้กระแสเอาต์พุตที่จะจ่ายให้กับโหลดสูงสุดได้ 5 A



รูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบกระแสเอ๊าท์พุท

จากรูปที่ 4.3 จะนำความต้านทานมาต่อเข้ากับวงจรเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด จากค่าที่วัดได้จาก DMM สามารถวัดกระแสเอ๊าท์พุทได้ 4.68A ซึ่งเพียงพอสำหรับกระแสเอ๊าท์พุทที่ต้องจ่ายให้กับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานมาก่อนหน้านี้ต่อไป

4.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ค่าแรงดันเอ๊าท์พุทที่ได้ขึ้นอยู่กับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ของวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงานโดยรวมทั้งหมด โดยอธิบายส่วนประกอบของวงจรควบคุม กระแสตรงประสิทธิภาพสูง และผลการทำงานโดยรวม รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อจำกัดในการทดลอง

5.1 ส่วนประกอบของวงจรควบคุมกระแสตรงประสิทธิภาพสูง

- 5.1.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า
- 5.1.2 วงจรป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ
- 5.1.3 วงจรประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่สำรอง

5.2 ปัญหาที่พบในขั้นตอนการทำงาน

- 5.2.1 เนื่องจากไอซีมีขนาดเล็กมาก อีกทั้งผู้ปฏิบัติการขาดความชำนาญในการบัดกรีอุปกรณ์จึงทำให้ไอซีบางตัว เกิดความเสียหายไม่สามารถทำงานได้
- 5.2.2 ไอซีส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการออกแบบนั้นหาซื้อได้ยากและไม่มีขายในจังหวัด นครราชสีมาจึงทำให้เสียเวลาในการสั่งซื้อจากต่างจังหวัด
- 5.2.3 การออกแบบลายวงจรที่ได้ เส้นลายทองแดงมีขนาดเล็กเนื่องจากขาของไอซีที่มีขนาดเล็ก จึงเกิดการลัดวงจรกันของลายวงจรได้ง่าย
- 5.2.4 ขาดความเข้าใจในคุณสมบัติ และการนำไปใช้งานของอุปกรณ์บางตัว

5.3 ข้อจำกัดของโครงการ

- 5.3.1 ไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการบัดกรีอุปกรณ์ขนาดเล็ก ทำให้ไอซีขนาดเล็กพังบ่อยซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและเสียเวลา
- 5.3.2 ไอซีวงจรรักษาระดับแรงดันเป็นชนิดปรับค่าได้ ในการเคลื่อนย้ายอาจทำให้แรงดันเปลี่ยนแปลงได้ จึงควรวัดแรงดันเอาท์พุทก่อนใช้งานทุกครั้ง

5.4 ผลที่ได้จากโครงการนี้

- 5.4.1 ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้
- 5.4.2 ได้เรียนรู้วิธีการออกแบบลายวงจร และขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 5.4.3 มีความเข้าใจหลักการทำงาน และวิธีการออกแบบจากการศึกษาข้อมูลของไอซีแต่ละตัว

5.5 แนวทางการพัฒนาต่อ

- 5.5.1. ปรับปรุงวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้สามารถรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอินพุตที่มากกว่า 24 โวลต์
- 5.5.2. ปรับปรุงวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้สามารถรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้
- 5.5.3. ปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ใช้บรรจุให้มีขนาดเล็กและสวยงาม

บรรณานุกรม

- [1] <http://www.en.kku.ac.th/engineer/project/files/ee%202004-17-283-1-Project%202004-17.pdf>
- [2] http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/surge_knowledge.php
- [3] http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/ups_knowledge.php

ประวัติผู้เขียน

นายอัคคชน นิมิตรเกียรติไกล เกิดเมื่อวันศุกร์ที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2527 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลหัวเวียง อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียน ลำปางกัลยาณี อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง เมื่อปี พ.ศ. 2544 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี